

**POLITECHNIKA WARSZAWSKA**  
**WYDZIAŁ BUDOWNICTWA, MECHANIKI I PETROCHEMII**

# **Rozprawa doktorska**

mgr inż. Michał Wojciechowski

**Modelowanie parametrów technicznych proekologicznego budynku  
biurowego**

**Promotor:**

dr hab. inż. Tomasz Z. Błaszczński /Eur Ing, CEng, MIStructuE, em. Prof. P.P.

**Promotor pomocniczy:**

dr inż. Anna Krawczyńska – Piechna

PŁOCK 2020





*Serdecznie dziękuję  
Promotorowi, Profesorowi Tomaszowi Błaszczyńskiemu,  
za życzliwość i pomoc merytoryczną, udzieloną w czasie powstawania  
tej rozprawy,  
Żonie Izabeli za wsparcie  
Michał Wojciechowski*





## Streszczenie

Układ pracy powstał w oparciu o sekwencję zagadnień, które zdaniem autora w sposób kompleksowy opisują współczesne budownictwo biurowe. Początek ma charakter teoretyczny i określa, czym jest budynek biurowy oraz jakie są jego charakterystyczne cechy. W pracy, jako że tworzona jest przez inżyniera budownictwa, przedstawione zostały analizy techniczne. Opisane zostały, a później także zbadane stosowane rozwiązania zarówno konstrukcyjne, jak również ekologiczne rozwiązania współczesnych fasad. Osobnym zagadnieniem są instalacje wewnętrzne, zarówno mechaniczne jak i elektryczne, które mają ogromny wpływ na komfort wewnętrzny oraz wpływ obiektu na środowisko. Opisano również dwa główne systemy certyfikacji tj. LEED i BREEAM, które są obecnie standardem na całym świecie, w tym także na rynku polskim. Obecnie praktycznie każdy nowoczesny budynek jest certyfikowany, a kolejne gałęzie budownictwa, jak hotele czy budynki mieszkaniowe również przechodzą coraz częściej proces certyfikacji. W części teoretycznej autor opisuje także kwestie związane z rynkiem biurowym, którego wymagania i rozwój determinują formę, skalę i rozwiązania stosowane w budynkach. Ogromnym krokiem w rozwoju tej gałęzi przemysłu była zmiana mentalności deweloperów i rozpoczęcie realizacji projektów przyjaznych dla środowiska. Przez lata rozwinięto proces certyfikacji obiektów, celem ustandaryzowania ich rozwiązań, stworzenia rozpoznawalnych i wiarygodnych metod ich oceny.

W części badawczej dokonano analizy współcześnie stosowanych rozwiązań w budynkach biurowych, powstała lista kilkudziesięciu kategorii, które zdaniem autora najlepiej charakteryzują nowoczesny budynek biurowy. Następnie w oparciu o wyżej wymienione parametry, autor poddał analizie kilkanaście obiektów. Pozwoliło to na wskazanie zbioru rozwiązań spójnych, powtarzalnych lub charakterystycznych dla danej kategorii. W prowadzonej pracy skupiono się na projektach z rynku polskiego, z którymi autor miał styczność w trakcie swojej pracy zawodowej. Budynki dobrano ze szczególnym naciskiem na obiekty zrealizowane w ostatnich latach, w oparciu o budownictwo zrównoważone.

Bazując na literaturze oraz doświadczeniu zawodowym autora stworzono listę kryteriów, które poza kwestiami technicznymi obejmują także realizację projektu, jego utrzymanie, trwałość i wzrost wartości. Przeprowadzona następnie analiza przez pryzmat kryteriów doprowadziła do ustalenia wagi wszystkich kategorii.

Otrzymane wyniki pozwoliły na stworzenie specyfikacji optymalnego budynku biurowego, którego parametry oparte są na przeprowadzonych badaniach, a ich waga wynika z przeprowadzonej analizy.

Ponadto autor wskazuje, jakie parametry (kategorie) w najsilniejszy sposób determinują formę współczesnego projektu deweloperskiego, a także jaki zbiór parametrów technicznych, biznesowych oraz ekologicznych spełnia oczekiwania rynku deweloperskiego. Tym samym jak projekt deweloperski staje się produktem optymalnym z punktu widzenia biznesowego.

Efektem końcowym pracy było wskazanie parametrów, formy i rozwiązań budynku biurowego, który na podstawie przeprowadzonych analiz i badań idealnie spełnia oczekiwania właściciela, a jednocześnie rynku najemców, dla których obiekt jest tworzony.

**Słowa kluczowe:** budynki biurowe, ekologia, budownictwo, certyfikacja ekologiczna

## **Modelling of technical parameters for green office buildings**

### **Abstract**

The layout of doctorate was created based on sequence of subjects which in author's opinion in most complex way characterizes current office market. Beginning is rather theoretical and stated, what is office building and what are its main parameters. As doctorate was prepared by structural engineer technical analyzes were presented. Author described and later detailly analyzed current solutions for structure and ecological modern facades. Separate issue are internal systems, both for mechanical and electrical installations, which have significant impact into internal building climate and also environmental building impact.

Two main certification systems (LEED, BREEAM) were described, both are common used as market standard worldwide, including Poland. Currently almost all newly design modern office buildings have certification, next market sectors like residential and hotels are also certified more often.

Theoretical part described also office market, which demands determine form, scale and solutions for modern buildings. Significant step for this market was to changed investors approach and starting execution of green buildings. During past years building certification process was developed. Standards, recognized and reliable method of evaluation were established.

Within research part modern solutions for office buildings were analyzed, list of several dozens of categories was created, which in authors opinion in the best way characterize modern object.

Further based on those categories twelve real office buildings were analyzed. It allowed for creating common, repeatable parameters characterized for each categories. Research were based on Polish projects, in which execution author participated in his professional carrier on different stages. Buildings were chosen with assumption for new projects and environmental friendly solutions.

Based on literature and author experience list of criteria's was created, it includes not only technical issues, but also project execution, maintenance, durability and project long-term value. Further made categories analysis based on criteria's, allowed to established weight of all categories.

Achieved results were base for creating specification of optimal office building, which parameters based on research made and which weight coming directly from analyzes taken.

Moreover author stated which parameters (categories) in most significant way determine form of modern project and also group of technical, business, ecological parameters which in best way meet office market expectations. Above allowed to make project market optimal.

Final result was to list parameters, form and technical solutions which based on analyzes and researches made, will optimally meet expectation of developers and tenant for whom building was created.

**Key words:** office buildings, ecology, construction, ecological certification

## Spis treści

Streszczenie.....	5
Abstract.....	7
Wykaz najczęściej stosowanych skrótów i oznaczeń .....	12
I. Wstęp.....	13
II. Cel i zakres pracy .....	14
III. Współczesne efektywne budownictwo biurowe .....	16
1. Budynek biurowy – definicja .....	16
1.1. Lokalizacja obiektu, a projekt .....	17
1.2. Układ wewnętrzny budynków biurowych.....	18
2. Analiza rozwiązań wewnętrznych w obiektach.....	19
2.1. Siatka konstrukcyjna obiektu.....	19
2.2. Powierzchnie wspólne w budynkach.....	21
2.3. Przestrzeń biurowa – powierzchnia wynajmowana.....	23
2.4. Parkingi i hale garażowe.....	25
2.5. Wysokość budynków biurowych .....	28
2.5.1. Granica wysokości 25 metrów .....	28
2.5.2. Granica opłacalności przy realizacji budynków wysokich .....	29
2.5.3. Wpływ lokalizacji na wysokość obiektów .....	30
3. Podejście do budownictwa proekologicznego – certyfikacja ekologiczna .....	32
3.1. Najpopularniejsze systemy certyfikacji LEED vs. BREEAM.....	33
3.2. Specyfika systemu BREEAM .....	34
3.3. Specyfika systemu LEED.....	40
3.4. Porównanie procesu certyfikacji w ramach obydwu systemów.....	44
4. Forma i kształt nowoczesnego budynku biurowego .....	47
5. Układ konstrukcyjny i stosowane rozwiązania .....	49
6. Konstrukcja budynków biurowych .....	54
6.1. Posadowienie budynków .....	55
6.2. Nadziemne konstrukcje monolityczne .....	57
6.3. Nadziemne konstrukcje sprężone.....	59
6.4. Nadziemne konstrukcje prefabrykowane .....	61
7. Elewacje współczesnych budynków biurowych .....	63

7.1.	Istotne parametry fasady .....	66
7.2.	Współczesne materiały elewacyjne.....	68
7.2.1.	Ściany kurtynowe.....	68
7.2.2.	Systemy zunifikowane .....	69
7.2.3.	Szklenie zespolone .....	70
7.2.4.	Systemy bezramowe.....	69
7.2.5.	Fasada podwójna .....	74
7.2.6.	Wentylowane okładziny elewacyjne .....	75
7.2.7.	Murowana Ściana Licowa .....	77
8.	Nowoczesne systemy instalacyjne .....	78
8.1.	Rozwój wentylacji i klimatyzacji.....	78
8.2.	Kierunki rozwoju branży klimatyzacyjnej .....	79
8.3.	Komfort klimatyczny a projektowanie architektoniczne.....	77
8.4.	Systemy wentylacyjne i klimatyzacyjne oraz ich ocena .....	79
8.5.	Klasyfikacja systemów wentylacyjnych i klimatyzacyjnych.....	83
8.6.	System CAV a VAV .....	85
8.7.	Systemy sufitów chłodzących .....	87
8.8.	Klimatyzatory .....	88
8.9.	Klimakonwektory.....	89
8.10.	Odzysk ciepła w wentylacji i klimatyzacji.....	88
8.11.	Konieczność realizacji i zasadność zbiorników retencyjnych.....	93
9.	Rozwiązania w zakresie instalacji elektrycznych .....	93
9.1.	Zasilanie awaryjne.....	94
9.2.	Oświetlenie ewakuacyjne i awaryjne .....	96
9.3.	Rozdzielnie elektryczne, zasilanie budynku.....	96
9.4.	System zarządzania budynkiem.....	99
10.	Komunikacja pionowa w budynkach .....	98
IV.	Główne tezy rozprawy .....	104
V.	Modelowanie parametrów technicznych proekologicznego budynku biurowego.....	105
1.	Cel i zakres badań .....	105
2.	Model hierarchizacji parametrów technicznych proekologicznego budynku biurowego.....	105
2.1	Opis modelu .....	105

2.2	Analiza wrażliwości modelu .....	116
3.	Analiza parametrów technicznych budynków w kontekście wykorzystania ich w procesie projektowania i realizacji proekologicznego budownictwa biurowego.....	117
3.1.	Opis budynków stanowiących podstawę analizy .....	117
3.2.	Analiza wybranych parametrów budynków biurowych.....	129
4.	Wyniki przeprowadzonych badań i analiz .....	220
4.1.	Ranking kategorii względem ich użyteczności w kształtowaniu proekologicznego budynku biurowego .....	220
4.2.	Ustalenie parametrów optymalnego budynku, jako propozycja standardu polskiego budynku biurowego .....	224
4.2.1.	Budynek i konstrukcja.....	224
4.2.2.	Instalacje mechaniczne.....	233
4.2.3.	Instalacje elektryczne .....	236
V.	Podsumowanie .....	238
VI.	Kierunki dalszych badań .....	243
	Bibliografia.....	244

## Wykaz najczęściej stosowanych skrótów i oznaczeń

K – kategorie techniczne

$V_K$  – waga kategorii

$\alpha, \beta, \gamma, \delta, \varepsilon, \zeta, \eta$  - kryteria porównawcze

$W_\alpha \dots W_\eta$  - waga kryteriów porównawczych

$C_P$  – koszty prac projektowych i przygotowawczych

$C_B$  – koszty realizacji obiektu

$C_U$  – koszty eksploatacji

$C_{P\%}$  - procentowy udział kosztów realizacji obiektu

$C_{B\%}$  - procentowy udział kosztów prac projektowych i przygotowawczych

$C_{U\%}$  - procentowy udział kosztów eksploatacji

$\sum_0^n k_{TEN}$  - suma kosztów przychodów z najmu

P – proporcje kosztów w cyklu życia obiektu do przychodów z najmu

$k_O$  - wartość oszczędności kosztów z tytułu certyfikacji obiektu

$\delta\%, \varepsilon\%, \zeta\%, \eta\%$  - procentowy udział poszczególnych kryteriów

Q1 - kwartył pierwszy (dolny)

Q2 - kwartył drugi (środkowy) -mediana

Q3 - kwartył trzeci (górnny)

IQR – rozstęp międzykwartyłowy

Min – wąs dolny

Max – wąs górny



## I. Wstęp

Niniejsza praca jest efektem zebranych doświadczeń autora zarówno na etapie bezpośredniej realizacji projektów budowlanych, w tym także biurowych realizowanych w czasie pracy w firmie wykonawczej oraz pełnienia funkcji inspektorskich, z doświadczeniami zebranymi na etapie realizacji projektów deweloperskich po stronie inwestora. Przekrój doświadczeń zawodowych pozwala na analizę wiedzy zarówno z pozycji uprawnionego inżyniera budowlanego, jak i dyplomowanego menadżera prowadzącego wielkoskalowe projekty biurowe.

Kwestie techniczne budownictwa komercyjnego, ze względu na swoją uniwersalność na przestrzeni czasu zostały opisane w szeregu opracowań książkowych [1, 2, 3, 4]. Natomiast rynek komercyjny, zagadnienie stosunkowo nowe dla polskiej gospodarki, nie jest jeszcze szczegółowo opisany w literaturze. Budownictwo komercyjne, w tym w szczególności biurowe, obecne jest natomiast w prasie specjalistycznej, gdzie prowadzi się zarówno analizy poprawności stosowanych rozwiązań jak i omawia kwestie popytu i oczekiwanych standardów projektów [5, 6, 7, 8].



Rys. I.1. Współczesny nowoczesny budynek biurowy (fot. Michał Wojciechowski)

Mimo to obecnie realizowane na rynku polskim projekty to przemyślane produkty, powstające często w centralnych lokalizacjach, których standard w niczym nie odbiega od podobnych obiektów powstających w Europie Zachodniej (Rys. I.1). Rozwój gospodarczy

doprowadził do wzrostu popytu na tego typu obiekty, co przełożyło się na działalność firm deweloperskich, które poza wcześniej realizowanymi galeriami handlowymi i kompleksami mieszkaniowymi dołożyły do swojego portfela budownictwo biurowe, które z czasem dla wielu z nich stało się głównym profilem działalności. Rozwój rynku i aktywność na rynku najmu wpłynęła znacząco na oczekiwania najemców, którzy obecnie wymagają produktu wysokiej jakości, w pełni zorientowanego na rozwiązania proekologiczne oraz przyjaznego dla pracujących w nim ludzi [9].

## **II. Cel i zakres pracy**

Celem pracy jest wskazanie najbardziej optymalnych parametrów, formy i wielobranżowych rozwiązań budynku biurowego, który na podstawie przeprowadzonych analiz i badań spełnia oczekiwania właściciela, a jednocześnie rynku najemców, dla których obiekt jest tworzony. Autor zamierza wskazać wpływ rozwoju budownictwa i samej techniki budowania na ukształtowanie się dzisiejszego standardu nowopowstających obiektów biurowych, realizowanych także w oparciu o wzorce biznesowe wprowadzone przez zachodnich deweloperów rozwijających się na naszym rynku.

Ponadto celem pracy jest wskazanie, na podstawie przeprowadzonych badań, co w najsilniejszy sposób determinuje formę współczesnego projektu deweloperskiego, a także jaki zbiór parametrów technicznych, biznesowych oraz ekologicznych spełnia oczekiwania rynku deweloperskiego. Tym samym jak projekt deweloperski staje się produktem optymalnym z punktu widzenia biznesowego.

Układ pracy opracowano w oparciu o sekwencję zagadnień, które zdaniem autora w sposób kompleksowy opisują współczesne budownictwo biurowe. Początek ma charakter teoretyczny i określi, czym jest budynek biurowy oraz jakie są jego charakterystyczne cechy. Autor na bazie literatury, głównie zagranicznej, w sposób uporządkowany opisał tego typu obiekty, gdyż w Polsce brak jest odpowiedniej literatury. Opisana została historia budownictwa biurowego na świecie, która rozpoczęła się z rozwojem administracji w średniowieczu, kiedy to zaczęły się pojawiać budynki ratuszy, czy siedziby pierwszych fabryk z częścią administracyjną. Praca przedstawia także wkład w rozwój budownictwa biurowego, jaki wniosły Stany Zjednoczone w XIX wieku, gdzie wraz z pojawieniem się nowoczesnych konstrukcji i instalacji nastąpił boom inwestycyjny tego rodzaju budownictwa.

W pracy przedstawiono analizy techniczne. Opisano, a później także przebadano najczęściej stosowane rozwiązania zarówno konstrukcyjne, jak również ekologiczne

rozwiązania współczesnych fasad. Osobnym zagadnieniem są instalacje wewnętrzne, zarówno mechaniczne jak i elektryczne, które mają ogromny wpływ na komfort wewnętrzny oraz znaczący wpływ obiektu na środowisko.

Opisane zostały również dwa główne systemy certyfikacji ekologicznej tj. LEED i BREEAM, które są obecnie standardem na całym świecie, w tym także na rynku polskim. Obecnie praktycznie każdy nowoczesny budynek jest certyfikowany, a kolejne gałęzie budownictwa, jak hotele czy budynki mieszkalne, również przechodzą coraz częściej proces certyfikacji.

W przeprowadzonej analizie stanu wiedzy autor przedstawił także kwestie związane z rynkiem biurowym, którego wymagania i rozwój determinują formę, skalę i rozwiązania stosowane w tego typu budynkach. Ogromnym krokiem w rozwoju tej gałęzi przemysłu była zmiana mentalności deweloperów i rozpoczęcie realizacji projektów przyjaznych dla środowiska. Przez lata rozwinięto proces certyfikacji obiektów, celem ustandaryzowania ich rozwiązań, stworzenia rozpoznawalnych i wiarygodnych metod ich oceny.

W części badawczej pracy dokonana została analiza współcześnie stosowanych rozwiązań w budynkach biurowych i powstała lista kilkudziesięciu kategorii, które zdaniem autora najlepiej charakteryzują nowoczesny budynek biurowy. Kategorie te zostały ocenione przez pryzmat siedmiu kryteriów techniczno-ekonomicznych, wykorzystywanych w metodyce LCC, tj. obejmujących zarówno projekt jak i realizację obiektu, jego utrzymanie, trwałość i wzrost wartości. Przeprowadzona ocena kategorii przez pryzmat kryteriów doprowadziła do ustalenia rankingu parametrów, odgrywających najistotniejszą rolę w specyfikacji współczesnego proekologicznego budynku biurowego. Ranking parametrów opracowany został z wykorzystaniem zdefiniowanej przez autora funkcji użyteczności, w której zmienne decyzyjne określa się z wykorzystaniem wiedzy eksperckiej. Z kolei w celu określenia wag kryteriów przeprowadzono analizę techniczno-ekonomiczną krajowych projektów deweloperskich. Zhierarchizowane kategorie zostały szczegółowo przeanalizowane w oparciu o dane zebrane przez autora, pod kątem możliwości ich wykorzystania w procesie planistyczno-projektowym. W pracy skupiono się na projektach z rynku polskiego, z którymi autor miał również styczność w trakcie swojej pracy zawodowej. Budynki dobrano ze szczególnym naciskiem na obiekty zrealizowane w ostatnich latach, w oparciu o budownictwo zrównoważone w różnych lokalizacjach w kraju.

### **III. Współczesne efektywne budownictwo biurowe**

#### **1. Budynek biurowy – definicja**

Definicję pojęcia „budynek biurowy” można znaleźć w Polskiej Klasyfikacji Obiektów Budowlanych [10], zgodnej z europejską klasyfikacją obiektów budowlanych i zaleceniami Organizacji Narodów Zjednoczonych. Klasyfikacja dzieli budynki na dwa rodzaje: mieszkalne i niemieszkalne. W ramach budynków niemieszkalnych wyróżnia się:

- hotele i budynki zakwaterowania turystycznego,
- budynki biurowe,
- budynki handlowo – usługowe,
- budynki transportu i łączności,
- budynki przemysłowe i magazynowe,
- ogólnodostępne obiekty kulturalne, budynki o charakterze edukacyjnym, szpitale, budynki kultury fizycznej,
- pozostałe budynki niemieszkalne.

Za budynek biurowy uznaje się budynek wykorzystywany, jako miejsce pracy i działalności biura lub administracji (w tym również budynki urzędów miejskich i ministerstw). Równocześnie należy mieć świadomość, że kiedy mówimy o budynku biurowym, mówimy o wielkiej różnorodności obiektów. Za budynek biurowy będzie uznawany zarówno dwukondygnacyjny podmiejski budynek, jak i stukondygnacyjny drapacz chmur. Ponadto można je również podzielić, ze względu na sposób wynajmu, na budynki budowane spekulacyjnie z założeniem, że to najemcy wybierają lokalizację na swoje biuro i na projekty „built to suit”, gdzie spełnione zostaną szczegółowe wymagania konkretnego klienta.

Bez względu na kształt, wielkość, czy lokalizację danego budynku biurowego istotnym obecnie jest fakt, że przestał być on traktowany jedynie jako miejsce pracy. Coraz częściej najemcy oczekują, że będzie on spełniał również inne, dodatkowe funkcje dla pracujących tam ludzi, wpływając znacząco na jakość ich pracy. W związku z tym analiza parametrów technicznych realizacji efektywnego budynku biurowego, która jest przedmiotem niniejszej pracy zostanie przeprowadzona wielowątkowo i będzie uwzględniać wiele różnorodnych czynników [11].

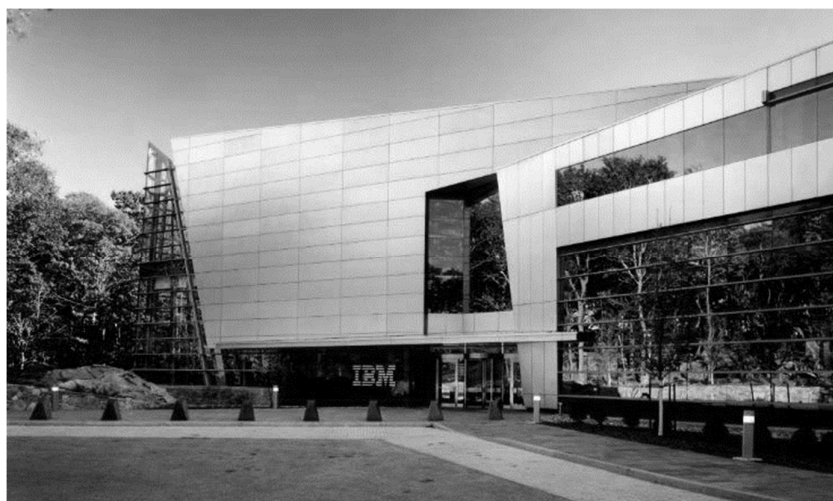
## 1.1. Lokalizacja obiektu, a projekt

Forma budynku biurowego jest silnie uzależniona od lokalizacji projektu. Innym będzie projekt znajdujący się na obszarach podmiejskich, innym w miastach, a jeszcze innym w centrach biznesowych. Fakt ten wynika z różnych uzgodnień planistycznych, wymogów formalnych i lokalnych w danym terenie. Wyraźne różnice zauważyć można w budynkach powstałych w różnych krajach i na różnych kontynentach. Wpływ na ostateczny kształt projektu mają nie tylko warunki geograficzne, pogodowe i lokalnie obowiązujące przepisy, ale również oczekiwania klientów będące wypadkową czynników historycznych, kulturowych i organizacyjnych. Największe różnice występują w instalacjach mechanicznych, które muszą być dostosowane do znacznych różnic klimatycznych np. na terenie Ameryki Północnej. Jednak różnice standardów projektowych pomiędzy innymi krajami oraz kontynentami mogą być także ogromne. W ostatnich latach rozwoju budownictwa biurowego projekty realizowane w USA koncentrowano na efektywności miejsc pracy, produktywności oraz wpływie rozwijających się technologii komunikacyjnych. Azja boryka się z koniecznością zapewnienia wystarczającej ilości miejsca, odpowiadającego lokalnemu zapotrzebowaniu na przestrzeń biurową, jednocześnie hołdując symbolicznej wadze budynków wysokich. Biurowce europejskie skupione są natomiast na oszczędności zużycia energii, ochronie środowiska naturalnego i maksymalizowaniu dostępu pracowników do naturalnego światła i świeżego powietrza. Szczególnie widoczne jest to w Niemczech, Holandii i Belgii, gdzie największy nacisk kładzie się na dostęp do okien. Maksymalna dopuszczalna odległość pomiędzy trzonem i fasadą nie może tam przekraczać 8 metrów [12].

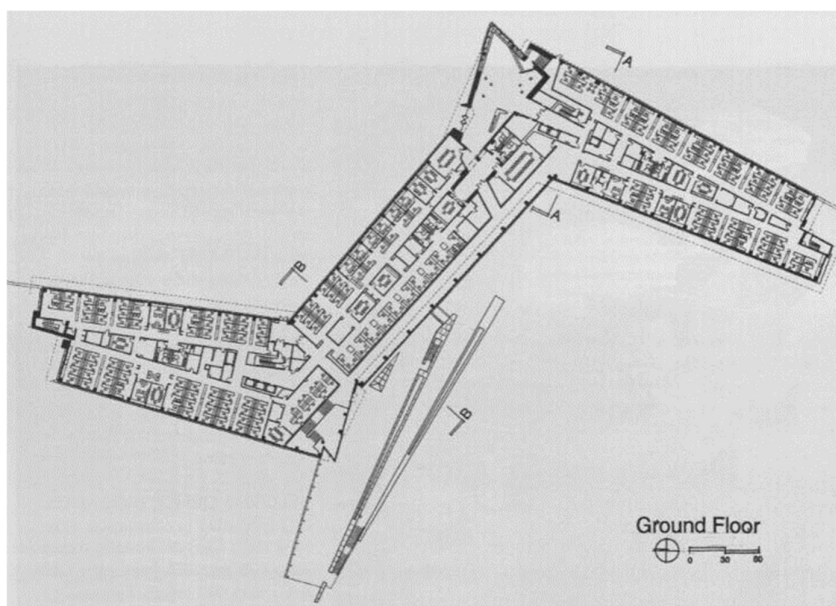
W Stanach Zjednoczonych po II wojnie światowej zaczęły powstawać coraz wyższe budynki biurowe, co było skutkiem powszechnego stosowania usprawnionych systemów klimatyzacji i sztucznego oświetlenia. Obecnie projekty amerykańskie i azjatyckie bardzo często posiadają rozpiętości dochodzące do 17 metrów (55 stóp) od trzonu do fasady, z tendencją do większych odległości w przypadku powierzchni wykorzystywanych np. do celów maklerskich, gdzie światło dzienne jest wręcz niekorzystne przy pracy na wielu monitorach. Kolejnym znaczącym elementem mającym wpływ na budownictwo w ostatniej dekadzie było upowszechnienie wysokowytrzymałych elementów konstrukcyjnych zarówno stalowych jak i betonowych, a także wysokoparametrycznego szkła, a tym samym polepszenie parametrów fasad kurtynowych. Obecnie powszechnie stosowane są wysokowydajne windy o zwiększonej prędkościach, pozwalające dzięki zaawansowanym systemom sterowania na efektywniejsze ich wykorzystanie w budynkach [13, 14].

## 1.2. Układ wewnętrzny budynków biurowych

Aranżacja piętra w typowym budynku biurowym z biegiem lat ulegała znacznym zmianom. W latach sześćdziesiątych w Ameryce budynek biurowy składał się głównie z prywatnych biur. Status osoby zajmującej biuro odzwierciedlał rozmiar pokoju, ze szczególnym uwzględnieniem liczby modułów okiennych i jego wyposażeniem. Dziś większość firm na całym świecie korzysta głównie z otwartej przestrzeni (ang. *open space*), czego przykładem jest siedziba firmy IBM w Armonk w USA, gdzie tylko 20% pracowników ma swoje miejsca pracy w osobnych pomieszczeniach (Rys. III.1.1, Rys.III.1.2) [12, 15].



Rys. III.1.1. Budynek IBM w Armonk [16]



Rys. III.1.2. Budynek IBM w Armonk wewnątrz typowej kondygnacji [16]

Obecnie konwencjonalne układy biura otwartego ustępują nowatorskim koncepcjom, takim jak „hot desk” w ramach, których pracownicy mają jedynie osobiste szafki, natomiast mogą być przypisani do innego miejsca pracy każdego dnia. Ta "nieterytoriałna" koncepcja pozwala niektórym pracownikom pracować w strefach odpoczynku a nawet kantynach. Widoczna jest również tendencja wprowadzona przez wiele firm z branży zaawansowanych technologii, tworzenia bardziej demokratycznego, „lofto-podobnego”, zaawansowanego technologicznie środowiska pracy, charakteryzującego się między innymi znaczną wysokością pomieszczenia, wynoszącą często ponad cztery metry.

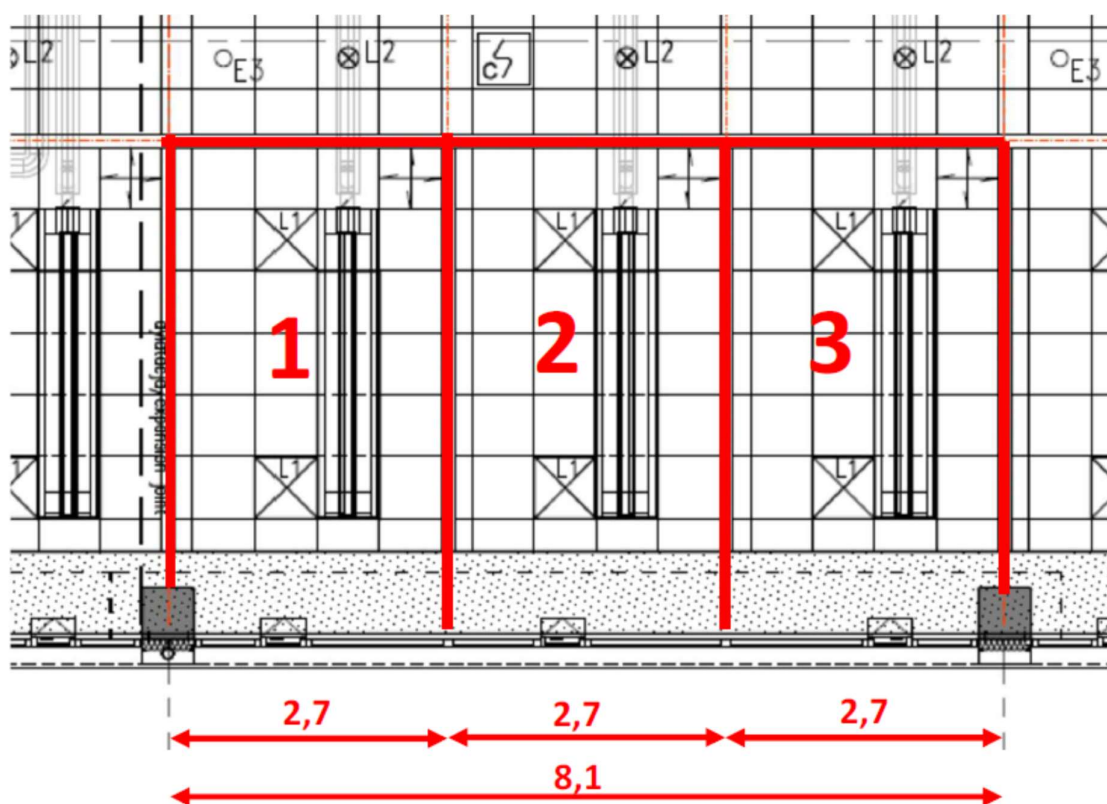
Czynnikiem, na który kładzie się duży nacisk, szczególnie w USA, jest zwiększone zainteresowanie środowiskiem pracy pracownika, które mu towarzyszy. Dzięki postępowi technologii komputerowej i możliwości komunikacyjnych zdano sobie sprawę, że środowisko pracy ma kluczowe znaczenie dla wydajności firm: wpływa na efektywność pracy zespołów oraz może być czynnikiem zachęcającym najlepszych kandydatów na rynku do pracy w danej firmie. Ponieważ wynagrodzenia obecnie stają się coraz bardziej porównywalne i nie stanowią istotnej zachęty, rodzaj i jakość obszaru pracy staje się ważną częścią rekrutacji i utrzymania zespołu. Coraz częściej zarówno firma jak i pracownik mogą decydować, jakiego rodzaju środowisko chcą stworzyć dla swojej organizacji. Niskie budynki zwykle lepiej przystosowują się do siedziby firmy. W takich budynkach istnieje możliwość wizualnego łączenia piętér poprzez zastosowanie atriów i możliwość stworzenia wysokich kondygnacji bez znacznego zwiększenia kosztów, co występuje w przypadku budynków wysokich. Wszelkiego rodzaju udogodnienia, w tym opieka nad dziećmi, centra fitness, sklepy typu *convenience*, różnorodne kawiarnie i punkty gastronomiczne, a nawet usługi *concierge*, mogą być komponentami korporacyjnego biurowca. Budynek może stać się także małym miastem z wieloma sąsiadującymi, połączonymi daszkami wewnętrznymi "uliczkami" z udogodnieniami i dużą zamkniętą lub zewnętrzną przestrzenią tworzącą poczucie przynależności do miejsca.

## **2. Analiza rozwiązań wewnętrznych w obiektach**

### **2.1. Siatka konstrukcyjna obiektu**

Istnieje szereg czynników mających wpływ na wybór siatki projektowej dla budynków biurowych. Do głównych z nich należy zaliczyć: stosowane technologie budowlane (tym samym dopuszczalne rozpiętości konstrukcyjne), wielkość oczekiwanej powierzchni biurowej, układ miejsc parkingowych oraz geometrię i układ działki, na której lokalizuje się projekt. Początkowo jako standard wielu krajów europejskich przyjmowano siatkę

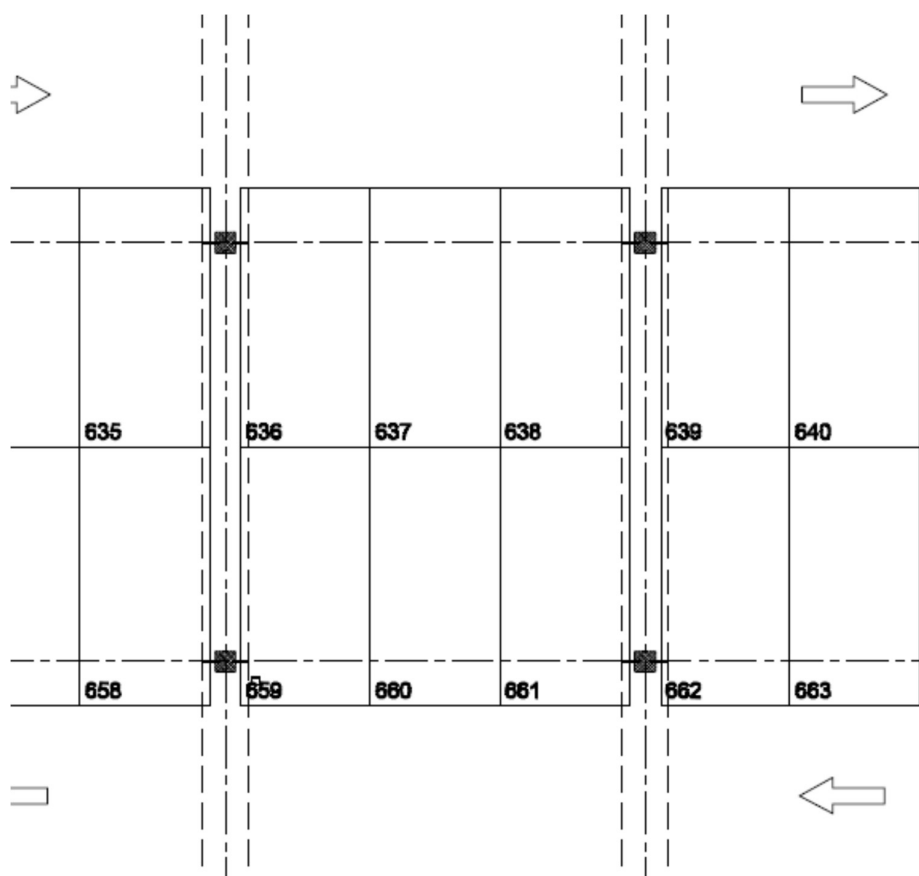
konstrukcyjną 1,5m, która była pochodną oczekiwanych rozmiarów pomieszczeń biurowych oraz miejsc parkingowych. Obecnie jednak w Europie, także na rynku polskim standardem jest siatka o module 1,35m. Moduł ten stosuje się począwszy od fasady, która pozwala na podział powierzchni wewnętrznej (montaż ścian działowych w osiach szprosów fasady) i wydzielenie pokoi biurowych o szerokości 2,7m, która to jest optymalna z punktu widzenia organizacji pracy i ergonomii [17]. Poniższy rysunek prezentuje standardowy podział na trzy moduły równej szerokości, o głębokości pomieszczeń uzależnionej od rozpiętości konstrukcji 12,0 – 16,0m (Rys. III.2.1).



Rys. III.2.1. Optymalny układ jednostek biurowych w module 8,1m

Takie wymiary wpasowują się także doskonale w typowe wymiary miejsc parkingowych, pozwalając na umieszczenie sześciu samochodów w typowym module konstrukcyjnym, co obrazuje poniższy rysunek (Rys. III.2.2).





Rys. III.2.2. optymalny układ miejsc parkingowych – 6 stanowisk w siatce 8,1 x 8,1m

Siatka 8,1 m współgra ponadto z powszechnie stosowanymi materiałami i technologiami, pozwala także na realizację budynku w konstrukcji stalowej, co przy większych rozpiętościach stałoby się trudne ze względu na przekroje elementów metalowych.

## 2.2. Powierzchnie wspólne w budynkach

Lobby wejściowe pełni ważną funkcję, szczególnie w obiektach najwyższej klasy. Jego właściwy projekt w dużej mierze ma wpływ na odbiór budynku, jako całości. Prawidłowo zaprojektowane lobby musi być dobrze doświetlone, wykończone materiałami o wysokiej jakości, a jego umiejscowienie musi być jednoznaczne dla obserwatora zewnętrznego i powinno zapraszać do wnętrza budynku. Rozmiar lobby zależy głównie od lokalizacji i klasy budynku. Budynki w centrach miast, szczególnie stolicach, będą miały duże, reprezentacyjne lobby, często realizujące także inne funkcje. W lokalizacjach budynków oddalonych od głównych centrów biznesowych, dodatkowo zlokalizowanych w miastach regionalnych, lobby ogranicza się do realizacji, jako recepcji budynkowej, zwykle spełniającej funkcję

kontrolną i administracyjną. Nie ma jednoznacznych wytycznych na to jak ta przestrzeń powinna być zaprojektowana. Na jej ostateczny kształt ma wpływ wiele czynników, takich jak: skala budynku, jego klasa, ilość wejść itp. [18, 20].

Lobby lub recepcja połączona z pomieszczeniem BMS (ang. *building management system*), węzłem sanitarnym, pomieszczeniem ochrony, itp., powinny mieć wielkość dopasowaną do uwarunkowań budynku, jednakże nie powinny przekraczać 5-6% powierzchni kondygnacji netto. Oczekuje się także, że biura klasy A będą zapewniały całodobową ochronę budynku, co wymaga, aby na zapleczu budynku znajdowały się dodatkowo pomieszczenie ochrony, szatnie i pomieszczenie socjalne.

Trzony w budynkach biurowych pełnią funkcję zarówno komunikacji pionowej, jak również zlokalizowane są tam pomieszczenia techniczne i sanitarne. Właściwie zaprojektowany trzon jest ważną częścią budynku biurowego, jego odpowiednia lokalizacja pozwala na efektywne zaplanowanie układu piętra oraz spełnienie wymogów sanitarnych i ewakuacji. Pomimo, że wewnętrzny układ trzonu jest zależny od układu budynku i podejścia inwestora (czy najemcy), to podstawowe wytyczne projektowe pozostają niezmiennie i należą do nich:

- Minimalizowanie powierzchni wspólnych, które wpływają na parametry wynajmu. Co do zasady budynek biurowy musi maksymalizować powierzchnię wynajmowaną, która jest głównym źródłem przychodów, tym samym musi racjonalnie minimalizować wszelkie powierzchnie wspólne takie jak komunikacja, serwis czy ewakuacja. Nie można jednak lekceważyć komfortu z korzystania z budynku, który w części zależy od powierzchni wspólnych [19].
- Układ budynku zapewniający łatwe korzystanie z wind, toalet oraz dostawę mediów (szachty instalacyjne) do powierzchni najmu.
- Efektywne, ergonomiczne i solidne trzony komunikacyjne, zaprojektowane w sposób umożliwiających ich wykorzystanie przez minimum 10-15 lat, co uzyskuje się między innymi poprzez stosowanie wysokiej jakości materiałów wykończeniowych.
- Łatwy dostęp do klatki schodowej często używanej do wewnętrznej komunikacji pomiędzy sąsiednimi piętrami, szczególnie w przypadku budynków niższych albo najemców wielokondygnacyjnych.

Poniższy rysunek pokazuje trzon budynku biurowego, zawierający w sobie przestrzeń komunikacji pionowej i ewakuacji, szachty instalacyjne, jak również węzły sanitarne (Rys. III.2.3).



Rys. III.2.3. Przykład trzonu komunikacyjnego współczesnego budynku biurowego

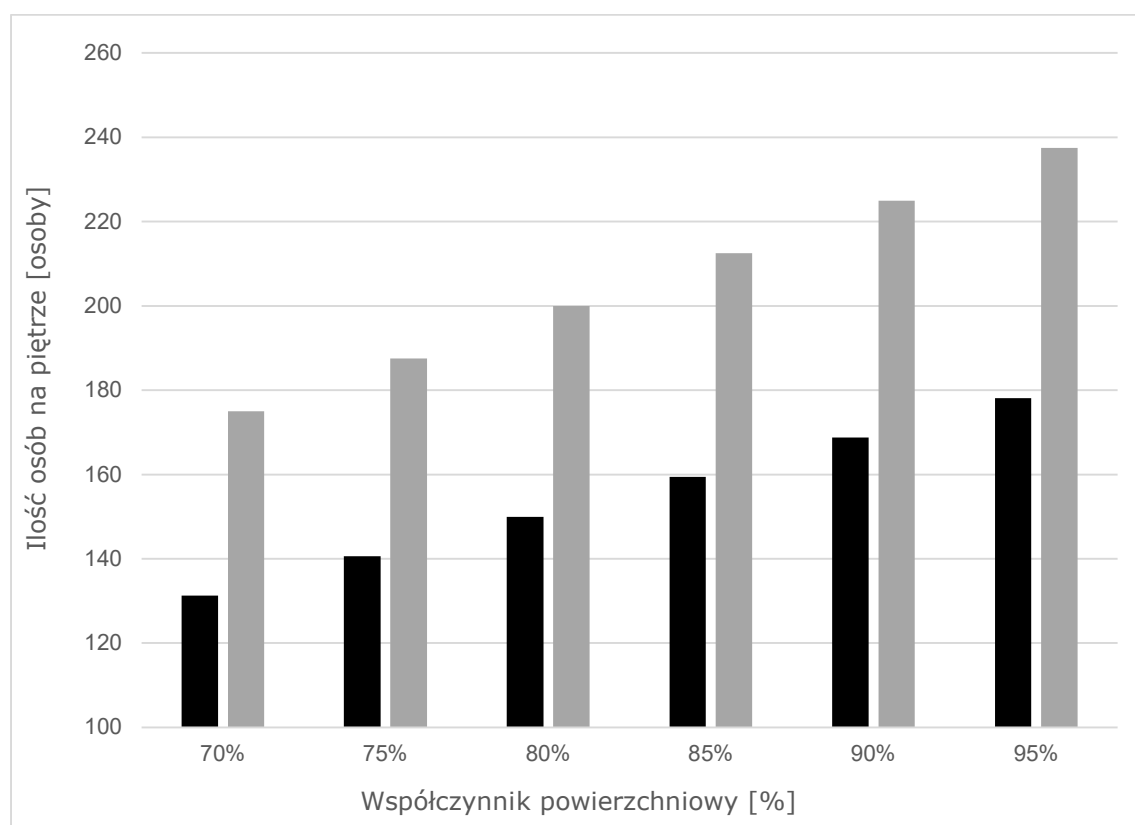
Pomieszczenia sanitarne w budynkach biurowych podlegają regulacjom formalnym, zarówno w zakresie ich ilości dla każdej płci, jak również maksymalnej odległości od stanowisk pracy, która w Polsce wynosi 75 metrów [20]. Przy ich projektowaniu istotnym jest komfort użytkowników oraz jakość zastosowanych materiałów. Należy zauważyć, iż wielkość pięter biurowych oraz ilość trzonów komunikacyjnych, w których często także lokalizuje się toalety, w dużej mierze zależy właśnie od parametru maksymalnej odległości do toalet oraz maksymalnej drogi ewakuacyjnej. Ilość toalet stanowi wyzwanie w przypadku budownictwa spekulacyjnego: nie znając struktury płci przyszłych najemców toalety można projektować w założeniu 50/50 (maksymalnie 60/40), często natomiast pojawiają się najemcy, których pracownicy reprezentują w większości jedną płć (np. centra księgowo), wtedy istotnym jest elastyczny projekt, pozwalający na ich przyszłą rozbudowę.

### 2.3. Przestrzeń biurowa – powierzchnia wynajmowana

Prawidłowo zaprojektowana powierzchnia biurowa charakteryzuje się niskim współczynnikiem powierzchni netto do powierzchni brutto (tzw. współczynnik powierzchniowy). Innymi słowy dąży się do sytuacji, w której maksymalna powierzchnia piętra będzie zajmowana przez przestrzeń pod wynajem. Za dobrze zaprojektowany obiekt należy uznać budynek niższy, który osiąga współczynnik na poziomie 80%. Niższy budynek powoduje, że koszty wynajmu zaczynają rosnąć i obiekt staje się niekonkurencyjny. Budynki

wysokościowe ze względu na przekrój trzonów komunikacyjnych i instalacyjnych, jak również przekroje samej konstrukcji osiągają współczynniki znacznie niższe. Jednakże tego typu obiekty, lokalizowane są zazwyczaj w bardziej prestiżowych lokalizacjach, gdzie stawki czynszu są znacznie wyższe. Kierowane są także do innych najemców, którzy są w stanie zapłacić więcej za powierzchnię, mimo pozornie gorszych współczynników jej efektywności.

Poniższy rysunek (Rys.III.2.4) prezentuje możliwy wzrost ilości osób na przykładowym piętrze o powierzchni całkowitej 1500m<sup>2</sup>, w zależności od współczynnika powierzchni wspólnych (w zakresie 70-95%), przy zagęszczeniu stanowisk pracy 6 i 8m<sup>2</sup> na jedną osobę.



Rys. III.2.4. Ilość osób na piętrze w funkcji powierzchni wspólnej

Współcześnie jako standard przyjmuje się, iż w budynku biurowym na jedną osobę przypada około 8m<sup>2</sup> powierzchni piętra. Jest to uśrednienie, w które wliczane są także powierzchnie komunikacyjne i sale spotkań. Natomiast coraz częściej powstają projekty, których parametry techniczne (najważniejszym jest moc chłodnicza) pozwalają na zagęszczenie powierzchni przypadającej na jedną osobę nawet do 5m<sup>2</sup>. Jest to szczególnie wskazane w biurach, gdzie prowadzi się działalność typu *call-center*, gdzie na dużej otwartej przestrzeni zlokalizowana jest znaczna ilość powtarzalnych stanowisk pracy, które nie

wymagają dużej powierzchni, a odpowiednia separacja akustyczna pozwala na wygodną pracę.

Komunikację wewnątrz pięter w przypadku biur komórkowych zapewniają korytarze. Ich lokalizacja i szerokość jest pochodną układu typowego piętra oraz rozsądnym kompromisem pomiędzy wymogami formalnymi, w tym w szczególności przepisów dotyczących ewakuacji, a chęcią wykorzystania maksymalnie powierzchni na cele biurowe.

Istnieje wiele czynników mających wpływ na wybór siatki projektowej dla budynków biurowych: stosowane technologie i materiały budowlane, limity rozpiętości, wielkość biur i rozstaw miejsc parkingowych.

Projekt elewacji powinien przewidywać możliwość stawiania podziałów wewnętrznych w odstępach odpowiadających wielokrotności 1,35 m. Pozwala to najemcom na wydzielanie pokoi biurowych o wymiarach 2,7 m szerokości, na 5,4 m głębokości. Ten podział dobrze też współgra ze stosowanymi w Polsce szerokościami miejsc parkingowych (słupy nie mogą nachodzić na miejsca parkingowe) oraz z rozmiarami wielu materiałów budowlanych i jest wydajny pod względem dopuszczalnych rozpiętości zarówno dla konstrukcji stalowej jak i żelbetowej. Powinien być jednakże odnotowany fakt, że nie zawsze zachodzi możliwość projektowania w oparciu o siatkę konstrukcyjną o rozstawie osi 8,1 m.

Czasami na trudnych plombowych działkach lub na działkach ze szczególnymi uwarunkowaniami inne moduły konstrukcyjne mogą być bardziej odpowiednie.

#### **2.4. Parkingi i hale garażowe**

Wiele czynników ma obecnie wpływ na ilość miejsc parkingowych. Parkingi i hale garażowe są zależne od lokalizacji inwestycji, a także od wielkości działki. W centrach miast zazwyczaj miejsc tych jest mniej z powodu ograniczonej przestrzeni oraz dobrze rozwiniętej komunikacji miejskiej. Na coraz większej powierzchni miast obowiązują obecnie plany miejscowe, które określają także parametry powierzchni parkingowej, w tym ilość miejsc (zwykle w parametrze powierzchni wynajmowanej). Sposób realizacji funkcji parkingowej przez budynek biurowy zależy również od wielkości działki. W przypadku małych nieruchomości, szczególnie w centrach miast koniecznym jest zwykle realizacja podziemnych hal garażowych, często więcej niż jednokondygnacyjnych, co niestety podnosi koszty samej inwestycji (jest to jeden z powodów dla wyższych stawek czynszów w centrach miast). W przypadku projektów oddalonych od centrum, zwykle jednokondygnacyjna hala garażowa w połączeniu z miejscami na terenie pozwala na spełnienie wymagań najemców. Standardem

projektowym, a jednocześnie wymogiem formalnym dla typowego miejsca parkingowego jest wymiar 2,5 x 5,0 m [20].

Lokalizacja obiektów w centrach miast, czy w centrach biznesowych, nie pozwala na korzystanie z okolicznych ulic celem realizowania funkcji parkingowych, a jednocześnie ilość samochodów przyjeżdżających do kompleksu biurowego jest zbyt duża w stosunku do możliwości parkingowych otaczającej infrastruktury miejskiej i parkingowej. Tym samym koniecznym jest lokowanie przestrzeni parkingowej w ramach realizowanej inwestycji. W starszych modelach biznesowych przyjmowano, iż możliwy jest podnajeem okolicznych terenów pod funkcje parkingowe. Obecnie przepisy formalne (plany miejscowe, warunki zabudowy i warunki techniczne [20]) wymuszają posiadanie miejsc parkingowych, a w sytuacji gęstej zabudowy śródmiejskiej niemożliwe jest korzystanie z innych miejsc niż własne. Standardowo przyjmuje się, że optymalnym współczynnikiem jest jedno miejsce parkingowe na 100m<sup>2</sup> wynajmowanej powierzchni biurowej. Oczywiście nie jest to współczynnik pokrywający zapotrzebowanie dla wszystkich pojazdów pracowników przyjeżdżających do kompleksu. Tym niemniej w standardowym modelu, gdy miejsce parkingowe wiąże się z opłatą ponoszona przez wynajmującego trudno wyobrazić sobie sytuację, w której każdemu zmotoryzowanemu pracownikowi zostanie zapewnione przez pracodawcę miejsce w hali garażowej. Tym samym częstokroć koniecznym jest parkowanie poza kompleksem lub zmiana przyzwyczajeń i korzystanie z komunikacji publicznej.

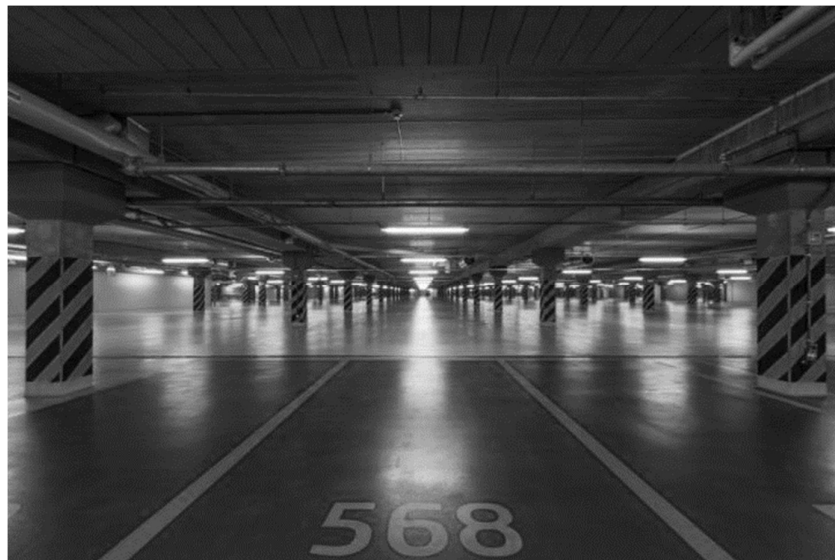
Minimalna ilość miejsc parkingowych jest zwykle narzucona przez decyzję o warunkach zabudowy lub plan miejscowy, jak również przez przepisy techniczne. Trudno określić z kolei maksymalną liczbę miejsc parkingowych, nie ma ograniczeń w tym względzie, natomiast duży wpływ na ich ilość mają parametry inwestycji i koszty. Można powiedzieć, iż wraz ze wzrostem prestiżu obiektu zwiększa się współczynnik ilości miejsc parkingowych na jednostkę powierzchni biurowej.

Powierzchnie parkingowe możemy podzielić ze względu na ich lokalizację na:

- Naziemne zlokalizowane na terenie, to rozwiązanie idealne ze względu na koszty realizacji parkingu, jednocześnie pozbawione sensu ekonomicznego ze względu na koszt działki, na której parking miałby zostać zbudowany, a którą można wykorzystać w celu powiększenia zabudowy biurowej. W praktyce naziemne powierzchnie parkingowe mają możliwość realizacji tylko w trakcie rozwoju kompleksu biurowego, kiedy nie cały teren jest jeszcze zabudowywany, a istniejący niezabudowany można tymczasowo wykorzystać jako parking. Jednakże przyszła zabudowa tego obszaru wymusi na pewno przeniesienie parkingu do części podziemnej.

- Nadziemne buduje się zwykle, gdy ze względów technicznych nie jest możliwe wykonanie podziemnej hali garażowej. Tym samym część powierzchni nadziemnej zamiast dla funkcji biurowej wykorzystana jest dla potrzeb parkingowych. Przez brak technicznych możliwości rozumie się przede wszystkim niekorzystne warunki wodne uniemożliwiające wykonanie hali garażowej lub implikujące bardzo wysoki koszt konstrukcji szczelnej. Drugim powodem jest infrastruktura podziemna, której ewentualna przebudowa jest niemożliwa (np. linia kolejowa lub metro) lub sieci przesyłowe o parametrach i skali uniemożliwiających ich demontaż i usunięcie.
- Podziemne to najpopularniejsze rozwiązanie, preferowane przez deweloperów, jako optimum kosztowe dla realizacji projektu. Zasadniczo większość części podziemnych realizowana jest jako konstrukcja żelbetowa monolityczna. Przy standardowym układzie konstrukcyjnym (8.1 x 8.1 m) praktycznie zawsze optymalnym rozwiązaniem okazuje się płyta fundamentowa (Rys. III.2.5). Nawet w przypadku bardzo dobrych warunków gruntowych pogłębiana płyta jest rozwiązaniem optymalnym ze względów technicznych i kosztowych. Hale podziemne otoczone są zwykle ścianami szczelinowymi (w przypadku gęstej zabudowy obiektów sąsiednich), czy ścianami monolitycznymi wykonywanymi w wykopie otwartym.

Innym kryterium podziału hal garażowych jest ilość kondygnacji. I tutaj podział jest bardzo prosty, parkingi jednokondygnacyjne wydają się rozwiązaniem optymalnym kosztowo, natomiast często trudnym do wykonania ze względu na ilości pojazdów, które muszą pomieścić się w hali garażowej.



Rys. III.2.5. Jednokondygnacyjna podziemna hala garażowa (fot. Michał Wojciechowski)

W takich sytuacjach jedynym wyjściem są parkingi wielokondygnacyjne, które co oczywiste posiadają znacznie większą ilość miejsc parkingowych, natomiast tworzą przestrzeń martwą z punktu widzenia efektywności budynku, takie jak rampy zjazdowe i powierzchnie pod nimi. Ponadto realizacja podziemnych wielokondygnacyjnych części garażowych, wiąże się ze znacznymi kosztami, praktycznie zawsze narusza się już poziom zwierciadła wód gruntowych, tym samym konstrukcja musi zostać dodatkowo uszczelniona, a koszt realizacji prac poniżej zwierciadła wody gruntowej jest wyższy. Dodatkowo głębsze wykopy, szczególnie na szczelnie wypełnionych działkach wiążą się ze znacznymi kosztami robót ziemnych i zabezpieczających krawędź wykopu.

## **2.5. Wysokość budynków biurowych**

### **2.5.1. Granica wysokości 25 metrów**

W polskim prawodawstwie dokonano również gradacji wysokościowej obiektów, które znalazły swoje odzwierciedlenie w „Warunkach Technicznych jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie” (§ 8) [20]. Ten teoretycznie prosty podział ma bardzo duży wpływ na koszty realizacji inwestycji, a związane jest to z koniecznością dostosowania instalacji przeciwpożarowych oraz ilości i geometrii dróg ewakuacyjnych do wymagań Warunków Technicznych.

Wszystkie budynki biurowe do 12 metrów (włącznie nad poziomem terenu) klasyfikuje się do kategorii budynków niskich. Budynki biurowe do wysokości 25 metrów to kategoria budynków średniowysokich (SW), najbardziej popularna na rynku deweloperskim, pozwalająca w rozsądny sposób ograniczyć koszty niezbędnych inwestycji w systemy zabezpieczeń i optymalizować powierzchnię wynajmowaną. Budynki wysokie (W), czyli powyżej 25 metrów, podobnie jak budynki wysokościowe (WW, powyżej 55 metrów) to obiekty, które lokuje się zwykle w prestiżowych lokalizacjach, gdzie wysokie koszty inwestycji, wynikające z kosztów budowy (zwykle na małej działce), skomplikowanej technologii budynku oraz wysokich wymagań związanych z bezpieczeństwem, mogą być zrównoważone przez odpowiednie stawki czynszu płynące z najmu powierzchni.

Budynki biurowe zawsze klasyfikuje się do obiektów zagrożenia ludzi, w tym przypadku do kategorii ZL-III. Kategoria ZL III, w przypadku budynków SW i W wymusza projektowanie obiektu w klasie pożarowej B, co w sposób znaczny ogranicza wielkość dopuszczalnych stref pożarowych (§ 227/1) [20] do rozmiaru 5000m<sup>2</sup> (SW), a w przypadku



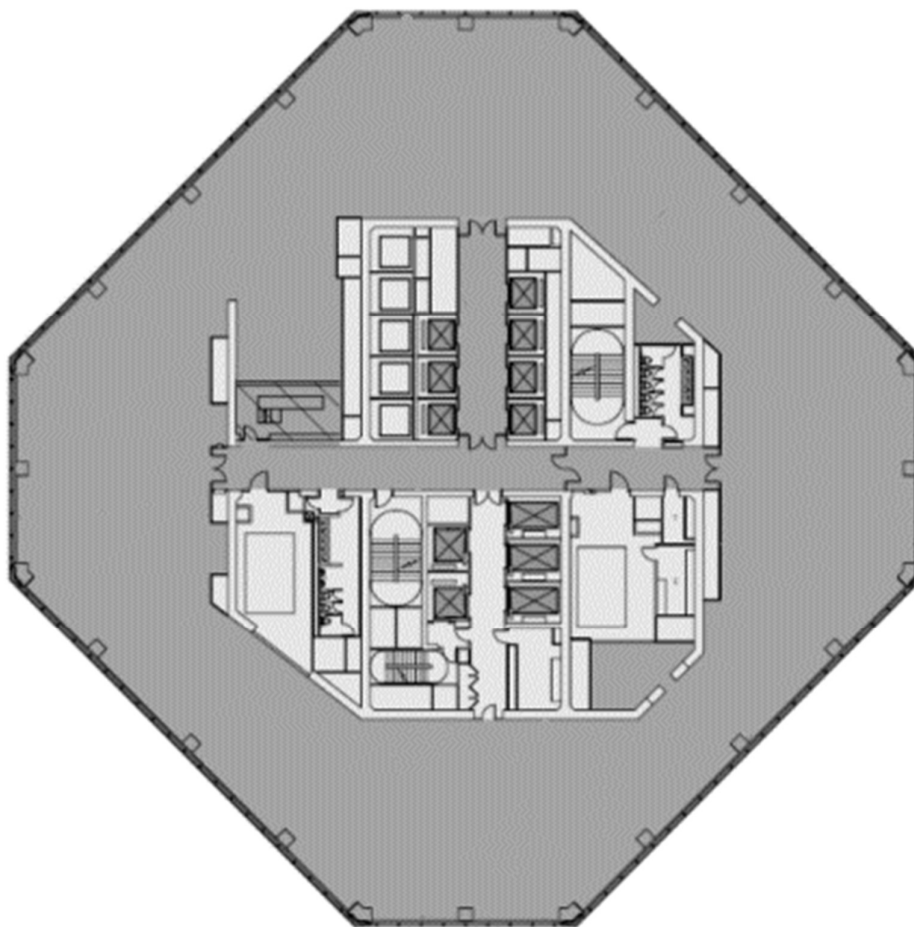
budynków wysokich do 2500m<sup>2</sup>. Przewagą budynków średnio wysokich jest możliwość zdublowania powierzchni w przypadku zastosowania dodatkowych instalacji zabezpieczających np. instalacji tryskaczowej (§227/4) [20]. Realizacja budynków wysokich powoduje konieczność wykonania dwóch klatek schodowych z przedsionkami pożarowymi, a także samoczynnie oddymianych, co w skali całej inwestycji stanowi niebagatelny koszt, a jednocześnie stratę powierzchni budynku. Ponadto ten typ budynku wiąże się z koniecznością przygotowania jednej z wind dla potrzeb ekip ratunkowych, tym samym wykonania go w odpowiedniej klasie odporności pożarowej.

Powyższe wymagania wraz z obostrzeniami dotyczącymi odporności ogniowych elementów konstrukcyjnych oraz przegród budynku pozwalają stwierdzić, iż realizacja obiektów wyższych niż 25 metrów, a tym samym klasyfikowanych jako wysokich, opłacalna jest tylko w lokalizacjach ścisłego centrum lub w dzielnicach biznesowych, gdyż tylko tam można spodziewać się wyższych przychodów z tytułu najmu, podyktowanych chociażby chęcią potencjalnych najemców do lokalizacji swoich firm w bardziej prestiżowych, wysokich obiektach [14].

### **2.5.2. Granica opłacalności przy realizacji budynków wysokich**

Współczesne technologie budowlane pozwalają na realizację obiektów o wysokościach większych niż potrzeby rynku, zatem można zaryzykować tezę, iż nie osiągnięto jeszcze górnej granicy wysokości obiektów biurowych, a nowe prestiżowe lokalizacje nieuchronnie zbliżają się do granicy jednego kilometra wysokości. Należy jednak zdawać sobie sprawę, iż obiekt wysoki, zapewniając wszystkie funkcje dla każdej kondygnacji, wiąże się z koniecznością dużego wykorzystania powierzchni przez powierzchnie komunikacyjne budynku oraz wszelkiego rodzaju szachty instalacyjne, tym samym w znaczący sposób zmniejszaniem powierzchni biurowej.

Jest to doskonale widoczne na poniższym rysunku, przedstawiającym kondygnację części wysokościowej budynku One World Trade Center w Nowym Jorku (Rys. III.2.6).



Rys. III.2.6. Rzut kondygnacji One World Trade Center Nowy Jork [21]

### 2.5.3. Wpływ lokalizacji na wysokość obiektów

Jednoznacznie można powiedzieć, iż jedyną możliwą lokalizacją obiektów wysokich i bardzo wysokich są centra biznesowe miast oraz dzielnice biznesowe. Trudno doszukać się jakichkolwiek przykładów tego typu obiektów zlokalizowanych indywidualnie w bocznej lokalizacji [22].

Niewątpliwie warunkiem, który w znacznym stopniu określa wysokość obiektu jest wartość i wielkość działki, przygotowanej dla potencjalnego obiektu. Oczywiście wartość nieruchomości, która staje się istotnym składnikiem kosztów inwestycji w dużej mierze wpływa na wysokość, a tym samym rozkład kosztów na powierzchnię wynajmowaną. Czynnikiem warunkującym wysokość jest również otaczająca zabudowa. W myśl obowiązujących zasad przy wydawaniu decyzji o warunkach zabudowy kluczowa jest zasada sąsiedztwa i nawiązywanie do zabudowy sąsiedniej, tym samym wysokość i bryła nowego budynku w dużej mierze zależy od otoczenia. Przykładem lokalizacji obiektów wysokich bez

wątpienia może być centrum Warszawy ograniczone ulicami Marszałkowską i Alejami Jerozolimskimi, a także paryska dzielnica La Defense (Rys.III.2.7) czy sztandarowa lokalizacja tego typu - nowojorski Manhattan [23].



Rys.III.2.7. Paryż - nowoczesna dzielnica biurowo - mieszkalna La Defense jest zrealizowanym od podstaw (w latach 1958-88) założeniem urbanistycznym z wysoką zabudową (fot. Michał Wojciechowski)

Wyjątkiem od reguły lokalizacji centralnych są miejsca prestiżowe, dotychczas nierozwijane, natomiast o dużym potencjale, jak na przykład Gdyński Skwer Kościuszki zabudowany prestiżowym obiektem Sea Tower, którego bryła w sposób znaczący inna od otaczającej zabudowy (jak i całej Gdyni) staje się nowym wyznacznikiem dla całej okolicy i początkiem rozbudowy kolejnych obiektów.

Prestiżowa lokalizacja budynku biurowego pozwala na realizację projektu o większej wartości, a tym samym wyższej cenie jednostkowej. Prestiżowa lokalizacja to także najemcy skłonni zapłacić więcej za wynajem powierzchni biurowej. Z pewnością budynki wysokie nie są wynajmowane przez najemców oczekujących maksymalnego zagęszczenia pracowników na metr powierzchni. Raczej klientami są korporacje lub mniejsze aczkolwiek bardziej luksusowe firmy, dla których ważniejsza jest prestiżowa lokalizacja i wysoki standard biura, aniżeli niskie stawki czynszu.

Podstawowymi czynnikami determinującym wysokość obiektu są:

- plany inwestycyjne dewelopera,
- przeznaczenie obiektu,
- uwarunkowania lokalne, w tym w szczególności warunki zabudowy lub plan miejscowy.

Decyzja o warunkach zabudowy w swojej treści zawsze zawiera wytyczne charakterystycznych parametrów, jakie spełniać muszą obiekty lokowane na danej nieruchomości. Wysokość obiektu jest określona bazując na otaczającej zabudowie, celem utrzymania jednorodnej linii zabudowy i brył obiektów. Warunki zabudowy precyzują wysokość obiektów zwykle w zakresie ich maksymalnej wartości. Z racji chęci dewelopera do wybudowania obiektu jak najwyższego podawanie dolnej granicy pozbawione jest sensu. Logicznie można zatem przyjąć, iż dolna granica to obiekt parterowy.

### **3. Podejście do budownictwa proekologicznego – certyfikacja ekologiczna**

Certyfikacja ekologiczna stała się w ostatnich latach elementem niezbędnym przy realizacji nowoczesnych kompleksów biurowych. Staje się coraz bardziej popularna także na rynku polskim, gdzie w obecnym okresie około 845 budynków zarejestrowanych jest w systemie certyfikacji, a 649 obiektów obecnie posiada już certyfikat BREEAM [24, 25]. W przypadku certyfikacji LEED zgłoszonych jest ponad 200 obiektów, a 169 posiada już certyfikat [25, 26, 27]. Certyfikacja ekologiczna przeznaczona jest dla świadomych inwestorów, którzy za jej pomocą mogą zademonstrować, że w swoich działaniach wykazują troskę o środowisko naturalne oraz komfort i zdrowie użytkownika [28]. Jakość projektu potwierdzona jest odpowiednim certyfikatem, który ze względu na swoją rozpoznawalność ma bezpośrednie przełożenie na zwiększony popyt powierzchni wśród najemców. Zintegrowane projektowanie płynące z idei certyfikacji pozwala na stworzenie ponadstandardowych budynków przy jednoczesnym zwiększeniu kontroli procesu inwestycyjnego. Rozwiązania wprowadzone do projektów, związane ze spełnieniem kryteriów certyfikacji, mogą przyczynić się do zmniejszenia kosztów operacyjnych inwestycji (efektywność energetyczna obiektu oraz efektywna gospodarka wodno-ściekowa).

Z punktu widzenia użytkownika najcenniejszymi punktami są te uzyskane w kategorii komfort użytkownika oraz transport. Rozwiązania projektowe oceniane w procesie certyfikacji obejmują takie zagadnienia jak: minimalna ilość światła dziennego na stanowiskach pracy, dostęp do widoku przez okna, strefowanie oświetlenia i urządzeń HVAC, dostęp do komunikacji publicznej, dostęp do najpowszechniejszych usług, możliwość

alternatywnych form transportu w tym parkingi rowerowe, przebiegające i pryszniczynie dla rowerzystów, miejsca do ładowania samochodów elektrycznych, czy też stosowanie platformy udostępniania samochodów (ang. *car sharing*) [29].

### 3.1. Najpopularniejsze systemy certyfikacji LEED vs. BREEAM

Pionierskim systemem oceny budynku pod kątem jego ekologiczności jest brytyjski BREEAM. Powstał w roku 1990 i dotyczy budynków w fazie projektowej, zatem przedmiotem oceny jest projekt. Jest to system uniwersalny, który przy założeniu pewnych ograniczeń lokalnych i dostosowania do regulacji prawnych możliwy jest do stosowania w każdym kraju.

Amerykański system LEED jest znaczenie młodszy, został utworzony w roku 1998 przez Amerykańską Radę Zielonego Budownictwa. Przyjęte metody pozwalają na parametryczną ocenę obiektów już zrealizowanych o różnym przeznaczeniu. Jest to uznawany na całym świecie system, dzięki któremu można ocenić, czy obiekt został zaprojektowany i wybudowany przy użyciu materiałów, które pozwalają na ograniczenie zużycia energii i emisji dwutlenku węgla oraz sprzyjają dobremu samopoczuciu użytkowników budynku (Rys. III.3.1) [30].

W skali globalnej certyfikacji BREEAM poddane zostało ponad 250.000 obiektów. Skala ta wynika z faktu, iż w wielu krajach jest to element standardowy i wymagany formalnie przez lokalne przepisy.



Rys. III.3.1. Logotypy obydwu systemów [31]

Certyfikacji LEED globalnie poddano ponad 7000 obiektów, głównie na terenie Stanów Zjednoczonych, gdzie system ten staje się coraz bardziej popularny.

Na rynku polskim przyjęte, iż certyfikacja BREEAM skierowana jest do klientów z europejskiego kręgu gospodarczego, natomiast LEED wymagany jest zwykle przez międzynarodowe korporacje, szczególnie o korzeniach z rynku amerykańskiego.

### 3.2. Specyfika systemu BREEAM

BREEAM (ang. *Building Research Establishment Environmental Assessment Method*) jest to metoda oceny budynków pod kątem ich przyjazności dla środowiska naturalnego oraz komfortu przyszłego użytkownika, wyznaczająca jednocześnie standardy dla zrównoważonego projektowania. Ze względu na to, że system jest łatwo adaptowalny do lokalnych warunków geograficznych i legislacyjnych jest on stosowany do oceny środowiskowej budynków na całym świecie. Prace przy tworzeniu systemu rozpoczęły się w 1988 roku, a pierwsza wersja pozwalająca na certyfikację nowobudowanych budynków biurowych została wprowadzona w roku 1990. W następnych latach implementowano kolejne wersje pozwalające na ocenę innych budynków, w tym także sklepów wielkopowierzchniowych, obiektów przemysłowych, jak również istniejących budynków biurowych. W roku 1998 wprowadzone zostały znaczne ulepszenia w ramach systemu BREEAM Offices. Dotyczyły one kategoryzacji poszczególnych działów, którym przyznano jednocześnie podział wagowy. Od tego momentu rozwój systemu przyspieszył, wprowadzono coroczne aktualizacje oraz możliwość certyfikacji innych typów obiektów np. handlowych. Wersja dla nowych budynków mieszkalnych zwana EcoHomes została wprowadzona w roku 2000. Schemat ten był dalej wykorzystywany jako podstawa dla brytyjskiego *Code for Sustainable Homes*, który został wprowadzony przez rząd brytyjski w roku 2006 [32].

Intensywny rozwój i aktualizacje systemu BREEAM doprowadziły w roku 2008 do wprowadzenia obowiązkowych powykonawczych przeglądów, potwierdzających spełnienie określonych minimalnych kryteriów oraz punktowanie elementów innowacyjnych ekologicznie. W tym okresie wprowadzono także międzynarodową wersję systemu. Kolejnym znaczącym unowocześnieniem systemu było wdrożenie w roku 2011 BREEAM New Construction, który jest obecnie używany dla oceny i certyfikacji wszystkich nowych budynków w Wielkiej Brytanii. Wersja ta obejmowała zmiany w poszczególnych kategoriach, jak również połączenie części z nich dla potrzeb przyszłego usprawnienia procesu certyfikacji. Ostatnia aktualizacja pojawiła się w maju 2014 roku w konsekwencji intensywnych konsultacji dotyczących systemu [33].

Podstawowe cele certyfikacji obiektów w ramach systemu BREEAM to [34]:

- zredukowanie wpływu inwestycji na środowisko naturalne,
- podniesienie rozpoznawalności inwestycji w związku z ich proekologicznymi rozwiązaniami,

- wprowadzenie wiarygodnego systemu oznaczeń dla budynków pozwalającego na ich porównanie oraz możliwość tworzenia rankingów,
- stymulowanie wymagań tworzenia budownictwa zrównoważonego.

Elementy wyróżniające system BREEAM [35] to:

- możliwość przeprowadzenia pre-certyfikacji celem oceny poprawności założeń przyjętych na etapie projektowym,
- wymaganie powykonawczej oceny projektu, celem weryfikacji zgodności faktycznie wykonanych prac z założeniami z etapu zgłoszenia projektu,
- przeprowadzenie procesu przez niezależnego asesora, certyfikowanego przez jednostkę certyfikującą,
- informacje dotyczące certyfikacji zbierane są w raportach, które wraz z dokumentami potwierdzającymi spełnienie kryteriów są wysyłane do jednostki certyfikującej celem potwierdzenia,
- możliwa jest certyfikacja zarówno obiektów nowych jak i istniejących,
- nowe inwestycje certyfikowane są dwu-etapowo: przegląd dokumentacji projektowej oraz późniejsza inspekcja powykonawcza obiektu,
- cała certyfikacja prowadzona jest elektronicznie na portalu jednostki certyfikującej.

Każda inwestycja ubiegająca się o certyfikat BREEAM oceniana jest w 10 kategoriach [36]:

- Zarządzanie (ang. *Management*), w ramach tego działu przedmiotem oceny jest ogólna polityka zarządzania, wykorzystanie terenu oraz kwestie proceduralne związane z realizacją inwestycji. Rozpatruje się organizację placu budowy pod kątem jego właściwej ergonomii i poprawności. Monitoruje się kwestie związane z poborem energii przez budynek jak również produkcję ścieków i innych zanieczyszczeń. W ramach tego rozdziału przygotowuje się organizację placu budowy, w tym także konsultacje z mieszkańcami zamieszkującymi w sąsiedztwie budynku oraz przygotowuje się przysłą instrukcję obsługi obiektu. Osobnym zagadnieniem tego działu jest ocena kosztu życia obiektu, czyli suma środków, które zostaną wydane przez właściciela z tytułu użytkowania budynku w jednostce czasu.
- Zdrowie i dobre samopoczucie (ang. *Health & Wellbeing*) to wewnętrzne i zewnętrzne czynniki wpływające na zdrowie i samopoczucie pracowników. Projektowanie budynków musi w sposób maksymalny umożliwić wykorzystanie światła dziennego, unika się przesłaniania budynków, a miejsca pracy lokuje się w najbardziej doświetlonych ich

częściach. Dział ponadto skupia się też na podniesieniu komfortu pracy. Kontroluje się parametry wilgotnościowe i termiczne, jak również właściwe oświetlenie miejsc pracy. Stosuje się także rozwiązania zmierzające do maksymalnego ograniczenia ryzyka zatruć np. poprzez wymogi płukania instalacji wodnych przed ich oddaniem do użytku. Zmierza się do stworzenia optymalnych warunków pracy, czyli zapewnienia właściwej ilości odpowiednio przygotowanego powietrza dla prawidłowo ulokowanych, wyizolowanych akustycznie i doświetlonych miejsc pracy, w przyjemnym otoczeniu z dostępem do środowiska zewnętrznego (Rys. III.3.2).



Rys. III.3.2. Właściwie doświetlone w pełni elastyczne powierzchnie biurowe (fot. Michał Wojciechowski)

- Energia (ang. *Energy*) to przede wszystkim koncentracja na niskim zużyciu energii świetlnej oraz niskiej emisji dwutlenku węgla. W ramach tych działań planuje się monitoring konsumpcji mediów przez najemców z wykorzystaniem sieci liczników elektrycznych i wodnych. Jest to rozwiązanie dużo bardziej efektywne niż w przypadku ryczałtowych opłat serwisowych niezależnych od zużycia.
- Transport (ang. *Transportation*) – w ramach tego działu duży nacisk kładzie się na ułatwienie korzystania ze środków komunikacji publicznej, negocjuje się rozwój sieci transportowej, zwiększenie częstotliwości kursowania środków komunikacji, szczególnie w okresach dojazdów do obiektów. Sama lokalizacja obiektów ma duży związek z dostępnością transportu publicznego i możliwościami jego rozwoju. Osobnym zagadnieniem jest zachęcanie najemców do korzystania z rowerów. W budynkach lokuje się szatnie i łazienki przeznaczone specjalnie dla rowerzystów, podobnie jak bezpieczne



miejsca do ich przechowywanie w trakcie pracy. Dział związany jest także z procesem budowy, kiedy dąży się do optymalnej organizacji placu budowy, tak by ograniczyć poruszanie się po budowie. Wszystkie ścieżki komunikacyjne i transportowe są wygradzone i oznaczone w bezpieczny sposób. Unika się sytuacji, aby na budowie znajdowały się obce osoby, dlatego np. wymaga się montażu skrzynek pocztowych na ogrodzeniu placu budowy, tym samym redukując dostęp kurierów i listonoszy do budowy.

- Woda (ang. *Water*) - w tym dziale rozpatruje się kwestie związane z ograniczeniem zużycia wody. Celowi temu służy stosowanie rozwiązań zmniejszających przepływ wody np. poprzez zwiększanie ciśnienia przy mniejszym przepływie. Stosuje się perlatory, zmniejsza się zbiorniki w spłuczkach toaletowych. Poza powyższymi duży nacisk kładzie się na szczelność instalacji, a w przypadku wystąpienia przecieków na szybkie ich identyfikowanie oraz instalacje do odcinania ich części. Dodatkowo wykorzystuje się wodę deszczową np. do spłukiwania toalet czy podlewania ogrodu. Proponuje się stosowanie w roślinności obiektowej gatunków niewymagających podlewania, dla których opady atmosferyczne dostarczają wystarczającą ilość wody.
- Materiały (ang. *Materials*) - stosuje się materiały o znacznie ograniczonej zawartości elementów toksycznych i trujących. Preferuje się materiały lokalne i produkowane w prostych systemach, z ograniczonym wykorzystaniem energii do ich produkcji. Materiały powinny być certyfikowane, by ułatwić ocenę ich przydatności dla projektu. Ponadto promuje się modernizację istniejących budynków poprzez zastosowanie nowych technologii minimalizowanie konieczności rozbiórek i wpływu na środowisko z tego tytułu.
- Odpady (ang. *Waste*) - w ramach tego działu skupiono się na gospodarce odpadami, ich segregacji oraz możliwie jak największym recyklingu. Budowa każdego obiektu poprzedzona jest opracowaniem planu gospodarki odpadami w ramach, którego określa się ilości i rodzaje odpadów, które zostaną wytworzone w trakcie trwania procesu wraz z metodami ich utylizacji. W trakcie budowy możliwy jest recykling i ponowne wykorzystanie części materiałów, np. poprzez skruszenie elementów betonowych i wykorzystanie ich jako podbudów.
- Ekologia i wykorzystanie terenu (ang: *Land Use & Ecology*) - priorytetem jest rozwój obiektów na terenach wcześniej zurbanizowanych, a obecnie zaniedbanych, tak by rewitalizować zaniedbane lub zniszczone obszary miast. Wysoko ocenia się wszelkie

lokalne inicjatywy ekologiczne, które zmierzają do spełniania lokalnych wymogów związanych z ochroną środowiska. Dodatkowo oczekuje się realizacji obiektów, w sposób umożliwiający długi cykl użytkowania z wysokimi parametrami ekologicznymi. Nacisk kładzie się na ochronę istniejących elementów istotnych z punktu widzenia ekologii np. zachowanie starych i wartościowych drzewostanów, ochronę zwierząt i ich siedlisk.



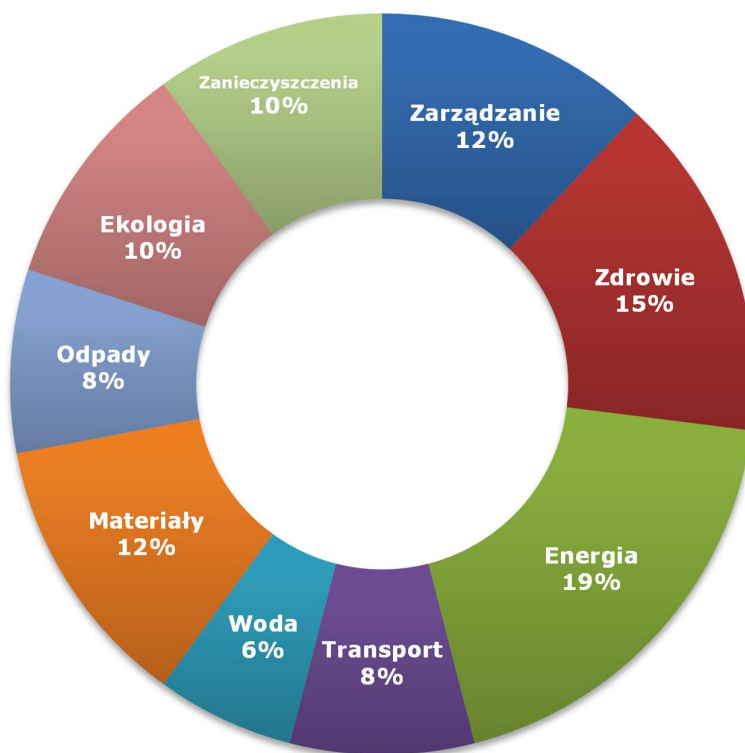
Rys. III.3.3 Widok pomieszczeń technicznych – maszynownia chłodu (fot. Michał Wojciechowski)

- Zanieczyszczenie środowiska (ang. *Pollution*) – ocenia się, czy powstawanie budynku i jego późniejsze funkcjonowanie odbywa się z jak najmniejszym wpływem na zanieczyszczenie powietrza i wody. Realizuje się to m.in. poprzez stosowanie materiałów i technologii umożliwiających redukcję efektu cieplarnianego. Stosuje się także instalacje uniemożliwiające wycieki czynników z instalacji. Niedopuszczalnym są nieszczelności systemów instalacyjnych powodujące wycieki płynów chłodniczych czy czynników grzewczych (Rys. III.3.3). Całość wody produkowanej w trakcie procesu musi być poddana procesowi oczyszczenia lub odprowadzana do sieci kanalizacyjnych w stopniu oczyszczenia pozwalającym na ich swobodny zrzut. W ramach ochrony środowiska redukuje się również hałas emitowany przez budynki, służą temu wszelkiego rodzaju konstrukcje tłumiące, montowane zarówno na urządzeniach jak i instalacjach. Rezygnuje

się też z zewnętrznych jednostek, emitujących hałas a urządzenia, które ze względu na swoją funkcję muszą być instalowane na zewnątrz budynków np. *dry-coolery* otaczane są parawanami akustycznymi.

- **Innowacja** (ang. *Innovation*) - projekt zyskuje miano innowacyjnego, jeżeli w ramach jego realizacji lub projektowania wprowadza się rozwiązania, które dotychczas nie były punktowane i ewaluowane w ramach obecnych regulacji systemu. Punktowanie możliwe jest także, gdy od początku projektu zaangażowani są certyfikowani asesory.

Waga poszczególnych działań została przedstawiona na poniższym wykresie (Rys. III.3.4).



Rys. III.3.4. Waga poszczególnych działań w systemie BREEAM [37]

Budynki poddane wielokryterialnej ocenie BREEAM otrzymują certyfikat, potwierdzający w jakim stopniu uwzględnione zostały wymagania uznane przez British Research Establishment za ważne dla funkcjonowania budynku w jego otoczeniu. Oceny przyznawane są w zależności od tego, ile procentowo kryteriów zostało wdrożonych i udowodnionych w realizacji. Budynek oceniany jest w skali punktowej. Zdobyte punkty przeliczane są na procenty, które z kolei mnożone są przez wagę przypisaną danej kategorii.

Uzyskane punkty w poszczególnych kategoriach następnie są zsumowane, co w rezultacie daje ostateczny wynik w 6-stopniowej skali:

- <30% - UNCLASSIFIED,
- 30% - 44% - PASS,
- 45% - 54% - GOOD,
- 55% - 69% - VERY GOOD,
- 70% - 84% - EXCELLENT,
- >85% - OUTSTANDING.

Dla każdego poziomu certyfikacji określona została minimalna liczba punktów, jakie projekt musi uzyskać, aby mógł ubiegać się o certyfikat. Certyfikat najniższy przyznawany jest za spełnienie 30% wymagań. Jest to ocena PASS. Następnie GOOD za 45%, VERY GOOD za 55% oraz EXCELLENT za spełnienie 70% wymagań. W roku 2011 B.R.E. wprowadziło dodatkową ocenę – OUTSTANDING. Ocena ta ma wyróżnić budynki wyjątkowe ze względu na spełnienie aż 85% wymagań. Jest to najwyższa ocena dostępna w systemie BREEAM i trudno osiągalna ze względu na konieczność wdrożenia wymagań ponad-standardowych w niemal wszystkich kategoriach.

### **3.3. Specyfika systemu LEED**

Podstawową różnicą pomiędzy systemami BREEAM i LEED jest fakt, że w ramach systemu LEED jest możliwość przeprowadzenia pre-certyfikacji celem oceny poprawności założeń przyjętych na etapie projektowym. Projekt otrzymuje jednak certyfikat po wykonaniu powykonawczej oceny obiektu. Wszystkie dane dotyczące procesu zbierane są przez konsultanta, który jednak nie musi być certyfikowany przez jednostkę certyfikującą. Po zebraniu informacji konsultant przesyła je do jednostki certyfikującej (USGBC), zwykle z wykorzystaniem formularzy elektronicznych tzw. LEED Online [38].

W ramach systemu możliwa jest certyfikacja zarówno obiektów nowych jak i istniejących, co również wyróżnia ten system w stosunku do systemu BREEAM. Nowe inwestycje certyfikowane są dwuetapowo: przegląd dokumentacji projektowej oraz późniejsza inspekcja powykonawcza projektu. Budynki istniejące certyfikowane są dwu etapowo: najpierw następuje przegląd dokumentacji projektowej, a później inspekcja obiektu. Generalną zasadą systemu LEED jest ocena w ramach standardów amerykańskich, jednakże możliwe jest stosowanie standardów lokalnych, w przypadku udowodnienia, iż są one

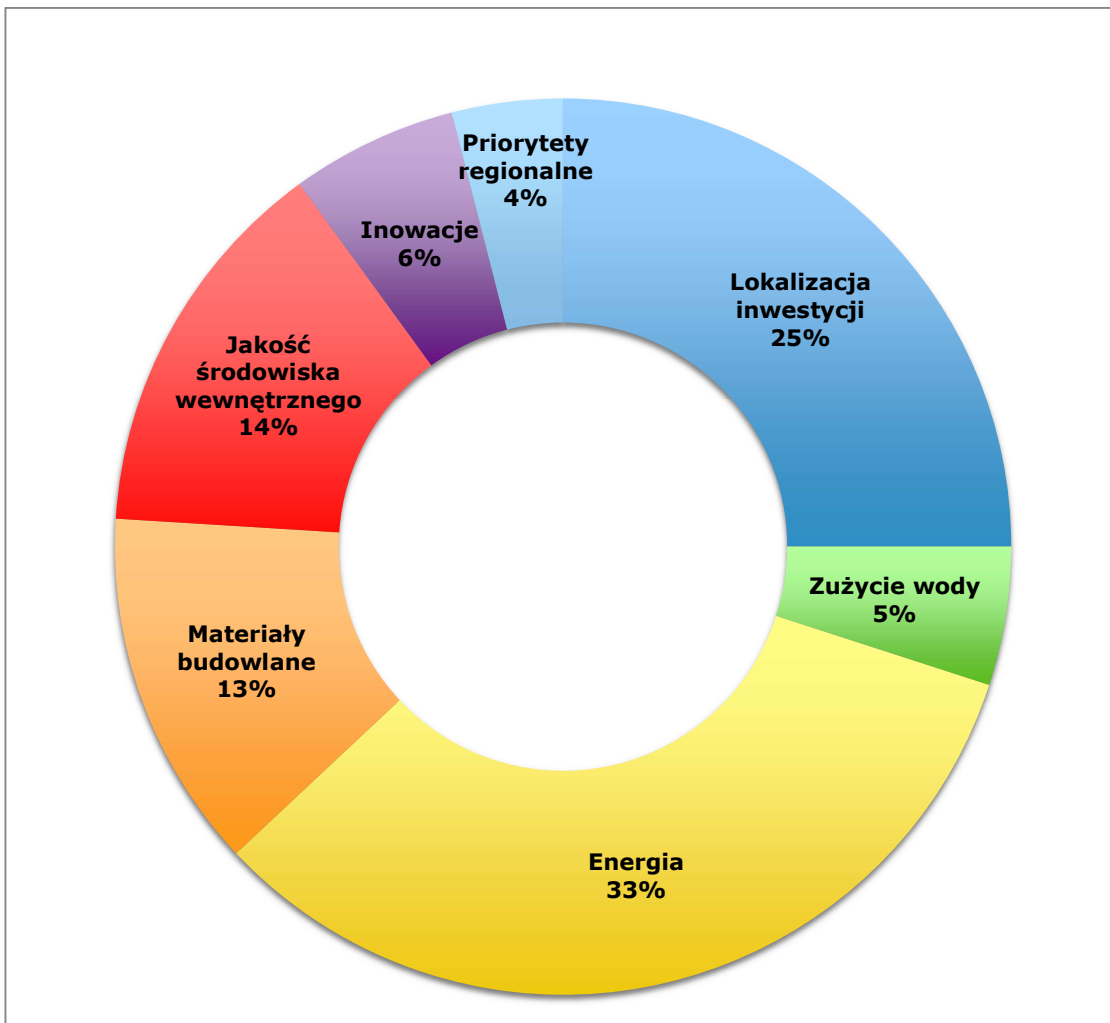
bardziej restrykcyjne. Certyfikacja w ramach systemu LEED prowadzona jest w zakresie siedmiu podstawowych rozdziałów:

- Lokalizacja (ang. *Sustainable sites*) – tworzenie budynków ekologicznych rozpoczyna się od wyboru właściwej działki. Lokalizacja budynku wpływa na cały szereg czynników ekologicznych związanych z zapotrzebowaniem energii, wykorzystaniem terenu i jego zużyciem oraz gospodarką wodą. Właściwa lokalizacja to dostęp do środków komunikacji publicznej umożliwiająca redukcję dojazdów samochodami przez najemców. Lokalizacja to także rozdział, analizujący wykorzystanie działki, sposób zagospodarowania i ilość terenów zielonych, a także organizacja nieruchomości w sposób maksymalnie mało uciążliwy dla sąsiadów.
- Zużycie wody (ang. *Water Efficiency*) – u podstaw tego punktu leży nacisk na kwestię ochrony wód naturalnych. Tylko 1 % wody na świecie to woda świeża, a z tego tylko 1% dostępny jest dla ludzi (wg. World Health Organization). Certyfikacja LEED zmierza do redukcji ilości wody zużywanej przez budynki podobnie jak ilości wytwarzanych ścieków. Ponadto oczekuje się realizacji rozwiązań w sposób maksymalnie niewykorzystujących wody. Podstawowym obszarem oszczędności wody jest właściwa aranżacja terenów zewnętrznych i rezygnacja lub minimalizacja z ich irygacji. Służą temu przede wszystkim odpowiednie gatunki roślin oraz wykorzystywanie możliwych warunków pozwalających na prawidłowy wzrost roślinności. W przypadku konieczności korzystania z wody preferuje się wykorzystanie wód opadowych, ewentualnie gruntowych, minimalizując zużycie wody z sieci miejskich. Wszelkie czynności eksploatacyjne w budynkach nie wymagają wykorzystywania wody uzdatnionej, funkcje takie jak podlewanie, spłukiwanie toalet, czy myjnie mogą być zaopatrywane w wody odzyskiwane np. z opadów atmosferycznych, czy wcześniej wykorzystane.
- Energia (ang. *Energy and Atmosphere*) – jest to najważniejszy element certyfikacji i zarazem najwyżej punktowany. Zmierza on do ograniczenia zanieczyszczenia środowiska poprzez redukcję zużycia energii, której wytworzenie wiąże się z zanieczyszczeniem. Podstawą oszczędności jest montaż urządzeń i materiałów o mniejszej konsumpcji (przykładem może być oświetlenie w technologii LED). Odpowiednia lokalizacja obiektu względem stron świata pozwala na wykorzystanie naturalnego ciepła słonecznego i zmniejszenie parametrów instalacji grzewczych. Z drugiej strony ochrona przed nadmiernym nasłonecznieniem w okresach letnich pozwala na zmniejszenie parametrów urządzeń klimatyzacyjnych. W ramach tych działań dąży się także do budowania obiektów o bardzo dobrych parametrach izolacyjności

fasady, tym samym straty ciepła zimą, czy wnikanie zimna latem. Wysoko oceniane są także naturalne źródła zarówno chłodu jak i ciepła. Pompy ciepła korzystające z zasobów podziemnych czy ekrany słoneczne są często wskazywane jako elementy podlegające punktacji. W ramach tego działu promuje się wykorzystanie materiałów, które zarówno na etapie produkcji jak i wykorzystania nie wpływają negatywnie na środowisko. Pierwszeństwo mają materiały, które podlegają recyklingowi oraz takie, których produkcja i obróbka na budowie nie wiąże się ze zwiększoną produkcją śmieci. Istotnym jest także łańcuch dostaw i preferowanie dostawców lokalnych, tak by ograniczyć koszty transportu i związane z tym zanieczyszczenia.

- Jakość środowiska wewnętrznego (ang. *Indoor Environmental Quality*) – celem tego działu jest podniesienie standardu warunków wewnętrznych w budynkach, które mogą wpływać na komfort i zdrowie pracowników. Monitoruje się wszystkie parametry powietrza, a przede wszystkim wilgotność, temperaturę, poziom CO<sub>2</sub>, które w sposób bezpośredni wpływają na komfort. Istotnym jest także dostęp do światła naturalnego przez jak najdłuższą część dnia, czemu służy lokalizacja miejsc pracy w nasłonecznionych miejscach.
- Innowacje (ang. *Innovation in Design*) – jest to kategoria opcjonalna, stosowana w przypadku wykazania, iż rozwiązania w sposób znaczący wykraczają poza kryteria certyfikacji. Możliwe jest punktowanie w przypadku stosowania rozwiązań, które nie są przedmiotem punktacji LEED. Dodatkowo punktowane jest zaangażowanie certyfikowanego asesora LEED do realizacji procesu.
- Priorytety regionalne (ang. *Regional Priority*) - dział ten ściśle powiązany jest z wspomaganiem wszelkich rozwiązań ekologicznych, występujących i związanych z danym obszarem. Nacisk kładzie się na dostosowywanie rozwiązań typowych dla budownictwa do lokalnych uwarunkowań. Regionalizacja związana jest także z zastosowaniem materiałów budowlanych wytwarzanych w okolicy realizowanego projektu, jak i wykorzystywaniem surowców i recyklingiem lokalnych zasobów.

Waga poszczególnych działów została przedstawiona na poniższym rysunku (Rys. III.3.5).



Rys. III.3.5. Waga poszczególnych działów [9]

Punktacja w ramach systemu LEED oparta jest o skalę stupunktową, która może być dodatkowo powiększona o 10 punktów bonusowych.

Występują cztery możliwe poziomy certyfikacji:

- certyfikowany - dla projektów, które osiągnęły zakres 40-49 punktów,
- srebrny przy poziomie 50-59 punktów,
- złoty dla 60-79 punktów,
- platynowy w przypadku przekroczenia 80 punktów.

Projekty, które z tytułu rozwiązań projektowych lub technicznych wykazały się znaczącą innowacją i ich punktacja przekracza sto punktów, klasyfikowane są do kategorii outstanding (wybitne).

W ramach certyfikacji nie promuje się konkretnych produktów ani rozwiązań projektowych. Procesowi podlega cały projekt lub budynek, bardziej niż konkretne produkty

zastosowane w obiekcie (Rys. III.3.5). Wynika to z faktu traktowania budynku jako zbioru rozmaitych rozwiązań projektowych i materiałowych, które w całości tworzą „zielony” budynek. Możliwym jest sytuacja, w której dwa budynki certyfikowane na tym samym poziomie stworzone zostały w oparciu o zupełnie inne rozwiązania.

W związku z powyższym projekt musi wypełnić trzy parametry dla potrzeb certyfikacji:

- wypełnić minimalne wymagania programowe,
- spełnić wymagania podstawowe,
- wypełnić punkty przyporządkowane do kategorii pozwalające na osiągnięcie poziomu wymaganego dla oczekiwanego poziomu certyfikacji.

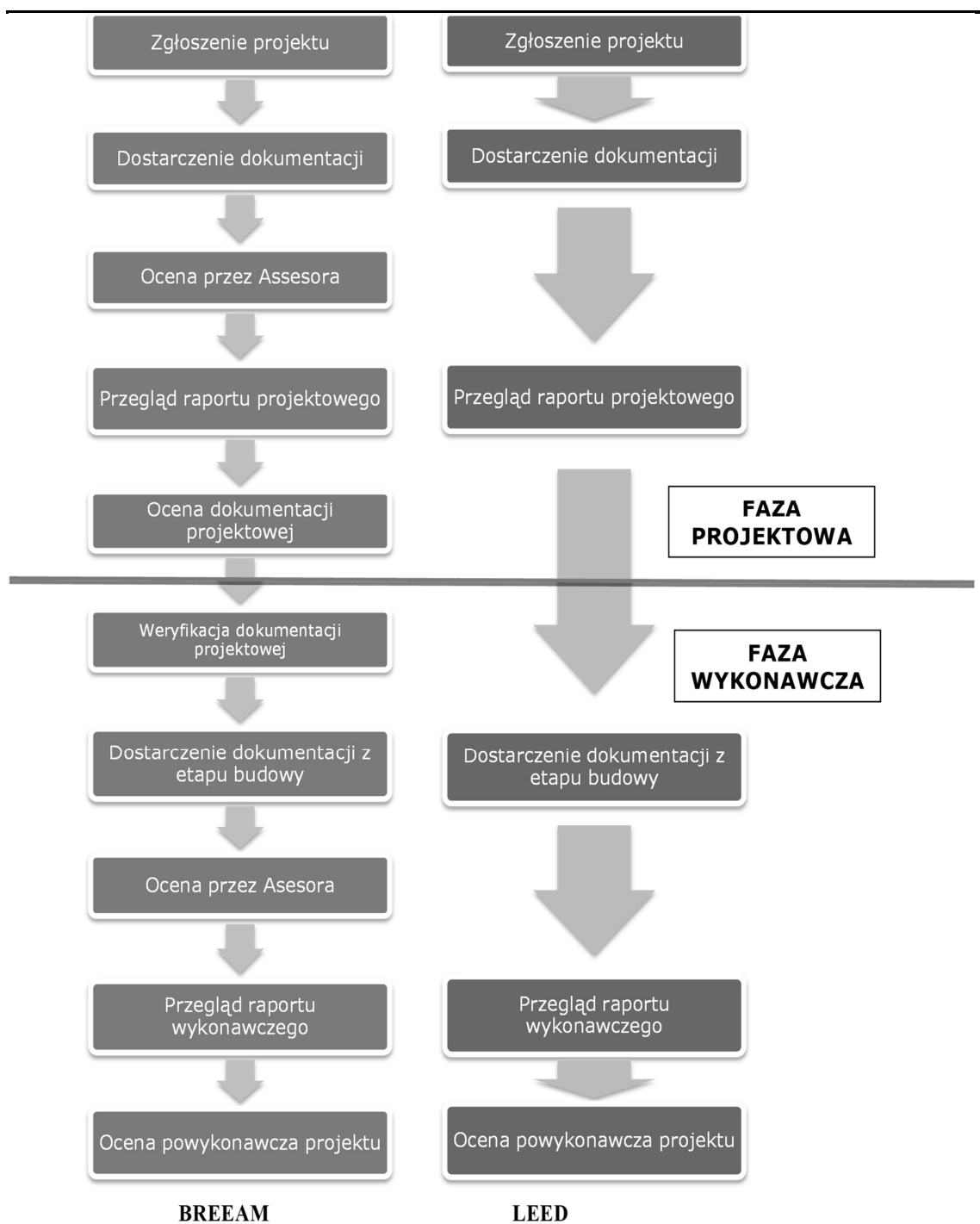
### **3.4. Porównanie procesu certyfikacji w ramach obydwu systemów**

Pomimo, iż obydwa systemy analizują analogiczne elementy projektu (energia, woda, działka, jakość powietrza we wnętrzu, materiały, odpady), a koszt samej certyfikacji jest porównywalny występują pomiędzy nimi różnice, które pozwalają na wybór właściwego systemu odpowiedniego dla potrzeb dewelopera. Przy wyborze istotnym są preferencje przyszłych najemców, inwestorzy amerykańscy oraz globalni preferują LEED, podczas gdy inwestorzy brytyjscy i europejscy wybierają system BREEAM. Duży wpływ na decyzję o certyfikacji mają również fundusze inwestycyjne, wręcz wymagające certyfikacji ekologicznej dla obiektów wchodzących w skład ich portfolio. System BREEAM jest łatwiejszy w procesie certyfikacji, gdyż opiera się na europejskich normach i jednostkach, w przeciwieństwie do LEED, który korzysta z systemu amerykańskiego oraz norm ASHREA, mało popularnych na rynku europejskim i bardziej restrykcyjnych w stosunku do norm lokalnych. BREEAM wymaga zaangażowania licencjonowanego asesora prowadzącego cały proces certyfikacji, co wiąże się z dodatkowymi kosztami dla inwestora. Obydwa systemy wiążą się także z pełną korespondencją i raportowaniem prowadzonymi w języku angielskim, a dodatkowo LEED wiąże się z przesyłaniem raportów do jednostki certyfikującej.

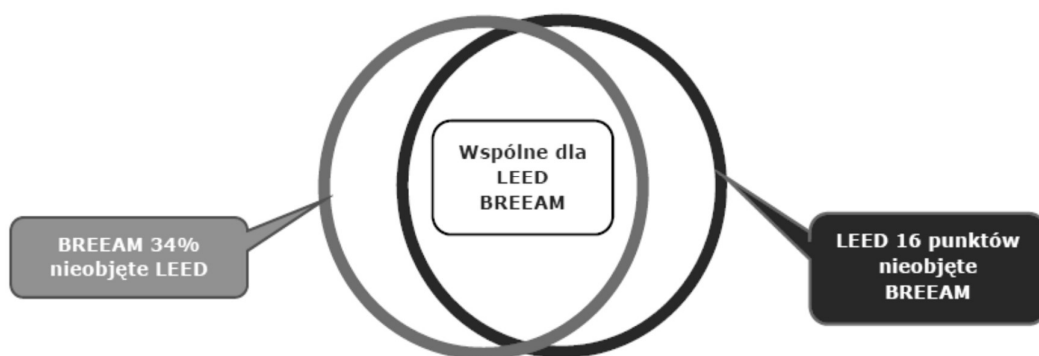
Generalnie należy wspomnieć, iż LEED premiuje synergii pomiędzy redukcją kosztów, wzrostem zadowolenia użytkowników obiektu oraz redukcją negatywnego wpływu obiektu na środowisko. Niestety, przekłada się to na długości samego procesu. Natomiast BREEAM jest systemem bardziej elastycznym i szybszym, ale mniej zorientowanym na aspekty finansowe. Jednakże premiuje on podnoszenie jakości budynku oraz zachęca do recertyfikacji i wprowadzania nowych ulepszeń w obiekcie. Należy nadmienić, iż systemy te są



regularnie aktualizowane wraz z postępami w obszarze zrównoważonego budownictwa (Rys. III.3.6, III.3.7).



Rys. III.3.6. Porównanie systemów certyfikacji w cyklu projektu [38]



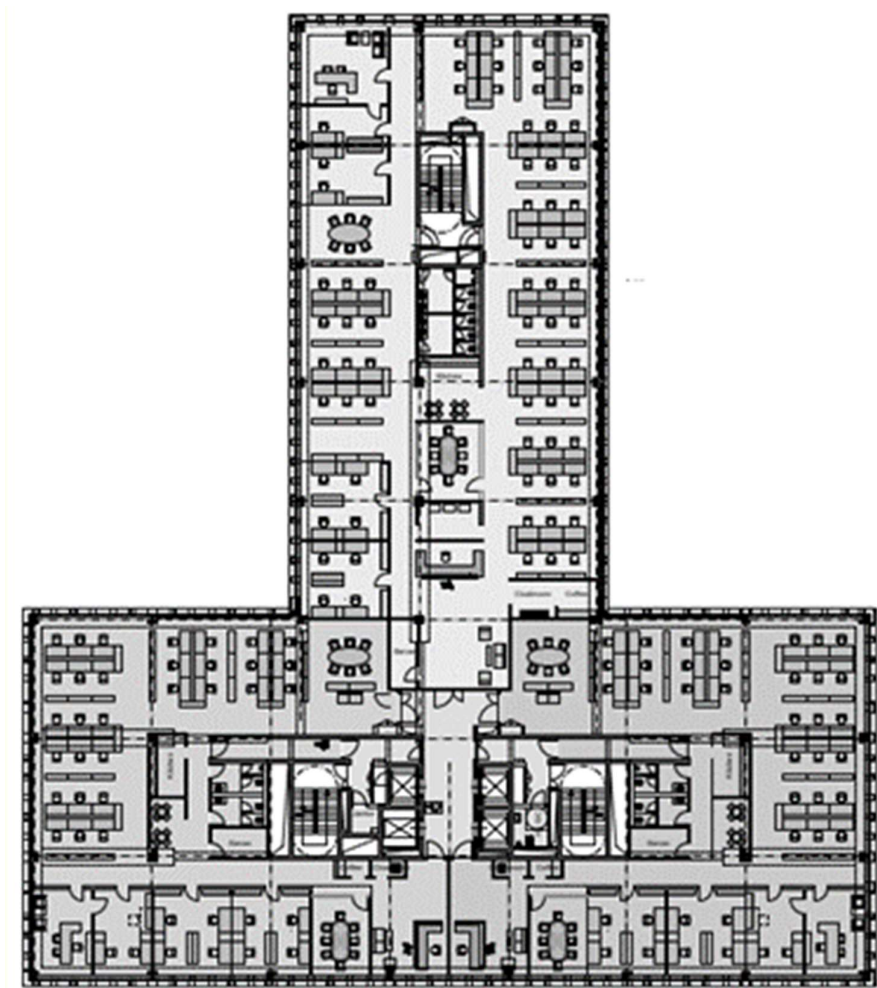
Rys. III.3.7. Porównanie elementów wspólnych obydwu systemów [27]

Dla współczesnych deweloperów uzyskanie certyfikatu LEED lub BREEAM nie jest procesem łatwym, natomiast realia rynkowe pokazują, iż jest to proces coraz częściej konieczny. Popularność i podejście deweloperów do budownictwa zrównoważonego na rynku polskim wynika przede wszystkim z kilku czynników [37]. Po pierwsze z konieczności zrównoważenia energetycznego inwestycji i przyszłych powierzchni wynajmowanych, a co za tym idzie oszczędności energii i minimalizowania negatywnego wpływu na środowisko. Poza tym inwestorzy coraz częściej postrzegają swoje inwestycje jako długoterminowe, a analizę ich użytkowania prowadzi się dla dłuższego okresu czasu. Tym samym dąży się do obniżenia kosztów utrzymania obiektów oraz podnoszenie wartości realizowanych projektów. Na certyfikację wpływ mają także wymagania przyszłych najemców, a w szczególności firm o zasięgu międzynarodowym, które certyfikację stawiają jako warunek konieczny stawiany wynajmowanej powierzchni. Nie bez znaczenia jest również wzajemna konkurencja pomiędzy deweloperami, dla których certyfikacja stała się standardem a jednocześnie elementem konkurencyjnym na rynku wynajmu. Certyfikat znacząco wpływa bowiem na podwyższenie wartości obiektu, co ma znaczenie w przypadku możliwego jego zbywania w przyszłości.

Często podnoszoną kwestią jest tworzenie wizerunku dewelopera jako odpowiedzialnego, dbającego o środowisko naturalne. Warto także wspomnieć, iż od 2021 roku budynki oddawane do użytku będą musiały być samowystarczalne czyli prawie zero-energetyczne, a w 2050 roku ich zasilanie będzie musiało płynąć wyłącznie ze źródeł odnawialnych [27].

#### 4. Forma i kształt nowoczesnego budynku biurowego

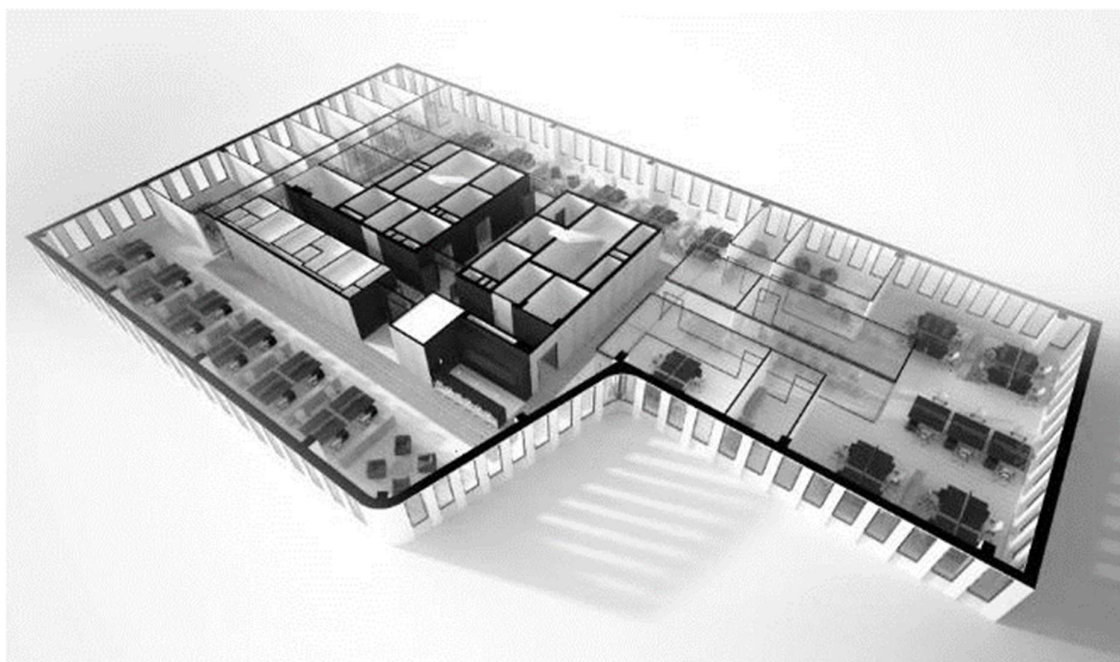
W teorii projektowania budownictwa biurowego wskazuje się na dwa podstawowe systemy organizacji funkcjonalnej kondygnacji biurowych: komórkowy i wieloprzestrzenny. W przypadku budynków w systemie komórkowym zasadnicze znaczenia ma ilość i rozmiary traktów (Rys. III.4.1) [39].



Rys. III.4.1. Nowoczesny budynek biurowy z podziałem na wewnętrzny trakt i dwa trakty komunikacyjne

Natomiast przy realizacji powierzchni wielkopowierzchniowych ważna jest lokalizacja trzonów komunikacyjno-technicznych. Wielkość typowej kondygnacji biurowej w obydwu systemach determinowana jest natomiast przez wielkość działki (tym samym obrys budynku), na której realizowana jest inwestycja. Planowanie kondygnacji biurowej w systemie komórkowym oparte jest o podział całej organizacji na kilkusobowe stanowiska pracy (tzw. komórki). Przez komórki możemy rozumieć zarówno osobne pomieszczenia, jak również

podział większej powierzchni przez wspólnie stosowane rozwiązania mobilne (Rys. III.4.2).



Rys. III.4.2. Efektywna kondygnacja biurowa z możliwością aranżacji w systemie komórkowym, w zależności od wymagań najemcy

W systemie komórkowym dąży się do minimalizacji powierzchni ciągów komunikacyjnych, tak by przepływ ludzi i informacji odbywał się pomiędzy poszczególnymi komórkami, tym samym poprawiając komunikację w zespole. W przypadku pomieszczeń wielkoprzestrzennych sytuacja wygląda inaczej, otwarty plan kondygnacji pozwala na dowolną jej organizację według potrzeb zespołu lub nawet konkretnego projektu. W przypadku planowania takiej powierzchni wskazane jest wykorzystanie, poza projektantami, osób które znają technologię projektu i jego organizację, tak by powierzchnia funkcjonowała w sposób optymalny. Ponieważ zazwyczaj już podczas realizacji obiektu dochodzi do zmian planowanych kondygnacji, dlatego też powierzchnia biurowa powinna być uniwersalna i pozwalać na zmiany. Żywotność budynku biurowego jest zawsze dłuższa od struktury organizacyjnej jego najemców. Istotną kwestią jest także rezerwacja powierzchni dla potrzeb dalszego rozwoju najemcy, dlatego przestrzeń często projektuje się z uwzględnieniem przyszłej ekspansji. W praktyce jednak rynek pokazuje, iż najprostszą metodą realizacji dodatkowej powierzchni jest wykorzystywanie istniejącej, czyli często zagęszczanie stanowisk pracy. A w przypadku większej rozbudowy zachodzi konieczność

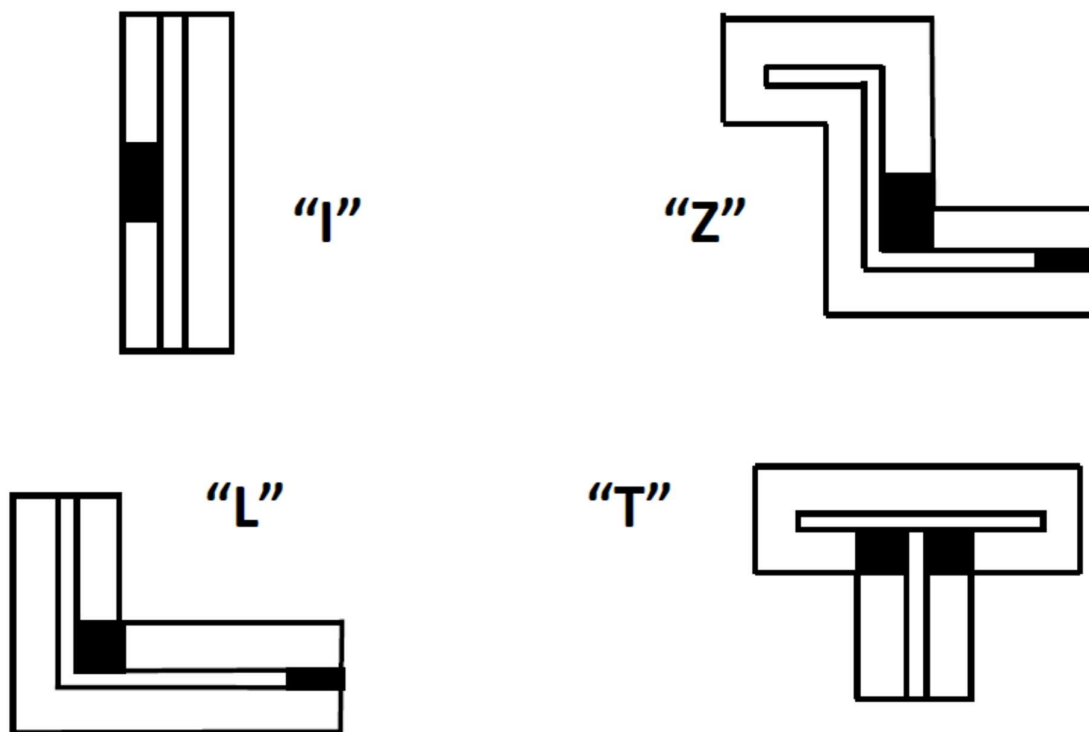
wynajmu kolejnych pięter biurowych. W latach 80-tych, jako metody pozyskania dodatkowej powierzchni biurowej wskazywano wzrost mechanizacji oraz nadbudowę i rozbudowę budynków. Współcześnie, w dobie powszechnej komputeryzacji wzrost mechanizacji nie jest już możliwy, konieczne jest odpowiednie planowanie od samego początku. Natomiast realizacja powierzchni biurowej w budynkach deweloperskich z oczywistych względów nie zakłada ich rozbudowy w ramach powiększania powierzchni jednego najemcy.

Inaczej sytuacja wygląda w przypadku budynków od początku realizowanych dla konkretnego najemcy końcowego (np. budynki biurowe przyfabryczne), gdzie często wraz z rozwojem zakładu następuje rozwój części biurowo-administracyjnej. W takich przypadkach istotnym jest, aby projekt od początku zakładał możliwość rozbudowy w przyszłości. Należy tutaj uwzględnić, czy nadbudowa będzie nawiązywać do istniejących kondygnacji, czy też będzie rozwiązana, jako samodzielny obiekt połączony ewentualnie tylko za pomocą łącznika. Inną metodą pozyskania rezerw dla potrzeb przyszłej rozbudowy jest przejściowe wydzierżawienie określonej części budynku innemu najemcy, który po upływie określonego czasu albo na określonych warunkach wyprowadzi się.

Organizacja piętra biurowego determinowana jest także przez rodzaj procesu prowadzonego na jego powierzchni, w tym także sposobem komunikacji pomiędzy członkami zespołu. Wskazano, aby poszczególne kondygnacje były na tyle rozległe, aby poszczególne grupy współpracujące ze sobą mogły być ulokowane w ramach jednego piętra. Tym samym najbardziej efektywne dla pracy większych zespołów są obiekty o dużych powierzchniach, co zwykle nie jest możliwe przy realizacji budynków wysokościowych. Smukły wieżowiec jest dużo mniej efektywny z punktu widzenia organizacji pracy od niskiego rozległego budynku. Za najmniejszą efektywną powierzchnię jednej kondygnacji przyjmuje się zazwyczaj około 600 m<sup>2</sup>.

Budynki biurowe przygotowywane dla systemów komórkowych nie są realizowane jako dwutraktowe, układ ten traktuje się jako mało efektywny i nieekonomiczny. Drogi przebyte w ramach wzajemnych kontaktów pracowników są za długie, rzut poziomy jest za mało skoncentrowany. Obecna organizacja pracy biurowej wymaga stosowania rozwiązań minimum trójtraktowych.

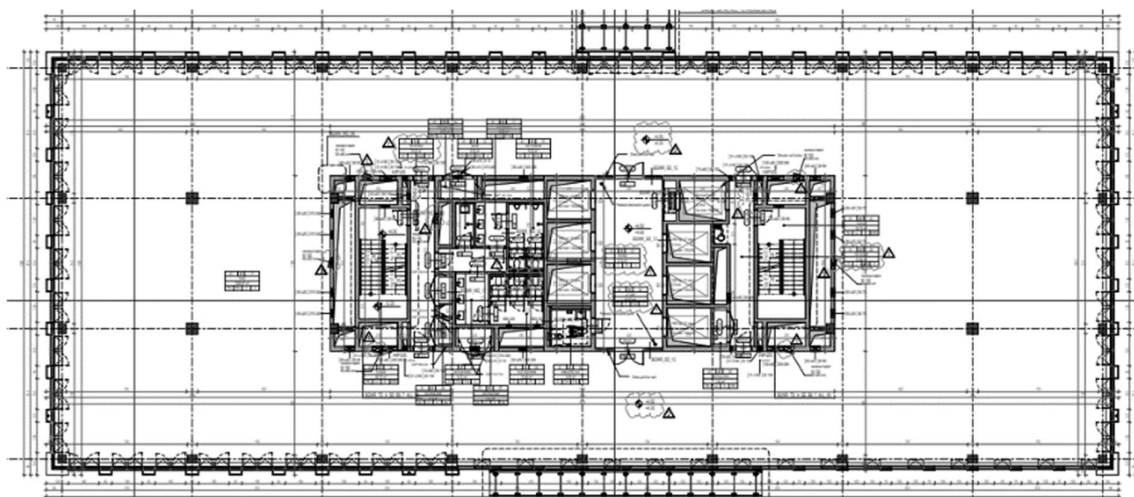
Poniższy rysunek (Rys. III.4.3) pokazuje możliwe schematy budynków trójtraktowych. Przyjęte na nim oznaczenia są spójne z ich kształtem [11].



Rys. III.4.3. Schematy rzutów budynków biurowych trójtraktowych [41]

W ramach rozwiązań trójtraktowych stosuje się także kształty grzebieniowe i schodkowe. Kształt rzutu schodkowy stosuje się także w celu polepszenia doświetlenia korytarzy. Najbardziej optymalnym pozostaje jednak budynek o kształtach prostych. W takim przypadku mamy zwykle do czynienia z centralną lokalizacją rdzenia, który koncentruje też w sobie komunikacje, urządzenia sanitarne oraz często pomieszczenia techniczne. Na obwodzie pozostają pomieszczenia pracy oświetlone światłem naturalnym. W takich układach najistotniejszą korzyścią jest zwiększenie elastyczności i możliwość podziału przestrzeni pracy na mniejsze zespoły.

W przypadku budynków bardzo wysokich, wraz z wysokością wzrasta liczba dźwigów w budynku, czego przykładem może być prezentowany poniżej 60 metrowy budynek biurowy we Wrocławiu, gdzie wszystkie funkcje umieszczono w ramach centralnego trzonu (Rys. III.4.4). W tego typu budynku błędem byłoby lokalizowanie trzonu przy fasadzie, tym samym logicznym jest jego centralne umieszczenie.



Rys. III.4.4. Rzut kondygnacji biurowej budynku wysokiego z centralnym trzonem

Także niższe budynki, o małej powierzchni kondygnacji, można rozwiązać efektywnie, stosując rdzeń wewnętrzny, przede wszystkim w celu utrzymania ciągłości stanowisk pracy na całym obwodzie. W przypadku budynków wielkoprzestrzennych projektowanie typowej kondygnacji biurowej musi zapewniać minimalizację wielkości ścian zewnętrznych w stosunku do powierzchni kondygnacji. Wskazuje to na układ prostokątny jako optymalny.

Opisywane doświadczenia z eksploatacji pomieszczeń wielkoprzestrzennych wskazują, iż powierzchnie do 600m<sup>2</sup> nie wymagają separacji powierzchni ze względów akustycznych. W przypadku pięter wielkopowierzchniowych rozstaw ścian zewnętrznych powinien być większy niż 18-20 metrów, drugi wymiar jest praktycznie nieograniczony. Powierzchnia budynków wielkoprzestrzennych jest w rzucie poziomym ograniczona jedynie długościami dróg do urządzeń sanitarnych, przede wszystkim WC (te nie powinny przekraczać 40 m), oraz długością dróg ewakuacyjnych, które nie powinny przekraczać 30 m z któregośkolwiek miejsca w pomieszczeniu.

Zarówno przy projektowaniu budynków wielkopowierzchniowych jak i komórkowych należy kierować się zasadą, iż powierzchnia biurowa powinna być maksymalnie wolna od wszelkich elementów konstrukcyjnych i innych przeszkód, powinna być także łatwo podzielna w przyszłości, w przypadku konieczności innej organizacji piętra. Powinno się zatem maksymalnie koncentrować punkty stałe, tak by stanowiły jak najmniejszą przeszkodę w swobodnym aranżowaniu powierzchni. Najbardziej efektywna jest ich centralna lokalizacja, tak by powierzchnie zewnętrzne, doświetlone światłem naturalnym były wykorzystywane do pracy biurowej. Do punktów stałych, które tworzą rdzeń budynku, zaliczamy klatkę schodową, dźwigi, węzły sanitarne oraz szachty wentylacyjne. Optymalnym



jest realizacja jednego trzonu w przypadku budynku o powierzchni piętra około 1500m<sup>2</sup>, w przypadku większych pięter koniecznym może się okazać wprowadzenie dodatkowego trzonu, głównie wymaganego ze względów ewakuacyjnych. Ekonomicznie uzasadnione w przypadku kondygnacji wielkopowierzchniowych jest 15% udział trzonów w powierzchni kondygnacji. W przypadku budynków wysokich liczba ta jednak znacząco wzrasta wraz z wysokością.

## 5. Układ konstrukcyjny i stosowane rozwiązania

Forma budynku, a tym samym jego kształt jest wypadkową w największej mierze funkcji jaką ma spełniać oraz materiałów z których jest wykonany. W budynkach biurowych, od których podobnie jak od produkcyjnych czy magazynowych, wymaga się większych otwartych powierzchni, stosuje się ustroje szkieletowe z nielicznymi ścianami i trzonami konstrukcyjnymi. Zupełnie inaczej realizuje się budynki mieszkalne lub hotelowe, gdzie ze względu na dużą ilość małych pomieszczeń możliwe jest wprowadzenia układu ścianowego (Rys. III.5.1) [40].



Rys. III.5.1. Budynek Pirelli w Mediolanie (fot. Michał Wojciechowski)



Konstrukcje budynków biurowych można podzielić na kilka podstawowych typów [41]:

- Systemy ramowe, gdzie ramy tworzą układy płaskie lub przestrzenne. Ponadto cechą charakterystyczną tego ustroju jest, to, że sąsiednie ramy współpracują z pozostałymi. Sztywność przestrzenna na działanie sił poziomych realizowana jest dzięki sztywności węzłów ram. Układy powyższe bez usztywnień stosowane są bardzo rzadko, jako układy wymuszające zwiększanie grubości elementów konstrukcyjnych. Możliwą formą realizacji usztywnień są skratowania części pól konstrukcyjnych, np. w polach kondygnacji technicznych. Typowym przykładem budynku jest biurowiec firmy Pirelli w Mediolanie (Rys. III.5.1.), którego głównym elementem nośnym są dwie potężne ramy pocienione do góry, pomiędzy którymi rozparte są stropy.
- Systemy ramowe ze skratowaniami to układy stosowane przede wszystkim w przypadku budynków o większych wysokościach, gdzie wprowadzenie pionowych skratowań pozwoliło na uzyskanie większych wysokości. Sztywność obiektu uzyskiwana jest poprzez połączenie sztywnych ram konstrukcyjnych ze skratowaniami umieszczanymi np. w licu elewacji.
- Układy trzonowe to system łączący w sobie sztywność i wymagania użytkowe. Każdy budynek biurowy musi oprócz podstawowej funkcji zapewniać najemcom możliwość komunikacji pionowej, a także doprowadzać media do poszczególnych przestrzeni najmu. Transfer mediów w pionie realizowany jest przez szachty pionowe, zarówno mechaniczne jak i elektryczne, najczęściej stanowiące osobną strefę pożarową. Komunikacja między kondygnacjami odbywa się poprzez klatki schodowe oraz dźwigi osobowe. Lokalizacja, parametry oraz ilość klatek są pochodną wielkości obiektu oraz współczynników wynikających z ilości osób mogących przebywać w obiekcie. Trzon poza funkcjami zapewniającymi komfort najemcom pełni też funkcje konstrukcyjną i przenosi obciążenia poziome jak również obciążenia sąsiadujących z nim elementów konstrukcyjnych. Optymalną lokalizacją trzonu jest jego centralne położenie, które pozwala na równomierny dostęp do wszystkich powierzchni budynku, poza tym symetryczny układ jest optymalny dla sztywności budynku, a także eliminuje skręcanie jego układu konstrukcyjnego. Alternatywą są trzony umieszczone mimośrodowo lub wręcz rozdzielone na dwie lub trzy mniejsze części, jednakże w tym przypadku brak symetrii powoduje niebezpieczne skręcanie układu konstrukcyjnego.
- Układy trzonowo-szkieletowe są najbardziej popularne w budynkach wysokich, a ich podstawową zasadą jest przenoszenie obciążeń poziomych wiatru przez trzon, a obciążeń

pionowych przez ściany szkieletu. System ten pozwala na pełną elastyczność powierzchni, jako że wszystkie funkcje komunikacyjne oraz transport pionowy ludzi i mediów realizowane są wewnątrz trzonów, tym samym pozostawiając wolną pozostałą przestrzeń, która może dowolnie być aranżowana dla potrzeb najemców.

- Mniej popularne, aczkolwiek występujące są systemy wieszakowe. System polegający na mechanizmie podwieszania kolejnych kondygnacji do konstrukcji sztywnego trzonu, stanowiącego główny element nośny budynku.
- W przypadku obiektów powyżej 300m wysokości praktycznie stosuje się głównie układy powłokowe, czyli podstawowe układy konstrukcyjne budynków wysokich w Ameryce Północnej. Rozwiązania polegające na powiązaniu wewnętrznego trzonu wraz z otaczającą go zewnętrzną powłoką składającą się z układu ścian zewnętrznych, stanowiących element zarówno konstrukcyjny jak i elewacyjny.

## **6. Konstrukcja budynków biurowych**

Przy obecnie stosowanych technologiach nadal najczęściej stosowanym materiałem jest beton, a ściślej żelbet, zarówno w formie konstrukcji monolitycznych jak i elementów prefabrykowanych.

Konstrukcja prefabrykowana ze względu na znaczny stopień zmechanizowania produkcji, jak również wysokie nakłady inwestycyjne na dzień dzisiejszy kształtuje się na poziomie około 30% drożej w stosunku do monolitu. Natomiast żelbet jest tańszy w realizacji i podlega cykлом koniunktury na rynku budowlanym, a jego cena w dużej mierze zależy od kosztów pracy.

W przypadku budynków biurowych konstrukcje prefabrykowane wybierane są dla obiektów średniowysokich, gdzie zwiększone koszty wynikające z droższych rozwiązań materiałowych równoważone są przez krótki okres realizacji i możliwość wcześniejszej eksploatacji obiektu oraz z relatywnie wysoką jakością powierzchni elementów w stosunku do monolitu. Montaż konstrukcji w przypadku obiektów wyższych wiąże się z poważnymi ograniczeniami wynikającymi z kosztocłonności wykorzystania ciężkiego sprzętu do montażu elementów. Najbardziej stosowane są na rynku polskim konstrukcje stalowe, zwykle można je spotkać w obiektach o funkcji mieszanej, gdzie budynek biurowy jest połączony z halą produkcyjną. Obecnie nie prowadzi się praktycznie inwestycji w oparciu o konstrukcję stalową, wyjątkiem jest część obiektów warszawskich realizowanych w latach 90-tych XX

wieku, gdy projekty przygotowywane były i realizowane wg standardów amerykańskich i w oparciu o tamtejsze rozwiązania.

## 6.1. Posadowienie budynków

Każdy budynek, w tym także obiekty biurowe posadowiony jest zawsze według ogólnie przyjętych reguł. Przede wszystkim geometria posiadanej przez inwestora działki wymusza w sposób znaczący metodę posadowienia obiektu. Jeżeli mamy do czynienia z większą działką realnym staje się wykonawstwo przy pomocy wykopu otwartego. W przypadku odwrotnym (najbardziej powszechnym), gdy powierzchnia działki nie pozwala na wykop otwarty lub wręcz, gdy pokrywa się z przyszłą inwestycją, konieczne jest realizowanie części podziemnej w oparciu o ścianki szczelinowe i jeżeli się uda, o elementy rozporowe w postaci ścian lub grodzic (Rys. III.6.1) [40].



Rys. III.6.1. Ściana szczelinowa wraz z grodzicą rozporową (fot. Michał Wojciechowski)

Spośród obecnie najczęściej stosowanych rozwiązań wymienić należy: ściany szczelne, czyli w praktyce polskiej elementy wykonane z wbijanych lub wciskanych profili typu Larssen. Rozwiązanie szybkie w realizacji, dokładne i optymalne kosztowo dzięki możliwości demontażu profili. Rzadziej stosowaną metodą jest ściana berlińska, czyli konstrukcja drewnianej opinki rozpiętej na profilach stalowych. Ściana ta możliwa jest do realizacji w przypadku niskiej wysokości skarpy oraz niskiego poziomu wód gruntowych [42]. Obydwie opisane metody na etapie realizacji ze względu na konieczność dynamicznego wprowadzenia elementów w grunt tworzą drgania, które mogą być niekorzystne dla sąsiedniej zabudowy, jak

również podziemnej infrastruktury, co często eliminuje je z realizacji w zwartej zabudowie lub w strefie oddziaływania na budynki historyczne lub znajdujące się w strefie. Często też występuje konieczność zapewniania stateczności elementów pionowych. W tym celu wykorzystuje się rozparcie wewnątrz wykopu poprzez rozpory zarówno w poprzek wykopu jak i skośne.

Odrębnym podejściem jest stosowanie ścian szczelinowych, które co do zasady pełnią w przyszłości funkcję podziemnej części budynku, jako fundament pośredni i stają się ścianami zewnętrznymi zwykle podziemnej hali garażowej. Ściany szczelinowe wykonuje się w technologii żelbetowej, jako segmenty z wykorzystaniem cieczy bentonitowej, wykorzystywanej do chwilowego rozparcia wykopu przed zabetonowaniem ściany [43]. Praktycznym problemem realizacji ścian szczelinowych jest uzyskanie jej pełnej szczelności w przypadku wysokiego poziomu wód gruntowych. Wynika to z faktu, iż kolejne segmenty połączone między sobą nawet z wykorzystaniem łączników mogą wzajemnie przeciekać na łączeniu. W tym przypadku stosuje się specjalne metody doszczelnienia styków. Drugim problemem jest wykończenie ścian, które od strony wewnętrznej budynku stają się docelowym wykończeniem pomieszczenia hali garażowej. W zależności od standardu budynku ściana jest tylko wyrównywana lub doprowadzana do jakości powierzchni tynkowanej.

W przypadku wykonywania ścian głębszych, gdy niemożliwym jest realizacja ich jako elementu w schemacie wspornikowym, wprowadza się system kotwienia ściany, najczęściej przez kotwy gruntowe. Z punktu widzenia inwestora jest to utrudnienie związane z koniecznością uzyskania zgód od zarządców sąsiednich działek na wprowadzenie w ich grunt obiektów infrastruktury, co hipotetycznie może w przyszłości kolidować z planami inwestycyjnymi sąsiednich działek. Kotwy gruntowe mogą pozostawać w gruncie na stałe pełniąc swoją funkcję lub, gdy to konieczne, tylko na okres robót budowlanych. Później mogą być usunięte, poprzez skruszenie głowic betonowych oraz usunięcie podziemnych strun z gruntu.

Alternatywą dla głowic są metody rozparcia o ściany zewnętrzne poprzez rozpory rurowe dużych średnic i rozparcia narożne, jak to ma miejsce w metodzie trzonowej. Obecnie coraz częściej praktykuje się też metodę stropową, która opiera się na traktowaniu stropów części podziemnej, jako rozpór wykopu i realizacji ich w odwrotnej kolejności. W metodzie tej grunt wybierany jest spod stropów celem realizacji kolejnych kondygnacji podziemnych.

Posadowienie obiektów nie kończy się jednak na etapie wykonania ścian zewnętrznych i wykonania wykopu pod budynkiem. Równie istotnym elementem jest właściwe

przeniesienie obciążeń na grunt, które w praktyce obiektów biurowych w przeważającej większości realizowane jest również za pomocą płyt fundamentowych. Teoretycznie kryteriami determinującymi realizację posadowienia poprzez płyty są słabe warunki gruntowe, wówczas możliwym jest równomierna dystrybucja obciążeń przenoszonych na grunt całą powierzchnią płyty. Drugim wskazaniem jest duża ilość elementów konstrukcyjnych wymuszająca zagęszczenie ław i stóp fundamentowych do poziomu przekraczającego 60% powierzchni obrysu budynku. Płyty stosowane są jako najlepsze rozwiązanie w przypadku chęci uzyskania szczelności podziemnych pomieszczeń lub hali garażowej, uzyskiwanej często z wykorzystaniem technologii białej wanny [44]. W praktyce realizacyjnej płyty fundamentowe mają różną grubość, różnicowaną pod ścianami oraz słupami, duże przegłębienia realizuje się też zwykle pod trzonami komunikacyjnymi. Płyty o stałej grubości praktykowane są w przypadku realizacji obiektów o małych rozstawach osi konstrukcyjnych.

W budownictwie biurowym praktycznie nie stosuje się fundamentów opartych na ławach fundamentowych. Specyfika obiektów, w których wartością są przestrzenie nieograniczone ścianami nie pozwala na takie rozwiązania. Jedynym możliwym rozwiązaniem jest konstrukcja stóp fundamentowych, które przenoszą wszelkie obciążenia ze słupów bezpośrednio na grunt.

Osobnym zagadnieniem są fundamenty głębokie, realizowane w praktyce inżynierskiej za pomocą fundamentów pośrednich, które pozwalają na dystrybucję obciążeń do niższych partii gruntów oraz przenoszenie obciążeń także przez swoje pobocznicze. Fundamenty pośrednie np. pale lub skrzynie stosuje się także miejscowo pod płytami fundamentowymi, aby umożliwić przeniesienie obciążeń w strefach gorszej nośności gruntu pod płytą fundamentową [45].

## **6.2. Nadziemne konstrukcje monolityczne**

Beton zbrojony stalą, zwany także żelbetem, jest jednocześnie tradycyjnym i nowoczesnym materiałem budowlanym. Minęło bowiem ponad 150 lat, odkąd konstrukcje żelbetowe zrewolucjonizowały budownictwo. Obecnie trudno wyobrazić sobie nowoczesne budownictwo bez różnorodnych obiektów wykonywanych z zastosowaniem żelbetu [46]. Konstrukcje żelbetowe składają się z betonu oraz odpowiednio zwymiarowanej i ułożonej stali zbrojeniowej. Wymienione materiały, dzięki przyczepności, współpracują ze sobą w tych konstrukcjach i stanowią monolityczną całość. Stal zbrojeniowa przejmuje naprężenia

rozciągające, a beton naprężenia ściskające [48]. Beton nadaje konstrukcjom określony kształt, zapewnia im odpowiednią sztywność oraz chroni stal przed szkodliwymi wpływami środowiska, w jakim znajduje się konstrukcja, a także chroni przed działaniem wysokiej temperatury, np. w trakcie pożaru.

Ze względu na technologię wykonania konstrukcje żelbetowe podzielić można na trzy podstawowe grupy: monolityczne, prefabrykowane i sprężone. Konstrukcje monolityczne wykonuje się bezpośrednio na placu budowy, zwykle ich cykl realizacji składa się z powtarzalnych czynności takich jak deskowanie, zbrojenie, betonowanie oraz finalnie pielęgnacja, do uzyskania oczekiwanej wytrzymałości. Otrzymana w ten sposób konstrukcja charakteryzuje się dużą sztywnością, gdyż wszystkie jej elementy stanowią jednolitą całość, a więc wykazują ciągłość konstrukcyjną. Żelbetowe konstrukcje monolityczne posiadają także szereg wad, do których należą wysoka czaso- i pracochłonność realizacji deskowań i rusztowań, długi okres realizacji wynikający z okresu dojrzewania betonu i uzyskiwania przez materiał oczekiwanej wytrzymałości oraz sezonowość prac, bardzo dokuczliwa w przypadku chłodnych okresów zimowych. Cały czas powstają nowe technologie zmierzające do eliminacji wyżej wymienionych wad, co uzyskuje się poprzez udoskonalenia systemów deskowań i pełną ich modułowość, prefabrykację zbrojenia konstrukcyjnego oraz stosowanie rozmaitych dodatków do mieszanki betonowej poprawiających jej parametry i skracających czas dojrzewania. To wszystko pozwala na stosowanie konstrukcji monolitycznych w rozmaitych budynkach, w tym także w biurowych (Rys. III.6.2).



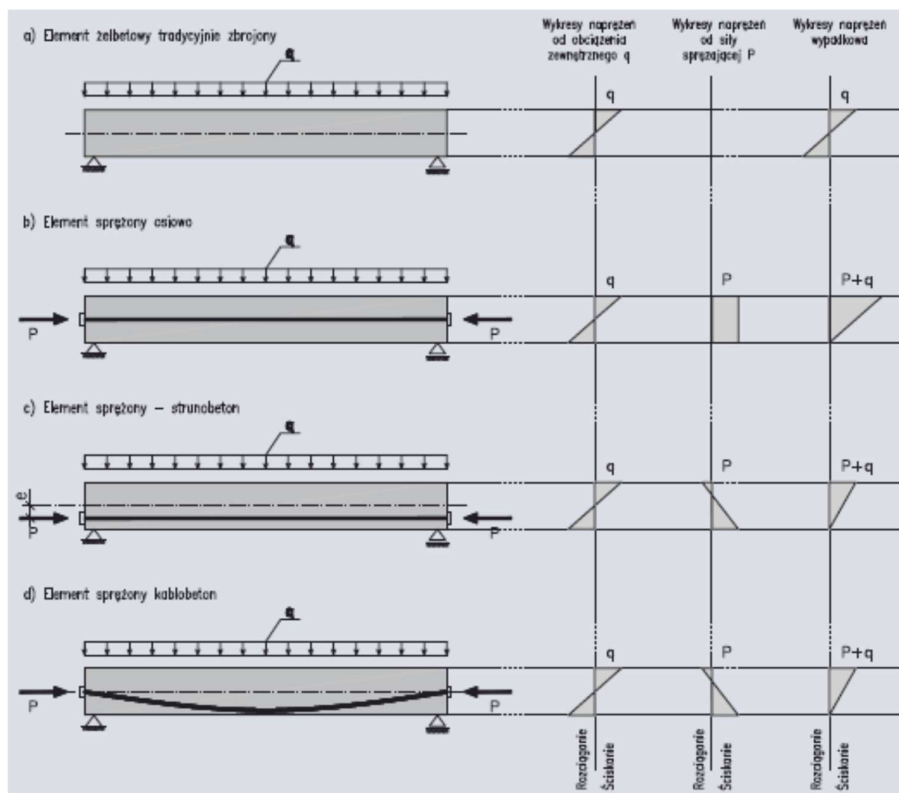
Rys. III.6.2. Nowoczesne budownictwo żelbetowe (fot. Michał Wojciechowski)

Konstrukcje żelbetowe mają liczne zalety: dość dużą trwałość i odporność na działanie wpływów atmosferycznych, wilgoci, ognia oraz obciążeń statycznych i dynamicznych, a także niewielki koszt eksploatacji. Do ich wad zalicza się duży ciężar własny, złą izolacyjność termiczną, a także czasami trudności naprawy, przebudowy bądź wzmocnienia konstrukcji istniejących. Wady konstrukcji żelbetowych można ograniczyć dzięki racjonalnemu projektowaniu oraz stosowaniu odpowiednich technologii ich wykonania [47, 48].

### **6.3. Nadziemne konstrukcje sprężone**

Współczesna konstrukcja każdego budynku biurowego musi przede wszystkim przenosić znaczące obciążenia, jednocześnie stawiając dodatkowe wymagania takie jak zwiększanie rozpiętości przeseł konstrukcyjnych bez zmiany geometrii przekrojów. Coraz częściej szuka się możliwości zmniejszenia wysokości przekrojów, redukcji ugięć oraz ograniczenia rys. Wszystko to w przypadku budynków biurowych ma na celu możliwie jak najbardziej efektywne wykorzystanie powierzchni biurowej w zakresie wysokości pomieszczeń (wysokość w gotowym obiekcie od podłogi podniesionej do spodu sufitu podwieszanego) oraz stworzenia powierzchni maksymalnie wolnej od przeszkód konstrukcyjnych, takich jak słupy czy ściany. Dążenie do optymalizacji geometrii w przypadku konstrukcji żelbetowej prowadzi do nieefektywnych rozwiązań, tzn. dochodzi się do momentu, w którym zwiększenie przekroju i wzrost masy elementu, nie powodują znaczącej poprawy nośności. Jednocześnie takie elementy naraża się na znaczny skurcz, ze względu na ich duży przekrój. Rozwiązaniem tego problemu jest sprężanie elementów konstrukcyjnych, które w teorii jest nadaniem elementom obciążenia o kierunku przeciwnym do założonych obciążeń konstrukcji.

Zasadniczy podział elementów sprężanych to: kablobeton i strunobeton. Ten drugi w Polsce dotyczy praktycznie tylko elementów prefabrykowanych na wytwórniach, gdzie sprężanie elementów dokonywane jest w torach formujących, a gotowy element transportowany jest na budowę bezpośrednio z wytwórni. Kablobeton to w polskiej praktyce budowlanej elementy realizowane na budowie, niemające ograniczeń transportowych wynikających ze skrajni drogowej. Elementy kablobetonowe sprężenie uzyskują po zabetonowaniu, kiedy to przez naciąganie kabli sprężających uzyskuje się odwrotny układ obciążeń (Rys. III.6.3).



Rys.III.6.3. Porównanie naprężeń w elementach tradycyjnych, żelbetowych i sprężonych [49]

Elementy strunobetonowe ze względu na konieczność prefabrykacji mają dość ograniczoną formę i tym samym możliwość kształtowania bryły budynku. Natomiast dla potrzeb standardowego budownictwa biurowego są wystarczającymi [ 49 ]. Kablobeton pozbawiony jest tej cechy i pozwala na dowolne kształtowanie geometrii obiektu. Natomiast znaczącą różnicą pomiędzy tymi elementami jest koszt.

Konstrukcje kablobetonowe dzielone są ze względu na typy kabli. Kable jednocięgnowe lub małe sploty stosuje się dla elementów płytowych, natomiast dla elementów bardziej wyciągniętych takich jak belki i mosty stosuje się sploty wielożyłowe. Ponadto możliwy jest podział ze względu na sposób współpracy kabli z betonem. Standardowym rozwiązaniem jest system bezprzyczepnościowy, gdzie kable, pokryte smarem wprowadzone są w osłonkę rurową, minimalizującą przyczepność do betonu. Nośność elementu jest w bardzo dużym stopniu związana z zakotwieniem kabla oraz z odpowiednim dozbrojeniem tej strefy. Systemem całkowicie odmiennym jest system przyczepnościowy, gdzie kable umieszczane są w kanałach po zabetonowaniu elementu i następnie są dodatkowo iniektowane celem uzyskania przyczepności pomiędzy kablami a betonem. Tym samym metoda zakotwienia nie ma wpływu na nośność elementu oraz jego trwałość. Konstrukcje sprężone są dzielone



w zależności od poziomu sprężenia elementu, który wyrażany jest jako stopień zabezpieczenia przekroju przed zarysowaniem na:

- częściowe sprężenie - niewielkie naprężenia rozciągające powodujące zarysowanie przekroju, co jest efektem krótkotrwałego działania kombinacji obciążeń,
- ograniczone sprężenie - pod działaniem długotrwałej kombinacji obciążeń nie występują w przekrojach naprężenia rozciągające, a pod działaniem krótkotrwałej kombinacji obciążeń rysy nie przekraczają wartości dopuszczalnych,
- pełne sprężenie - pod działaniem długotrwałej kombinacji obciążeń nie występują w przekrojach naprężenia rozciągające, a pod zmiennym działaniem krótkotrwałej kombinacji nie występują rysy, a naprężenia rozciągające nie przekraczają wytrzymałości betonu na rozciąganie,
- super pełne sprężenie - pod działaniem podstawowej kombinacji obciążeń nie występują w przekrojach naprężenia rozciągające.

Sprężenia w początkowej fazie traktowane są jako obciążenie zewnętrzne. W momencie przejścia do fazy dekompresji. zwłaszcza gdy dopuszcza się zarysowanie przekroju, następuje skok naprężeń i odkształcenia w stali sprężającej i od tej pory stal sprężająca pełni również funkcję tradycyjnego zbrojenia [50].

#### **6.4. Nadziemne konstrukcje prefabrykowane**

Historia budownictwa prefabrykowanego w Polsce sięga okresu połowy lat 50-tych [51], kiedy to w związku z głębokim powiązaniem gospodarki polskiej i radzieckiej rozpoczęto na szeroką skalę produkcję obiektów budowlanych w oparciu o elementy prefabrykowane. Masowo upowszechniło się budownictwo mieszkaniowe, które realizowane było we wszystkich ośrodkach miejskich. W oparciu o technologie radzieckie, elementy wytwarzane były przez kombinaty budowlane tzw. fabryki domów. Wraz z powolnym upadkiem gospodarki socjalistycznej również producenci elementów prefabrykowanych stopniowo stracili możliwość istnienia w nowych realiach rynkowych. Przestarzałe technologie, praktycznie niepozwalające na produkcję elementów sprężonych, doprowadziły do stopniowej marginalizacji produkcji prefabrykacji. Sytuację jednocześnie pogarszała bardzo zła opinia na temat tej technologii kojarzonej z niską jakością i złymi doświadczeniami z okresu socjalizmu. Po okresie przemian, na początku lat 90-tych stopniowo coraz więcej koncernów z krajów Europy zachodniej przejęło część starych zakładów i wprowadzając swoje technologie rozpoczęło modernizację produkcji. Ten stan doprowadził do obecnej

sytuacji, kiedy mamy do czynienia z w pełni konkurencyjnym rynkiem budowlanym w tej branży [52].

Obecnie rynek polski zdominowany jest przez kilka firm o zasięgu ogólnokrajowym (Pekabex, Consolis), konkurują z nimi mniejsze podmioty, często wyspecjalizowane w bardziej nietypowym asortymencie (KB Dom, Gralbet, Komfort). Asortyment produktowy powyższych elementów pokrywa zapotrzebowanie rynku polskiego na elementy prefabrykowane wielkowymiarowe. Ze względu na odległość nie praktykuje się importu elementów z krajów sąsiednich. Zdaniem autora powyższe założenie jest nie do końca ekonomiczne, gdyż w przypadku dostawy elementów do województw południowych wytwarzanych w centralnej Polsce, tańszym i szybszym sposobem może być dostarczenie ich z terenu np. Republiki Czeskiej.

Zasady zrównoważonego rozwoju, nakładające obowiązek ograniczenia wpływu na środowisko i minimalizacji zużycia nieodnawialnych surowców, stwarzają perspektywy rozwoju prefabrykacji. Produkcja fabryczna elementów z betonu pozwala optymalizować zużycie energii i materiałów. Wyroby prefabrykowane można podzielić na wiele kategorii w zależności od zastosowania w budownictwie, kształtu, stopnia wykończenia, rodzaju rozwiązania konstrukcyjnego lub materiałowego. Jednym z kryteriów jest także rozmiar i masa elementów. Co naturalne dla budownictwa komercyjnego stosuje się głównie elementy wielkowymiarowe, które stanowią podstawową konstrukcję budynku. Produkcja fabryczna elementów z betonu pozwala optymalizować zużycie energii i materiałów. Ponadto możliwe jest uniezależnienie w znacznym stopniu od warunków atmosferycznych podczas wykonywania konstrukcji z betonu, a także skrócenie czasu budowy ze względu na możliwość dostarczania gotowych elementów. Obniżeniu ulega również koszt związany z wykonywaniem elementów powtarzalnych. Zastosowanie technologii prefabrykacji pozwala na zwiększenie efektywności wykonywania elementów powtarzalnych, m.in. dzięki uniezależnieniu w znacznym stopniu prac betoniarskich od warunków atmosferycznych. Ponadto dostarczenie gotowych elementów pozwala na wyeliminowanie konieczności wykonywania deskowań oraz zbrojenia elementów w warunkach budowy, a także konieczności oczekiwania na uzyskanie przez młody beton wymaganej wytrzymałości. Nie bez znaczenia jest również większa kontrola jakości wykonywanych elementów ze względu na stałą kontrolę produkcji w wytwórni prefabrykatów [53].

Realizacja obiektów w oparciu o technologię prefabrykowaną w warunkach polskich w przeważającej wielkości oznacza technologię mieszaną monolityczno-prefabrykowaną. Trudno obecnie znaleźć obiekt, który w całości powstałby w oparciu o elementy

prefabrykowane, choć za granicą powstają już obiekty realizowane z elementów modułowych (przestrzennych i kompletnie wyposażonych), wykonywanych często w Polsce. Zwykle konstrukcja podziemna oparta jest o konstrukcję monolityczną, a w zależności od decyzji dewelopera od poziomu stropu nad częścią podziemną następuje montaż elementów prefabrykowanych (Rys. III.6.4). Często spotykanym rozwiązaniem jest żelbetowa konstrukcja trzonów komunikacyjnych i klatek schodowych, która pozwala na usztywnienie całego budynku.



Rys. III.6.4. Konstrukcja prefabrykowana budynków biurowych (fot. Michał Wojciechowski)

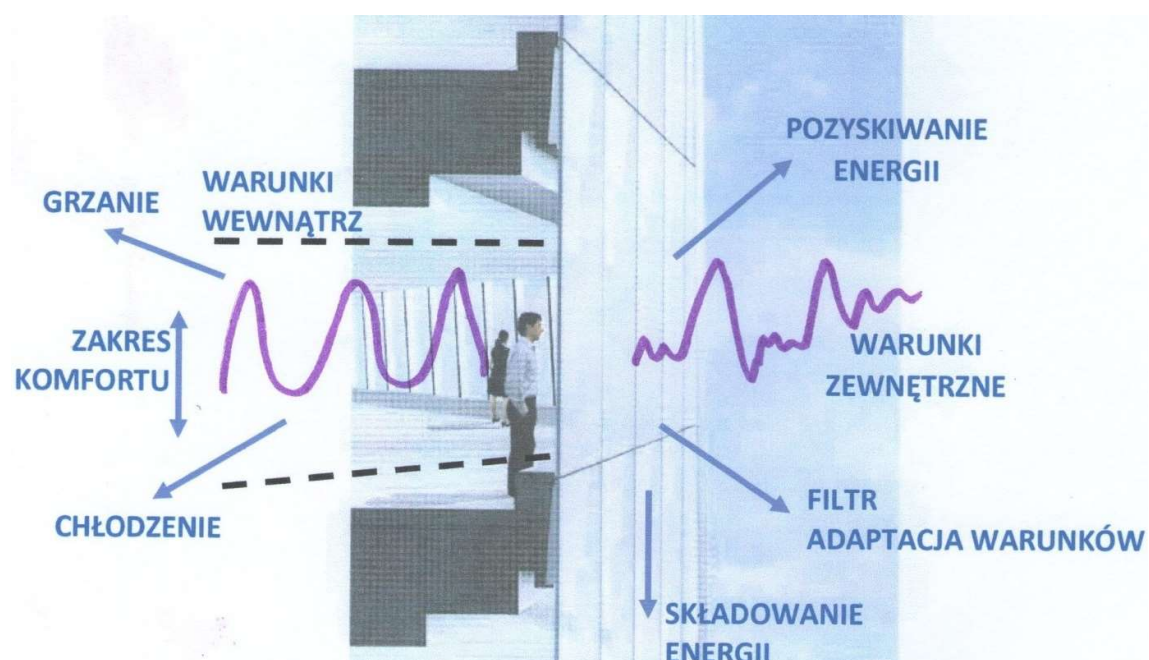
Popularność konstrukcji prefabrykowanych w budownictwie komercyjnym, w szczególności w budynkach biurowych wynika przede wszystkim ze stosowania elementów wielkogabarytowych, zarówno płyt stropowych, belek jak i słupów konstrukcyjnych. Elementy prefabrykowane to wysoka jakość wykonania i powierzchnie często nie wymagające wykończenia, albo znaczące je ograniczające. Co równie istotne w przypadku budownictwa komercyjnego, prefabrykacja to szybkość montażu konstrukcji, niezwykle ważna w przypadku krótkich terminów realizacji wielu tego typu inwestycji [54].

## 7. Elewacje współczesnych budynków biurowych

Jednym z głównych elementów kształtujących fasady współczesnych budynków biurowych jest rosnący wzrost wymagań związanych z obniżeniem energochłonności

budynków połączony z chęcią podnoszenia komfortu wewnętrznego. Tworzy to nową istotną rolę dla ogólnej koncepcji realizacji fasad i ich roli w budynkach [55, 56].

Powyższe założenie nie może być realizowane tylko przez bardzo dobrze zaizolowany budynek, ale także charakteryzujący się uzyskaniem optymalnego środowiska wewnętrznego, co ma pozytywny wpływ na zużycie energii. Obecnie fasady stają się integralną częścią koncepcji utrzymania klimatu wewnętrznego w budynkach. Idealna fasada powinna być systemem umożliwiającym czasową adaptację swoich właściwości takich jak izolacja, transmisja ciepła i ciepła do panujących warunków zewnętrznych. Poniższa grafika prezentuje fasadę, która jest rodzajem zabezpieczenia przed niestałymi warunkami zewnętrznymi i która w powiązaniu z wewnętrznymi systemami instalacyjnymi pozwala utrzymać optymalne warunki wewnątrz pomieszczeń (Rys. III.7.1).



Rys. III.7.1. Rola ściany kurtynowej, adaptującej warunki zewnętrzne do potrzeb wnętrza, w postaci gromadzenia energii

Część parametrów musi być adaptowalna z minuty na minutę, a należą do nich ochrona przed słońcem czy przepuszczalność światła celem dostarczenia odpowiedniej ilości światła dziennego, jednocześnie zapobiegając przegrzaniu pomieszczeń. Realizowane jest to poprzez elementy przesłon fasadowych zarówno rolet jak żaluzji mechanicznych. Inne funkcje wymagają zmian sezonowych, zaliczyć do nich można grubość izolacji, a także inne które muszą być zmieniane na przestrzeni lat, reagując bezpośrednio na potrzeby użytkowników.

Coraz więcej fasad jest ulepszana w cyklu życia obiektu, spełniając oczekiwania użytkowników, nowe przepisy, czy wymogi lokalizacji i ekspozycji.

Fasady są jednym z kluczowych komponentów każdego budynku, ich zadaniem jest ochrona przed czynnikami zewnętrznymi i stratami ciepła oraz wpływanie na klimat panujący wewnątrz budynku. Ponadto pełnią one jeszcze jedną ważną funkcję, mają decydujący wpływ na zewnętrzny i wewnętrzny wygląd budynku, a tym samym na odczucia osób oglądających go z zewnątrz lub przebywających w jego wnętrzu. Na jakość klimatu panującego w pomieszczeniach znaczący wpływ mają proporcje pomiędzy elementami przeszklonymi i nieprzeszklonymi. Wygląd zewnętrzny ma natomiast decydujący wpływ na styl i charakter budynku.

Nie istnieją wytyczne projektowe, które w prosty sposób można by zastosować i mieć pewność, że projekt spełni minimalne standardy. Ważne jest aby projekt był dobrze przemyślany i dostosowany do lokalizacji i przeznaczenia obiektu. Materiały użyte do konstrukcji elewacji mają wpływ na jej parametry i wygląd, ale duże znaczenie ma także ich trwałość. Czynniki środowiskowe takie jak straty i zyski ciepła, czy zwiększanie ilości światła dziennego w coraz większym stopniu wpływają na wygląd elewacji i powodują odejście od rozwiązań całkowicie przeszklonych (Rys. III.7.2).



Rys. III.7.2. Elewacja budynku biurowego, jako kompromis pomiędzy proporcjami powierzchni przeszklonych i pełnych oraz jakością zastosowanych materiałów (fot. Michał Wojciechowski)

Współczesna fasada budynku biurowego obejmuje okna, drzwi, okładziny oraz ściany kurtynowe i wpływa w dużej części na charakterystykę techniczną i estetyczną budynku oraz, co oczywiste, na jego koszt. Rynek budowlany i producenci fasad, podobnie jak pracownice projektowe przeważnie proponują wykorzystanie elementów katalogowych poszczególnych dostawców do projektowania i wykonania elewacji. W przypadku projektów biurowych i hotelowych coraz częściej tworzy się nowe indywidualne rozwiązania, poprzez rozwój istniejących systemów lub ich adaptację. Nowe rozwiązanie zwykle powstaje w oparciu o profile aluminiowe, które poza szkłem stanowią główny, a zarazem istotny element elewacji.

### 7.1. Istotne parametry fasady

Oceniając poprawność rozwiązania w zakresie fasady budynku biurowego należy przede wszystkim przeanalizować [57]:

- akustykę - ponieważ fasada separuje budynek i jego wnętrze od oddziaływania zewnętrznego. W gęsto zatłoczonych centrach miast odporność akustyczna staje się wymogiem, pozwalającym na stworzenie komfortu wewnętrznego, co w przypadku akustyki oznacza odpowiedni poziom izolacji akustycznej przegrody. Możliwe jest to przede wszystkim poprzez poprawność zastosowanych rozwiązań i wysokie parametry stosowanych materiałów;
- izolacja termiczna - w ostatnich latach standardy parametrów izolacji termicznej znacząco wzrosły, a dodatkowo są wspomagane przez certyfikację energetyczną obiektów. Wzrasta również zainteresowanie detalami projektowymi, takimi jak: mostki termiczne, połączenia elementów, uszczelnienia elementów. Wszystkie one potencjalnie mogą być przyczyną obniżenia parametrów termicznych fasady,;
- szczelność – jej zwiększanie ma na celu ograniczenie napływu lub odpływu powietrza z budynku. Szczelność powietrzna ma znaczący wpływ na tworzenie szczelności wodnej budynku. Parametry te uzyskuje się na etapie projektowym, a następnie weryfikuje przez testy poligonowe elementów w trakcie budowy. Wszystko to ma na celu podniesienie poziomu szczelności powietrznej oraz parametrów termicznych i akustycznych, co zapobiega kondensacji wilgoci i podnosi komfort termiczny wewnątrz;
- utrzymanie odporności pożarowej fasady, która jest jednym z najważniejszych jej parametrów. Wśród elementów mających wpływ na odporność są przegrody między - kondygnacyjne, które mogą przenosić płomienie pomiędzy piętrami, co z punktu widzenia

zarówno bezpieczeństwa ludzi, jak i obiektu jest niedopuszczalne. Dlatego zwykle te partie fasady realizowane są jako odporne pożarowo.

Fasada i dach są elementami w sposób ciągły narażonymi na warunki atmosferyczne, w tym w szczególności na wiatr, deszcz, śnieg oraz zmiany temperatury. Z tego powodu bezpieczeństwo konstrukcji fasady jest krytycznym elementem, który należy brać pod uwagę przy jej ocenie. Zasadniczo fasada powinna zostać w całości sprawdzona obliczeniowo oraz dodatkowo przetestowana poligonowo w oparciu o modele i rozwiązania typowe. Celem tego procesu jest także uzyskanie optymalnej wytrzymałości, sztywności i stabilności fasady. Jednocześnie dokonanie właściwego wyboru zabezpiecza zarówno przed powstawaniem usterek, jak również obniża koszty napraw i eksploatacji fasady.

Efektywne elewacje budynków biurowych muszą spełniać szereg cech, za najważniejsze z nich uznaje się:

- koszt, ponieważ elewacja jest elementem budynku, która w zależności od wielkości i stopnia skomplikowania bryły obiektu stanowi około 15-20% wartości inwestycji deweloperskiej,
- estetykę, ponieważ jest to element identyfikujący budynek, mogący stanowić o jego wyjątkowości,
- trwałość, która w sposób znaczący wpływa na wartość obiektu i jego ocenę w przyszłości, np. w przypadku chęci sprzedaży. Trwałość fasady wynika z jakości zastosowanych materiałów, jakości prac elewacyjnych, skuteczności i jakości prac czyszczących oraz utrzymania sprawności fasady,
- termoizolacyjność, ponieważ elewacja stanowi w większości przypadków przegrodę zewnętrzną, tym samym jest jedynym elementem osłaniającym wnętrze budynków od warunków zewnętrznych. Polskie prawodawstwo na dzień dzisiejszy określa maksymalny współczynnik przepuszczalności termicznej dla przegród zewnętrznych na poziomie  $0,23 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ , jednakże w coraz większej ilości przypadków dąży się do obniżenia tego współczynnika do poziomu poniżej  $0,2 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ , a od stycznia 2021r. będzie to już wartość  $0,15 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ . Parametry te są osiągalne tylko w przypadku korzystania z zaawansowanych metod fizyki budowli w zakresie modelowania fasady i jej konstrukcji oraz stosowania technologii zmierzających do obniżenia parametrów przenikalności cieplnej fasady. Wysoki poziom termoizolacyjności w perspektywie eksploatacji obiektu stanowi czynnik zmierzający do znacznej obniżki kosztów utrzymania obiektu,

wynikających przede wszystkim z ograniczenia strat powstających z nieszczelności budynków oraz jego wychładzania się na skutek niskich parametrów,

- łatwość czyszczenia (utrzymanie) – współczesne fasady, które w większości są elementami nie otwieralnymi, muszą ze względów eksploatacyjnych być czyszczone od zewnątrz. Skala obiektów i często ich wysokość zmusza inwestorów do realizacji czyszczenia metodami alpinistycznymi. Tym samym istotna jest łatwość dostępu do fasady, jej forma umożliwiająca pełne czyszczenie (brak miejsc niedostępnych dla systemu czyszczenia fasady), jak również materiały wypełniające niewymagające czyszczenia (np. cegła klinkierowa).

## **7.2.Współczesne materiały elewacyjne**

### **7.2.1.Ściany kurtynowe**

Ściany kurtynowe są jednymi z najczęściej obecnie stosowanych rozwiązań fasadowych. Bez względu na fakt, czy są przymocowane do głównej konstrukcji budynku, czy stanowią konstrukcję samonośną, chronią wnętrze budynków od warunków zewnętrznych, a także pozwalają na dużą dowolność kształtowania projektu i bryły budynku. Ich gwałtowny rozwój od końca XIX wieku możliwy był dzięki nowym metodom kształtowania konstrukcji. Wprowadzenie konstrukcji ramowych pozwoliło na rezygnację z masywnych ścian osłonowych, tym samym na nowe podejście i zdefiniowanie elementów zamykających (okrywających) budynek, jakim bez wątpienia są fasady [57].

Jak sama nazwa wskazuje, ściana osłonowa jest konstrukcją niezależną od konstrukcji nośnej budynku, chroni ona jego wnętrze przed warunkami pogodowymi i klimatycznymi. Ze względu na fakt braku oddziaływania na konstrukcję elementy te mogą być w dużej części przeszklone. Rezultatem tego jest nieznaną dotąd swoboda architektonicznych możliwości projektowania elewacji z równie wielkimi nowymi możliwościami dla powierzchni wewnętrznych. Ścianą kurtynową można nazwać nieobciążony element osłonowy budynku. Zwykle jest on zawieszony albo posadowiony na konstrukcji głównej budynku. Ściany kurtynowe to ramy najczęściej konstrukcyjne składające się ze słupów i rygli konstrukcyjnych wraz z elementami wypełniającymi. Możliwe jest także stosowanie elementów takich jak drewno, czy wszelkiego rodzaju nowoczesne tworzywa. Do tych fasad możemy także zaliczyć elementy panelowe, wypełniające fasadę, jako alternatywę dla pasów okiennych montowanych do konstrukcji.



Spojrzenie teoretyczne pozwala stwierdzić, iż ściany kurtynowe mają typową modułarną konstrukcję, polegającą na wielokrotnym kopiowaniu jeden do jednego kolejnych modułów fasady. Poziom normalizacji tych rozwiązań jest bardzo wysoki. Jest to konieczne, ze względu na fakt, iż ściany kurtynowe muszą spełniać liczne normy i regulacje dotyczące projektów. Dostawcy systemów posiadają wszystkie znormalizowane komponenty systemu w magazynie lub są przynajmniej w stanie produkować lub dostarczyć je w ciągu kilku dni. Wymaga to wysokiego poziomu logistyki oraz magazynowania, co wpływa kosztowo na fazę przygotowania produktu. Zmniejsza to natomiast koszt i czas realizacji oraz wysyłki.

Mając na uwadze, iż większość ścian kurtynowych jest wykonywana na budowie przez zespolenie ze sobą elementów tworzących ramy z wypełnieniami, możemy też wyróżnić elementy ustandaryzowane, które prefabrykowane są w fabrykach, gdzie przygotowuje się duże elementy, często łącznie z wypełnieniem szklanym. Tego typu elementy montowane są do głównej konstrukcji budynku. Bezsporną przewagą prefabrykacji elementów kurtynowych w fabrykach jest ich produkcja w kontrolowanych wewnętrznych warunkach, pozwalających później na skrócenie procesu montażu na budowie. Jako wadę można wskazać wyższe koszty osobowe i logistykę procesu potrzebne dla wytworzenia danego elementu.

### **7.2.2. Systemy zunifikowane**

Zunifikowane systemy fasadowe należą do grupy rozwiązań ścian kurtynowych, ale są zgodne z nieco inną strategią realizacji. W celu umożliwienia produkcji elewacji w fabryce, powstaje ona w oparciu o podzespoły, które łączone są ze sobą z wykorzystaniem systemowych elementów. Zalety takiego rozwiązania są oczywiste, cała produkcja fasady może być realizowana w suchej i czystej fabryce, tym samym zapewniając właściwą kontrolę jakości. Czas montażu gotowych elementów na budowie jest ograniczony, tym samym znacząco spada wpływ warunków pogodowych. Z drugiej strony, konieczne są znaczne nakłady logistyczne, celem przewiezienia gotowych elementów na budowę, a wszelkie późniejsze zmiany są praktycznie niemożliwe [57]. Systemy zunifikowane wymagają innego podejścia do organizacji produkcji i montażu fasady (Rys. III.7.3). Zamiast konstrukcji opartej na ryglach tworzy się bardziej skomplikowany układ ramek. Rozmiar ramek fasadowych jest zazwyczaj większy niż konstrukcja ryglowa, tym samym utrudnia to transport elementów. Jednakże, zwłaszcza w przypadku dużych i złożonych projektów, systemy zunifikowane mogą doprowadzić do znaczącego obniżenia kosztów realizacji.



Rys. III.7.3. Fasada zunifikowana budynku wysokościowego [58]

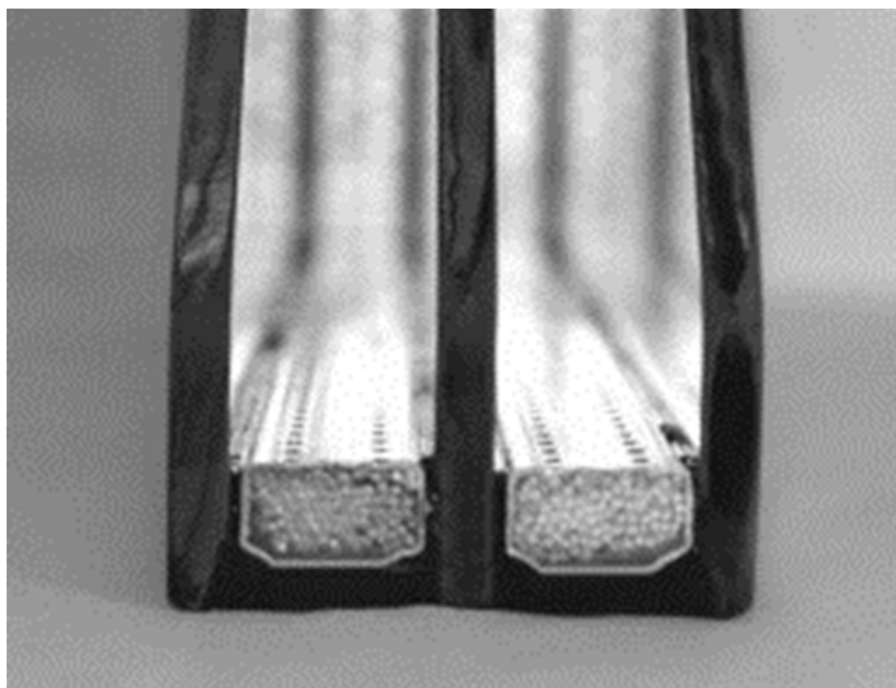
Podczas gdy wymagania techniczne stawiane fasadom powoli wzrastają na przestrzeni ostatnich dekad, fasady kurtynowe ewaluowały od rozwiązań warsztatowych do obecnie stosowanych, zaawansowanych form fasadowych. Podstawowe założenie oparte na ich modułowości pozostaje jednak cały czas aktualne. Ostatnio akcentowane są wymagania tworzenia budynków neutralnych dla środowiska naturalnego, co w połączeniu z szybkim procesem budowlanym i wzrostem poziomu technicznego fasad, doprowadziło ten system do granic możliwości technicznych. Fasady osiągnęły już pełną dojrzałość systemową, dlatego też poszukuje się nowych i bardziej zintegrowanych rozwiązań pozwalających na spełnianie coraz bardziej wzrastających wymagań rynku.

### 7.2.3. Szklenie zespolone

Innym często stosowanym rozwiązaniem jest szklenie strukturalne (ang. structural glazing - SG) lub szklenie konstrukcyjne - wielowarstwowe (ang. structural – sealant -glazing - SSG).

Jest to system ścian kurtynowych, w którym tafle szkła są mocowane do ramy za pomocą kleju konstrukcyjnego lub kleju silikonowego. Wykorzystuje się także płytki dociskowe i złącza przykręcane, które dociskają tafle szklane do uszczelki (Rys. III.7.4). Ciężar własny tafli szkła jest zazwyczaj przekazywany na ramę przez ukryte łączniki mechaniczne. Tafle szkła mogą być używane także do usztywnienia konstrukcji elewacji. Szyby zespolone wykorzystują strategię multiplikowania warstw w celu osiągnięcia lepszej wydajności cieplnej. Składają się one z tafli szkła, które mogą być wzmocnione powłokami, w zależności

od oczekiwanych funkcji. Zespolenia zawierają podkładki osuszające, eliminujące wilgoć z przestrzeni szklanej, które zapobiegają tym samym kondensacji (Rys.III.7.4 i III.7.5).

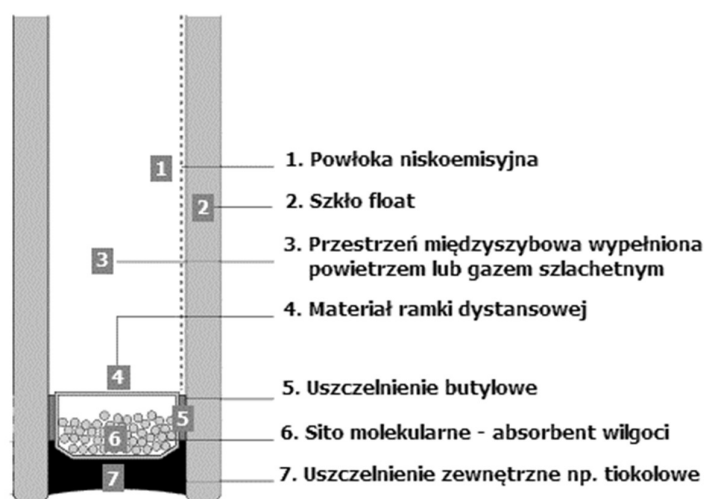


Rys. III.7.4. Przekrój przykładowej szyby zespolonej [59]

Typowy przekrój szyby zespolonej składa się ponadto z kilku innych komponentów: przekładek dystansowych, pochłaniaczy wilgoci oraz uszczelniaczy wewnętrznych i zewnętrznych uszczelniających cały pakiet. Pustka pomiędzy taflami może być wypełniona różnymi gazami szlachetnymi, takimi jak argon lub krypton, które poprawiają dodatkowo parametry termiczne lub może być próżnią.

Formatki szklane są wykrawane do właściwych formatek ze szkła wielkoformatowego (ang. *float*). Na skutek obróbki uzyskuje się odpowiedni rozmiar i nakłada się na nie warstwy zewnętrzne, najczęściej w postaci folii. Tak przygotowane kształty są finalnie spajane w pakiety. W zależności od wymagań, pakiety składają się z różnych typów szkła, w różnych rozmiarach oraz warstwach zewnętrznych. Ostatecznie pakiety montowane w fasadzie mają identyczne parametry, różnią się natomiast wymiarami i wagą poszczególnych elementów. Wszystkie są jednak przygotowywane w sposób umożliwiający ich zastosowanie we współczesnych systemach fasadowych. Wadą trwałego zespolenia jest fakt, że w przypadku uszkodzenia szyby, cały pakiet szklany musi być wymieniony. Obecnie powszechnie stosowanym rozwiązaniem są zestawy trzywarstwowe z wysokimi parametrami termicznymi. Czwarta warstwa teoretycznie mogłaby poprawić wartość parametru U, jednakże póki co

problemem jest przezroczystość, jak również zwiększone wymiary i masa, powodujące iż takie zespolenia nie byłyby możliwe do zainstalowania wewnątrz współczesnych systemów fasadowych.



Rys.III.7.5. Przekrój szyby zespolonej [60]

#### 7.2.4. Systemy bezramowe

Kolejnym typem fasady są systemy bezramowe (ang. *frameless facade*), które obejmują przeważnie pojedyncze tafle szklane lub panele izolowane i zamocowane bez elementów ramy aluminiowej (stalowej). Natomiast zamiast stosowania elementów mocujących do ramy, tafle szklane są bezpośrednio mocowane do elementów dystansowych zewnętrznych lub wewnętrznych. Zamiast niezbędnych w klasycznych systemach elementów uszczelniających na krawędziach szyb wykorzystuje się rozmaite materiały uszczelniające (np. silikon) celem uszczelnienia fasady. Systemy ścian kurtynowych są bardzo skomplikowane w związku z odpowiednią izolacją termiczną, ramy są tu najsłabszymi elementami. Konstrukcje bezramowe wykonane z izolowanych paneli szklanych wydają się zatem logicznym krokiem w rozwoju fasad. Systemy te rozwijane są już od dłuższego czasu, natomiast główny nacisk cały czas kładziony jest na większą przejrzystość fasady, która w mniejszym stopniu jest przesłaniania elementami konstrukcyjnymi. Panele szklane dostarczane są na budowę w mniejszych rozmiarach ze względu na wytrzymałość szkła, co jest wadą tych rozwiązań, natomiast staje się to zaletą w przypadku montażu, ponieważ ułatwia to ich przenoszenie bez wykorzystania ciężkiego sprzętu. Panele szklane muszą być uszczelniane, zabezpieczając fasadę przed wilgotnością, wiatrem i opadami atmosferycznymi. Jednocześnie nie mogą one

miejscowo obniżyć parametrów termicznych fasady. Połączenia paneli muszą także przenosić ich ciężar i obciążenia zmienne oraz dynamiczne, na konstrukcję fasady, pozwalając jednocześnie na jej niezbędne przesunięcia i odkształcenia.



Rys.III.7.6. Fasada bezramowa z mocowaniem punktowym (fot. Michał Wojciechowski)

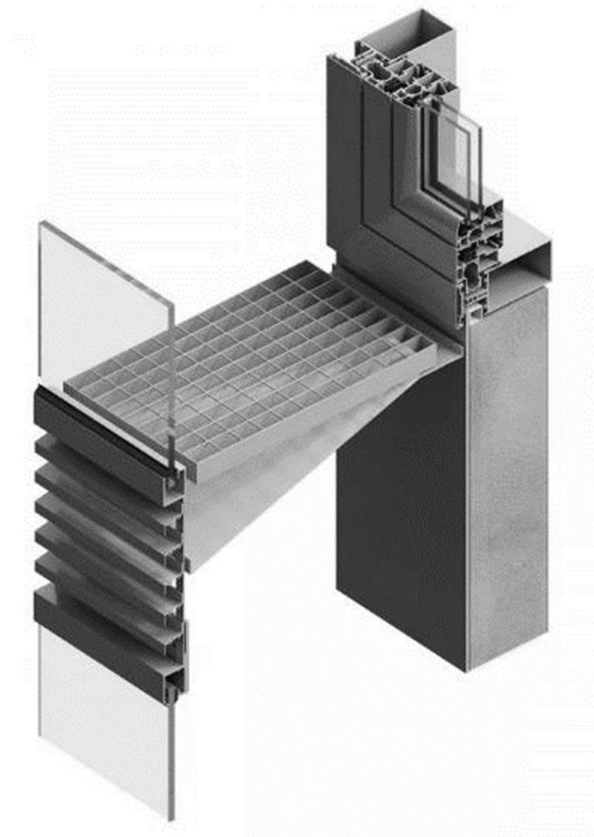
Często stosowane w systemach fasad bezramowych są uchwyty typu pająk (ang. *spider, frog hand*), które pozwalają na punktowe mocowanie paneli szklanych (Rys.III.7.6). Po zakończeniu montażu połączenia konstrukcja/szkło są trwale usztywniane poprzez klejenie, a szczeliny pomiędzy taflami w zależności od grubości są izolowane przy pomocy pasów EPDM lub silikonem.

### 7.2.5. Fasada podwójna

Systemy fasady typu podwójna skóra (ang. *double skin*) to rozwiązanie obejmujące dwie warstwy fasadowe, rozmieszczone w sposób umożliwiający przepływ powietrza pomiędzy nimi (Rys. III.7.7 i III.7.8).



Rys. III.7.7. Fasada double skin, Gdynia Waterfront (fot. Michał Wojciechowski)



Rys. III.7.8. Fasada podwójna – schemat [61]

Zwykle pakiet szklany z wysokimi parametrami termicznymi umieszczany jest wewnątrz przegrody, a zewnętrzna warstwa to pojedyncza tafla szklana. Wentylacja przestrzeni wewnętrznej może być naturalna, wykorzystująca grawitację lub wspomagana mechanicznie wentylatorami. Poza sposobem wentylacji pustki, kierunek przepływu powietrza zależy głównie od warunków klimatycznych, lokalizacji, godzin pracy obiektu, czy strategii wentylacji i chłodzenia budynku.

Tradycyjne elementy tworzące fasadę montowane są obok siebie lub w kolejnych warstwach. Wysokowydajne pakiety szklane, opisane powyżej, pełnią funkcje okładziny podstawowej fasady budynku. Wykorzystanie podwójnej fasady pozwala na dodatkowe zabezpieczenie budynku przed deszczem jak i wiatrem, a także umożliwia wzmocnienie i ochronę przeciwsłoneczną budynku. Rozwiązanie to jest szczególnie istotne w przypadku wysokich budynków, gdzie taka zewnętrzna osłona może bez problemu funkcjonować nawet przy silnych wiatrach. Podwójna fasada pozwala także na ochronę budynku przed hałasem komunikacyjnym czy umożliwia naturalną wentylację budynku. W okresie zimowym, stanowi dodatkową warstwę termiczną. W przypadku fasad podwójnych problemem jest kondensacja pary wodnej na wewnętrznej stronie panelu zewnętrznego w przypadku otwarcia okien wewnętrznych. Jest to skutek wypływu powietrza o wyższej temperaturze do środowiska zewnętrznego o niskiej temperaturze. Dodatkowo problematycznymi są koszty czyszczenia takiej fasady. Z tych powodów podwójne fasady są realizowane tylko w prestiżowych lokalizacjach albo w przypadku budynków wysokich. Ciekawym jest fakt, iż konstrukcja podwójnej fasady musi uwzględniać przeplatanie się jej z systemami instalacyjnymi, dlatego też często w projektowaniu, poza architektami, uczestniczą też specjaliści instalacji mechanicznych, fizyki budowli oraz akustyki.

#### **7.2.6. Wentylowane okładziny elewacyjne**

Wentylowane okładziny elewacyjne to zestaw elementów używanych do obudowy ścian zewnętrznych składających się z [62]:

- zewnętrznej obudowy (w postaci płyt cementowych, kamiennych, ceramicznych, drewnianych, metali, laminatów itp.),
- elementów mocujących obudowę do rusztu oraz rusztu (wykonanego z metalu lub drewna) do ścian zewnętrznych,
- materiałów izolacyjnych (na przykład wełny mineralnej).

Tego typu system elementów fasadowych mocowanych do ram, pozwala na montaż elementów o pełnej rozpiętości pomiędzy piętami. Zewnętrzna okładzina chroni elewację przed warunkami zewnętrznymi, ale posiada szczeliny pozwalające na wentylację fasady. Głównymi parametrami, poza estetyką, które brane są pod uwagę przy ocenie fasady wentylowanej są [63]:

- wodoszczelność, czyli odporność na warunki atmosferyczne a szczególnie deszcz. W praktyce stosuje się badanie szczelności w oparciu o PN-EN 12155, przy badaniu ciśnieniem maksymalnym 600Pa;
- odprowadzenie wody - elewacja powinna być zaprojektowana w taki sposób, aby woda, która pojawia się na powierzchni okładzin wskutek działania deszczu, kondensatu, nie akumulowała się w środku zestawu i mogła być odprowadzona na zewnątrz;
- badanie odporności na działanie wiatru, które polega na sprawdzeniu odporności wybranego fragmentu elewacji na działanie podciśnienia i nadciśnienia. W zależności od specyfiki badania powierzchnie fragmentu elewacji określa się albo powierzchnią lub ilością segmentów oraz parametrami ciśnienia, zwykle nieprzekraczającego 2400Pa; badanie przeprowadza się aż do momentu stwierdzenia znaczącej nieodwracalnej deformacji przegrody lub jej rozszczelnienia [64];
- dla poszczególnych elementów elewacji niedopuszczalne są także jakikolwiek przejawy korozji pogorszające prawidłowe funkcjonowanie zestawu; stalowe lub aluminiowe elementy rusztu powinny być zidentyfikowane oraz mieć określony zakres zastosowania (atmosfera z dużą ilością zanieczyszczeń chemicznych, atmosfera morska, atmosferze przemysłowa itp.).

Elewacje wentylowane muszą spełniać także wymagania w zakresie odporności na zmiany hydrotermiczne [65]:

- odporność na cykle nagrzewania, badana jest na przykład poprzez symulację deszczu, (badanie symuluje odporność elewacji na szok termiczny możliwy podczas szybkiej zmiany temperatur, na przykład podczas letniej ulewy),
- odporność na działanie mrozu; liczbę cykli zamrażania–rozmarzania ustala się zależnie od strefy klimatycznej i wysokości budynku.



### 7.2.7. Murowana Ściana Licowa

Są to najczęściej fasady trójwarstwowe, w których warstwę licową stanowi cegła licowa lub klinkierowa, która zarazem staje się gotową fasadą budynku. Warstwa licowa przenosić obciążenia od parcia i ssania wiatru i od siebie samej (Rys. III.7.9 i III.7.10).



Rys. III.7.9. Trójwarstwowa fasada ceramiczna (fot. Michał Wojciechowski)

Warstwa elewacyjna fasady jest wykonana z pojedynczych cegieł klinkierowych czy licowych lub z całych elementów ceramicznych połączonych przy pomocy zaprawy. Z warstwą nośną elewacji jest połączona za pomocą łączników mechanicznych.

System okładzin ceramicznych z pewnością nie należy do rozwiązań najtańszych, natomiast elementy ceramiczne są okładzinami najtrwalszymi, gdzie kilkudziesięcioletnie okresy użytkowania są standardem. Wadami tego typu fasad jest znaczny ciężar, co w przypadku lekkich konstrukcji wsporczych może stanowić barierę realizacyjną, a ewentualne wzmocnienia ze względu na swoją skalę mogą okazać się niemożliwe w realizacji. Ponadto do wad tego rozwiązania należy zaliczyć detale połączeniowe, szczególnie z fasadami aluminiowymi, gdzie ceramiczne kształtki, nie posiadając żadnych

systemowych elementów łącznikowych każdorazowo muszą być wyposażone w izolacje uszczelniające oraz obróbki, co jest także istotne z punktu widzenia uniknięcia mostków termicznych.



Rys.III.7.10. Nowoczesna fasada ceramiczna budynku biurowego (fot. Michał Wojciechowski)

## **8. Nowoczesne systemy instalacyjne**

### **8.1. Rozwój wentylacji i klimatyzacji**

Wpływ klimatu i pogody na samopoczucie człowieka zauważono już bardzo dawno temu. Znacznie trudniejszym było podanie naukowych podstaw tego stanu rzeczy. Aby stworzyć odpowiedni mikroklimat w pomieszczeniach na przestrzeni tysiącleci stosowano rozmaite metody. Rozwój technik w tym zakresie zależał od klimatu zewnętrznego i rozwoju ludzkości. Znamionym jest, że wszystkie ośrodki dawnej cywilizacji powstały w obszarach, przez które przechodzi izoterma  $+21^{\circ}\text{C}$  tj. Egipt, Palestyna, Assyria, Persja, czy obszar rozwoju kultury indyjskiej w dolinie rzeki Indus. W tych rejonach nie pojawiał się problem związany z ogrzewaniem pomieszczeń [66].

Systemy wentylacji i klimatyzacji trudno na dzień dzisiejszy rozgraniczać i należy je traktować razem. Obecnie określa się instalację klimatyzacyjną, jako system wentylacji wyposażony w pełny asortyment aparatów do wszechstronnego przygotowania powietrza.

Klasycznie też korzysta się z definicji stworzonych przez American Society of Heating Ventilating Engineers w ramach, której wentylacja jest procesem zorganizowanej wymiany powietrza w pomieszczeniu w celu jego odświeżenia, przy jednoczesnym usunięciu na zewnątrz zanieczyszczeń powstających w pomieszczeniu (Rys. III.8.1). Natomiast klimatyzacja jest procesem nadawania powietrzu w pomieszczeniu określonych parametrów i warunków pożądaných ze względów higienicznych oraz z uwagi na dobre samopoczucie ludzi (klimatyzacja komfortu) lub wymaganych przez technologię produkcji (klimatyzacja przemysłowa) [67, 68].



Rys. III.8.1. Nowoczesne maszynownie wentylacyjne (fot. Michał Wojciechowski)

Zwykle urządzenia wentylacyjne umożliwiają wymuszenie przepływu powietrza, jego filtrację i utrzymanie pożądaną temperaturę w okresie zimowym, natomiast latem nie zachowują temperatury (czasem można kontrolować przyrost temperatury). Natomiast urządzenia klimatyzacyjne umożliwiają utrzymanie temperatury i wilgotności przez cały rok.

## **8.2. Kierunki rozwoju branży klimatyzacyjnej**

Rozwój techniki oraz relacje kosztów energii i urządzeń wpływały, a także wpływają, na rozwój klimatyzacji. W ostatnim dwudziestolecu położono silny nacisk na techniki energooszczędne, zarówno od strony teoretycznej, jak też praktycznej. Zastosowanie technik

energooptymalnych jest nieodzownym elementem rozwoju klimatyzacji tym bardziej, że dotychczas udział energii cieplnej zużywanej na ogrzewanie i klimatyzację pomieszczeń wynosi w Polsce ok. 40% całkowitego bezpośredniego zużycia energii we wszystkich nośnikach. Oczywiście przy wszystkich istniejących naciskach ekonomicznych i potrzebie oszczędzania energii, nie można zagubić zasadniczej perspektywy: budynki wznoszone są dla ludzi i do realizacji określonych zadań technologicznych, a instalacje klimatyzacyjne mają za zadanie stworzenie w pomieszczeniach wymaganych warunków klimatycznych.

W zasadzie zużycie energii przez instalacje klimatyzacyjne nie jest stratą energii, tak jak np. za stratę uważa się zużycie energii dla potrzeb oświetlenia. Stratą energii będzie natomiast nadmierne jej zużycie wywołane brakiem przystosowania budynku do lokalnych warunków klimatycznych lub do wymagań technologii produkcji. Stąd też bardzo cenna jest koncepcja metody projektowania typu „*total design*” polegająca na wielodyscyplinarnej współpracy, która opiera się na skoordynowanym udziale wszystkich specjalistów zaangażowanych w projektowaniu obiektu.

Wśród systemów wentylacyjnych i klimatyzacyjnych preferowane są systemy elastyczne w działaniu i zapewniające indywidualne w poszczególnych pomieszczeniach warunki nawiewu. Przede wszystkim mowa o systemach: jednokanałowych indukcyjnych, dwukanałowych i jednokanałowych z indywidualnymi nagrzewnicami wtórnymi, o zmiennej ilości powietrza (VAV) oraz zintegrowanych klimatyzacyjno-oświetleniowo. Sprawność tych systemów należy rozpatrywać w powiązaniu z całym systemem klimatyzacyjnym. Ekonomiczność systemów odzyskiwania energii cieplnej musi być oceniana w skali całego roku, a więc nie tylko w warunkach obliczeniowych. Określa się wtedy rzeczywiste ilości odzyskanej energii cieplnej w oparciu o rok testowy. Klasyczne urządzenia do odzyskiwania energii cieplnej w klimatyzacji wykorzystują gradient temperatury między dwoma strumieniami płynów. Dzieli się je na urządzenia rekuperacyjne i regeneracyjne [67, 69].

### **8.3. Komfort klimatyczny a projektowanie architektoniczne**

Istotą projektowania budynków jest poszukiwanie odpowiedniej formy i kształtu całej bryły oraz poszczególnych pomieszczeń, a także realizacja założonej funkcji celu. Dla budynków przeznaczonych dla ludzi funkcją jest przede wszystkim uzyskanie komfortu klimatycznego i komfortu użytkowania. Często mówi się o dążeniu do uzyskania odpowiedniej jakości powietrza w pomieszczeniach. Jakość powietrza wewnętrznego uzależniona jest nie tylko od warunków klimatu zewnętrznego i pogody, ale również od

obecności i efektywności działania urządzeń technicznego wyposażenia, liczby użytkowników przypadających na jednostkę powierzchni i ich nawyków higienicznych.

Utrzymanie sztucznych warunków klimatycznych w pomieszczeniach jest ważnym, ale jednocześnie trudnym zadaniem. Spowodowane jest to wielorakimi i znacznie różniącymi się rozwiązaniami konstrukcyjnymi i przestrzennymi budynków, zmiennym oddziaływaniem atmosfery zewnętrznej, podwyższonymi wymaganiami określającymi komfort pomieszczeń oraz dążeniem do ekonomicznego wykorzystania energii pierwotnej. W pomieszczeniach budynków o lekkich ścianach osłonowych i dużym przeszkleniu szczególną uwagę należy zwrócić na zagadnienia regulacji parametrów mikroklimatu. Dążąc do zapewnienia stanu właściwego samopoczucia ludzi w pomieszczeniach należy uwzględnić całokształt następujących problemów:

- ustalenie parametrów klimatu zewnętrznego oddziałującego na budynek,
- wymianę ciepła i powietrza w całym budynku,
- wymianę ciepła i aerodynamikę strumieni powietrza w ograniczonej przestrzeni pomieszczenia,
- optymalizację i pewność utrzymania założonych parametrów mikroklimatu w pomieszczeniu,
- wymianę ciepła, wilgoci i powietrza przez przegrody zewnętrzne oraz instalacje utrzymujące mikroklimat w budynku,
- wpływ czynników architektonicznych i planistycznych na jakość mikroklimatu pomieszczeń.

Ponadto należy pamiętać, że w pomieszczeniach o dużym przeszkleniu i małej pojemności cieplnej przegród zewnętrznych mogą występować znaczące strefy, w których nie będą spełnione warunki komfortu. W takich przypadkach należy stosować specjalne osłony lub specjalne szkło ograniczające cieplne oddziaływanie chłodnych lub ciepłych powierzchni przegród zewnętrznych. Zapewnienie w pomieszczeniach przeznaczonych do przebywania ludzi parametrów odpowiadających stanowi ogólnie pojętego komfortu klimatycznego, związane jest z prawidłowym zaprojektowaniem budynku, jego struktury wewnętrznej, przegród zewnętrznych oraz układu klimatyzacyjnego, pozwalającego na utrzymywanie zakładanych (w funkcji zmieniających się parametrów zewnętrznych) parametrów wewnętrznych, takich jak temperatura powietrza, wilgotność względna powietrza czy jego prędkość w strefie przebywania ludzi. Dodatkowo konieczne jest doprowadzenie do pomieszczenia odpowiedniej ilości powietrza świeżego, pozwalającego na neutralizowanie negatywnych oddziaływań na człowieka wydzielających się w pomieszczeniu

zanieczyszczeń: biologicznych, chemicznych i fizycznych. Możliwości nowoczesnych układów klimatyzacyjnych pozwalają na wytworzenie w pomieszczeniu praktycznie dowolnego mikroklimatu, istotnym wobec tego parametrem optymalizacyjnym w projektowaniu budynków przeznaczonych do przebywania ludzi winna być minimalizacja kosztów inwestycji.

#### **8.4. Systemy wentylacyjne i klimatyzacyjne oraz ich ocena**

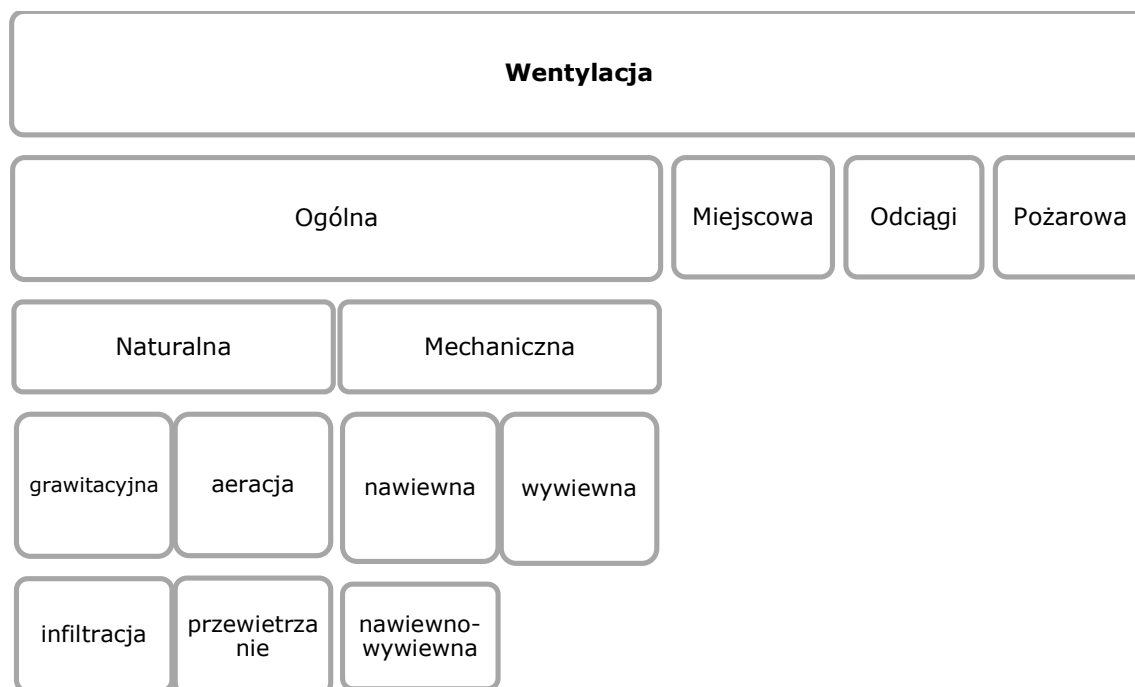
Utrzymanie komfortu cieplnego i zapewnienie odpowiedniej jakości powietrza w pomieszczeniach jest z natury rzeczy dość energochłonne. Stąd też wraz ze wzrostem cen energii poszukuje się systemów zapewniających bardziej energooszczędną eksploatację, bez pogarszania komfortu. Bezpośrednią funkcją wentylacji i klimatyzacji jest utrzymanie parametrów mikroklimatu w pomieszczeniach w wymaganym przedziale wartości, a w szczególności: temperatury, wilgotności względnej, prędkości i czystości powietrza (w tym również doprowadzenie odpowiedniej ilości powietrza świeżego). Jest to możliwe pod warunkiem odprowadzenia z pomieszczenia przez powietrze nawiewane nadmiaru ciepła jawnego, zysków wilgoci oraz zanieczyszczeń, co jest również pośrednią funkcją wentylacji i klimatyzacji. Wymienione wielkości stanowią obciążenie dla układów wentylacyjnych i klimatyzacyjnych oraz są podstawowymi kryteriami dla przeprowadzenia obliczeń i wyboru odpowiedniego systemu wentylacyjnego lub klimatyzacyjnego. Linię podziału między systemami wentylacyjnymi i klimatyzacyjnymi stanowi rodzaj i zakres parametrów mikroklimatu w pomieszczeniach, które możliwe są do utrzymania w ciągu całego roku. Funkcją systemów wentylacyjnych jest głównie utrzymanie odpowiedniej czystości powietrza poprzez jego wymianę oraz odpowiednią temperaturę powietrza w okresie zimowym, a także odpowiedniego pola prędkości w strefie przebywania ludzi. W odniesieniu do pozostałych parametrów tj. wilgotności względnej powietrza oraz temperatury w okresie letnim, to wentylacja zdolna jest jedynie do niedopuszczenia do nadmiernego przekroczenia tych parametrów.

Natomiast funkcją systemów pełnej klimatyzacji jest utrzymanie wszystkich podstawowych parametrów mikroklimatu tj. temperatury, wilgotności względnej, prędkości i czystości powietrza w ciągu całego okresu działania w wymaganym przedziale wartości (przedział komfortu). Niekiedy stosuje się systemy pośrednie, stanowiące rozszerzenie systemów wentylacyjnych o dodatkowe funkcje. Nie bez znaczenia jest również dopuszczalny poziom hałasu oraz względy architektoniczno-konstrukcyjne np. przestrzeń dla maszynowni,

prowadzenie kanałów, rodzaj nawiewników i wywiewników itp. Przy wyborze systemu wentylacyjnego lub klimatyzacyjnego spośród kilku porównywalnych systemów w sensie realizacji wymienionych funkcji, decydującą rolę odgrywają kryteria ekonomiczne tj. łączne koszty inwestycyjne i eksploatacyjne.

### 8.5. Klasyfikacja systemów wentylacyjnych i klimatyzacyjnych

Istnieje szereg kryteriów podziału systemów wentylacyjnych. Podstawowym z nich jest udział przestrzeni wentylowanej pomieszczenia w stosunku do całej kubatury. Rozróżnia się tutaj wentylację ogólną i miejscową. W przypadku wentylacji ogólnej wentylowana jest cała przestrzeń pomieszczenia (budynku) tj. z całej przestrzeni usuwane jest powietrze zużyte i dostarczane na jego miejsce powietrze świeże. Natomiast w przypadku wentylacji miejscowej wentylowana jest tylko niewielka przestrzeń strefy roboczej pomieszczenia (Rys. III.8.2.).



Rys. III.8.2. Podział systemów wentylacyjnych

W zależności od siły napędowej procesu wentylacji, wentylację ogólną dzieli się na wentylację naturalną i mechaniczną. Wentylacja naturalna opiera się na wymianie powietrza spowodowanej wyporem termicznym lub/i naporem wiatru. Wentylacja mechaniczna opiera się na wymianie powietrza spowodowanej pracą wentylatora lub w nielicznych przypadkach z

wykorzystaniem strumienicy. Wentylacja mechaniczna może być: nawiewna, wywiewna lub nawiewno-wywiewna, zależnie od tego, czy powietrze jest mechanicznie nawiewane do pomieszczenia, mechanicznie wywiewane z pomieszczenia lub zachodzą obydwa przypadki jednocześnie. Zależnie od proporcji ilości powietrza nawiewanego do wywiewanego, wentylację mechaniczną można podzielić na nadciśnieniową, podciśnieniową lub zrównoważoną.

W przypadku budownictwa biurowego, jeżeli standardowo inwestor nie planuje montażu systemu klimatyzacji (kontrolując zarówno temperaturę, jak i wilgotność) możemy mówić tylko o wentylacji ogólnej mechanicznej nawiewno-wywiewnej. W przypadku dużego budynku, właściwie zaizolowanego i szczelnego, odpornego na warunki zewnętrzne, jest to jedyne możliwe rozwiązanie. Pozwala ono na stworzenie systemu wewnętrznego niezależnego od warunków powietrza zewnętrznego, tym samym separując go od niego.

Istnieje wiele odmian układów klimatyzacyjnych różniących się głównie sposobem przygotowania powietrza, sposobem transportu energii oraz sposobem regulacji. Podstawowy podział przedstawiony jest na schemacie (Rys. III.8.3).

<b>Instalacje klimatyzacyjne</b>		
<b>Powietrzne</b>	<b>Powietrzno - wodne</b>	<b>Układy miejscowe</b>
jednokanałowe	Nagrzewnice / chłodnice	Jednostki okienne
jednokanałowe ze zmiennym strumieniem VAV	Aparaty indukcyjne	Jednostki typu split
dwukanałowe	Konwektory wentylatorowe	Szafy klimatyzacyjne

Rys. III.8.3. Podział systemów klimatyzacyjnych

Jak wynika z przytoczonej systematyki, istnieje wiele rozwiązań służących do zapewnienia wymaganych parametrów w poszczególnych pomieszczeniach całego budynku lub kompleksu budynków. Wybór systemu zależy od bardzo wielu elementów. Jednym



z podstawowych jest oczywiście rodzaj obiektu i sposób jego podziału na poszczególne pomieszczenia oraz sposób użytkowania tych pomieszczeń. Zastosowany system powinien być z natury rzeczy energooszczędny, czyli powinien zapewnić:

- elastyczne dopasowanie się do wymagań poszczególnych pomieszczeń, co ma zasadniczy wpływ na wysoką sprawność użytkową systemu,
- optymalny rozdział powietrza w poszczególnych pomieszczeniach,
- zoptymalizowaną ilość powietrza świeżego,
- odzysk ciepła z powietrza wywiewanego,
- optymalne schładzanie powietrza; osuszanie powinno być stosowane w niezbędnie koniecznych przypadkach,
- zastosowanie wolnego chłodzenia - bezpośredniego lub pośredniego,
- optymalne koszty inwestycyjne i eksploatacyjne.

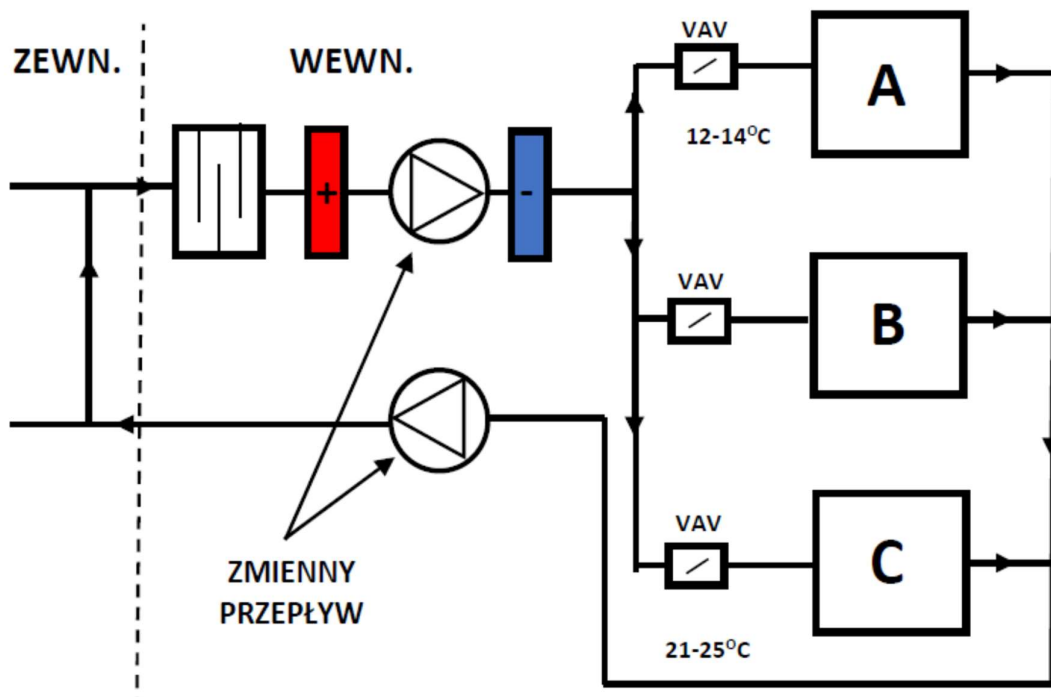
Powyższe elementy powinny decydować o wyborze systemu dla konkretnego przypadku, który jest rozpatrywany na etapie założeń projektowych. Spośród wskazanych systemów klimatyzacyjnych najczęściej stosowane są systemy jednokanałowe. Ich przewaga wynika z prostej budowy i relatywnie niskich kosztów wykonania.

#### **8.6. System CAV a VAV**

Stosowanie systemów wentylacji ze zmiennym strumieniem powietrza wentylacyjnego VAV (ang. *variable air volume*) wynika z konieczności i potrzeby ograniczenia zużycia energii przy zachowaniu optymalnych oraz komfortowych parametrów powietrza wewnętrznego, określanych indywidualnie dla konkretnego pomieszczenia.

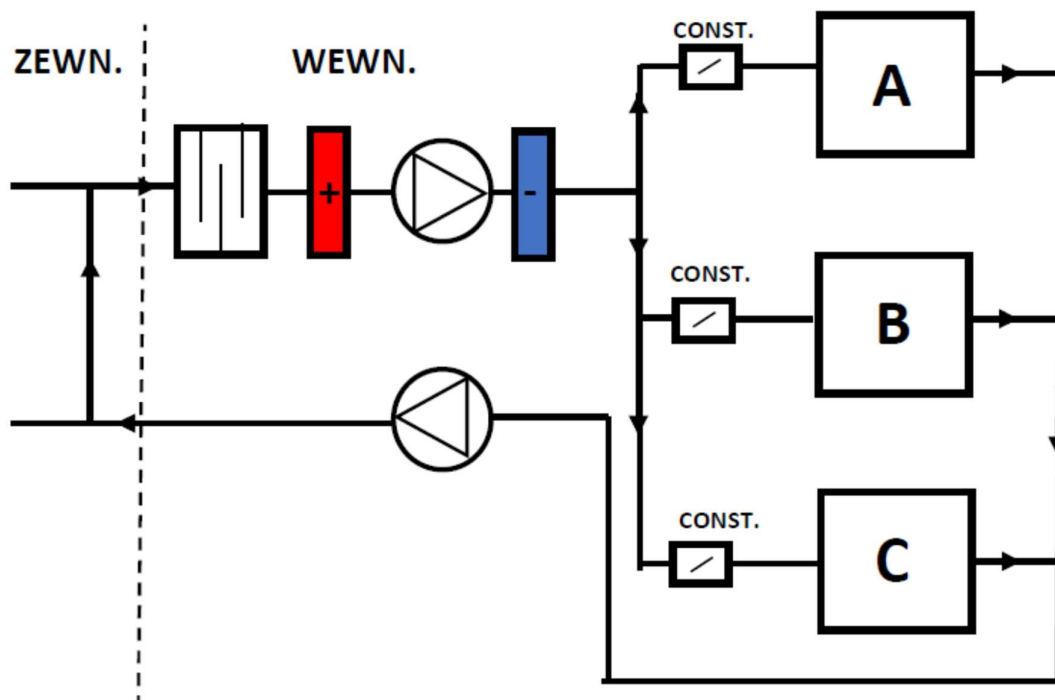
W porównaniu z systemem o stałym strumieniu powietrza CAV (ang. *constant air volume*), zamiast regulacji jakościowej (zmiana temperatury nawiewu), stosowany jest proces regulacji ilościowej.

Aby zrealizować system VAV konieczne jest zastosowanie przeznaczonych w tym celu urządzeń, takich jak regulatory przepływu i odpowiednie wentylatory, a także właściwe zaprojektowanie instalacji wentylacyjnej oraz dobranie nawiewników i wyciągów. Tym samym w każdej z trzech przykładowych stref A, B i C możliwe są różne parametry klimatu wewnętrznego (Rys. III.8.4).



Rys. III.8.4. System VAV z systemem regulatorów zmiennego przepływu i wentylatorów

W systemach wentylacji i klimatyzacji o stałym strumieniu powietrza wentylacyjnego, wielkość tego strumienia określona jest w oparciu o maksymalne zyski ciepła wydzielane w danym pomieszczeniu i dostające się do niego z zewnątrz (Rys. III.8.5).



Rys. III.8.5. System CAV z elementami przepustnicie stałego przepływu

Podczas pracy systemów VAV do pomieszczenia dopływa zmienny, zależny od aktualnych potrzeb, strumień objętości powietrza o stałej temperaturze w ciągu okresu chłodniczego (np.  $12 \div 16^{\circ}\text{C}$ ) i stałej temperaturze w ciągu okresu grzewczego (np.  $21 \div 25^{\circ}\text{C}$ ). Głównym uzasadnieniem do stosowania systemów VAV jest zmienność w czasie obciążenia pomieszczenia (zyski ciepła lub stężenie dwutlenku węgla) oraz zróżnicowanie tych wielkości pomiędzy pomieszczeniami. Zmiana wielkości strumienia powietrza uzyskana jest poprzez zmianę kąta przestawienia przepustnicy, w oparciu o sygnał otrzymany z pomieszczenia (np. wartość temperatury powietrza). Latem (w okresie chłodniczym, gdy niezbędny jest zazwyczaj większy strumień powietrza (większe zyski ciepła), regulator VAV ustawia większy stopień otwarcia przepustnicy. System VAV, ze względu na swoją specyfikę (zmienna ilość powietrza), umożliwia znaczne oszczędności w poborze mocy przez wentylator oraz w wydajności chłodniczej i grzewczej (szczególnie podczas pracy systemu przy niepełnym obciążeniu). Dodatkowym walorem jest możliwość indywidualnej regulacji temperatury w wielu strefach o różnych wymaganiach, przy zastosowaniu jednej centrali klimatyzacyjnej. Realizowane jest to przez montaż, w każdej z kontrolowanych stref, regulatorów VAV (zwanymi także często terminalami) oraz regulatora temperatury [70].

### **8.7. Systemy sufitów chłodzących**

Wyposażenie współczesnych powierzchni biurowych w znaczną ilość urządzeń ułatwiających i przyspieszających pracę takich urządzeń jak komputery, drukarki, dodatkowe oświetlenie, itp. powoduje znaczny wzrost obciążeń cieplnych w pomieszczeniach. Efektem tego jest znaczny wzrost obciążeń chłodniczych pomieszczeń, przekraczający często  $100 \text{ W/m}^2$ . Stosowanie tradycyjnych systemów klimatyzacyjnych przyczynia się w tych przypadkach do nadmiernego wzrostu wymiarów instalacji i spadku komfortu cieplnego w pomieszczeniach w wyniku zbyt wysokich prędkości i gradientów temperatur. Koniecznością stało się poszukiwanie nowych koncepcji dla rozwiązań klimatyzacji. Jedną z możliwości jest oddzielenie funkcji chłodzenia realizowanego poprzez powierzchnie chłodzące w pomieszczeniu od wentylacji realizowanej poprzez oddzielny system, co ze względów higienicznych redukuje ilość powietrza nawiewanego do niezbędnego minimum. Jednakże chłodzenie sufitami chłodzącymi okazało się tutaj o wiele lepszym rozwiązaniem prowadzącym do usuwania nadmiernych zysków ciepła oraz do osiągnięcia wymaganego komfortu cieplnego w pomieszczeniach biurowych (Rys. III.8.6).



Rys. III.8.6. Nowoczesny system belek chłodzących (fot. Michał Wojciechowski)

Systemy sufitów chłodzących mogą mieć wiele rozwiązań, jednak podstawową różnicą pomiędzy tymi systemami a chłodzeniem powietrznym jest sposób przepływu ciepła. W systemach sufitów chłodzących ciepło przepływa na drodze promieniowania i konwekcji, podczas gdy chłodzenie zimnym powietrzem następuje tylko na drodze konwekcji. Ma to znaczący wpływ na komfort cieplny, przepływ i rozdział powietrza w pomieszczeniu. Instalacja sufitu chłodzącego musi współpracować z instalacją powietrzną, której zadaniem jest dostarczanie niezbędnej, ze względów higienicznych, ilości powietrza świeżego i osuszanie powietrza przy niesprzyjających warunkach zewnętrznych. Osuszanie powietrza ma na celu zabezpieczenie powierzchni sufitu chłodzącego przed kondensacją wilgoci zawartej w powietrzu przy przekroczeniu punktu rosy. Główne obciążenie chłodnicze przypada na sufit chłodzący. Powoduje to zmniejszenie do minimum wymiarów instalacji powietrznej oraz zmniejszenie zużycia energii napędowej przez wentylatory nawiewu i wywiewu powietrza.

### **8.8. Klimatyzatory**

Zadaniem klimatyzacji, poza zapewnieniem zorganizowanej wymiany powietrza oraz jego czystości, jest również utrzymanie w określonej strefie wymaganej temperatury i wilgotności

powietrza. Zadanie to mogą realizować zarówno układy centralne z centralami klimatyzacyjnymi, jak również układy miejscowe oparte o klimatyzatory. Centrale klimatyzacyjne, montowane w jedną całość z podzespołów i elementów na miejscu przeznaczenia, wymagają najczęściej osobnego pomieszczenia i sieci przewodów rozprowadzających powietrze do pomieszczeń. Klimatyzatory są urządzeniami całkowicie wykonywanymi w fabryce i zawierają we wspólnej obudowie wszystkie elementy do uzdatniania powietrza z automatyką i wentylatorem włącznie (tzw. urządzenia autonomiczne). Klimatyzatory dodatkowo charakteryzują się na ogół mniejszym niż centrale strumieniem objętości powietrza, mniejszą mocą chłodniczą, bardzo zwartą budową, a co za tym idzie małymi gabarytami. Ogromną ich zaletą jest brak konieczności budowy instalacji powietrznej, czy wyodrębniania pomieszczenia na centralę klimatyzacyjną. Nadają się idealnie do klimatyzacji pomieszczeń w budynkach istniejących, w których wnętrzu najczęściej nie ma możliwości lokalizacji dodatkowych instalacji powietrznych. Dają dobre efekty przy obsłudze pomieszczeń o zróżnicowanych obciążeniach cieplnych, czy różnych wymaganych parametrach powietrza [67].

## 8.9. Klimakonwektory

Klimakonwektory [71] w odróżnieniu od klimatyzatorów używane są do chłodzenia, jak również grzania pomieszczeń biurowych z wykorzystaniem czynnika chłodzącego lub grzejnego z systemu centralnego. Standardowo do pomieszczeń doprowadzone jest powietrze uzdatnione centralnie, które, przepływając przez klimakonwektor, na zasadzie indukcji powoduje zasysanie powietrza z pomieszczenia, mieszanie obydwu strumieni i ich ogrzanie lub ochłodzenie w wymienniku ciepła. W zależności od typu systemu do klimakonwektora doprowadza się ciepło lub chłód (system dwururowy) lub ciepło i chłód (system czterururowy) (Rys.III.8.7). Tym samym system czterururowy pozwala na zmiany parametrów powietrza niezależnie od pory roku. Typowym rozwiązaniem jest stosowanie jednostek wyposażonych w wentylatory tzw. wentylokonwektory (ang. *fan-coil*), korzystają z zewnętrznych źródeł ciepła i zimna, zazwyczaj z obiegów wody grzejnej i wody lodowej. Tym samym możliwe jest ogrzewanie lub chłodzenie pomieszczenia przy pomocy powietrza nawiewanego wentylatorem poprzez wymiennik ciepła woda-powietrze.



Rys. III.8.7. Wentylokonwektor w systemie dwururowym (fot. Michał Wojciechowski)

### **8.10. Odzysk ciepła w wentylacji i klimatyzacji**

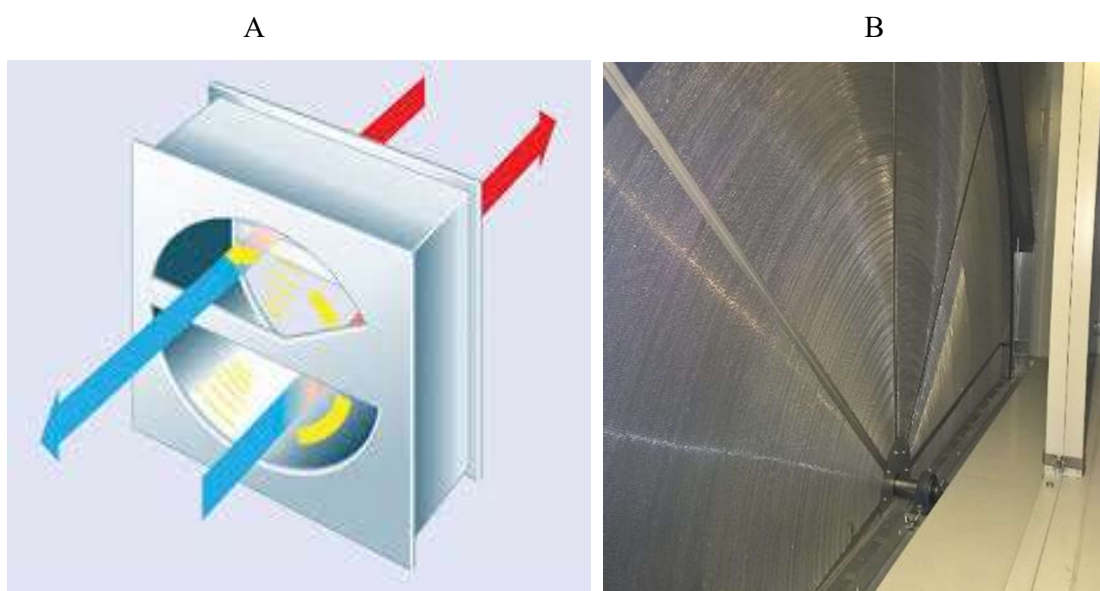
Jednym z głównych odbiorców energii w budynkach jest instalacja wentylacji i klimatyzacji, a jednym z podstawowych sposobów zmniejszania zużycia energii jest stosowanie odzysku ciepła z powietrza wywiewanego [72]. Zagadnienie odzysku ciepła staje się szczególnie istotne wtedy, gdy ze względów higienicznych niemożliwa jest recyrkulacja powietrza. Repertuar technicznych możliwości rozszerzył się tutaj szczególnie w ostatnich latach, gdy na polskim rynku pojawiło się zdecydowanie więcej urządzeń w tym zakresie. Różnią się one zarówno ideą działania, jak i sprawnością oraz zakresem zastosowań. Wybór metody i urządzenia do odzysku ciepła powinien być poprzedzony analizą ekonomiczną efektywności zastosowania tych urządzeń z uwzględnieniem zarówno efektów tj. oszczędności energii jak i nakładów inwestycyjnych i eksploatacyjnych. Taka analiza pozwala na podjęcie optymalnych decyzji inwestycyjnych. Nie bez znaczenia jest tutaj także wybór metody sterowania układem wentylacyjnym, czy klimatyzacyjnym z urządzeniem do odzysku ciepła [67, 73].

Pod względem technicznym odzysk ciepła można przeprowadzić na dwa zasadnicze sposoby: wykorzystując systemy pracujące bez medium pośredniczącego w wymianie ciepła, tzn. przekazujących ciepło w sposób bezpośredni np. powietrze–powietrze, oraz systemy z medium pośredniczącym, tzn. przekazującym ciepło w sposób pośredni, np. powietrze usuwane–nośnik ciepła–powietrze świeże. Wykorzystywane w systemach wentylacyjnych i klimatyzacyjnych urządzenia do odzysku ciepła mogą realizować,

w zależności od zastosowanych wymienników ciepła oraz parametrów powietrza nawiewanego i wywiewanego, proces odzysku ciepła tylko jawnego bądź jawnego i utajonego. Do najczęściej wykorzystywanych układów bez medium pośredniczącego można zaliczyć:

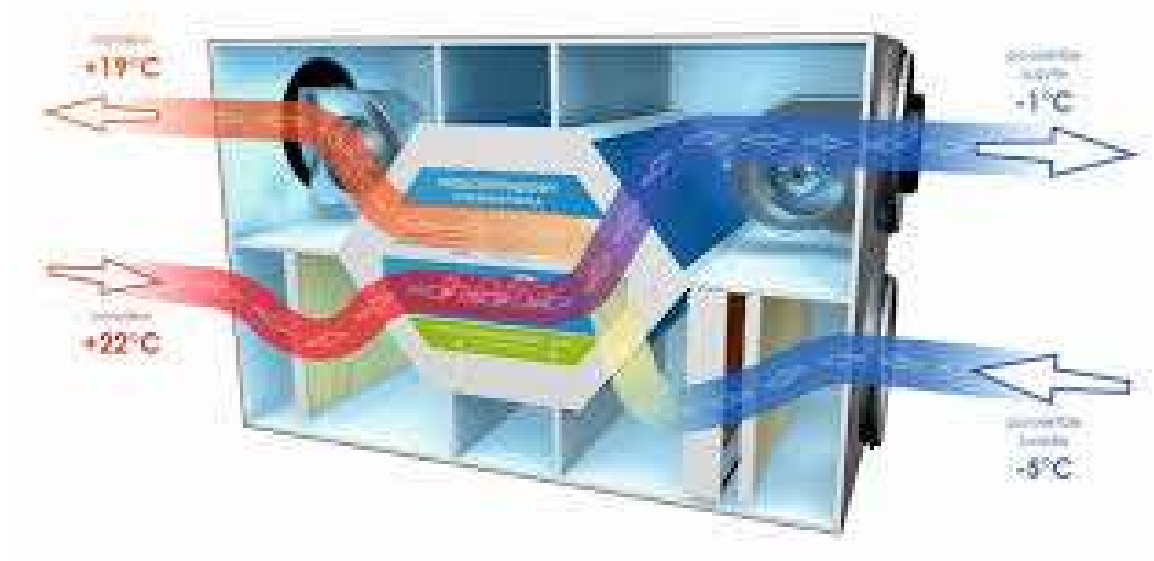
- recyrkulację,
- regeneracyjny wymiennik obrotowy,
- rekuperacyjny wymiennik przeponowy [74].

Recyrkulacja powietrza usuwanego jest najczęściej realizowana w komorach mieszania (jednym z bloków uzdatniania powietrza w centralach klimatyzacyjnych). Polega na zawróceniu części powietrza usuwanego z pomieszczenia do komory mieszania i zmieszaniu jej ze świeżym powietrzem zewnętrznym. Zastosowanie komory mieszania pozwala zarówno na odzysk ciepła w zimie, jak również odzysk chłodu w lecie. W obrotowych wymiennikach ciepło z powietrza wywiewanego jest odzyskiwane przy użyciu obrotowego wirnika wykonanego najczęściej z blachy stalowej lub aluminium. Wirnik może być pokryty materiałem higroskopijnym i oprócz wymiany ciepła możliwy jest dla takiego rozwiązania również odzysk wilgoci. W przypadku zastosowania wirników aluminiowych bez warstwy higroskopijnej wymiana wilgoci zachodzi na skutek zjawiska kondensacji pary wodnej zawartej w powietrzu usuwanym. Zasadę działania regeneratora obrotowego oraz jego podstawowe elementy konstrukcyjne przedstawiono na poniższym rysunku (Rys. III.8.8).



Rys. III.8.8. Obrotowy wymiennik ciepła: A/ schemat działania obrotowego wymiennika ciepła [74], B/ wymiennik obrotowy w centrali wentylacyjnej (fot. Michał Wojciechowski)

Wymiana ciepła w krzyżowo-płytowym wymienniku ciepła odbywa się przy udziale przepony, która oddziela dwa strumienie powietrza zimnego i ciepłego (Rys. III.8.9). Obydwa strumienie powietrza ukierunkowane są względem siebie prostopadle, stąd też nazwa wymiennika krzyżowy. Ilość przekazywanego ciepła jest zależna od sprawności odzysku ciepła wymiennika oraz parametrów obu strumieni powietrza uczestniczących w wymianie ciepła. Zaletami krzyżowo-płytowych wymienników ciepła są: bardzo prosta konstrukcja, możliwość odzysku zarówno ciepła, jak i zimna, niska cena, brak elementów ruchomych (pomijając przepustnice by-pass-u wymiennika), brak potrzeby doprowadzenia dodatkowej energii oraz duża niezawodność [67]. Zasadę działania wymiennika rekuperacyjnego krzyżowo-płyтового oraz jego podstawowe elementy konstrukcyjne przedstawiono na poniższym rysunku (Rys. III.8.9).



Rys. III.8.9. Zasada działania wymiennika krzyżowego-płyтового [75]

Wybór układu klimatyzacyjnego dla określonego obiektu należy do kategorii problemów, do których rozwiązywania można stosować metody optymalizacji wielokryterialnej. Związane jest to ze złożonością zagadnienia, którego opis jakościowy i ilościowy możliwy jest jedynie przy uwzględnieniu szeregu kryteriów opisujących:

- poziom utrzymania zakładanych parametrów mikroklimatu pomieszczeń,
- utrudnienia lokalizacyjne, związane z kolizjami z elementami konstrukcyjnymi budynku oraz elementami wyposażenia technicznego obiektu,
- poziom zużycia energii pierwotnej,



- poziom bezpieczeństwa pracy układu,
- koszty całkowite eksploatacji układu.

Rosnące koszty nośników energii powodują konieczność upowszechnienia zastosowań układów odzysku ciepła z powietrza wywiewanego. Okazuje się, iż maksymalne efekty oszczędności energii, niekoniecznie odpowiadają maksymalnym skutecznościom urządzenia do odzysku energii, a zależy to od zmiennej w czasie relacji między parametrami powietrza zewnętrznego i powietrza wywiewanego [67].

### **8.11. Konieczność realizacji i zasadność zbiorników retencyjnych**

Poprzez zbiorniki retencyjne rozumiemy wewnętrzne konstrukcje magazynujące wodę opadową celem jej równomiernego odprowadzenia do sieci miejskiej. Parametry i średnice miejskich sieci deszczowych, często kilkudziesięcioletnich uniemożliwiają przyjęcie wody opadowej z obiektów zlokalizowanych w warunkach bardzo gęstej zabudowy. Przedsiębiorstwa wodociągowe zwykle określają maksymalny przepływ wody, jaki może być odprowadzony do miejskiej sieci wodociągowej w danej jednostce czasu. W praktyce w zabudowie miejskiej, gdzie sieci nie były modernizowane w ostatnich latach, istnieje konieczność wykonania dodatkowych zbiorników pełniących funkcje retencji wody. Z punktu widzenia realizacji inwestycji zbiornik retencyjny jest z jednej strony dodatkowym kosztem, który inwestor musi ponieść z racji inwestycji, a z drugiej strony dodatkowo powoduje utratę powierzchni hali garażowej i części podziemnej [76]. Natomiast trudno wyobrazić sobie rozwiązanie alternatywne, zabezpieczające sieci miejskie przed nadmiarem wody, a jednocześnie chroniące budynek przed zalaniem w sytuacji wyjątkowo obfitych opadów deszczu. Wymiarowanie zbiorników retencyjnych przeprowadza się w oparciu lokalne dane meteorologiczne, wyznaczając możliwy największy opad jednostkowy wraz z przepływem wody do sieci deszczowej w jednostce czasu.

## **9. Rozwiązania w zakresie instalacji elektrycznych**

Instalacje elektryczne to zestaw połączonych ze sobą i zharmonizowanych w działaniu urządzeń i aparatów, umożliwiających funkcjonowanie maszyn, urządzeń, systemów i układów zasilanych elektrycznie [77]. Instalacje elektryczne dzieli się, ze względu na rodzaj zasilanych odbiorników, na oświetleniowe i siłowe. Muszą zapewnić ciągłą dostawę energii elektrycznej o odpowiednich parametrach technicznych, stosownie do potrzeb użytkowych i bezpieczeństwa użytkownika, a przede wszystkim muszą dawać ochronę przed porażeniem

prądem elektrycznym, przepięciami łączeniowymi i atmosferycznymi, powstaniem pożaru, wybuchem i innymi szkodami, ochronę środowiska przed skażeniem i emitowaniem niedopuszczalnego poziomu drgań, hałasu oraz oddziaływaniem pola elektromagnetycznego. Co równie istotne muszą spełniać wymagania przepisów dotyczących projektowania i budowy instalacji i urządzeń elektrycznych oraz Polskich Norm.

### 9.1. Zasilanie awaryjne

Współczesne budownictwo komercyjne musi w swoim działaniu być niezależne od możliwych przerw w dostawie energii wynikających z awarii lub zaplanowanych przerw. W budynkach biurowych zabezpieczenie zasilania realizuje się zwykle w sposób dwojaki: poprzez instalowanie drugiego niezależnego przyłącza energetycznego lub instalację agregatów prądotwórczych. Zgodnie z obowiązującymi przepisami [20] budynek, w którym zanik napięcia w elektrycznej sieci zasilającej może spowodować zagrożenie życia ludzi, poważne zagrożenie środowiska a także znaczne straty materialne, należy zasilac, co najmniej z dwóch niezależnych, samoczynnie załączających się źródeł energii elektrycznej oraz wyposażać w samoczynnie załączające się oświetlenie awaryjne (bezpieczeństwa i ewakuacyjne).

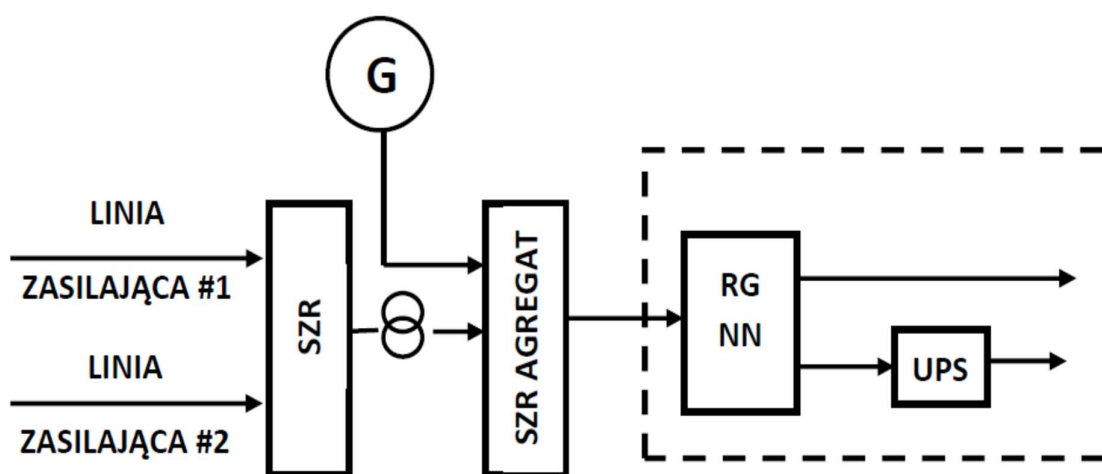
W budynku wysokościowym jednym ze źródeł zasilania powinien być agregat prądotwórczy (Rys. III.9.1) [20, 78].



Rys. III.9.1. Agregat zasilania awaryjnego (fot. Michał Wojciechowski)

Niejednokrotnie zastosowanie zasilania z dwóch niezależnych linii elektroenergetycznych jest niewystarczające i należy instalować dodatkowe źródło energii w postaci zespołu prądotwórczego. W niektórych przypadkach stanowi on jedyne źródło zasilania odbiorników elektrycznych. Na rynku dostępne są zespoły o mocach od kilku kVA do 6 MVA przeznaczone do różnych sposobów eksploatacji oraz do zabudowy w pomieszczeniu lub zabudowane w wolno stojącym kontenerze. Obiekty wymagające zwiększonej niezawodności zasilania to także banki, centra przetwarzania danych oraz kompleksy biurowe w pełni sterowane przez układy inteligentnego budynku.

Zespół prądotwórczy składa się z następujących podstawowych elementów: generatora (służącego do zamiany energii mechanicznej na energię elektryczną), silnika spalinowego, który zamienia energię chemiczną paliwa na energię mechaniczną, regulatora prędkości obrotowej, regulatora napięcia generatora, układu wzbudzenia generatora, układu sterowania, układu rozruchu oraz aparatury łączeniowej [79]. Niezależne źródło zasilania to w większości przypadków druga linia energetyczna dla obiektu, która zasilana jest z innego źródła zasilania, którym może być np. inna stacja GPZ w ramach sieci miejskiej. Realizacja zasilania z drugiej linii uniezależnia obiekt od przerw w dostawach energii elektrycznej w trakcie awarii, a zastosowanie automatycznego przełącznika źródeł pozwala na sprawne przełączanie zasilania pomiędzy liniami (Rys. III.9.2). Wadą tego typu rozwiązań jest konieczność poniesienia zwiększonych kosztów na etapie inwestycji przy realizacji drugiego przyłącza, a w przyszłości konieczność ponoszenia kosztów jego utrzymania (opłata eksploatacyjna, dystrybucyjna, obydwie niezależne od ilości zużytej energii).



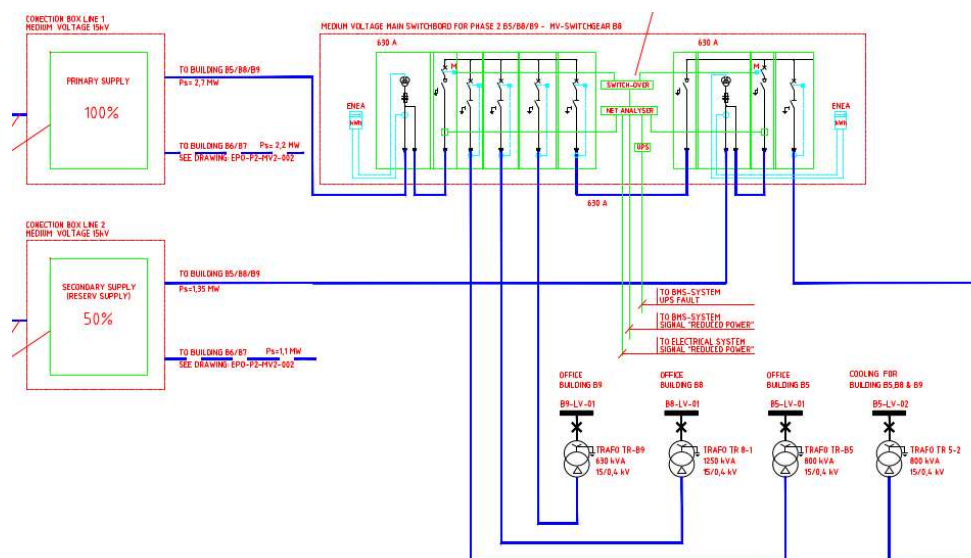
Rys. III.9.2. Schemat zasilanie obiektu z dwóch niezależnych źródeł wspomaganych agregatem



które w przypadku zaniku zasilania w jednej linii automatycznie załącza drugą. Rozdzielnie zwykle wyposażone są w pełen zestaw zabezpieczeń i dystrybucji energii oraz liczniki energii obwodów odbiorczych (Rys. III.9.4, III.9.5).



Rys. III.9.4. Nowoczesne systemy dystrybucji średniego napięcia: A/ rozdzielnia SN oraz B/ transformatory (fot. Michał Wojciechowski)



Rys. III.9.5. Schemat elektryczny budynku biurowego z dwoma liniami zasilającymi oraz osobnymi transformatorami dla każdego z budynków

Wewnętrzne linie zasilające (WLZ) powinny być prowadzone wewnątrz budynków, zwykle znajdują się w korytach kablowych razem z innymi instalacjami (część z nich wymaga separacji np. okablowanie strukturalne lub zasilanie awaryjne, które układane musi być w bezpiecznych korytach). Linie zasilające w budynkach biurowych umieszczane są w szachtach instalacyjnych, a na powierzchniach najmu prowadzone są często pod podłogą

podniesioną (z podłączeniem poprzez puszki podłogowe Rys. III.9.6) lub ponad sufitem podwieszanym. Obecnie poza liniami kablowymi wielożyłowymi (technicznie bardziej zaawansowanymi w stosunku do kilku osobnych żył) coraz częściej stosuje się rozwiązania bazujące na elementach modułowych, np. szynoprzewodach.



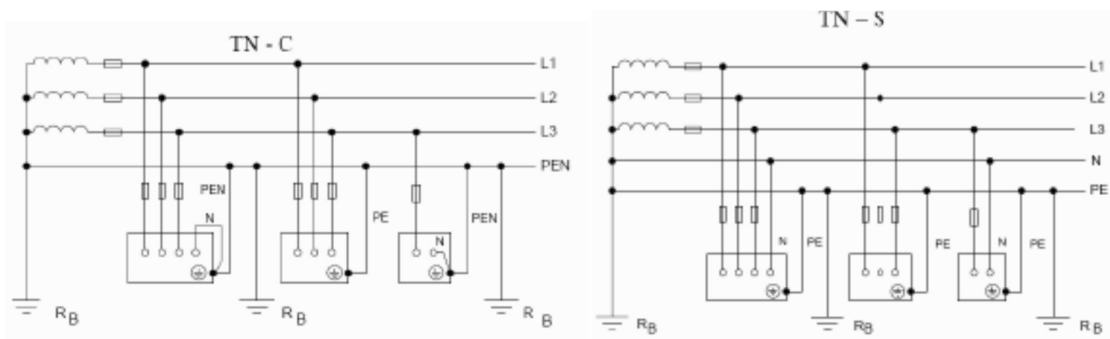
Rys. III.9.6. Puszka podłogowa (*floor-box*) (fot. Michał Wojciechowski)

Instalacje odbiorcze za rozdzielnią główną powinny być podzielone na określoną liczbę obwodów w celu zapewnienia niezawodnej pracy odbiorników, ograniczenia negatywnych skutków (np. przepięć) oraz niedogodności w przypadku uszkodzeń oraz ułatwienia bezpiecznego sprawdzania i konserwacji instalacji.

Instalacje elektryczne odbiorcze powinny mieć wyodrębnione obwody:

- oświetlenia,
- gniazd wtyczkowych ogólnego przeznaczenia,
- odbiorników o większej mocy.

We współczesnym budownictwie biurowym stosuje się zwykle dwa typy układów zasilających TN-C, TN-S (Rys. III.9.7.).



Rys. III.9.7. Schematy TN-C i TN-S

#### 9.4. System zarządzania budynkiem

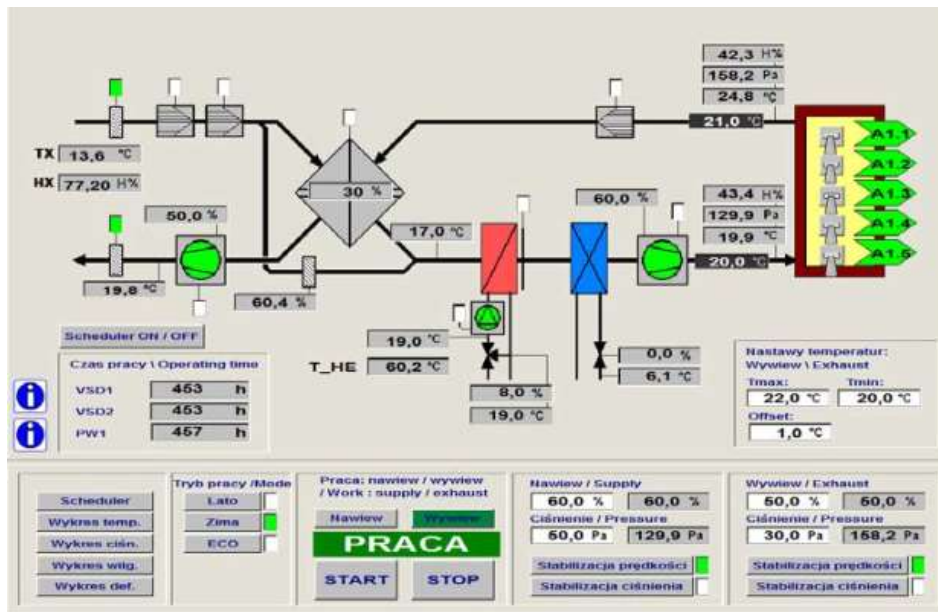
System zarządzania budynkiem (ang. *Building Management System* – BMS) [80] jest to system zarządzania systemami sterowania w budynku, zwłaszcza w budynku inteligentnym (Rys. III.9.8).

Zadaniem automatyki BMS jest integrowanie instalacji występujących na obiekcie. System spaja wszystkie systemy w jedną całość, która pozwala efektywnie i w sposób oszczędny zarządzać całym obiektem z jednego miejsca. Kontroluje także parametry pracy poszczególnych urządzeń, informuje o problemach i awariach. System udostępnia zazwyczaj interfejs graficzny, który w czytelny sposób pozwala na podgląd parametrów pracy oraz zmianę nastawionych wartości.

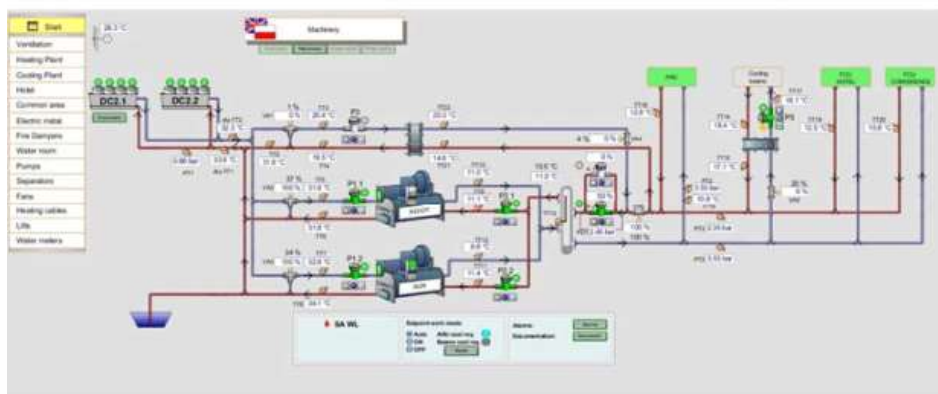
System BMS integruje systemy sterowania funkcjami technicznymi budynku, które można zgrupować często w dwa podsystemy:

- podsystem zasilania i sterowania energią elektryczną:
  - zabezpieczenia i rozdzielnie elektryczne,
  - instalacje pomiarowe,
  - sterowanie i monitorowanie zadań,
  - okablowanie instalacji zasilających,
  - instalacje oświetleniowe,
  - urządzenia i układy zasilania awaryjnego,
  - transport pionowy i poziomy.
- podsystem sterowania komfortem:
  - sterowanie klimatyzacją,
  - sterowanie wentylacją,
  - sterowanie ogrzewaniem,
  - sterowanie oświetleniem,
  - sterowanie nagłośnieniem,
  - sterowanie systemami parkingowymi,
  - obsługa urządzeń audio-video,
  - system pogody.





AHU example 5



Cooling system example 1

Rys. III.9.8. Przykładowa wizualizacja systemu BMS (fot. Michał Wojciechowski)

## 10. Komunikacja pionowa w budynkach

Komunikacja pionowa w każdym obiekcie, w tym także w budynkach biurowych, realizowana jest poprzez klatki schodowe oraz windy. Ilość i lokalizacja klatek schodowych wynika przede wszystkim z wielkości obiektu, jak również odpowiednich przepisów pożarowych dotyczących głównie ewakuacji, czyli odległości miejsc pracy od dróg ewakuacyjnych. Niemniej podstawowym środkiem komunikacji pionowej są windy osobowe lub osobowo-towarowe. Ze względu na szybkość i wygodę większość użytkowników współczesnych obiektów biurowych korzysta z wind. Klatki schodowe wykorzystywane są tylko do obsługi sąsiednich kondygnacji lub celowo przez osoby niechcące lub niemogące korzystać z wind (np. w przypadku klaustrofobii).



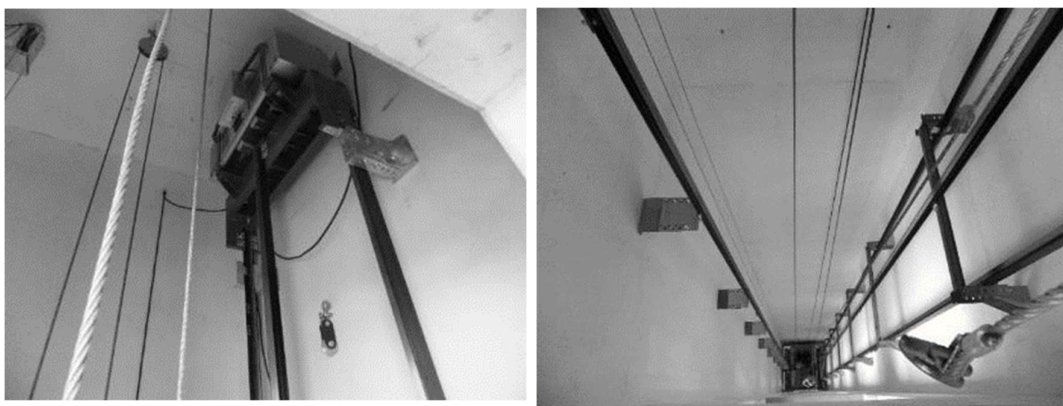
Winda jest urządzeniem podnoszącym i opuszczającym, zainstalowanym na stałe w szybie. Charakterystycznym jej elementem jest kabina, poruszająca się pomiędzy prowadnicami. Dźwigi są specyficzną grupą maszyn, podlegającą Dozorowi Technicznemu. Ze względu na cechy użytkowe i restrykcyjne ograniczenia techniczne w projektowaniu wynikające z troski o bezpieczeństwo, objęte są przepisami nie tylko dyrektywy maszynowej, ale również odrębnej dyrektywy dźwigowej, z licznymi normami zharmonizowanymi, implementowanymi do polskiego prawa. W zakresie eksploatacji podlegają prawu krajowemu [81].

Rynek dźwigów tak w Europie, jak i na świecie stanowi ogromną siłę ekonomiczną. Działają na nim tysiące firm. Wielkość tego rynku jest wprost proporcjonalna do rozwoju gospodarczego poszczególnych krajów, można więc wywieść zależność liczby eksploatowanych dźwigów z liczby ludności i dochodu per capita. Przykładowo: w Polsce eksploatuje się ok. 100 tys. dźwigów z czego 87,5 tys. osobowych i towarowo-osobowych, a w dwu i pół razy bardziej ludnych Niemczech eksploatowanych jest ich ok. 700 tys., w całej Europie - ok. 4,5 mln. Rynek dźwigów dla nowych budynków natomiast, został prawie w całości opanowany przez koncerny dźwigowe tzw. „wielką czwórkę” tj. Otis, Kone, Thyssen, Schindler [82]. Liczbę montowanych w Polsce dźwigów osobowych i osobowo-towarowych szacuje się na około 5,5 tys. jednostek (około  $\frac{3}{4}$  z tego to dźwigi elektryczne, pozostała część to hydrauliczne) [83].

Wyróżnia się dwa podstawowe kryteria podziału dźwigów: ze względu na rodzaj napędu i ze względu na lokalizację maszynowni.

Ze względu na rodzaj napędu dzielimy je przede wszystkim na:

- elektryczne, w których na linach (lub pasach) przewiniętych na kole ciernym są kabina oraz przeciwwaga, poruszane przez silnik elektryczny (Rys. III.10.1.).



Rys. III.10.1. Elektryczny dźwig z wbudowaną maszynownią (fot. Michał Wojciechowski)

- hydrauliczne, w których kabina podnoszona jest bezpośrednio lub pośrednio (układ linowy) przez jeden lub kilka siłowników napędzanych cieczą hydrauliczną.

Ciekawym oraz ważnym ze względu na walory użytkowe i koszty inwestycji jest podział dźwigów ze względu na lokalizację maszynowni. Szczególnie istotnym jest on w przypadku dźwigów elektrycznych, gdzie maszynownia, a tym samym jednostka napędowa najczęściej znajdują się bezpośrednio w nadszybiu dźwigu, co prowadzi do konieczności nadbudowy pomieszczenia maszynowni i powoduje stratę powierzchni konieczną dla realizacji pomieszczenia. Spowodowało to wprowadzenie przez coraz większą liczbę producentów, dźwigów bez maszynowni. W urządzeniach tych zespół silnika elektrycznego zmonolityzowano z prowadnicami bocznymi, co pozwala, przy niewielkim powiększeniu szybu windowego, na całkowitą likwidację pomieszczenia maszynowni.

Nieco łatwiejsza sytuacja ma miejsce w przypadku dźwigów hydraulicznych, gdzie pompa cieczy hydraulicznej jak również przyłącze elektryczne może być zlokalizowane w znacznej odległości od szybu windowego (nawet do 15m) tym samym problem lokalizacji maszynowni nie jest tak istotny i może być wykorzystana każda wolna przestrzeń w okolicach szybu windowego.

Jednym z głównych kryteriów doboru wind oraz ich liczby w obiekcie jest całkowity koszt inwestycji obejmujący, poza samym urządzeniem, wykonanie szybu i ewentualnie maszynowni oraz doprowadzenie instalacji elektrycznej, ewentualnie hydraulicznej, jak również jego montaż i niezbędne badania przez UDT. Do kosztów inwestycji zaliczyć też należy środki ponoszone podczas całego cyklu życia urządzenia, w tym w szczególności koszty eksploatacyjne, konserwacyjne, a także największy składnik, czyli zużycie energii elektrycznej przez dźwig przez cały okres eksploatacji.

Dobór techniczny dźwigów dokonuje się w oparciu o kilka najważniejszych parametrów:

- ilość osób korzystających z dźwigów w momencie „szczytu” komunikacji w budynku,
- wielkość kabiny, która determinuje ilość osób oraz udźwig pojedynczego dźwigu,
- oczekiwana wydajność dźwigu, która po części wynika z prędkości dźwigu i czasu jazdy okrężnej,
- ilość dźwigów w budynku, która jest pochodną oczekiwanej wydajności (czym mniej dźwigi wydajne tym większa ich ilość jest potrzebna).

O jakości obsługi pasażerów, poza wystrojem kabiny i samym komfortem przemieszczania się dźwigu, decyduje czas oczekiwania na przystanku podstawowym i czas

przejazdu między skrajnymi przystankami. W praktyce w budynkach biurowych dąży się obecnie do osiągnięcia czasów pomiędzy 10 a 15 sekund [81].

Szereg przepisów formalnych reguluje zasady doboru i parametrów, które muszą spełniać windy. W szczególności „Warunki techniczne jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie”, obligują inwestorów do montażu dźwigów we wszystkich budynkach średniowysokich i wysokich, w którym co najmniej jedna kondygnacja z pomieszczeniem przeznaczonym na pobyt więcej niż 50 osób znajduje się powyżej 12 metrów ponad poziomem terenu. Każdy nowy budynek musi być wyposażony w urządzenia pozwalające na swobodny dostęp do wszystkich kondygnacji osobom niepełnosprawnym. Dodatkowo budynki wysokie i wysokościowe muszą być wyposażone w dźwigi dla obsługi ekip pożarowych [84].

#### **IV. Główne tezy rozprawy**

Pierwszą tezą niniejszej pracy jest potwierdzenie, iż **nowoczesny budynek biurowy powinien być obiektem ekologicznym**, dlatego też duża część prowadzonych analiz oparta będzie o potwierdzenie kryteriów spójnych z certyfikacją ekologiczną. Ekologia to przede wszystkim oddziaływanie na środowisko zewnętrzne i zużycie energii, dlatego też analizy szczególnie w zakresie instalacji prezentują również parametry związane z zapotrzebowaniem na energię.

Zamierzeniem autora jest również, w oparciu o przeprowadzone analizy, udowodnienie tezy, iż **możliwym jest wskazanie optymalnych parametrów technicznych i biznesowych dla realizacji nowoczesnego biurowca**.

Praca ma także potwierdzić ostatnią tezę, iż **w ramach rynku polskiego występują różne rozwiązania techniczne i organizacyjne, stosowane przez deweloperów, pozwalające na realizację nowoczesnego i ekologicznego budynku biurowego, co zostanie potwierdzone opracowaną propozycją standardu polskiego budynku biurowego**.

## V. Modelowanie parametrów technicznych proekologicznego budynku biurowego

### 1. Cel i zakres badań

Część badawcza zmierza do stworzenia specyfikacji optymalnego proekologicznego budynku biurowego, tj. obiektu, którego parametry techniczne zostaną sprecyzowane na podstawie katalogu kategorii, uszeregowanych względem istotności na podstawie zaproponowanej przez autora funkcji użyteczności. Wagi tej funkcji zostaną określone na podstawie analizy techniczno-ekonomicznej, cechującej krajowe projekty deweloperskie, z wykorzystaniem metodyki LCC, a zatem obejmować będą zarówno aspekty projektowe jak i realizację obiektu, jego utrzymanie, trwałość i wzrost wartości. Zmienne decyzyjne funkcji zostaną określone z wykorzystaniem wiedzy eksperckiej.

Zhierarchizowane kategorie zostaną szczegółowo opisane i przeanalizowane w oparciu o zebrane przez autora dane, pod kątem możliwości ich wykorzystania w procesie planistyczno-projektowym. Kategorie o najwyższej wartości funkcji użyteczności w największym stopniu będą determinować formę współczesnego proekologicznego budynku biurowego.

### 2. Model hierarchizacji parametrów technicznych proekologicznego budynku biurowego

#### 2.1 Opis modelu

Wpływ kategorii na kształt, formę, wyposażenie i parametry współczesnego budynku proekologicznego wyznaczony zostanie na podstawie siedmiu kryteriów ze zbioru  $KRYT=\{\alpha, \beta, \gamma, \delta, \epsilon, \zeta, \eta\}$ , którym przypisuje się wagę procentową  $W_\alpha, \dots, W_\eta$ , odpowiednio dla ich ważności w kontekście analizy nowoczesnego budynku biurowego. Wagi dobrano tak, aby ich suma wynosiła 100%.

Analizowane kryteria dotyczą kwestii technicznych, biznesowych oraz eksploatacyjnych. W ramach kryteriów wyszczególniono:

**Kryterium  $\alpha$ :** Rozwiązania techniczne i projektowanie – kryterium zostało wybrane ze względu na wagę decyzji podjętych na tym etapie. Pomimo, iż kosztowo faza projektowa nie ma znaczącego udziału w kosztach projektu, powinna uwzględniać cały cykl życia obiektu budowlanego jako produktu, rozwiązania stworzone na tym etapie, będą w sposób znaczący wpływać na koszty życia obiektu budowlanego.

**Kryterium  $\beta$ :** Realizacja budynku - kryterium to zostało wybrane ze względu na duży udział kosztowy tych prac w całościowych budżecie realizacji projektu. Jest to okres, w którym prowadzone są roboty budowlane, od momentu pozyskania nieruchomości, poprzez budowę obiektu, aż do przygotowania powierzchni najmu dla przyszłych najemców.

**Kryterium  $\gamma$ :** Eksploatacja budynku – to najdłuższy okres w cyklu życia budynku, zarazem najbardziej kosztotwórczy. Decyzje podjęte na wcześniejszych etapach przygotowawczych i realizacyjnych w sposób jednoznaczny będą wpływać na cykl eksploatacji obiektu.

**Kryterium  $\delta$ :** Najem - kryterium zostało wybrane ze względu na podstawową funkcję budynku biurowego, jaką jest wynajem powierzchni i generowanie z tego tytułu przychodów. Czym lepiej zaprojektowany i zbudowany budynek oraz czym lepiej zlokalizowany, tym większa szansa na jego sukces rynkowy oraz zwrot inwestycji. Kryterium to analizuje wpływ poszczególnych kategorii na efektywność najmu powierzchni biurowej.

**Kryterium  $\varepsilon$ :** Wartość obiektu - jest kryterium w ramach, którego analizuje się wpływ poszczególnych kategorii na wzrost wartości budynku. Obiekt biurowy stanowi własność dewelopera, często długoterminową inwestycję, tym samym istotnym jest aby w długiej perspektywie czasu utrzymywał stabilną wartość rynkową. Jest to też parametr istotny z punktu widzenia przyszłej odsprzedaży obiektu.

**Kryterium  $\zeta$ :** Trwałość budynku - kryterium zostało wybrane ze względu na fakt, iż nowoczesny budynek certyfikowany to także projekt trwały. Wzrost długowieczności budynku ma wpływ na obniżenie kosztów remontów, to także wzrost wartości obiektu w przypadku jego odsprzedaży [85, 86].

**Kryterium  $\eta$ :** Certyfikacja ekologiczna - kryterium to nieodłącznie związane jest ze współczesnym budownictwem deweloperskim, obecnie ze względu na fakt, iż praktycznie wszystkie nowopowstające budynki są projektami certyfikowanymi, wymogi certyfikacji muszą być spełnione przede wszystkim na etapie projektowym. Istotnymi są także na etapie realizacji, tak by eksploatacja była w przyszłości jak najbardziej efektywna. Ponadto kryterium to ma na celu zweryfikowanie, czy dana kategoria ma wpływ na poziom certyfikacji i w jakim stopniu.

Do ustalenia wag powyższych kryteriów wykorzystane zostaną dwie krzywe:

- 1/ **Zdyskontowany wykres kosztów życia obiektu**, wykonany w oparciu o metodę Life Cycle Costing (LCC) [87, 88, 89, 90, 91, 92, 93]. Jest to metoda pozwalająca na połączenie aspektów technicznych i ekonomicznych w cyklu życia obiektu. Przez cykl życia należy rozumieć czas upływający od jego wytworzenia po zaprojektowaniu przez użytkowanie z utrzymaniem, aż do likwidacji obiektu

wraz jego rozbiórką. Koszty w ramach cyklu życia obiektu wyznaczone zostaną poprzez analizę dostępnych na rynku raportów z rynku budowlanego i deweloperskiego, a założenia harmonogramowe przyjęto w oparciu o analizę realizowanych obecnie projektów biurowych [94, 95, 96]. Dyskontowanie krzywej pozwoli na analizę kosztów w omawianym okresie czasu.

2/ **Krzywą przychodów uzyskiwanych w trakcie cyklu życia obiektu**, są to w przeważającej większości zdyskontowane przychody generowane z umów najmu powierzchni biurowej [88-105].

Analiza obydwu krzywych pozwoli na określenie proporcji pomiędzy nimi, co stanie się podstawą do rozdziału pomiędzy kryteriami technicznymi, a biznesowymi.

Wykres kosztów życia LCC (rys. V.2.1) powstanie w oparciu o trzy główne okresy realizacji projektu, tym samym okresy alokacji kosztów, tj. przygotowanie projektu, realizacja i eksploatacja. Okresy te z założenia są spójne z kryteriami technicznymi ( $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ) co do zakresu prac.

Dla **kryterium  $\alpha$**  (Przygotowanie inwestycji), są to koszty  $C_P$  ponoszone na etapie projektowym do momentu rozpoczęcia prac budowlanych. Oszacowanie kosztów dla tego etapu powstanie w oparciu o wytyczne SARP [97], na podstawie, których przy założeniu rodzaju obiektu, jego wielkości i szacowanej wartości, możliwym jest oszacowanie kosztów prac projektowo-przygotowawczych inwestycji.

W przypadku **kryterium  $\beta$**  (Realizacja inwestycji) oszacowano koszty  $C_B$  kolejnych istotnych etapów w cyklu wykonania obiektu. Realizacja budynku została wybrana ze względu na duży wpływ tego czynnika na cały cykl życia obiektu. W trakcie realizacji budynku istotnymi są nowoczesne technologie, które przekładają się później zarówno na trwałość jak i wartość obiektu. Oczywiście nowoczesne rozwiązania pozwalają także na racjonalizację kosztów eksploatacyjnych budynku. Analizę rozpoczęto od pozyskania nieruchomości inwestycyjnej, posłużono się tutaj danymi z raportów dotyczących transakcji zakupu gruntów inwestycyjnych w Polsce. Przyjęto do analizy lokalizację poza Warszawą, gdzie ceny w sposób znaczący odbiegają od stawek oferowanych w innych miastach i trudno przyjmować je jako wartości dla analizy zakupu gruntu inwestycyjnego. Koszty etapu realizacji prac budowlanych przyjęto na podstawie doświadczenia zawodowego autora oraz systemu kosztorysowego e-Bistyp, gdzie przedstawione są wyceny dla rozmaitych obiektów kubaturowych, w tym także budynków biurowych (1220 wg PKOB) [98].

Z kolei **kryterium  $\gamma$**  (Eksploatacja obiektu) to najdłuższy a zarazem najdroższy etap cyklu życia obiektu. Estymację kosztów  $C_U$  przyjęto bazując na raportach rynku nieruchomości

[99, 100], w których przedstawiono zarówno koszty ponoszonych przez najemców opłat eksploatacyjnych, które zarazem pokrywają koszty konieczne dla utrzymania obiektu w pełnej sprawności i zapewniających jego długotrwałość, jak również kosztów zużywanych przez budynek mediów, które stanowią znaczny udział w cyklu życia obiektu. Na podstawie analizowanych raportów z lat 2011-2017, przyjęto wysokość opłat eksploatacyjnych na stałym poziomie, które w trakcie analizy zostały zdyskontowane.

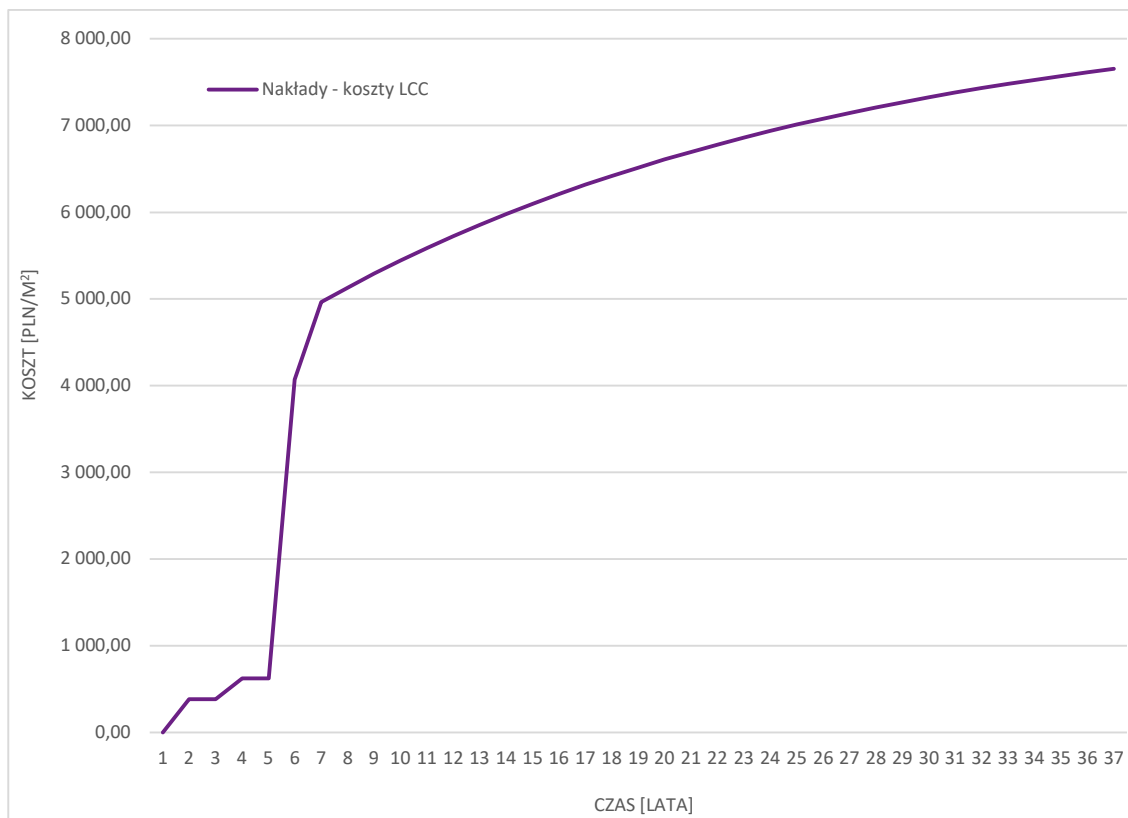
W ramach analizy pominięto koszty rozbioru i utylizacji budynku. Trudno wyobrazić sobie sytuację, w której obecnie realizowane budynki będą rozbierane po około 30 latach. Jest to możliwe w wyjątkowo prestiżowych lokalizacjach, gdzie nowe technologie, tym samym wyższe przychody z najmu mogą uzasadniać budowę zupełnie nowych budynków. Ma to miejsce np. w centrum Warszawy, gdzie niewielka część powstających w latach 80 i 90-tych budynków biurowych jest obecnie rozbierana, a na nieruchomościach powstają nowe inwestycje o znaczeniu wyższym standardzie.

Czas realizacji i eksploatacji projektu jak i przychodów generowanych przyjęto w oparciu o standardowe cykle realizacji obiektów obecnych na rynku. Standardem polskiego rynku jest sytuacja, w której okres eksploatacji rozpoczyna się po około 7 latach od momentu zakupu nieruchomości przez inwestora. Faza przygotowawcza połączona z procedurami formalnymi i uzyskaniem pozwolenia na budowę zajmuje standardowo około 3 lat, następnie zakup prac budowlanych oraz sama realizacja wraz z powierzchniami najemców to kolejne 3 lata. W tym momencie gotowy budynek rozpoczyna właściwy okres eksploatacji. Dla potrzeb niniejszej pracy przyjęto standardowy okres 30 letniej eksploatacji, który pozwala na ocenę budynku w długim okresie czasu, jest także zgodny z wytycznymi rozporządzenia obejmującego kwestie szacowania kosztów życia obiektów [101]. Stosowanie dłuższego okresu powodowałoby tylko wzrost krzywej przychodów z najmu, co nie jest przedmiotem niniejszej pracy, podobnie jak niemożliwym jest ocenianie jak kształtować będą się stawki czynszów w tak długim okresie czasu.

Efektorem powyższych analiz jest powstanie krzywej (Rys. V.2.1), prezentującej koszty w cyklu życia budynku biurowego (przyjęte dla powierzchni 1m<sup>2</sup>), w okresie  $n$  lat, powstałe w oparciu o sumę kosztów w tym okresie - oznaczone jako:

$$LCC = \sum_0^n C_P \frac{1}{(1+i)^n} + \sum_0^n C_B \frac{1}{(1+i)^n} + \sum_0^n C_U \frac{1}{(1+i)^n}, \quad (2.1)$$





Rys. V.2.1. Koszty jednostkowe w cyklu życia budynku biurowego

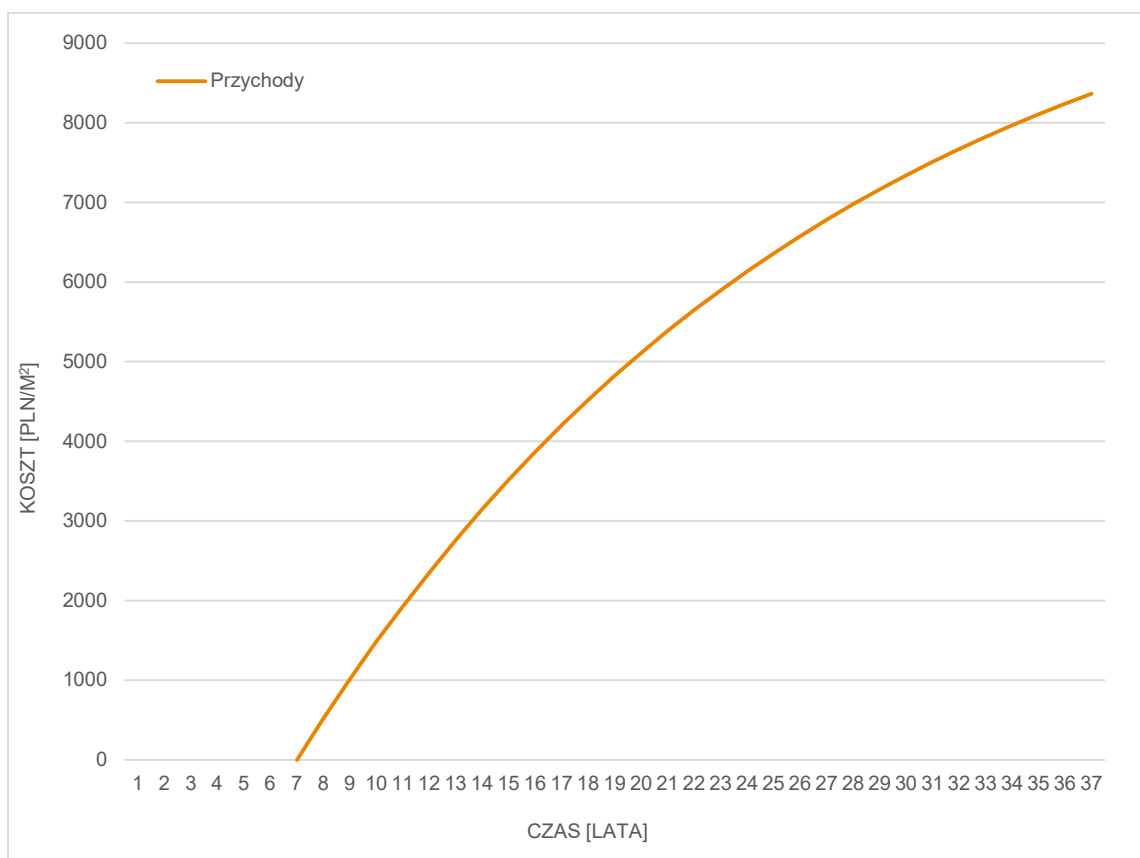
Określenie procentowego udziału poszczególnych kryteriów technicznych ( $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ) wykonane zostanie w oparciu o koszty poszczególnych zakresów, bazując na analizie LCC. Procentowy udział poszczególnych kryteriów będzie proporcjonalny do wartości kosztów poszczególnych zakresów prac, zgodnie z poniższymi wzorami:

$$\alpha_{\%} = \frac{\sum_0^n C_P \frac{1}{(1+i)^n}}{LCC} \cdot 100\%, \quad (2.2)$$

$$\beta_{\%} = \frac{\sum_0^n C_B \frac{1}{(1+i)^n}}{LCC} \cdot 100\%, \quad (2.3)$$

$$\gamma_{\%} = \frac{\sum_0^n C_U \frac{1}{(1+i)^n}}{LCC} \cdot 100\%. \quad (2.4)$$

Jednostkowe przychody z najmu w okresie  $n$  lat – pokazano na rysunku V.2.2. Przychody oszacowano na podstawie raportów rynku nieruchomości pokazujących możliwe do uzyskania stawki najmu w nowoczesnych budynkach biurowych w miastach regionalnych [102], [103], [104], [105], [106], [107], [108], [109], [110], [111], [112], [113], [114], [115], [116], [117], [118], [119]. Przychody rozpoczynają się po okresie około 7 lat od momentu nabycia nieruchomości, jest to okres niezbędny do zakończenia właściwego procesu inwestycyjnego oraz komercjalizacji budynku.



Rys. V.2.2. Krzywa narastających przychodów jednostkowych z najmu w okresie

Zestawienie obydwu krzywych poniżej w ramach jednego wykresu (Rys. V.2.3.) pozwala na wskazanie proporcji pomiędzy kryteriami technicznymi a biznesowymi, zgodnie ze wzorem:

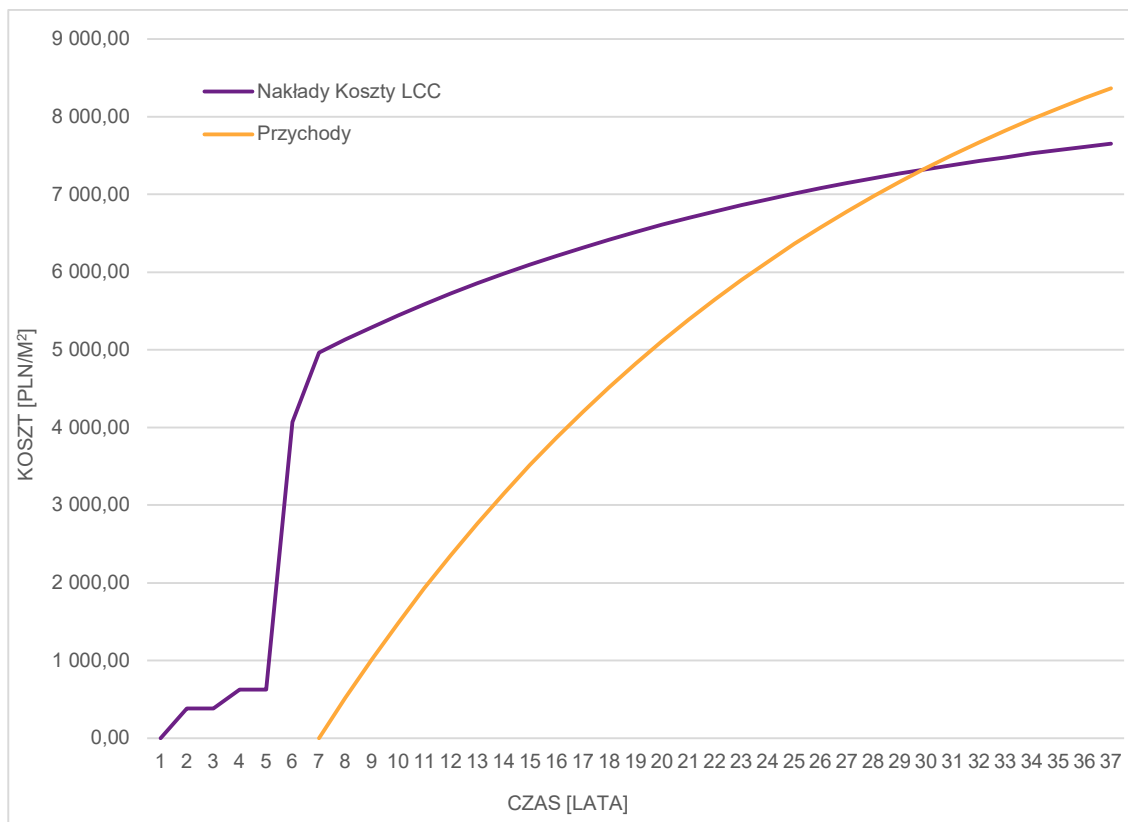
$$P = \frac{\sum_0^n k_{LCC}}{\sum_0^n k_{TEN}}, \quad (2.5)$$

gdzie:

$\sum_0^n k_{LCC}$  - suma kosztów w cyklu życia budynku biurowego,

$\sum_0^n k_{TEN}$  - suma przychodów z tytułu najmu.

Na podstawie przeprowadzonej analizy kosztowej oszacowano proporcję wartości kosztów jednostkowych w cyklu życia obiektu z kosztami przychodów z najmu na 48:52. W takim też układzie podzielone i porównywane zostaną kategorie techniczne ( $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ) z biznesowymi ( $\delta$ ,  $\epsilon$ ,  $\zeta$ ,  $\eta$ ).



Rys. V.2.3. Porównanie krzywej przychodów jednostkowych z najmu z krzywą kosztów jednostkowych w cyklu życia budynku

Waga kryteriów biznesowych oparta zostanie o analizę budynków certyfikowanych (oznaczonych jako „cert” w indeksie) oraz nieposiadających certyfikatów (oznaczonych jako „nc” w indeksie).

Dokonano oszacowania kosztów związanych z poszczególnymi kryteriami biznesowymi tj z wiązanych z najmem ( $k_{\delta,cert}$  i  $k_{\delta,nc}$ ), wartością obiektu ( $k_{\epsilon,cert}$  i  $k_{\epsilon,nc}$ ), trwałością budynku ( $k_{\zeta,cert}$  i  $k_{\zeta,nc}$ ) i certyfikacją ekologiczną ( $k_{\eta,cert}$  i  $k_{\eta,nc}$ ). Uzyskane w wyniku analiz różnice kosztów pomiędzy obiektami certyfikowanymi i niecertyfikowanymi pozwolą na określenie sumarycznej wartości oszczędności kosztów  $k_0$  z tytułu certyfikacji:

$$k_0 = (k_{\delta,cert} - k_{\delta,nc}) + (k_{\epsilon,cert} - k_{\epsilon,nc}) + (k_{\zeta,cert} - k_{\zeta,nc}) + (k_{\eta,cert} - k_{\eta,nc}) \quad (2.6)$$

Proporcje pomiędzy wartościami poszczególnych kosztów pozwalają na oszacowanie procentowego udziału poszczególnych kryteriów, zgodnie z poniższymi wzorami:

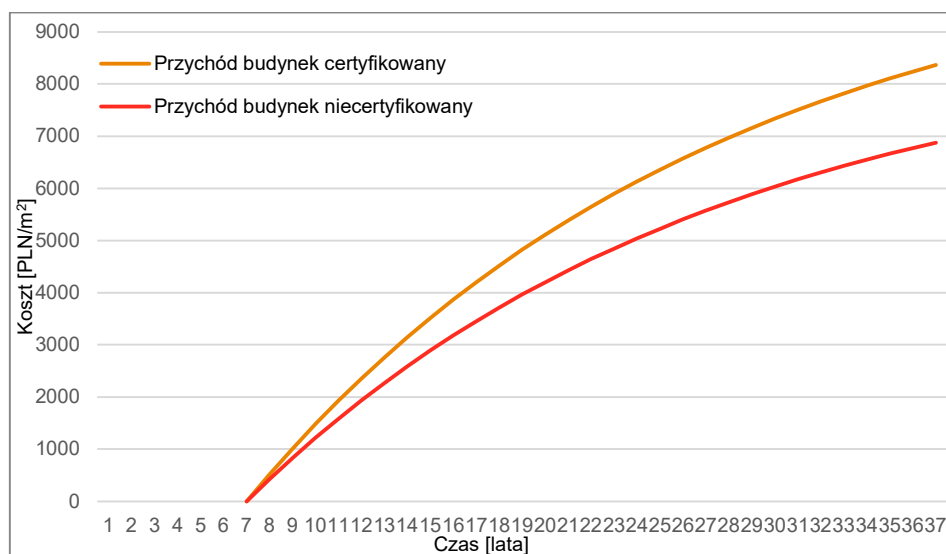
$$\delta_{\%} = \frac{(k_{\delta,cert} - k_{\delta,nc})}{k_0} \cdot 100\%, \quad (2.7)$$

$$\epsilon_{\%} = \frac{(k_{\epsilon,cert} - k_{\epsilon,nc})}{k_0} \cdot 100\%, \quad (2.8)$$

$$\zeta_{\%} = \frac{(k_{\zeta,cert} - k_{\zeta,nc})}{k_0} \cdot 100\%, \quad (2.9)$$

$$\eta_{\%} = \frac{(k_{\eta,cert} - k_{\eta,nc})}{k_0} \cdot 100\%. \quad (2.10)$$

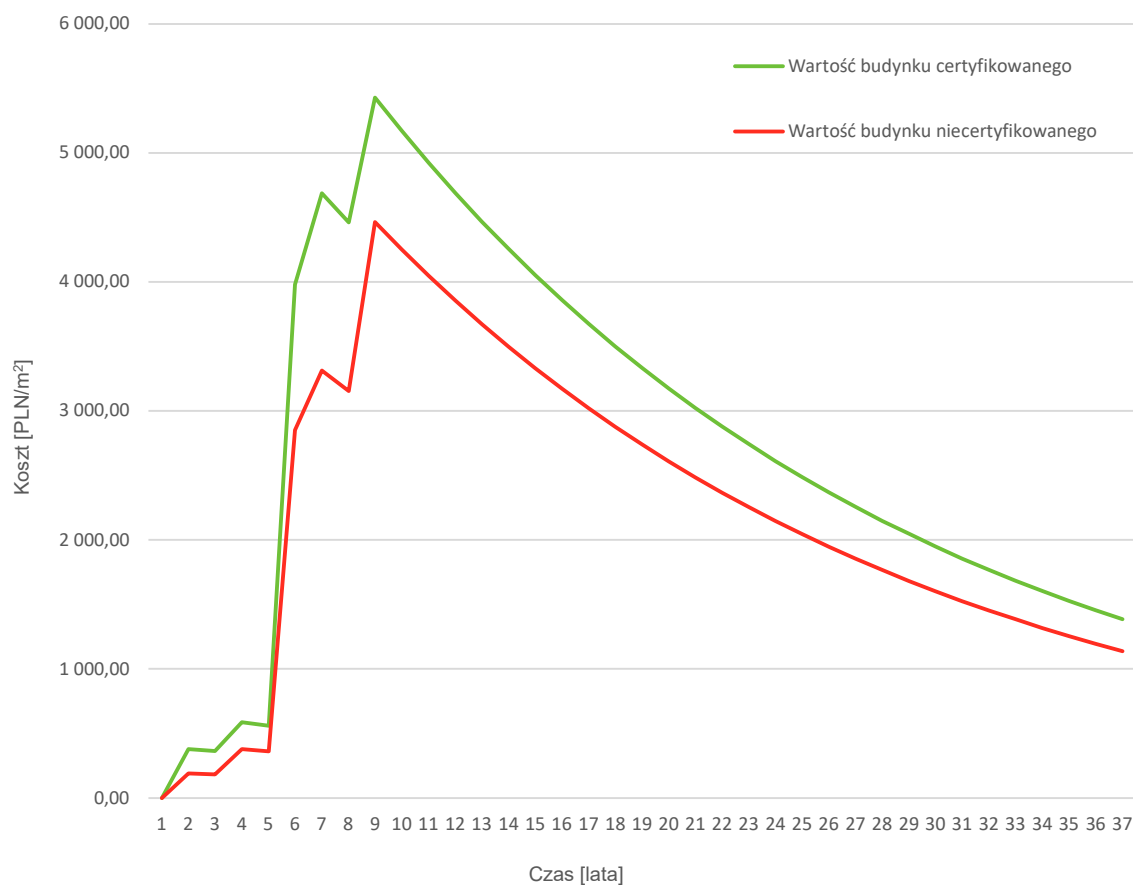
Dla kryterium  $\delta$  (koszty w kategorii najmu) koszty zostały opracowane w oparciu o dostępne na rynku raporty prezentujące możliwe do uzyskania stawki czynszów w różnych budynkach biurowych [90-107]. Dokonano analizy (Rys. V.2.4.) zarówno dla budynków certyfikowanych (niebieska krzywa) jak również niecertyfikowanych (zielona krzywa). Te drugie od samego początku osiągają niższe stawki czynszowe w cyklu życia, jak również znacznie wcześniej rozpoczyna się ich obniżka. Poniższy wykres pokazuje trend, narastania kosztów rozpoczynających się w momencie rozpoczęcia procesu komercjalizacji, czyli po około 7 latach od zakupu nieruchomości.



Rys. V.2.4. Krzywe skumulowanych jednostkowych przychodów z najmu dla budynku certyfikowanego i niecertyfikowanego

Kryterium  $\epsilon$  (kryterium wartość obiektu) jest rozumiane jako kwota, za którą obiekt może zostać sprzedany w danym okresie czasu. Na podstawie literatury przyjęto metodę inwestycyjną szacowania wartości nieruchomości [120, 121], gdzie wartość obiektu określa się na podstawie dochodów możliwych do uzyskania w oparciu o zawarte w budynku umowy najmu. Analizowane raporty wskazują na dziewięcioletni okres przemnożonych przez roczne dochodów z tytułu umów najmu, zarówno dla budynków certyfikowanych jak i pozbawianych certyfikatu. Jest to metoda stosowana w przeważającej większości transakcji sprzedaży nieruchomości, kiedy wartość szacuje się na podstawie aktywnych umów najmu

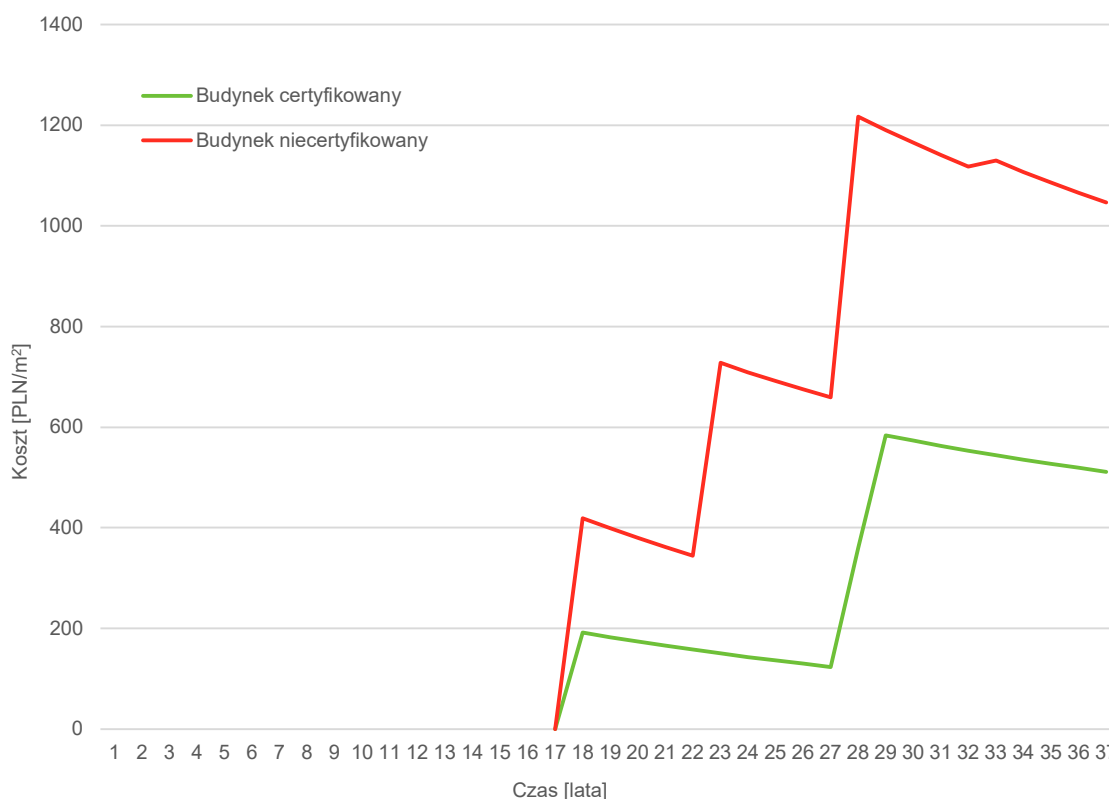
i czasu ich trwania. Sprzedaż nieruchomości jest momentem, w którym w sposób naturalny uzyskuje się realną wartość inwestycji. W ramach analizy porównano wartość obiektów zarówno certyfikowanych, jak niepodlegających temu procesowi. Dodatkowo przyjęto, iż wartość w początkowym okresie oszacowana jest w oparciu o koszty inwestycyjne, natomiast po około siedmiu latach po rozpoczęciu komercjalizacji ustala się ją bazując na wskazanych wyżej umowach najmu.



Rys. V.2.5. Krzywe wartości obiektu certyfikowanego i niecertyfikowanego

Kryterium  $\zeta$  (trwałość budynku) zostało wskazane ze względu na istotny związek pomiędzy nowoczesnym budynkiem biurowym a jego trwałością. W tym przypadku poprzez trwałość rozumie się przede wszystkim jego bezawaryjne użytkowanie i ograniczenie kosztów napraw w cyklu życia. Podstawą oszacowania tego kryterium były dostępne raporty kosztów remontów budynków [101, 102], które ponoszone są przez właściciela z tytułu jego napraw. Dodatkowo założono, iż w przypadku 30 letniego okresu eksploatacji koniecznym jest też kapitalny remont instalacji wewnętrznych zarówno mechanicznych jak i elektrycznych, który również został przyjęty w prowadzonych analizach. W przypadku

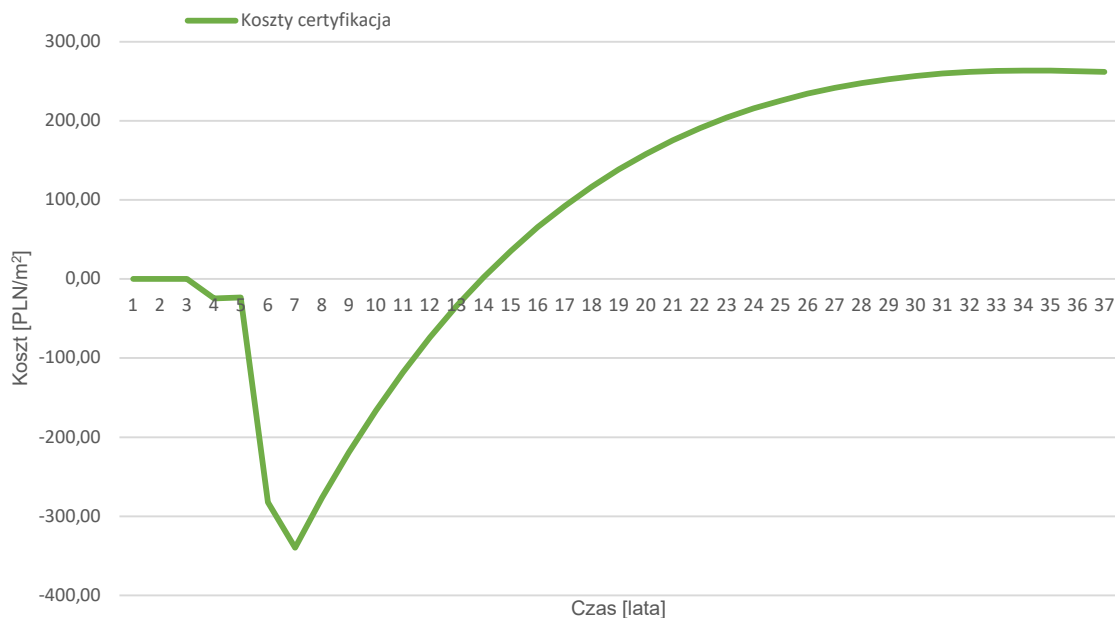
budynku niecertyfikowanego, który zbudowany został z wykorzystaniem starszych, mniej nowoczesnych technologii, koszty jego remontów i ewentualnych wymian poszczególnych systemów wzrastają znacznie szybciej niż w przypadku certyfikowanego, także ich koszt jest znacznie większy.



Rys. V.2.6. Krzywe kosztów trwałości obiektu certyfikowanego i niecertyfikowanego

Kryterium  $\eta$  jest ostatnim kryterium przyjętym do analizy. Jest to certyfikacja ekologiczna budynku - kategoria, która staje się coraz bardziej istotna w przypadku nowoczesnego proekologicznego budownictwa biurowego. Obecnie praktycznie wszystkie nowobudowane budynki są poddane temu procesowi. Certyfikacja, która pozwala na spójną ocenę projektów w oparciu o szczegółowe kryteria, dotyczące wszelkich systemów i rozwiązania stosowanych w budynku. Kryterium zostało oszacowane w oparciu o koszty ponoszone przez dewelopera na etapie przygotowania i realizacji inwestycji, kiedy koszty inwestycyjne powiększone są o rozwiązania niezbędne dla uzyskania certyfikacji, a jednocześnie prowadzony jest generujący koszty proces certyfikacji. Następnie w okresie eksploatacji budynku budynek generuje oszczędności przede wszystkim energii, wynikające ze stosowania nowoczesnych ekologicznych i energooszczędnych systemów w okresie życia obiektu. W przypadku

budynku niecertyfikowanego nie występują zarówno koszty samej certyfikacji, jak i potencjalne oszczędności nie mają miejsca.



Rys. V.2.7. Krzywa kosztów związanych z certyfikacją budynku

Na podstawie powyższych analiz oblicza się wagi kryteriów zarówno budowlanych, jak i biznesowych, zgodnie z poniższymi zależnościami:

$$W_{\alpha} = \alpha_{\%} \cdot P = 1\%, \quad (2.11)$$

$$W_{\beta} = \beta_{\%} \cdot P = 22\%, \quad (2.12)$$

$$W_{\gamma} = \gamma_{\%} \cdot P = 25\%, \quad (2.13)$$

$$W_{\delta} = \delta_{\%} \cdot P = 26\%, \quad (2.14)$$

$$W_{\varepsilon} = \varepsilon_{\%} \cdot P = 4\%, \quad (2.15)$$

$$W_{\zeta} = \zeta_{\%} \cdot P = 9\%, \quad (2.16)$$

$$W_{\eta} = \eta_{\%} \cdot P = 13\%. \quad (2.17)$$

Pozwala to na przeprowadzanie właściwej analizy wszystkich kategorii przez pryzmat kryteriów  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ,  $\delta$ ,  $\varepsilon$ ,  $\zeta$ ,  $\eta$ , a następnie ustalenie rankingu kategorii. Dokonując analizy należy dokonać oceny wpływu kategorii na określone kryterium, przypisując wskaźnikom wpływu  $u_{k,\alpha}$ ,  $u_{k,\beta}$ , ...,  $u_{k,\eta}$  ( $k=1, \dots, 79$ ) wartość 1, jeżeli ten wpływ jest lub wartość 0, jeżeli kategoria nie wpływa i nie ma związku z kryterium. Ocena ta dokonywana jest w pracy w oparciu o źródła literaturowe i wiedzę ekspercką, w tym doświadczenie autora i została zamieszczona w Załączniku 1 do pracy.

Ostateczna hierarchia kategorii  $K=\{K_1, K_2, \dots, K_k, \dots, K_{79}\}$  ( $k=1, \dots, 79$ ) względem kryteriów powstaje w oparciu o funkcję użyteczności  $V_k(W_i, u_{k,i})$  ( $i \in KRYT$ ), której wartość dla każdej kategorii wyznacza się wg zależności:

$$V_k = \sum_{i \in KRYT} W_i \cdot u_{k,i}. \quad (2.18)$$

Kategorie o najwyższej wartości funkcji w sposób najsilniejszy determinują parametry optymalnego proekologicznego budynku biurowego.

## 2.2 Analiza wrażliwości modelu

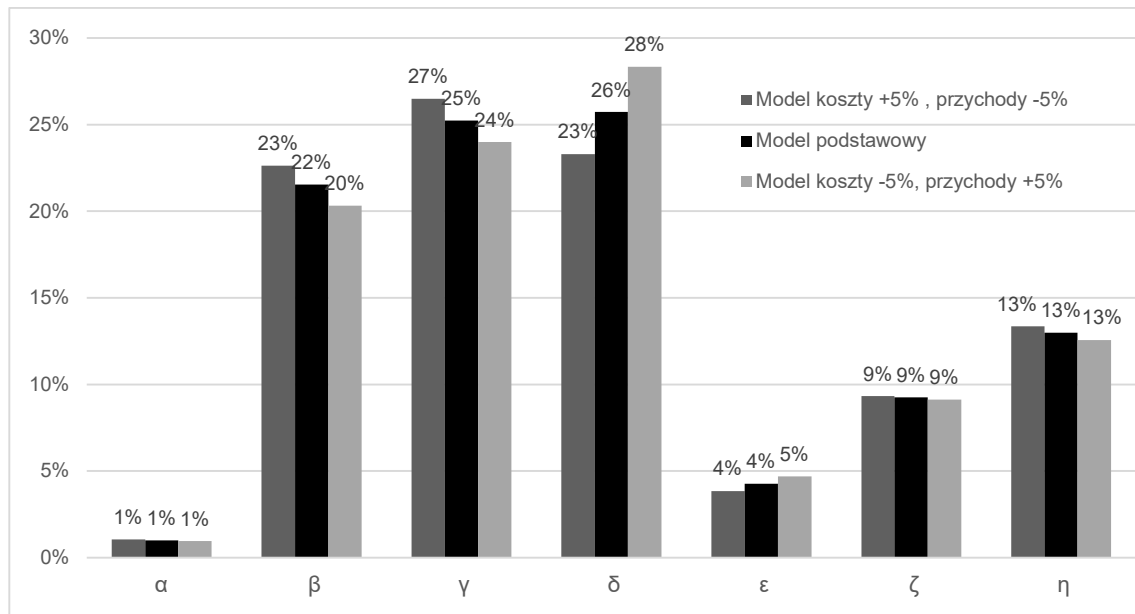
W niniejszej pracy zastosowano postać analizy wrażliwości, w której przyjęto odchylenie od wartości bazowych dla poszczególnych zmiennych (tj. kosztów realizacji obiektu oraz przychodów generowanych z tytułu umów najmu). Określono ich odchylenie od wartości bazowych i stworzono ponownie modele bazując na nowych zmiennych. Taka analiza pozwoliła na dokonanie oceny wpływu zmiany poszczególnych zmiennych na poziom wrażliwości modelu [122, 123].

Punktem wyjścia jest założony przypadek podstawowy, tj. model będący przedmiotem pracy w oparciu, o który ustalono istotność poszczególnych kategorii. Do modelu podstawowego wprowadzono dwa zakłócenia poszczególnych zmiennych:

- w pierwszym przypadku uwzględniono wzrost kosztów realizacji o 5% z jednoczesnym spadkiem przychodów o 5%,
- w drugim modelu, przyjęto że koszty realizacji spadają o 5%, a przychody wzrastają o 5% przy zachowaniu zasady *ceteris paribus* dla pozostałych zmiennych.

Przeprowadzenie tej analizy wykazało, jak zmienia się model na skutek zmiany pojedynczych zmiennych przy pozostałych czynnikach niezmiennych.





Rys. V.2.8. Porównanie wartości wag kryteriów przy zmiennych kosztach realizacji i przychodów

Przeprowadzona analiza (Rys. V.2.8.) wskazuje, iż realne na współczesnym rynku budowlanym i rynku nieruchomości zmiany kosztów realizacji inwestycji i kosztów najmu nie wpływają w sposób istotny na model. Największe odchylenie wartości wagi nie przekracza 3%. Tym samym, ustalony na podstawie funkcji użyteczności ranking kategorii, mimo zmiany wartości kosztów realizacji inwestycji i kosztów najmu, nie ulegnie zmianie.

### 3. Analiza parametrów technicznych budynków w kontekście wykorzystania ich w procesie projektowania i realizacji proekologicznego budownictwa biurowego

#### 3.1. Opis budynków stanowiących podstawę analizy

Bazą do badań będzie 12 budynków biurowych. Intencją autora od początku było wykorzystywanie obiektów realnych, często takich, które osiągnęły sukces rynkowy. Wszystkie one mają kilka cech wspólnych, które charakterystyczne są dla współczesnego ekologicznego budownictwa biurowego.

Założenia realizacyjne wszystkich budynków powstały po roku 2012. Ze względu na bardzo szybki rozwój techniki i systemów, zarówno w zakresie technologii mechanicznych jak i elektrycznych, starsze projekty nie będą przedmiotem analiz. Z dużym prawdopodobieństwem ich wyniki w sposób znaczący odbiegałyby w trakcie porównań.

Wszystkie one to typowe projekty deweloperskie, zaprojektowane z założeniem ich wynajmu w przyszłości. Stworzone są przez duże firmy deweloperskie, zwykle prowadzące

działalność w wielu miejscach Polski, często też prowadzących działalność nieograniczającą się tylko do budownictwa biurowego. Dokumentację dla nich tworzyły uznane pracownie projektowe, posiadające doświadczenie w tego typu zadaniach, podobnie jak i ich skali inwestycji. Budynki zróżnicowane są pod względem parametrów geometrycznych, porównano obiekty o różnych wysokościach, ilościach kondygnacji, powierzchni typowych kondygnacji biurowych.

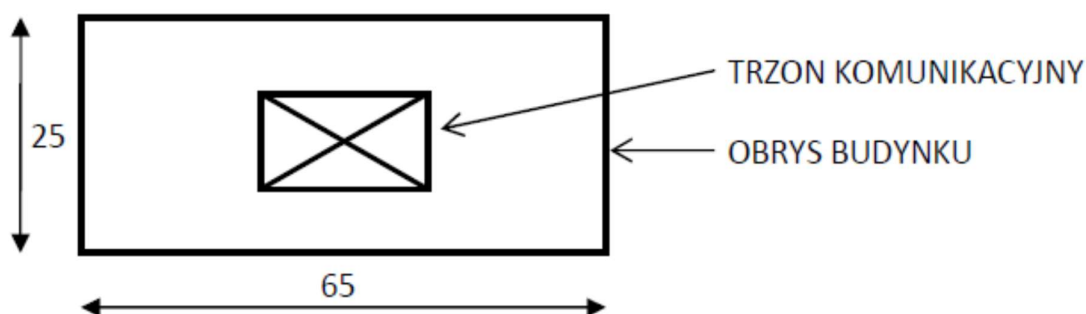
Projekty od samego początku zarówno w zakresie założeń biznesowych jak i technicznych tworzone były z zamysłem ich certyfikacji energetycznej przed rozpoczęciem eksploatacji.

Dobrano projekty zlokalizowane w miastach regionalnych oraz jeden biurowiec warszawski. Wybór kilku miast (Poznań, Wrocław, Trójmiasto, Warszawa, Szczecin) pozwolił na analizy dla różnych rynków i warunków lokalnych. Celowo zrezygnowano z projektów zlokalizowanych w centrum Warszawy. Budynki tam powstające nie będą przedmiotem analiz, ze względu na fakt, iż prestiżowa lokalizacja i wartość gruntów powodują, iż nie są to budynki reprezentatywne dla budownictwa ekologicznego i tym samym efektywnego.

Wszystkie zaprojektowane są w sposób modułowy, zarówno konstrukcja jak i fasada, a w konsekwencji powierzchnia biurowa umożliwiającą łatwą i efektywną aranżację dla przyszłych najemców.

### **Budynek A**

Budynek A jest częścią inwestycji zespołu budynków biurowo-usługowych z garażami podziemnymi zlokalizowanych na poznańskim Grunwaldzie (Rys. V.3.1.).



Rys. V.3.1. Schemat analizowanego budynku A z centralnie zlokalizowanym trzonem

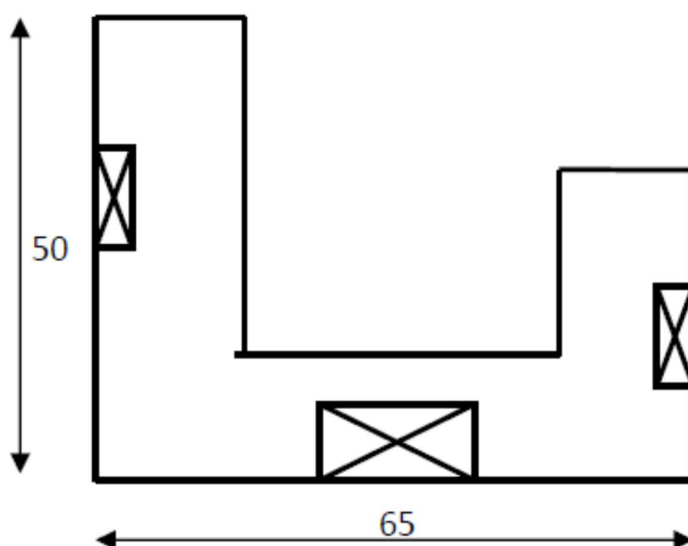
Inwestycję zakończono w roku 2012. Kompleks składa się z dwóch siedmiokondygnacyjnych budynków z dwukondygnacyjnymi garażami podziemnymi. Wysokość budynków nie przekracza 25 metrów, kondygnacja biurowa, będąca przedmiotem

analizy ma około 2000m<sup>2</sup>. W obydwu budynkach przewidziano lokalizację funkcji biurowo-usługowych, powierzchnia wynajmowana to niespełna 11 tysięcy metrów. Na kondygnacji parterowej ulokowano funkcje usługowe. Na kondygnacjach powyżej parteru przewiduje się tylko funkcję biurową. Część podziemna to w przeważającej części powierzchnia parkingowa oraz pomieszczenia techniczne dla obsługi budynku.

Forma projektowanych budynków jest wzajemnie spójna, bryły budynków zaprojektowano różnicując układ fasad w zależności od ekspozycji elewacji. Od strony otaczających ulic elewacje zaprojektowano jako układ neutralnych, gładkich, przeszklonych brył, kaskadowo nadwieszonych. Elewacje budynków od strony zewnętrznej zespołu zaprojektowano jako neutralne, gładkie, przeszklone płaszczyzny. Podział modularny dla kondygnacji biurowej został określony co 1,35 m, co umożliwi tworzenie modułowych pokoi biurowych. W każdym trzonie zaprojektowano dwie klatki schodowe łączące wszystkie kondygnacje budynków, pełniące rolę ewakuacyjną i służące komunikacji. Każdy trzon wyposażono w dwie pary dźwigów osobowych. Nad siódmą kondygnacją (szóstym piętrem) zlokalizowano wentylatorownie obsługujące powierzchnie biurowe oraz urządzenia instalacji grzewczo-chłodniczych. Przedmiotem analizy jest jeden budynek wchodzący w skład kompleksu.

### **Budynek B**

Budynek B w ramach kompleksu biurowego zlokalizowanego również na poznańskim Grunwaldzie (Rys. V.3.2.).

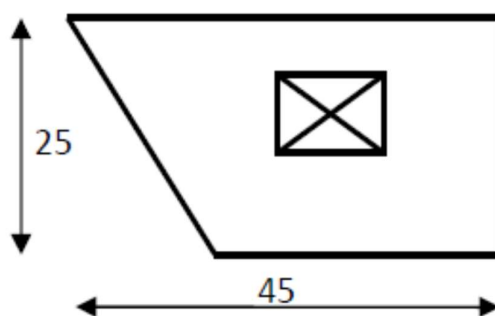


Rys. V.3.2. Schemat analizowanego budynku B

Kompleks ten powstawał w latach 2013-2015 i obejmuje cztery budynki biurowe o powierzchni biurowej przekraczającej 43000 m<sup>2</sup>. Pod całością kompleksu znajduje się podziemna hala garażowa. Budynki zostały wykonane w technologii prefabrykowanej, fasady mieszane ceglano-kompozytowe ze znacznymi przeszkleniami. Kompleks certyfikowany w systemie LEED na poziomie platynowym. Budynki o wysokości nieprzekraczającej 25 metrów, rozpiętość konstrukcyjna kondygnacji 14 metrów. Przedmiotem analizy jest jeden typowy budynek w ramach kompleksu. Każdy budynek wyposażony w główny trzon komunikacyjny wraz z klatkami ewakuacyjnymi i zespołem 4 wind, dodatkowo klatki ewakuacyjne są w budynkach.

### Budynek C

Budynek biurowy C zlokalizowany jest w ścisłym centrum Szczecina (Rys. V.3.3.).



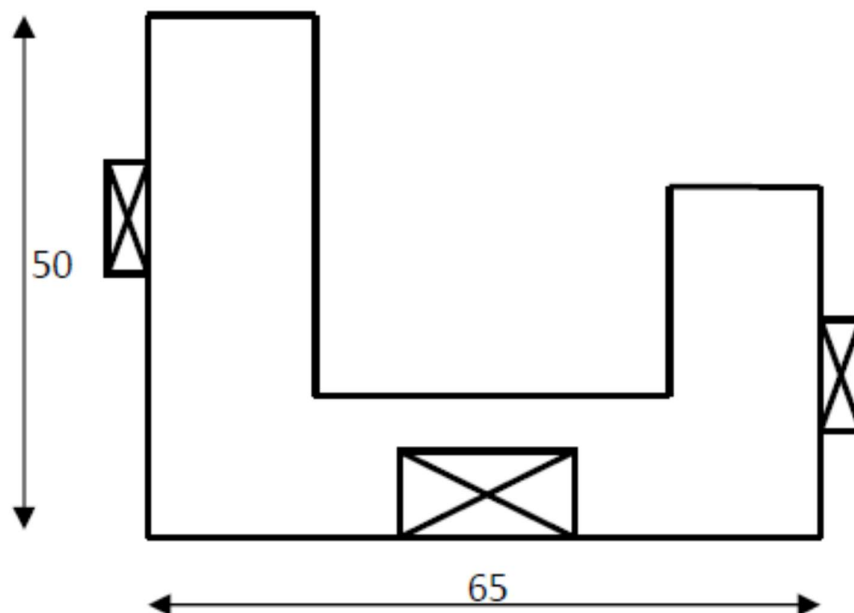
Rys. V.3.3. Schemat analizowanego budynku C

Jest to budynek całkowicie podpiwniczony z jedną kondygnacją podziemną i sześcioma nadziemnymi. Całkowita wysokość budynku nie przekracza 25 metrów. W części nadziemnej budynek ma dokładnie kształt trapezu prostokątnego. Formą architektoniczną budynek podkreśla śródmiejski charakter zabudowy. Elewacje wykonano jako systemowe panele aluminiowe w kolorze jasnosrebrnym wraz z ciemnymi elementami kamiennymi. Moduł elewacji ustalono jako wielokrotność 1,35 m, co odzwierciedla wewnętrzny podział przestrzeni biurowej.

Budynek w parterze przeznaczony jest na usługi. Pozostałe kondygnacje użytkowe przeznaczone na biura, a powierzchnia typowej kondygnacji to około 900 m<sup>2</sup>. Całkowita powierzchnia wynajmowana nieznacznie przekracza 4 000 m<sup>2</sup>. W podziemiu zlokalizowano niewielką halę garażową oraz pomieszczenia techniczne. Zaprojektowano dwie wewnętrzne klatki schodowe z zespołem 2 wind osobowych.

### Budynek D

Budynek D jest zlokalizowany w ramach kompleksu biurowego na poznańskim Grunwaldzie (Rys. V.3.4).



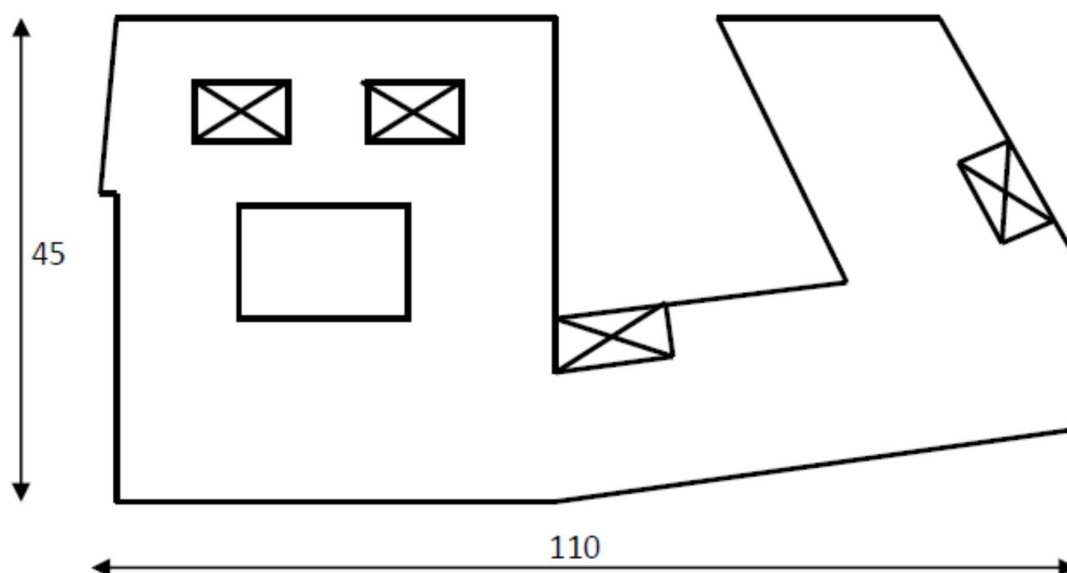
Rys. V.3.4. Schemat analizowanego budynku D

Kompleks powstawał od roku 2016. Obejmuje pięć budynków biurowych oraz wielokondygnacyjny budynek parkingowy. Budynki biurowe o powierzchni biurowej przekraczającej 45 000 m<sup>2</sup>. Budynki zaprojektowane w technologii prefabrykowanej, fasady mieszane ceglano-kompozytowe ze znacznymi przeszkleniami. Kompleks certyfikowany w systemie LEED na poziomie platynowym. Budynki o wysokości nieprzekraczającej 25 metrów wysokości, rozpiętość konstrukcyjna kondygnacji 14 metrów. Przedmiotem analizy jest jeden typowy budynek w ramach kompleksu. Każdy budynek wyposażony w główny trzon komunikacyjny wraz z klatkami ewakuacyjnymi i zespołem 4 wind, dodatkowo klatki ewakuacyjne w budynkach.

### Budynek E

Budynek E to obiekt biurowo-usługowy jest zlokalizowany w Poznaniu w okolicy terenów targowych. Działki sąsiadują od wschodu z zabudową mieszkaniową tworzącą zachodnią pierzeję, a od zachodu z parkiem. Bryła budynku koresponduje z istniejącymi uwarunkowaniami urbanistycznymi, od strony parku jest niższa i bardziej przeszklona,

natomiast jej część wschodnia otoczona wysokimi kamienicami jest wyższa i optycznie cięższa (Rys. V.3.5).

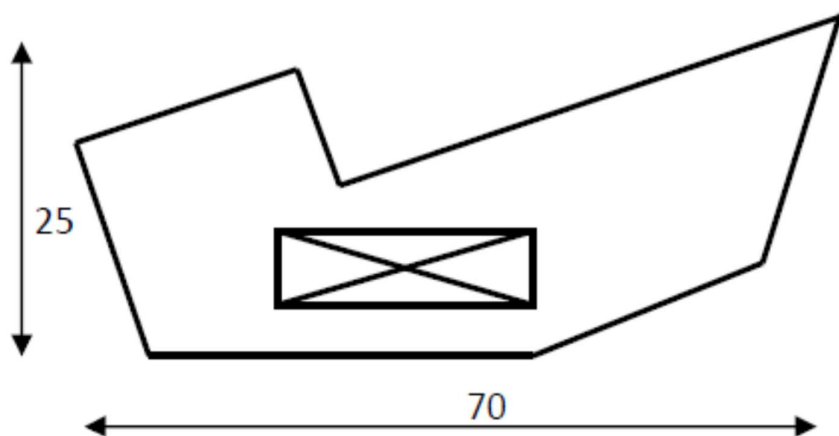


Rys. V.3.5. Schemat analizowanego budynku E

Na dachu części niższej zlokalizowanej od strony parku zaprojektowano zielen dachową nawiązującą optycznie do drzew parkowych. Zagospodarowanie terenu składać się będzie ze starannie zaprojektowanej i utrzymywanej zieleni oraz małej architektury, powstanie dzięki temu atrakcyjne współczesne wnętrze kwartału dostępne także dla mieszkańców miasta. Podstawowym przeznaczeniem budynku jest funkcja biurowa, uzupełniająca usługowa. Biura rozmieszczone są na wszystkich kondygnacjach naziemnych, a ich całkowita powierzchnia to około 15 500 m<sup>2</sup>. Typowa kondygnacja biurowa ma ponad 3 000 m<sup>2</sup>. Na fragmencie parteru budynku zlokalizowano funkcję usługową obsługującą zarówno pracowników biurowca jak i okolicznych mieszkańców.

### **Budynek F**

Budynek F to obiekt wysokościowy, jest zlokalizowany w centrum Poznania (Rys. V.3.6.). Jest w głównej mierze budynkiem biurowym, jednakże na wybranych kondygnacjach prowadzona jest także działalność usługowa. Budynek powstał w roku 2015. Obiekt o wysokości 67 metrów, składa się z 16 kondygnacji naziemnych oraz trzech podziemnych, na których zlokalizowano funkcję garażową.

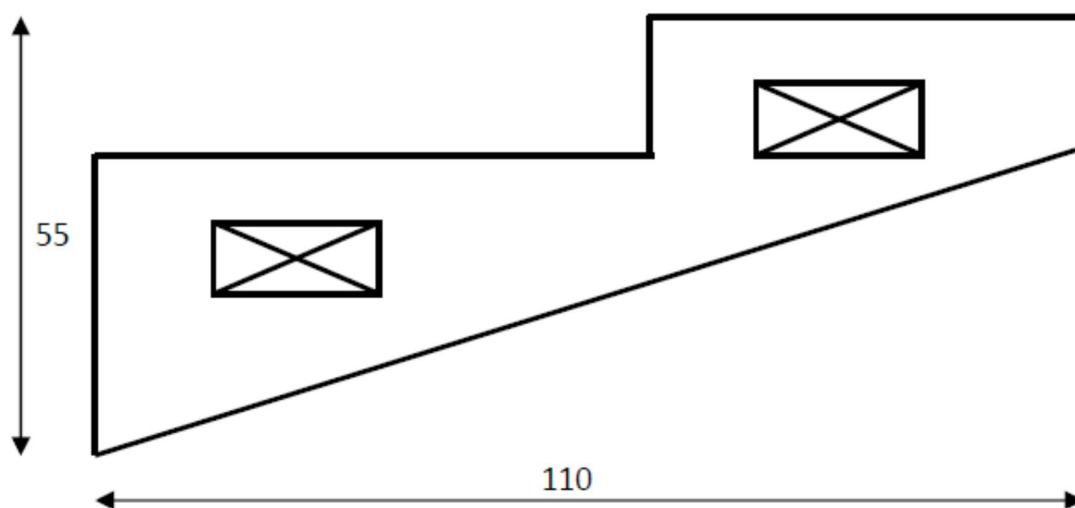


Rys. V.3.6. Schemat analizowanego budynku F

Plan budynku oparty jest na nieregularnym rzucie zdeterminowanym przez kształt działki. Fasada budynku wykonana jest z betonowych prefabrykowanych kształtek elewacyjnych, otaczających przeszklenia. Całkowita powierzchnia biurowa przekracza 18 000 m<sup>2</sup>, a typowa kondygnacja biurowa ma około 1 300 m<sup>2</sup>. Konstrukcja budynku została przewidziana jako mieszana żelbetowo-stalowa, przy czym część podziemna została zaplanowana w całości jako monolityczna żelbetowa.

### Budynek G

Budynek biurowo - usługowy zlokalizowany w Poznaniu w okolicach Starego Miasta (Rys. V.3.7.).



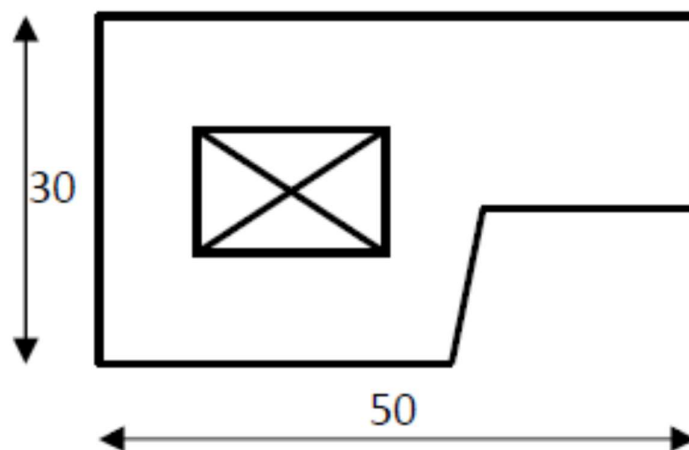
Rys. V.3.7. Schemat analizowanego budynku G

Obiekt zaprojektowano jako budynek średniowysoki o wysokości nieprzekraczającej 25 metrów. Zrealizowany w roku 2012. Budynek posiada pięć kondygnacji nadziemnych biurowo-sługowych i dwóch podziemnych z funkcją parkingową. Fasady dolnej części budynku oraz kondygnacji nadziemnych skomponowano jako matrycową strukturę pasów okiennych i partii nieprzeziernych, wykończonych elementami aluminiowymi i kamiennymi.

Na kondygnacjach nadziemnych zlokalizowano otwarte powierzchnie biurowe do wynajęcia. Całkowita powierzchnia biurowa wynosi około 15 000 m<sup>2</sup>, a typowa kondygnacja to około 2 800 m<sup>2</sup>. Lokalizacja urządzeń technologicznych instalacji wentylacyjno-klimatyzacyjnej oraz elektrycznej obsługującej powierzchnie wynajmowane daje możliwość elastycznego podziału tych powierzchni na kilka stref najmu. W obrębie trzonów klatek schodowych i dźwigów zaprojektowano zespoły sanitarne, pomieszczenia sieciowe, rozdzielni piętrowych oraz szachty instalacji technologicznych. W budynku zaprojektowano dwie klatki schodowe wyposażone w 6 dźwigów. Cały obiekt składa się z budynku wykonywanego w technologii żelbetowej monolitycznej.

### Budynek H

Budynek biurowy zlokalizowany w Gdyni w strefie przybrzeżnej (Rys. V.3.8.).



Rys. V.3.8. Schemat analizowanego budynku H

Projekt wyłoniony w ramach procedury konkursowej miasta i inwestora. Budynek biurowy wraz z budynkiem hotelowym stanowi spójny kompleks.

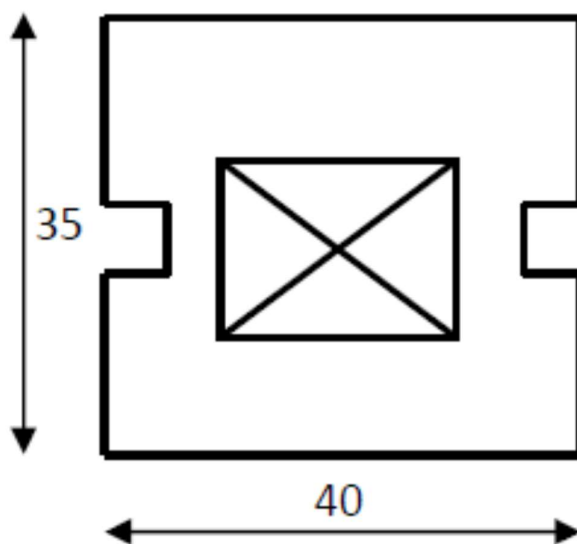
Całość podpiwniczona jest wspólnym podziemiem, wykraczającym poza obrys budynków i obejmującym prawie cały teren lokalizacji. Mieści ono plac dostaw, wielostanowiskowy



garaż, pomieszczenie techniczne i gospodarcze. Budynek biurowy jest jedenastokondygnacyjnym, całkowicie podpiwniczonym budynkiem wysokim. Projekt zakłada maksymalne otwarcie obiektu przeszklonymi fasadami na poziomie parteru i pierwszego piętra w celu możliwie najsilniejszego powiązania przestrzeni wewnętrznej budynku z zewnętrzną przestrzenią publiczną. Wszystkie kondygnacje nadziemnie mieszczą powierzchnie biurowe w postaci otwartych przestrzeni otaczających trzon komunikacyjny z zapleczem sanitarnym. Zasada wolnego rzutu pozwala na swobodne kształtowanie powierzchni biurowej. Na najwyższej, jedenastej kondygnacji znajduje się taras widokowy i pomieszczenia techniczne. Komunikacja pionowa oparta jest o trzon centralny z dwoma klatkami schodowymi, czterema windami i zespołem szachtów instalacyjnych.

### **Budynek I**

Budynek wysokościowy I zlokalizowany został w centrum Poznania w okolicy Starego Miasta (Rys. V.3.9.).



Rys. V.3.9. Schemat analizowanego budynku I

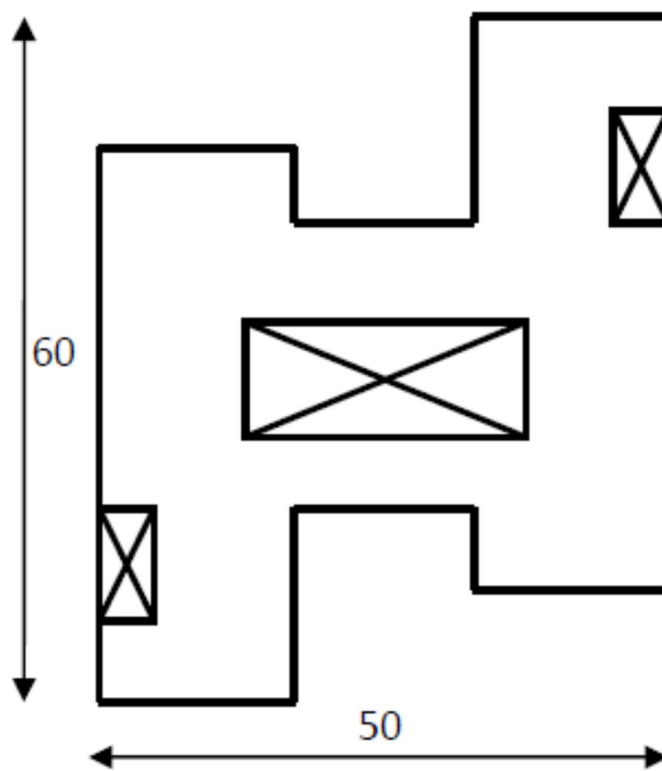
Obiekt jest częścią większego kompleksu budynków biurowo hotelowych o zróżnicowanej wysokości, wszystkie budynki stanowią jednorodny kompozycyjnie zespół przestrzenny, którego kulminacyjną i najwyższą dominantą będą dwa budynki wysokościowe biurowo-usługowo-mieszkalne.

Podstawowym przeznaczeniem jest funkcja biurowa wraz z usługami na kondygnacjach niższych, typowa kondygnacja biurowa ma około 2 800 m<sup>2</sup>, cały budynek oferuje ponad

30 000 m<sup>2</sup>. Obiekt posiada 29 kondygnacji nadziemnych oraz 3 kondygnacje podziemne, o funkcji garażowej, całkowita wysokość budynku to 116 metrów. Konstrukcja budynku w przeważającej części monolityczna. Budynek o rzucie zbliżonym do kwadratu tworzy formy w pełni przeszklonych prostopadłościanów, z partią dachową akcentowaną dwukondygnacyjną formą poziomych żaluzji oraz wertykalnym podziałem partii przeszkleń, jak również pionowym ryzalitem zachodniej części fasady. Elewacje budynków zaprojektowano w konstrukcji aluminiowej ściany kurtynowej. Zastosowano dwa typy ścian – słupowo-ryglową w części wschodniej oraz tzw. semi-strukturę w części zachodniej. Na ostatniej kondygnacji oraz na jednej z kondygnacji pośrednich zrealizowano poziomy techniczne.

### Budynek J

Budynek J jest częścią zespołu dziewięciu budynków biurowo-usługowych i hotelu (Rys. V.3.10.). Obiekt zlokalizowany w północnej części Wrocławia, z doskonałym dostępem do środków komunikacji publicznej. Budynek został zaprojektowany jako modułowy, z wykorzystaniem wspólnej siatki konstrukcyjnej kompleksu. Budynek w kształcie litery H posiada centralnie umieszczony trzon techniczno-sanitarny. Zaprojektowano trzy ewakuacyjne klatki schodowe, jedną w trzonie i po jednej w skrzydłach budynku.

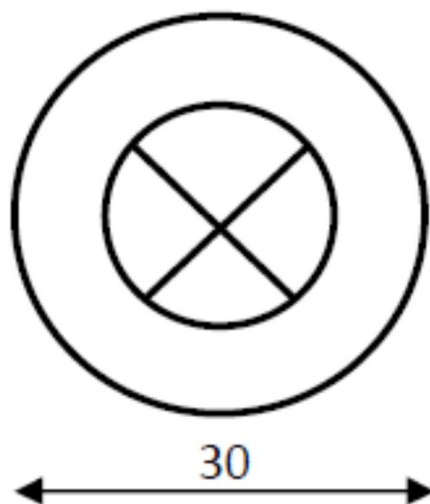


Rys. V.3.10. Schemat analizowanego budynku J

Rozwiązanie trzonu techniczno-sanitarnego jest powtarzalne dla każdego piętra. Zawiera on ewakuacyjną klatkę schodową, węzły sanitarne, windy wraz z holem oraz szachty instalacyjne. Budynek posadowiony na wspólnej hali garażowej z pozostałymi budynkami w kompleksie, wysokość nie przekracza 25 metrów, posiada 6 kondygnacji nadziemnych oraz jedną podziemną, pełniącą funkcję garażową oraz grupującą część pomieszczeń technicznych. Budynki zaprojektowano w systemie żelbetowej konstrukcji prefabrykowanej. Obiekt jest budynkiem biurowo-usługowymi na wynajem, typowa kondygnacja ma około 1700m<sup>2</sup> powierzchni wynajmowanej, każda kondygnacja w zależności od uwarunkowań rynku może zostać podzielona na określoną liczbę najemców. Systemy oszczędzania wody i energii, kontroli środowiska wewnętrznego oraz starannie dobrane materiały budowlane spełniają założenia zrównoważonego rozwoju i zgodności z certyfikacją ekologiczną LEED.

### **Budynek K**

Budynek biurowy K zlokalizowany jest w Poznaniu w obrębie Starego Miasta (Rys. V.3.11.).



Rys. V.3.11. Schemat analizowanego budynku K

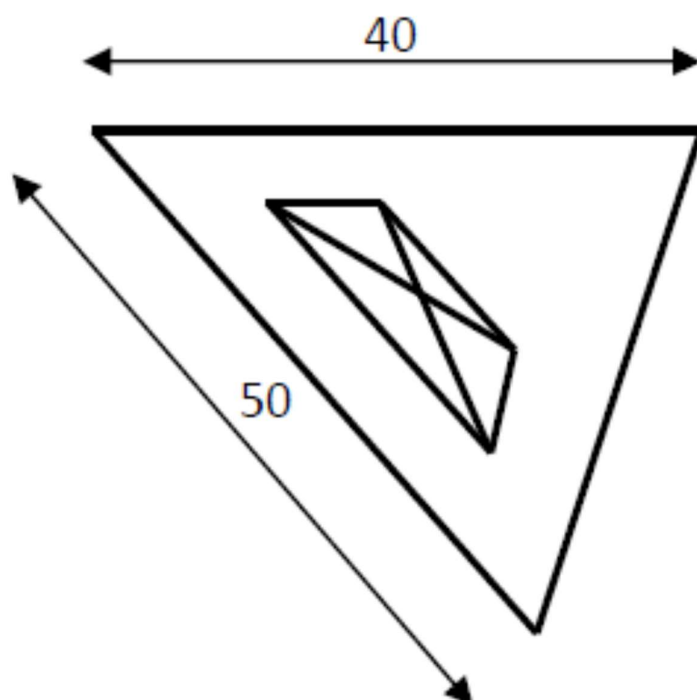
Zbudowany w latach 50-tych, na planie koła, jest przykładem powojennej architektury modernistycznej w Polsce. Jest obiektem zabytkowym, otoczonym ochroną konserwatorską. Budynek składa się z jednej kondygnacji podziemnej oraz dziesięciu kondygnacji nadziemnych. Wysokość budynku to 38 metrów.

Przeważająca funkcja budynku to biura, typowa kondygnacja biurowa to około 880 m<sup>2</sup>. Usługi zlokalizowano na parterze. Część podziemna to w znacznej części pomieszczenia

techniczne. Budynek został wykonany w konstrukcji żelbetowej, z niewielkim udziałem elementów prefabrykowanych. Elewację budynku stanowią powtarzalne, rytmicznie rozstawione po obwodzie budynku, pionowe elementy betonowych „żyletek”. Rozstaw ich wynika z modularności konstrukcji budynku - promieniście rozchodzących się żeber stropów.

### **Budynek L**

Budynek biurowy L jest to część wysokościowa kompleksu biurowo-komercyjnego (Rys. V.3.12.).



Rys. V.3.12. Schemat analizowanego budynku L

Wysokość głównej bryły budynku 90 m, część nadziemna zawiera 23 kondygnacje, a podziemna cztery, zlokalizowane na planie trójkąta. Budynek w części wysokiej pełni funkcje biurowe, typowa kondygnacja to 975 m<sup>2</sup>. Budynek zrealizowany w konstrukcji żelbetowej. Fasada budynku wykonana jest z okładziny kamiennej, obudowującej ślusarkę aluminiową.

## 3.2. Analiza wybranych parametrów budynków biurowych

### 3.2.1. Kształt budynku biurowego

Analiza tej kategorii ma na celu wskazanie najefektywniejszego kształtu nowoczesnego budynku biurowego. Analizuje się typową kondygnację powtarzalną jako piętro najbardziej reprezentatywne dla budynku. Kryterium to jest jednym z podstawowych parametrów definiujących budynek biurowy, kształt kondygnacji wynikający zwykle z formy architektonicznej obiektu, która często determinowana jest przez parametry działki. Kształt budynku ma także bardzo istotny wpływ na sposób aranżacji powierzchni biurowej, a także możliwości jej wykorzystywania przez różnych najemców.

Tabela V.3.1. – Zestawienie kształtu budynków

Analizowany budynek	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	procentowy udział obserwacji
<b>Kategoria kształtu</b>													
Budynek trzonowy na planie prostokąta	X				X				X				25%
Budynek trzonowy na planie trójkąta												X	8%
Budynek trzonowy na innym planie			X			X	X	X					33%
Budynek H kształtny										X			8%
Budynek C kształtny		X		X									18%
Budynek atrialny					X								
Budynek okrągły z wewnętrznym atrium											X		8%

W wyniku przeprowadzonej analizy stwierdzono, iż trudno wskazać optymalny kształt budynku, tym bardziej kształt preferowany przez deweloperów (Tab. V.3.1). Analiza pokazuje ponadto, iż najczęściej realizuje się budynki trzonowe (66% obserwacji), co wskazuje na fakt, iż preferowana jest realizacja komunikacji pionowej wewnątrz budynku, rzadziej występują obiekty, z klatkami schodowymi zlokalizowanymi na obwodzie budynku. Należy ponadto stwierdzić, iż wpływ na tę kategorię ma zbyt wiele czynników, a nadrzędnym jest geometria nieruchomości, jak również ograniczenia formalne na zabudowywanym obszarze. Nawet w przypadku działek rozległych, bez ograniczeń natury przestrzennej, deweloperzy realizują różne formy projektów, bazując na swoich doświadczeniach biznesowych.

### 3.2.2. Komunikacja pionowa - ilość klatek schodowych

Analiza (Tab. V.3.2) ma na celu pokazanie sposobu rozwiązania komunikacji pionowej w budynkach. Ilość i lokalizacja klatek jest determinowana przez przepisy związane z ewakuacją ludzi, a co za tym idzie przez odległości od miejsc pracy do dróg ewakuacyjnych. Z punktu widzenia biznesowego lokalizacja i układ klatek schodowych może wynikać z chęci ich wykorzystania do komunikacji pomiędzy piętrami, tym niemniej podstawą komunikacji pozostają windy. Trzony komunikacyjne, skupiające zarówno windy jak i biegi schodowe oraz klatki ewakuacyjne. Porównanie to ma na celu wskazanie optymalnej ilości trzonów komunikacyjnych oraz ilości klatek schodowych. Zarówno w ramach głównych trzonów, gdzie znajdują się także windy, jak i samych klatek ewakuacyjnych.

Tabela V.3.2.– Analiza metod komunikacji pionowej

Sposób komunikacji pionowej	Trzony komunikacyjne			Dodatkowe klatki ewakuacyjne			
	Budynek	1	2	podwójny	1	2	3
A				X			
B	X					X	
C				X			
D	X					X	
E		X			X		
F				X			
G		X					
H				X			
I				X			
J	X					X	
K				X			
L	X					X	
<b>procentowy udział obserwacji</b>	33%	17%		50%			

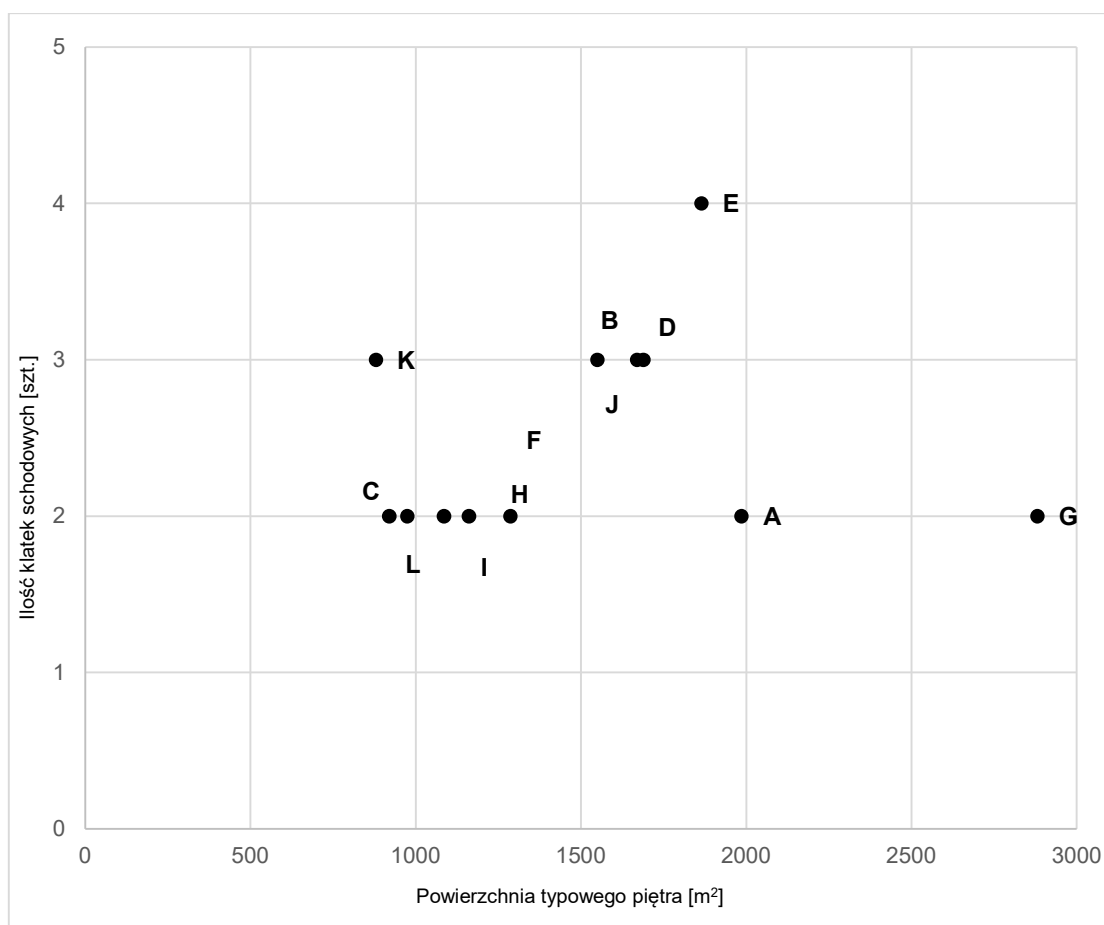
W wyniku analizy (Tab. V.3.2.) stwierdzono, że w przeważającej większości budynki realizowane z wykorzystaniem jednego trzonu komunikacyjno-windowego, który często ma wewnątrz dwie klatki schodowe, pełniące funkcje ewakuacyjne (83% obserwacji). W przypadku pojedynczej klatki schodowej w trzonie głównym zwykle pojawiają się dodatkowe wolnostojące klatki ewakuacyjne, jest to rozwiązanie typowe dla budynków o kondygnacjach wielkopowierzchniowych. Z punktu widzenia finansowego elementy

komunikacji pionowej są pozycjami kosztotwórczymi, zarówno ze strony konstrukcyjnej, jak i zainstalowanych w nich urządzeń.

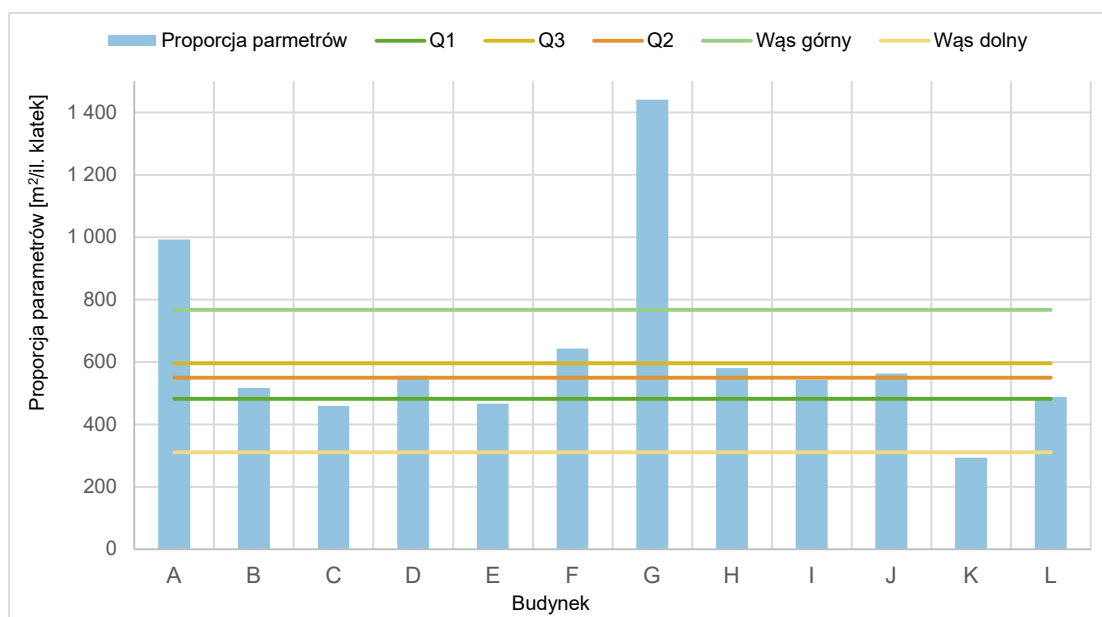
### 3.2.3. Zależność ilości klatek schodowych od powierzchni piętra

Komunikacja pionowa w budynkach realizowana jest w przeważającej większości poprzez windy, które są szybsze i wygodniejsze dla najemców. Obecne tendencje wielu osób do zdrowego trybu życia spowodowały, iż znaczenie więcej osób korzysta z klatek schodowych. Dodatkowo wykorzystywane są one do komunikacji pomiędzy piętrami w przypadku najemców wynajmujących ponad jedną kondygnację.

Jednakże ilość klatek schodowych i ich lokalizacja wynika bezpośrednio z przepisów związanych z ewakuacją ludzi i jest ściśle określona co do ich ilości, odległości od miejsc pracy jak i geometrii samej klatki schodowej.



Rysunek V.3.3. – Analiza ilości klatek schodowych w parametrze powierzchni piętra



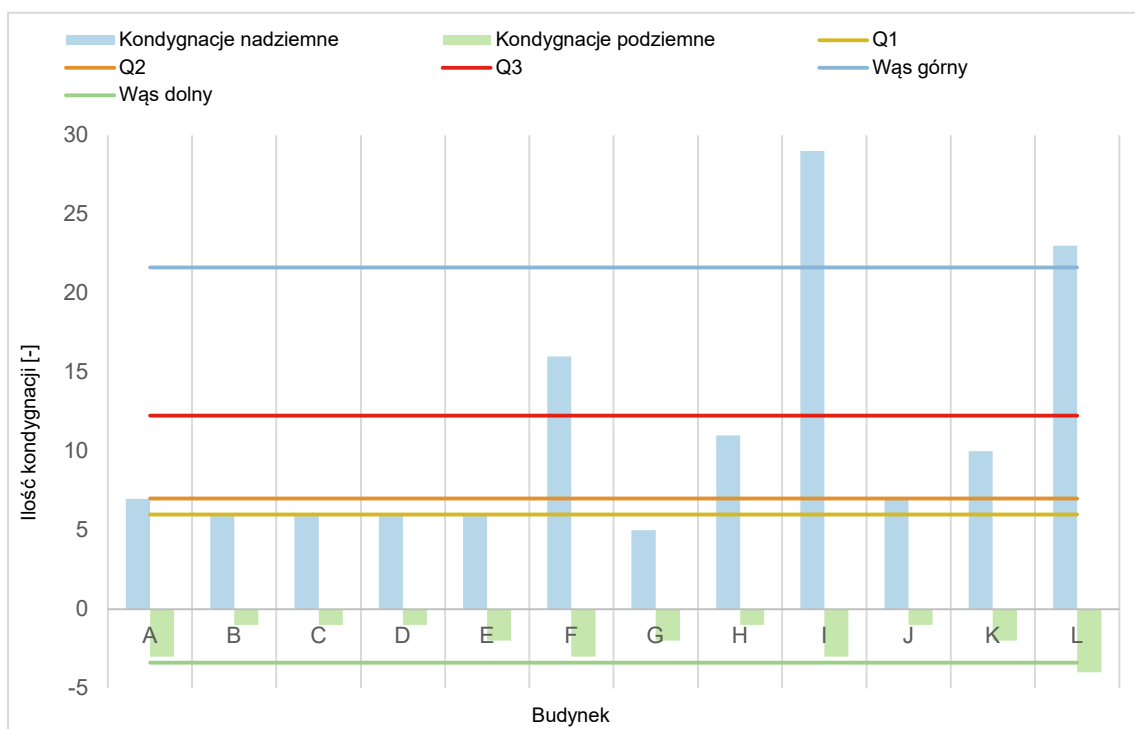
Rysunek V.3.4. Analiza ilości klatek schodowych w parametrze powierzchni piętra - proporcja parametrów

Dla zebranych obserwacji wyznaczono medianę oraz górny i dolny kwartyl, a na ich podstawie rozstęp międzykwartyłowy (IQR). Jak widzimy na wykresie (Rys. V.3.3) dwie obserwacje (A, G) są obserwacjami ekstremalnymi, tj. wykraczają poza kwartyle o wartość  $3 \cdot \text{IQR}$ . Obydwie także znacząco przekraczają górny wąs, dlatego też nie zostały przyjęte do analizy. Po wyeliminowaniu obserwacji odbiegających, powyższa analiza (Rys. V.3.4) potwierdza wniosek, iż wraz ze zwiększeniem się powierzchni kondygnacji rośnie ilość klatek schodowych. Jednocześnie można zauważyć, iż nie pojawiły się w analizie kondygnacje na poziomie 1 200-1 500 m<sup>2</sup>, co potwierdza, iż w przypadku takiej powierzchni realizacja dwóch klatek schodowych byłaby ekonomicznie nieuzasadniona. Dlatego tworzy się kondygnacje większe, tym samym dodając dodatkową klatkę. Od niższych parametrów odbiega budynek zabytkowy K.

### 3.2.4. Ilość kondygnacji budynku

W ramach tego kryterium porównano istotny parametr jakim jest ilość kondygnacji budynku (Rys. V.3.5). To kryterium jest wynikiem oczekiwań inwestora co do intensywności zabudowy nieruchomości (szczególnie w przypadku mniejszych działek) i możliwości formalnych (ograniczenia planistyczne), a oczekiwaną powierzchnią biurową. Należy się spodziewać, iż czym droższa jest nieruchomość tym oczekiwana jest większa powierzchnia wynajmowana, tym samym często większa ilość kondygnacji.





Rysunek V.3.5. Ilość kondygnacji budynku

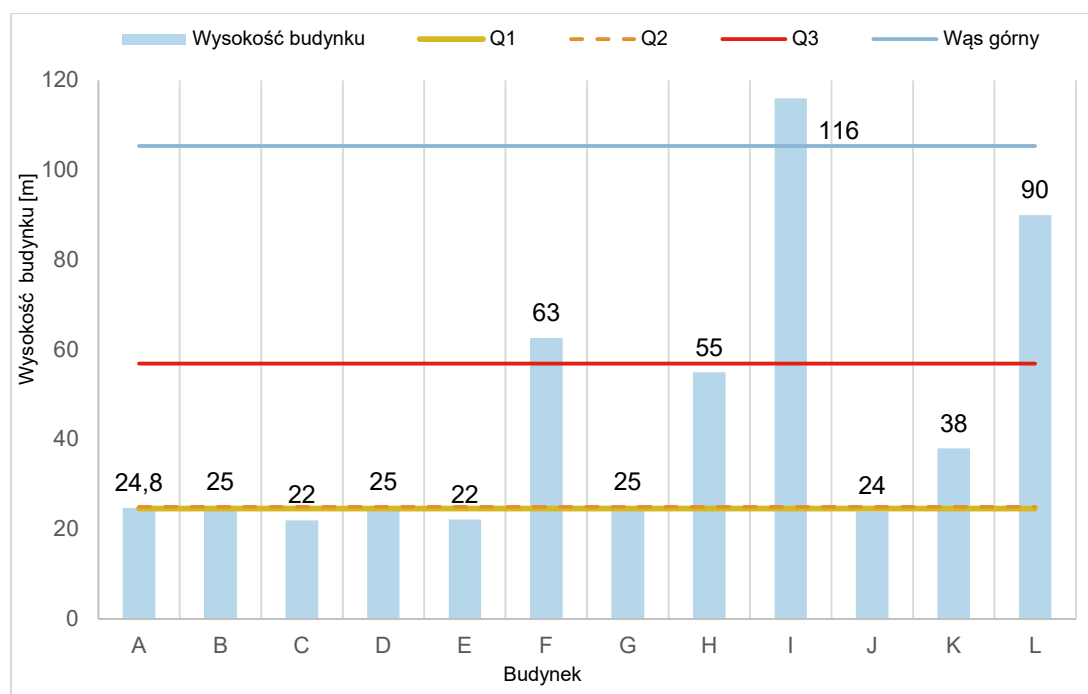
Dla zebranych obserwacji wyznaczono medianę oraz górny i dolny kwartył, a na ich podstawie rozstęp międzykwartyłowy (IQR). Jak widzimy na wykresie (Rys. V.3.5) jedna obserwacja jest obserwacją ekstremalną, tj. wykraczającą poza kwartyły o wartość  $3 \cdot \text{IQR}$ . Jedna obserwacja jest minimalnie odstająca, przekracza górny wąs o wartość  $1/6 \text{ IQR}$ , jednak z uwagi na wielkość odchylenia zdecydowano się na uwzględnienie jej w analizie. Analizując powyższy wykres (Rys. V.3.5) wartość mediany pozwala nam stwierdzić, że wysokością średnią jest wysokość 7-kondygnacji nadziemnych. Ponadto należy wskazać na poniższe wnioski:

- Budynki wysokie (tj. powyżej 25 metrów) powstają zwykle w lokalizacjach centralnych miast. Wynika to z faktu, iż koszt nieruchomości jest znaczącym składnikiem budżetu inwestycji, tym samym konieczna jest realizacja maksymalnie dużej powierzchni biurowej.
- Budynki powstające na dużych nieruchomościach oraz poza centrami biznesowymi zwykle nie przekraczają wysokości 25 metrów, co podyktowane jest wymaganiami Warunków Technicznych. Przekroczenie granicy 25 metrów wiąże się z klasyfikacją budynku jako SW, tym samym pojawia się szereg wymagań, dyktowanych chociażby kwestie pożarowe i ewakuacji z budynku.

Naturalnym jest także fakt, iż ilość kondygnacji podziemnych wzrasta wraz z wysokością budynku, co ma oczywisty związek ze zwiększoną powierzchnią biurową i tym samym oczekiwaną liczbą miejsc parkingowych w podziemiu.

### 3.2.5. Analiza wysokości budynku

Wysokość budynku jest pochodną poprzedniej kategorii (V.3.2.4.). Naturalnym jest bezpośredni wpływ ilości kondygnacji na wysokość obiektu. Wysokość budynku jest także niezwykle ważnym parametrem, mającym wpływ na celowość realizacji zadania. Należy zauważyć, iż budynek wysoki, to często prestiżowa lokalizacja, zwykle budynki wysokie to także obiekty o wyjątkowej architekturze. Ponadto budynek wysoki to zwykle duża powierzchnia użytkowa, tym samym projekt staje się istotnym z punktu widzenia lokalnego rynku biurowego.



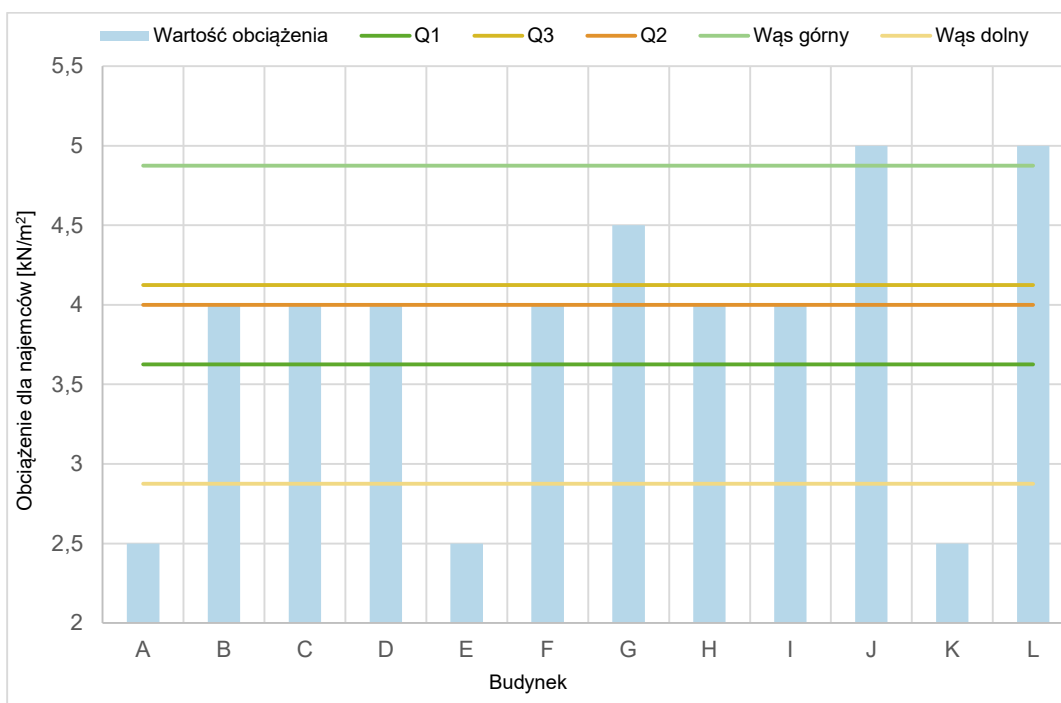
Rysunek V.3.6. Analiza wysokości budynków

Dla zebranych obserwacji wyznaczono medianę oraz górny i dolny kwartył, a na ich podstawie rozstęp międzykwartyłowy (IQR). Jak widzimy na wykresie (Rys. V.3.6.) jedna obserwacja (I) jest obserwacją ekstremalną, tj. wykraczającą poza kwartyły o wartość  $3 \cdot \text{IQR}$ . Poza tą jedną obserwacją pozostałe mieszczą się między dolnym a górnym wąsem, co pozwala wszystkie obserwacje przyjąć do analizy. Wartość mediany pozwala nam stwierdzić,

że wartością średnią jest wysokość 25 metrów, co jest tożsame z klasyfikacją ich jako obiekty średnio wysokie (według Warunków Technicznych). Tym samym obowiązują dla nich mniej rygorystyczne wymagania odnośnie przepisów przeciwpożarowych i ewakuacji. W przypadku przekroczenia tej granicy, nie jest uzasadnionym wysokość w przedziale 30-40 m, celuje się w obiekty wyższe, tym samym zwiększone koszty związane z wymogami formalnymi, równoważone są przez uzyskanie większej powierzchni wynajmowanej.

### 3.2.6. Dopuszczalne obciążenie dla najemców na powierzchni najmu

Analiza tej kategorii ma na celu wskazanie dopuszczalnego obciążenia na powierzchni biurowej przez najemców. Są to w większości przypadków obciążenia użytkowe, generowane przez elementy aranżacji, takie jak umeblowanie oraz pracownicy. Największym wyzwaniem w tej kategorii jest lokalizacja pomieszczeń serwerowni, gdzie często instaluje się szafy serwerowe oraz akumulatory systemów UPS, o znacznej wadze. Podobne sytuacja wygląda z instalacją archiwów z regałami magazynowymi. Kategoria jest zatem istotna ze względu na fakt, iż nowoczesna powierzchnia biurowa musi być elastyczna i umożliwiać montaż wszechstronnego wyposażenia, a to jak wspomniano wyżej czasami wiąże się z dodatkowymi obciążeniami.

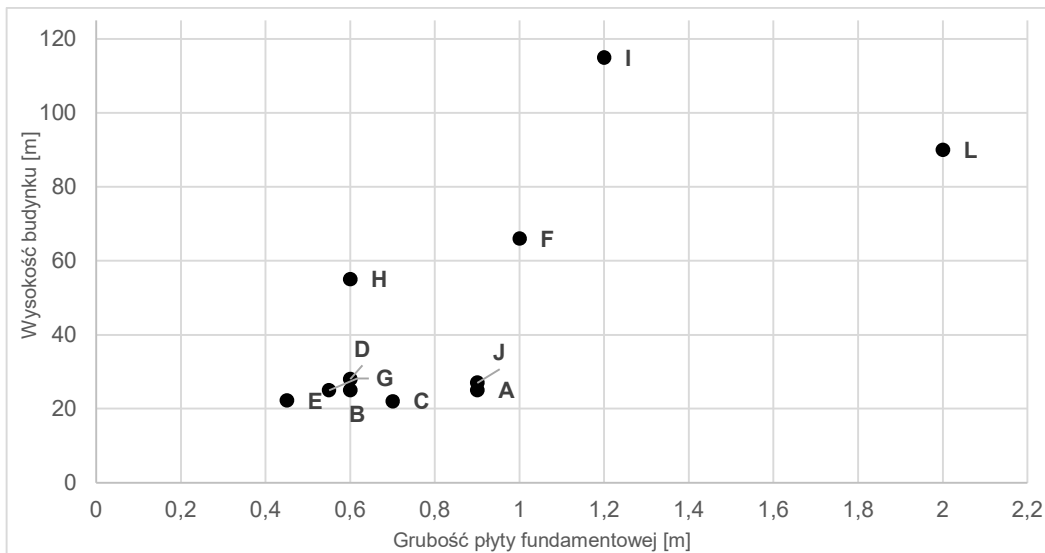


Rysunek V.3.7. Analiza obciążenia powierzchni wynajmowanej

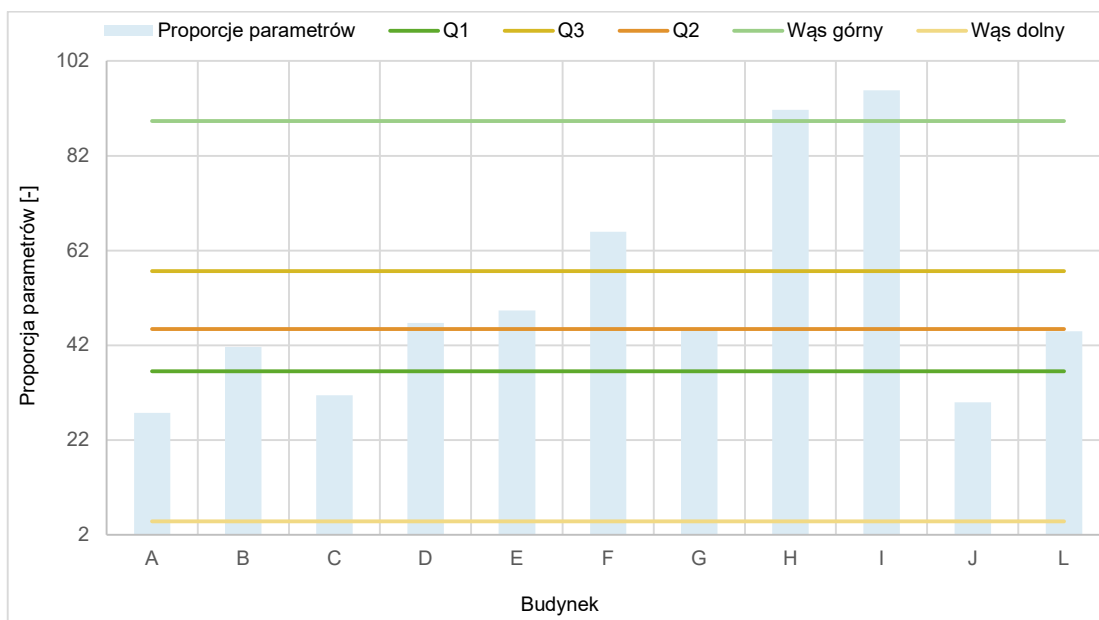
Dla zebranych obserwacji wyznaczono medianę oraz górny i dolny kwartył, a na ich podstawie rozstęp międzykwartyłowy (IQR). Jak widzimy na wykresie (Rys. V.3.7) trzy obserwacje (A, E, K) są obserwacjami ekstremalnymi, tj. wykraczającą poza kwartyły o wartość  $3 \cdot \text{IQR}$ , nie będą one przedmiotem analizy. Dwie obserwacje (J, L) są minimalnie odstające, przekraczają górny wąs o wartość  $0.4 \cdot \text{IQR}$ , jednak z uwagi wielkość odchylenia zdecydowano się na uwzględnienie ich w analizie. Wartość mediany pozwala nam stwierdzić, że wartością średnią obciążenia są  $4 \text{ kN/m}^2$ . Doświadczenie pokazuje, iż jest to parametr w zupełności wystarczający dla prawidłowej aranżacji powierzchni biurowej. Jedynym problemem w przypadku realizacji aranżacji są obszary serwerowni, których wyposażenie w szafy typu *rack* oraz baterie UPS mogą spowodować miejscowe przekroczenie dopuszczalnych obciążeń. Rozwiązaniami najczęściej stosowanymi są tutaj lokalizacje pomieszczeń w strefach przypodporowych stropów, lub lokalne wzmocnienia konstrukcji np. włóknami węglowymi.

### **3.2.7. Zależność grubości płyty fundamentowej od wysokości budynku**

W ramach analizy tej kategorii porównana zostanie grubość elementu posadowienia budynku biurowego (płyta fundamentowa - przyjęto jej grubość na podstawie przekrojów konstrukcyjnych w miejscach typowych) do wysokości całkowitej budynku biurowego. Płyty to standardowe rozwiązanie w przypadku tego typu budynku, wielkość trzonów komunikacyjnych i regularna siatka oparta na słupach najlepiej współpracują z płytami. Z racji wielkości budynków, fundamenty stanowią znaczący koszt w skali projektu, tym samym parametr jej grubości, tym samym objętość jej konstrukcji ma znaczący wpływ na projekt.



Rysunek V.3.8. Analiza wysokości budynku i grubości płyty fundamentowej

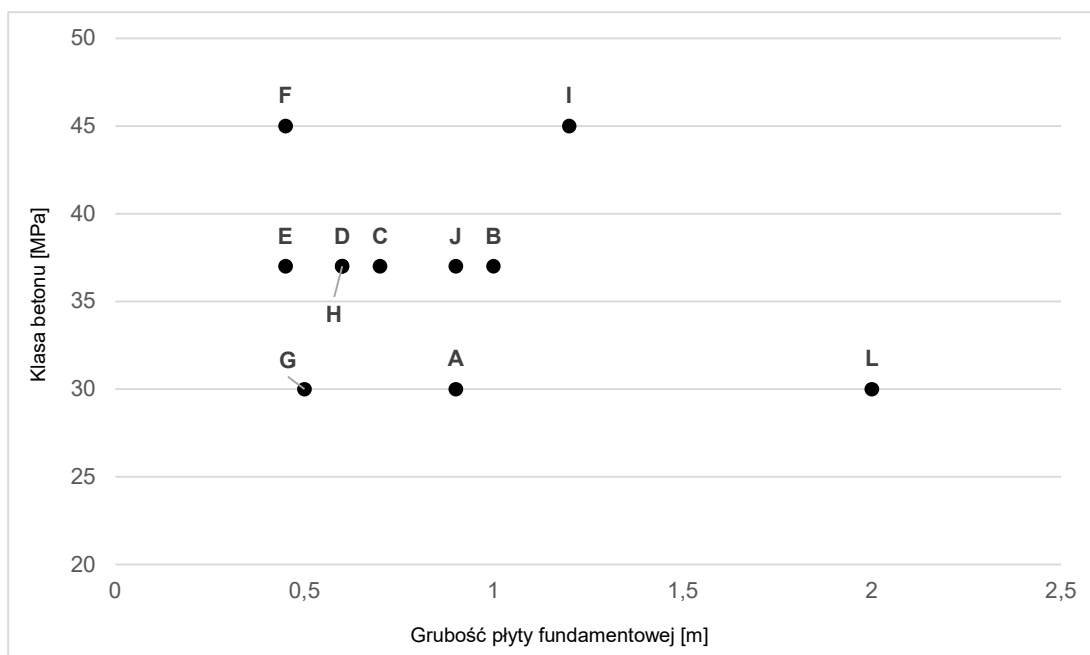


Rysunek V.3.9. Analiza wysokości budynku i grubości płyty fundamentowej

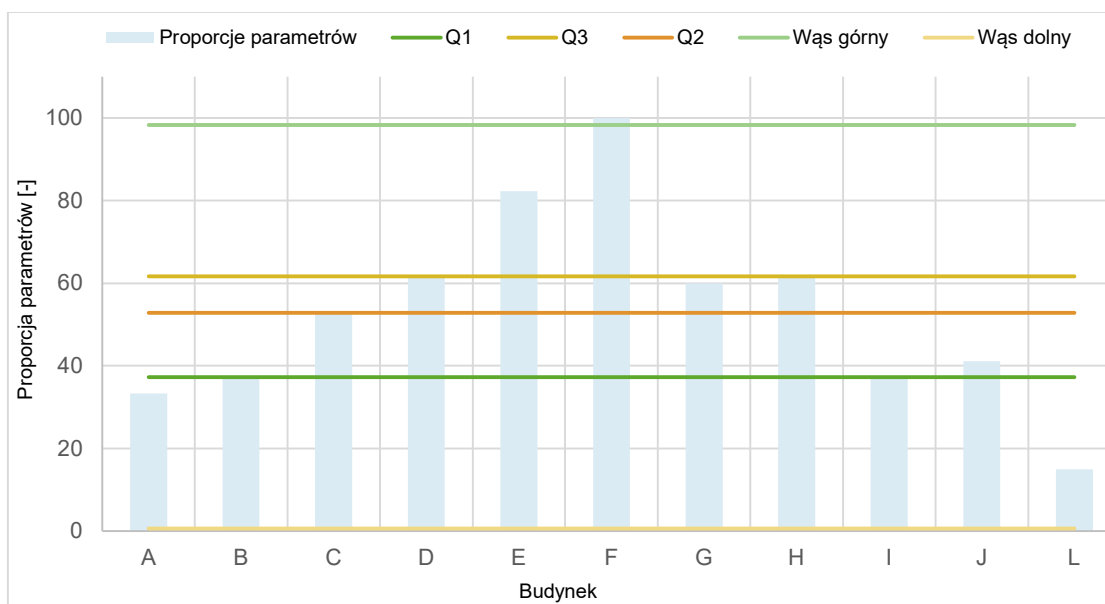
Dla zebranych obserwacji wyznaczono medianę oraz górny i dolny kwartył, a na ich podstawie rozstęp międzykwartyłowy (IQR). Jak widzimy na wykresie (Rys. V.3.8 i V3.9) jedna obserwacja (I) jest obserwacją ekstremalną, tj. wykraczającą poza kwartyły o wartość  $3 \cdot \text{IQR}$ , nie będzie ona przedmiotem analizy. Wartość mediany i analiza (Rys. V.3.9) wskazuje, iż w przypadku budynków o wysokościach standardowych około 25 metrów grubość płyty mieści się w przedziale 0,5-0,9 m grubości, różnicowanie zależy od przyjętych rozwiązań konstrukcyjnych. W przypadku budynków wysokich wzrost wysokości wiąże się ze zwiększeniem grubości płyty, co wynika ze znaczących obciążeń przenoszonych w przypadku budynków wysokich.

### 3.2.8. Zależność klasy stosowanej mieszanki betonowej od grubości płyty fundamentowej

Analiza tej kategorii ma na celu porównanie grubości typowego elementu posadowienia budynku biurowego (płyta fundamentowa - przyjęto jej grubość na podstawie przekrojów konstrukcyjnych w miejscach typowych) z klasą betonu, jaka jest projektowo przyjęta do realizacji.



Rysunek V.3.10. Analiza grubości płyty fundamentowej i klasy stosowanej mieszanki

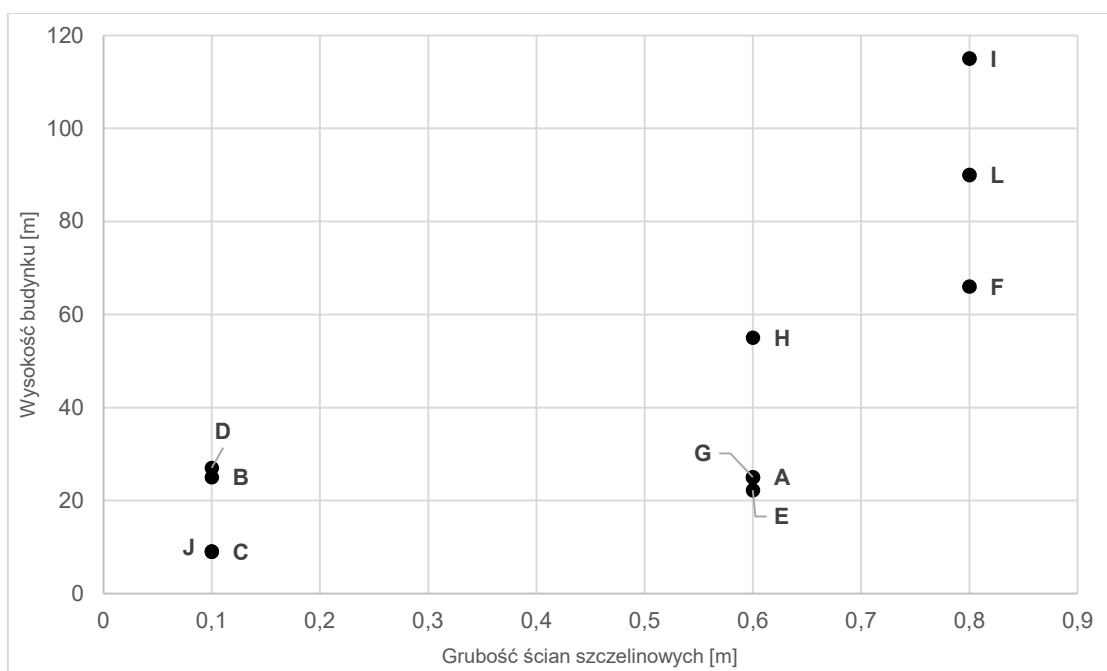


Rysunek V.3.11. Analiza grubości płyty fundamentowej i klasy stosowanej mieszanki – proporcja parametrów

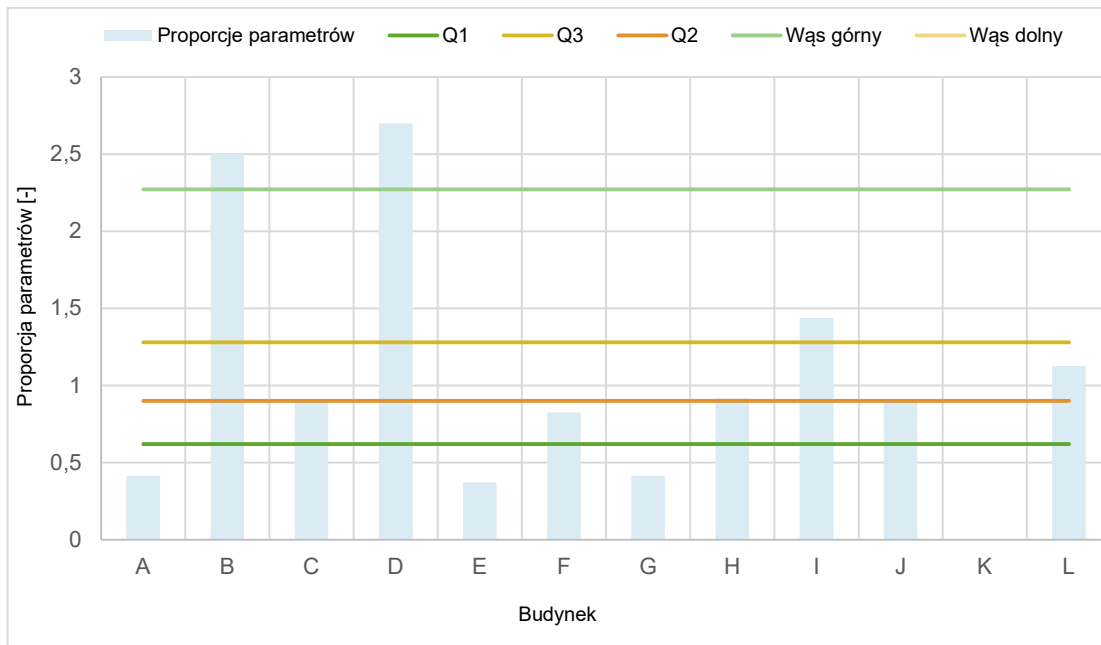
Dla zebranych obserwacji wyznaczono medianę oraz górny i dolny kwartyl, a na ich podstawie rozstęp międzykwartyłowy (IQR). Jak widzimy na wykresie (Rys. V.3.10 i V.3.11), żadna z obserwacji nie jest obserwacją ekstremalną, tj. wykraczającą poza kwartyle o wartość  $3 \cdot \text{IQR}$ , jak również odstającą. Wszystkie mieszczą się między dolnym i górnym wąsem, co pozwala wszystkie obserwacje przyjąć do analizy. W wyniku przeprowadzonej analizy (Rys. V.3.10 i V.3.11) stwierdzono, iż bez względu na obliczeniową grubość płyt fundamentowych zwykle wykorzystywana jest mieszanka klasy C30/37. Elementy te pracujące jako ściskane, zwiększone obciążenia w przypadku obiektów wysokich przenoszą poprzez odpowiednie kształtowanie zbrojenia i geometrii przekroju.

### 3.2.9. Zależność grubości ścian szczelinowych od wysokości budynku

Analiza tej kategorii ma na celu porównanie rozwiązań stosowanych w zakresie ścian szczelinowych i głębokości ich posadowienia z wysokością projektowanego budynku. Kryterium to jest istotne z punktu widzenia kosztów projektu, bez wątpienia realizacje projektów w formie otwartych wykopów (nawet z wykorzystaniem ścianki berlińskiej) jest znacząco tańsze niż jakiegokolwiek metody ścian szczelinowych czy szczelnych. Natomiast geometria nieruchomości i jej sąsiedztwo w połączeniu z głębokością posadowienia często jednoznacznie wskazują na konieczność stosowania technologii szczelinowych.



Rysunek V.3.12. Analiza grubości ścian szczelinowych oraz wysokości budynku



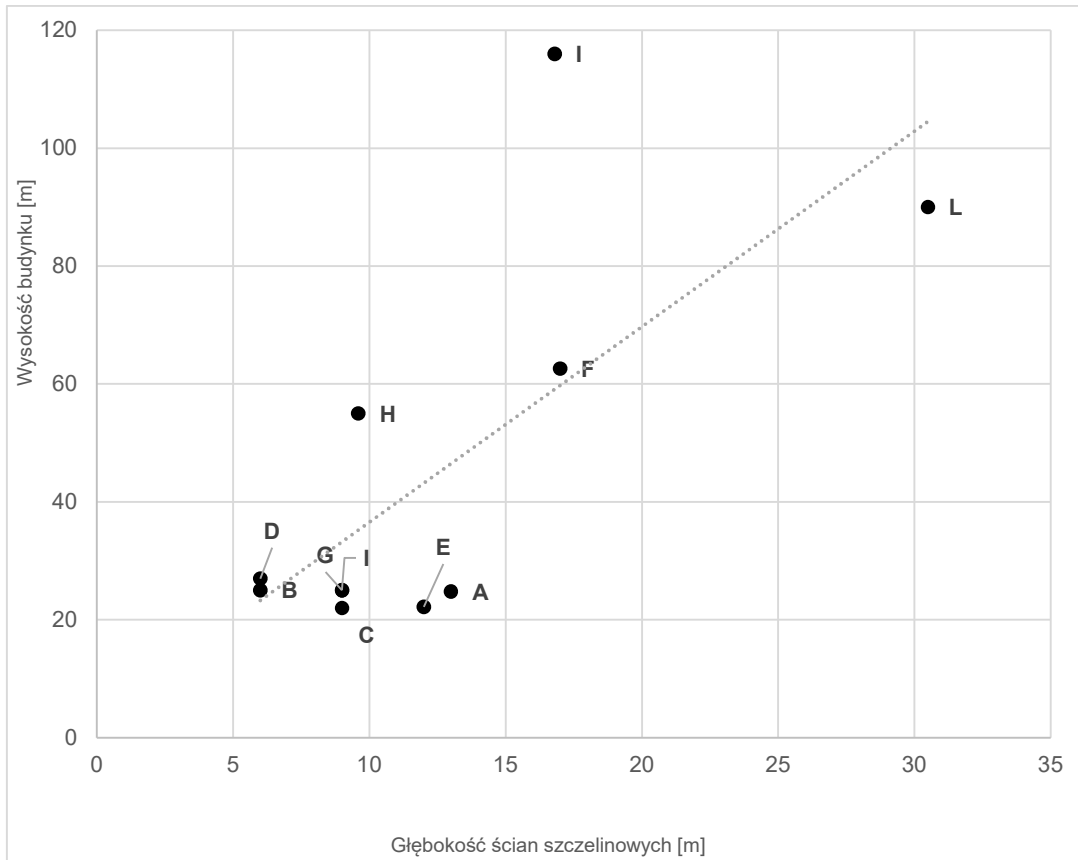
Rysunek V.3.13. Analiza grubości ścian szczelinowych oraz wysokości budynku – porównanie parametrów

Dla zebranych obserwacji wyznaczono medianę oraz górny i dolny kwartył, a na ich podstawie rozstęp międzykwartyłowy (IQR). Jak widzimy na wykresie (Rys. V.3.12 i V.3.13) dwie obserwacje (B,D) są obserwacjami ekstremalnymi, tj. wykraczającą poza kwartyły o wartość  $3 \cdot \text{IQR}$ . Z technicznego punktu widzenia rozbieżności wynikają z zastosowania innej technologii realizacji części podziemnej. W wyniku przeprowadzonej analizy (Rys. V.3.12 i V.3.13) stwierdzono, iż budynki o wysokości poniżej 25 metrów realizowane są dwójako w technologii ściany berlińskiej (gdy jest to możliwe ze względu na jedną kondygnację podziemną oraz geometrię działki pozwalającą na montaż opinki) lub w technologii ścian szczelinowych o grubości około 60 cm. Analizowane budynki wyższe mają konstrukcję ścian szczelinowych o grubości około 80 cm.

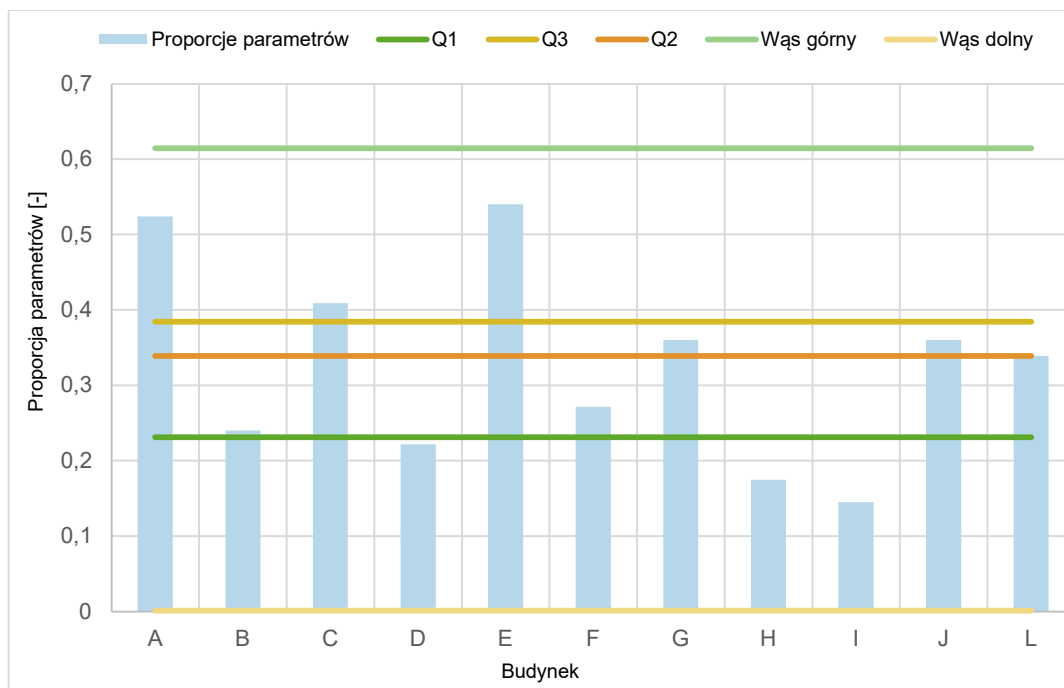
### 3.2.10. Zależność głębokości ścian szczelinowych od wysokości budynku

W ramach przeprowadzonej analizy porównane zostaną głębokość posadowienia ścian szczelinowych z wysokością budynku. Ściany szczelinowe, jako elementy konstrukcyjne, mają znaczący wpływ na realizację projektu. Są to prace bardzo skomplikowane i trudne do kosztorysowania, wykonywane zawsze przez specjalistyczne firmy. Realizacja obiektów szczególnie w gęstej tkance miejskiej niesie ponadto ryzyko napotkania na kolizje z infrastrukturą podziemną.





Rysunek V.3.14. Analiza grubości ścian szczelinowych i wysokości budynku

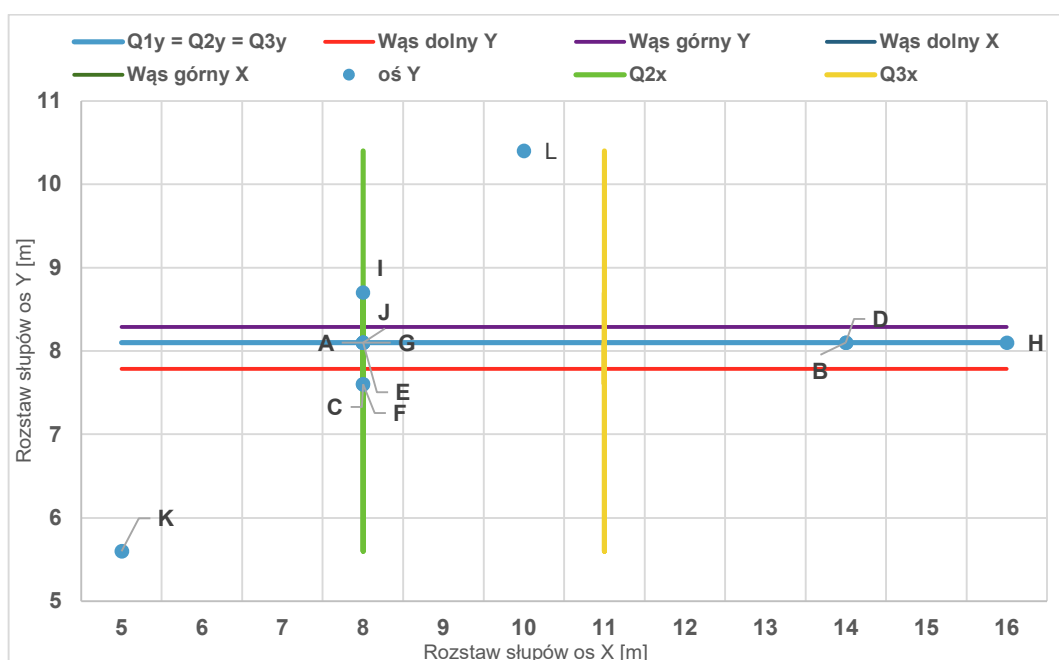


Rysunek V.3.15. Analiza grubości ścian szczelinowych i wysokości budynku – proporcje parametrów

Dla zebranych obserwacji wyznaczono medianę oraz górny i dolny kwartyl, a na ich podstawie rozstęp międzykwartyłowy (IQR). Jak widzimy na wykresie (Rys. V.3.15.), żadna z obserwacji nie jest obserwacją ekstremalną, tj. wykraczającą poza kwartyle o wartość  $3 \cdot \text{IQR}$ , jak również odstającą – wszystkie mieszczą się między dolnym i górnym wąsem, co pozwala wszystkie obserwacje przyjąć do analizy. W wyniku przeprowadzonej analizy (Rys. V.3.14) i analizując funkcję trendu dla badanej próby wraz ze zwiększaniem się wysokości budynku zwiększa się długość ścian szczelinowych. Funkcja wskazuje na proporcje na proporcje 1/3,5. Wraz ze wzrostem wysokości budynku o 3,5m wzrasta długość ścian szczelinowych o jeden metr. Ponadto dwukondygnacyjne hale garażowe wymagają zwykle mniej niż 15 metrów głębokości ścian szczelinowych, która też wystarczy celem zapewnienia nośności konstrukcji. Jednokondygnacyjne hale wiążą się z realizacją ścian o głębokości poniżej 10 metrów.

### 3.2.11. Układ siatki głównej słupów

Analiza przeprowadzona w części opisowej pracy potwierdza, iż polskie budownictwo biurowe opiera się praktycznie na konstrukcjach żelbetowych. Ze względu na funkcję podstawową ich konstrukcję stanowią słupy. Rozstaw siatki konstrukcyjnej wynika z przyjętej przez inwestora geometrii budynku oraz zastosowanych szczegółowych rozwiązań, a także możliwości nieruchomości, która determinuje często kształt budynku.



Rysunek V.3.16. Analiza układu siatek konstrukcyjnych

Dla zebranych obserwacji wyznaczono mediany oraz górne i dolne kwartyle, a na ich podstawie rozstępy międzykwartyłowy (IQR). Jak widzimy na wykresie (Rys. V.3.16.) w przypadku osi rzędnych cztery obserwacje C, F, I, L są obserwacjami ekstremalnymi, tj. wykraczają poza kwartyle o wartość  $3 \cdot \text{IQR}$ , nie będą one przedmiotem analizy. W przypadku osi odciętych analogiczna sytuacja będzie miała zastosowanie dla czterech obserwacji B, D, H, K. Ponadto powyższa analiza (Rys. V.3.16.) pokazuje, iż podstawowym wymiarem jest rozstaw siatki konstrukcyjnej wynoszący 8,1m. Jest to standardowy moduł pozwalający na rozsądną geometrię części podziemnej (szerokość miejsc parkingowych) jak również optymalną aranżację piętér biurowych wraz ze standardowym modułem fasadowym 135cm. Moduł ośmiometrowy występuje w przeważającej większości budynków minimum na jednej osi konstrukcyjnej, część budynków posiada na drugiej osi rozpiętości większe – kilkunastometrowe. Zaprezentowane wyniki pokazują w dwóch miejscach odstępstwa od opisanych wyżej reguł, ma to miejsce w przypadku budynku zabytkowego oraz bardzo wysokiego.

### 3.2.12. Sposób realizacji konstrukcji podstawowej budynku

Analiza ma na celu wskazanie sposobu realizacji konstrukcji nowoczesnego budynku biurowego. Porównanie przeprowadzone będzie dla dwóch najpopularniejszych technologii betonowych, monolitycznej i prefabrykowanej. Jest to niezwykle istotny element, decyzja odnośnie sposobu realizacji konstrukcji musi zostać podjęta przez inwestora na bardzo wczesnym etapie prac projektowych i będzie miała konsekwencje do ich końca. Wybór technologii będzie miał także wpływ na koszty inwestycji, w przypadku konstrukcji monolitycznej można także spodziewać się większej możliwości kształtowania powierzchni kondygnacji.

Tabela V.3.17. Analiza typu konstrukcji budynku

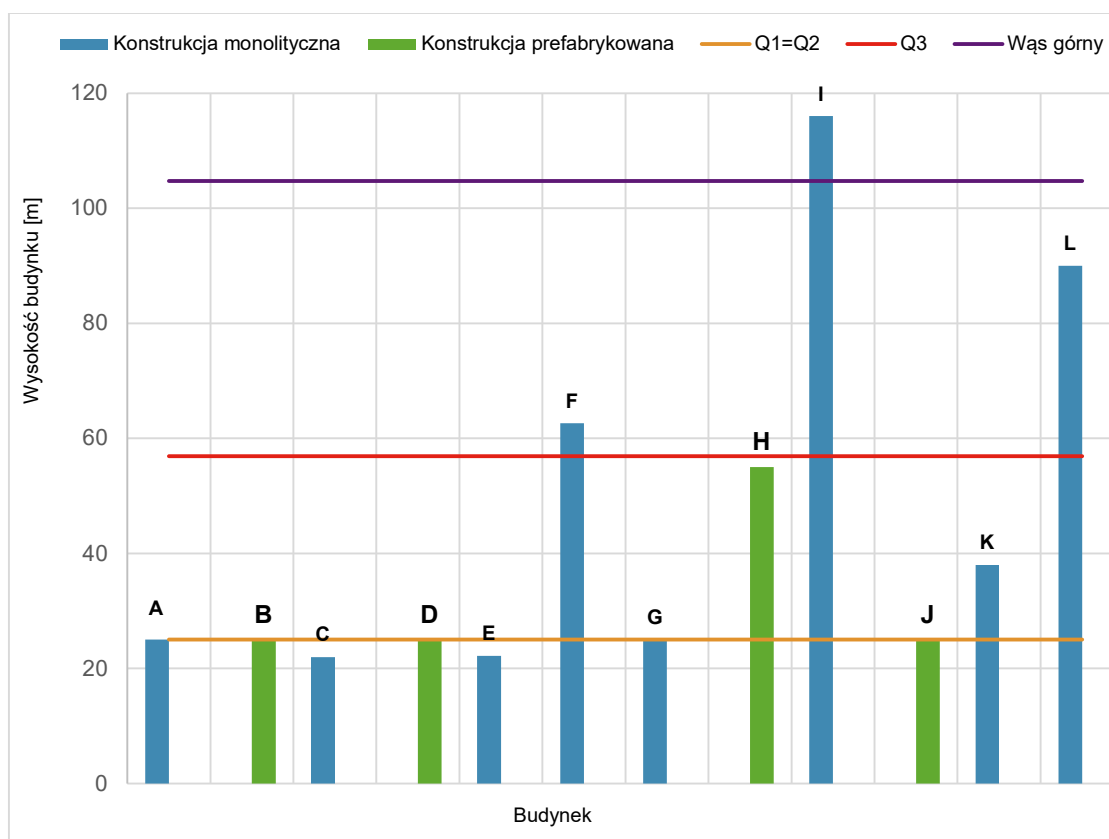
Analizowany budynek	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	procentowy udział obserwacji
<b>Typ konstrukcji</b>													
Konstrukcja monolityczna	X		X		X	X	X		X		X		58%
Konstrukcja prefabrykowana		X		X				X		X		X	42%

W wyniku przeprowadzonej analizy (Tab. V.3.17.) należy stwierdzić, iż trudno wskazać typowe rozwiązanie konstrukcji stosowanej w budownictwie biurowym. Wyniki pokazują podobny udział budynków prefabrykowanych (42%) jak i monolitycznych (58%) wśród

analizowanych projektów. Nieznaczna przewaga budynków monolitycznych nie pozwala na określenie tego rozwiązania jako typowego.

### 3.2.13. Wpływ konstrukcji budynku na jego wysokość

Analiza ma na celu wskazanie czy istnieje powiązanie pomiędzy wysokością budynku, a stosowanymi typami konstrukcji betonowych zarówno monolitycznych jak i prefabrykowanych.



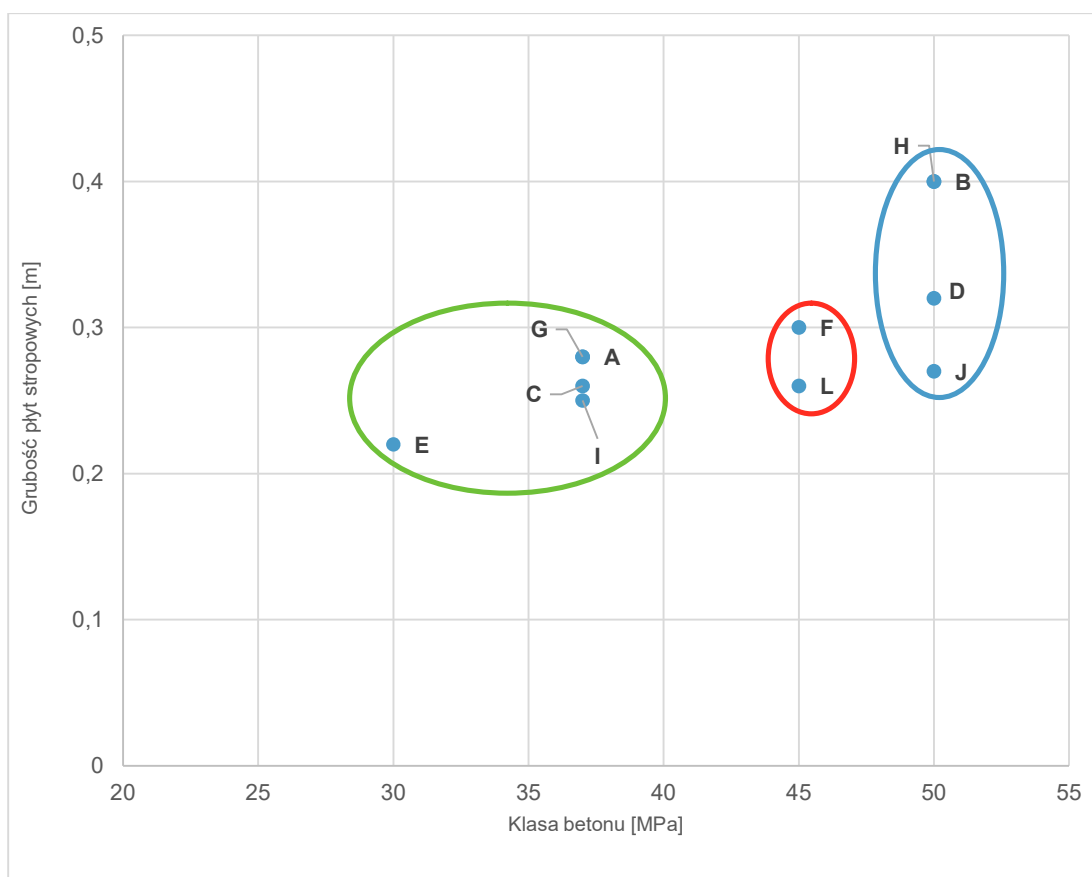
Rysunek V.3.18. Analiza typu konstrukcji i wysokości budynku

Dla zebranych obserwacji wyznaczono medianę oraz górny kwartył, a na ich podstawie rozstęp międzykwartyłowy (IQR). Jak widzimy na wykresie (Rys. V.3.18) jedna obserwacja (I) jest obserwacją ekstremalną, tj. wykraczającą poza kwartyły o wartość  $3 \cdot \text{IQR}$ , nie będzie ona przedmiotem analizy. Wartość mediany i analiza (Rys. V.3.18) wskazuje, iż budynki o wysokościach około 25 metrów realizowane są z wykorzystaniem obydwu technologii, wysokość nie jest w przypadku tych obiektów parametrem determinującym stosowane rozwiązania. Ponadto analiza potwierdza, iż budynki wysokościowe są realizowane

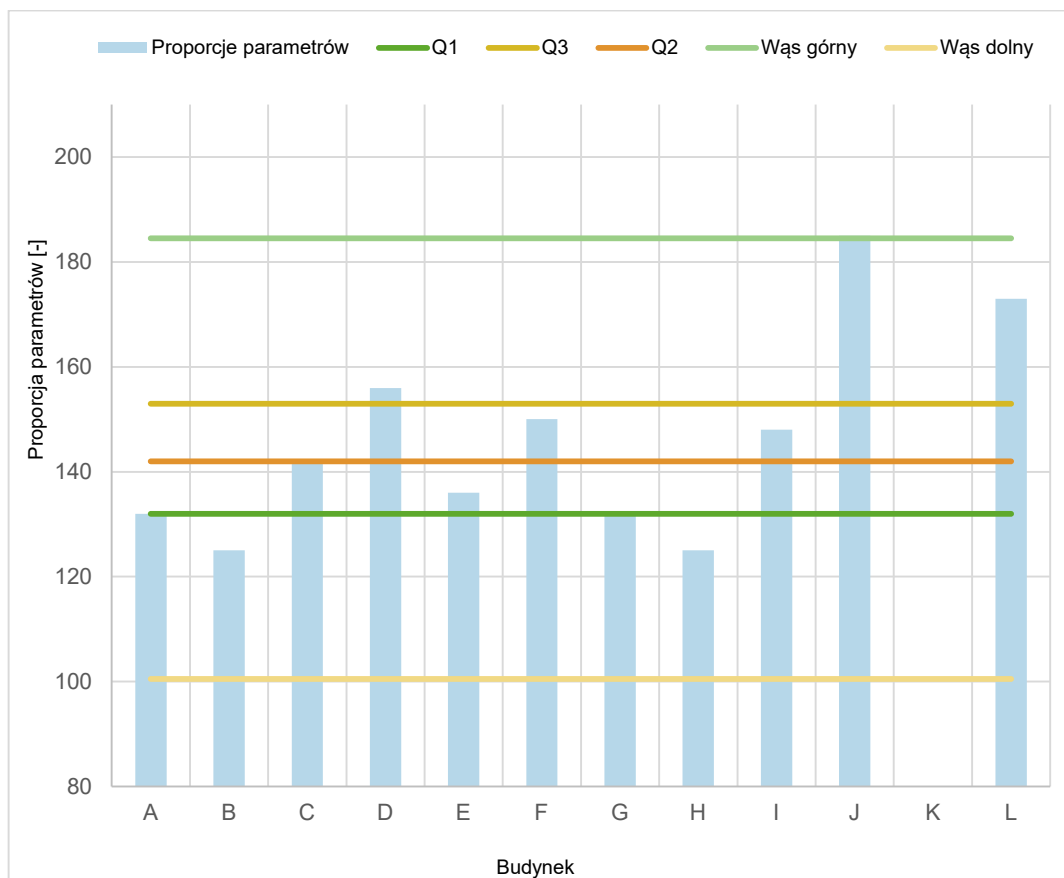
w konstrukcji monolitycznej, ma to związek z trudnościami montażowymi prefabrykatów wielkowymiarowych na dużych wysokościach i związanym z tym znacznym kosztem realizacji tych prac.

### 3.2.14. Zależność grubości elementów stropowych od klasy stosowanej mieszanki betonowej

Analiza tej kategorii ma na celu wskazanie zależności pomiędzy grubością elementów stropowych a klasą betonu, z którego są wykonane. Stropy w budynkach biurowych, szczególnie wysokich, stanowią istotny element w wysokości każdej kondygnacji. W przypadku budynku kilkunastokondygnacyjnego sumaryczna grubość elementów stropowych może wynosić ponad 2m, co ma wpływ na efektywną wysokość kondygnacji biurowych. W przypadku budynku o ograniczonej wysokości (np. kwestie planistyczne) stworzenie maksymalnej ilości optymalnych kondygnacji ma istotne znaczenie w realizacji projektu.



Rysunek V.3.19. Analiza grubości płyt stropowych oraz klasy stosowanej mieszanki



Rysunek. V.3.20. Analiza grubości płyt stropowych oraz klasy stosowanej mieszanki – proporcje parametrów

Dla zebranych obserwacji wyznaczono medianę oraz górny i dolny kwartyl, a na ich podstawie rozstęp międzykwartyłowy (IQR). Jak widzimy na wykresie (Rys. V.3.20 i V.3.29.), żadna z obserwacji nie jest obserwacją ekstremalną, tj. wykraczającą poza kwartyle o wartość  $3 \cdot \text{IQR}$ , jak również odstającą – wszystkie mieszczą się między dolnym i górnym wąsem, co pozwala wszystkie obserwacje przyjąć do analizy.

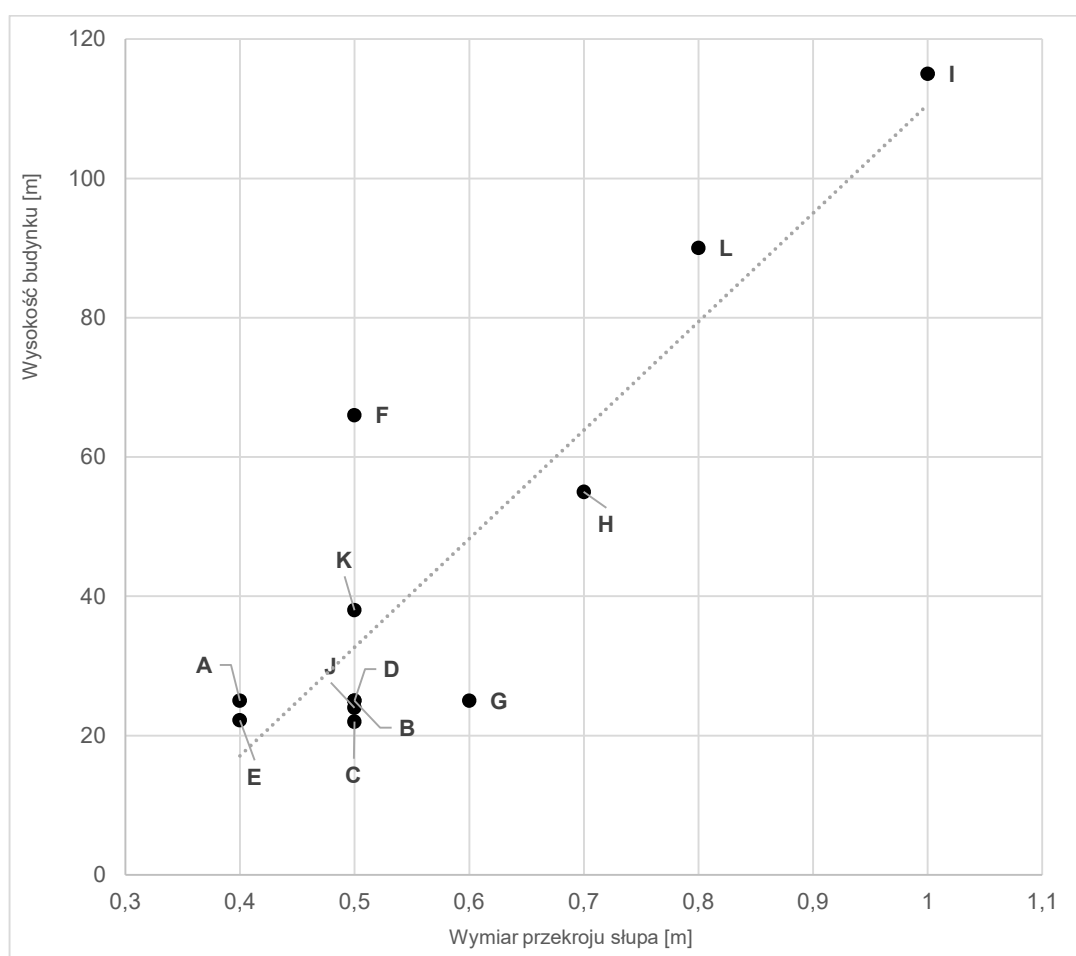
W wyniku przeprowadzonej analizy (Rys. V.3.19.) stwierdzono, iż konstrukcje monolityczne (kolor zielony) realizowane są w przeważającej większości z betonu klasy C30/37, w przypadku budynków wysokich następuje wzrost wytrzymałości do klasy C35/45 (kolor czerwony). Konstrukcje prefabrykowane realizowane są w najwyższych klasach C50/60 (kolor niebieski), jednakże są to też konstrukcje najgrubsze, zwykle realizowane w systemie płyt kanałowych.

Tym samym należy stwierdzić, iż klasa betonu w sposób znaczący nie wpływa na grubość elementów stropowych, tym samym oszczędności z tytułu wysokości nie są możliwe poprzez zastosowanie wyższej klasy mieszanki betonowej.

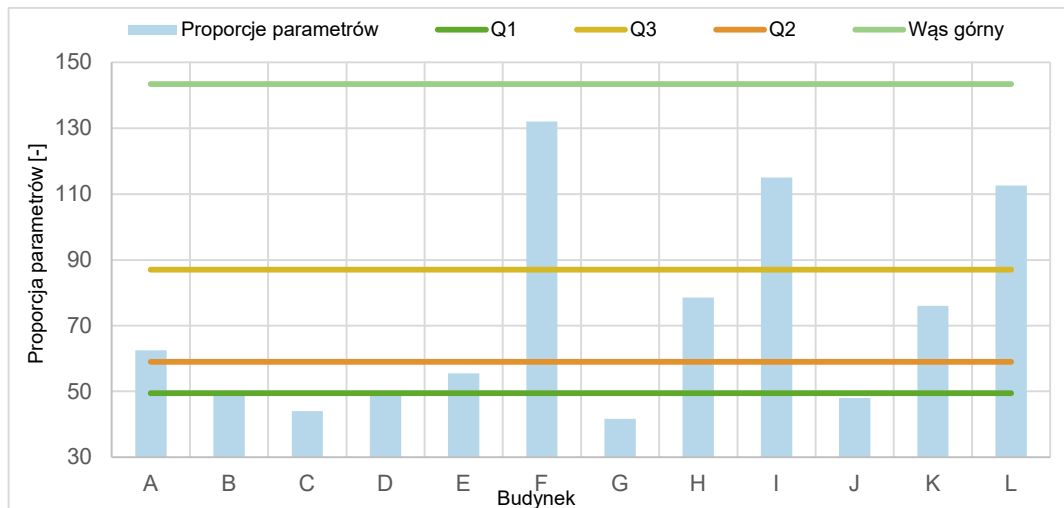
### 3.2.15. Zależność przekroju słupów od wysokości budynku

Analiza ma na celu wskazanie wpływu wysokości budynku na przekroje konstrukcyjne elementów nośnych. Budynki analizowane w przeważającej większości są oparte na słupach, tym samym ich sumaryczne pole przekroju na wszystkich kondygnacjach w sposób znaczący wpływa na zmniejszenie powierzchni wynajmowanej.

W takiej sytuacji istotnym elementem staje się odpowiednia geometria przekrojów oraz optymalny rozstaw konstrukcji. Pozwala to na uzyskanie przestrzeni maksymalnie wolnej od przeszkód, po części utrudniających aranżację. Dodatkowo prawidłowo zaprojektowane elementy konstrukcyjne nie pomniejszają powierzchni wynajmowanej.



Rysunek V.3.21. Analiza przekrojów słupów oraz wysokości budynków



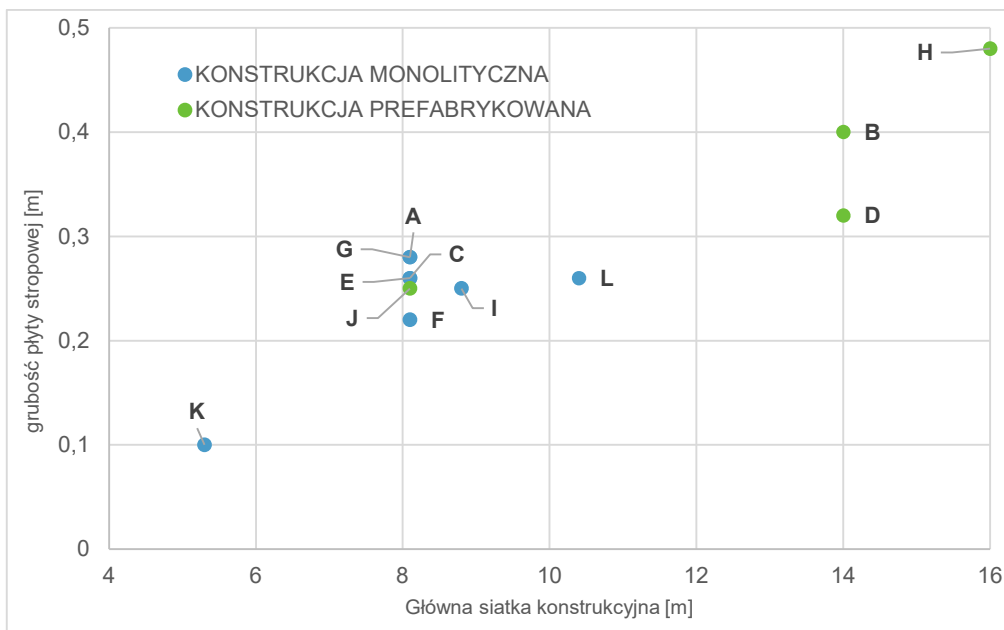
Rysunek V.3.22. Analiza przekrojów słupów oraz wysokości budynków – proporcje parametrów

Dla zebranych obserwacji wyznaczono medianę oraz górny i dolny kwartył, a na ich podstawie rozstęp międzykwartyłowy (IQR). Jak widzimy na wykresie (Rys. V.3.21), żadna z obserwacji nie jest obserwacją ekstremalną, tj. wykraczającą poza kwartyły o wartość  $3 \cdot IQR$ , jak również odstającą – wszystkie mieszczą się między dolnym i górnym wąsem, co pozwala wszystkie obserwacje przyjąć do analizy. W wyniku przeprowadzonej analizy (Rys.V.3.22) stwierdzono, iż budynki w standardowej wysokości do 25 metrów mają konstrukcję opartą o słupy o przekroju zwykle nie przekraczającym 50cm. W budynkach wyższych, do około 50 metrów zwykle wykorzystuje się słupy o przekrojach kołowych, których średnica rośnie do około 1 metra w przypadku obiektów bardzo wysokich. Tak duże pole przekroju elementów konstrukcyjnych na piętrach biurowych ogranicza w sposób znaczący powierzchnię wynajmowaną piętra. Nie ma oczywiście możliwości realizacji konstrukcji niewspartej na słupach, natomiast kształtując ich przekrój należy mieć świadomość wpływu na powierzchnię biur i efektywną ich aranżację.

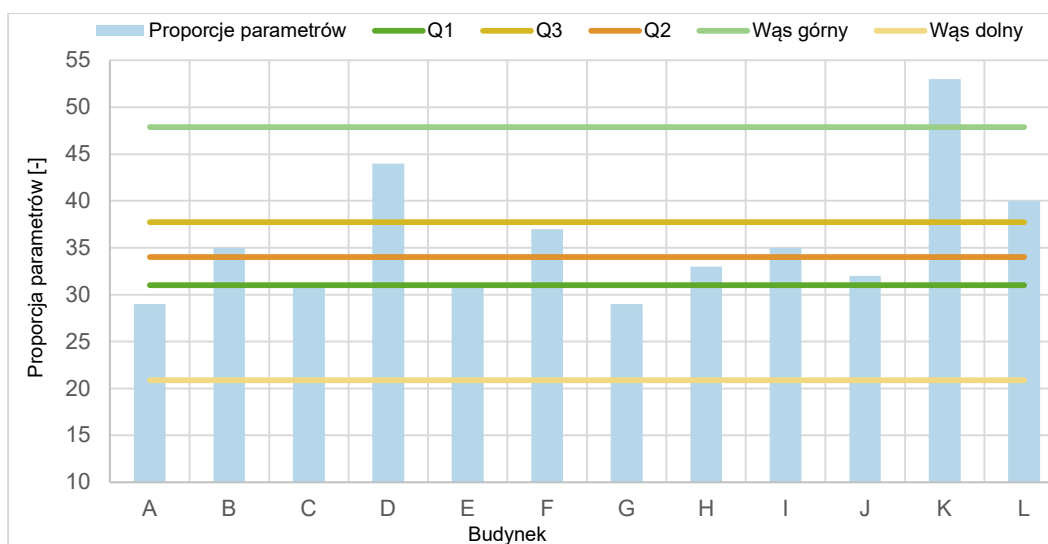
### 3.2.16. Zależność grubości płyt stropowych od siatki konstrukcyjnej budynku

Analiza tej kategorii ma na celu wskazanie charakterystycznych parametrów przekroju stropów między piętrowych kondygnacji powtarzalnych. Jest to parametr istotny, determinujący wysokość obiektu. W skali budynku wysokiego sumaryczna grubość kilkunastu płyt stropowych w sposób znaczący wpływa na wysokość budynku, ponadto chcąc utrzymać założoną lub wymagana wysokość budynku (np. ograniczenia formalne) montaż grubszych elementów stropowych może ograniczać wysokość użytkową kondygnacji biurowych.





Rysunek V.3.23. Analiza grubości płyt stropowych oraz siatki konstrukcyjnej



Rysunek V.3.24. Analiza grubości płyt stropowych oraz siatki konstrukcyjnej – proporcja parametrów

Dla zebranych obserwacji wyznaczono medianę oraz górny kwartyl, a na ich podstawie rozstęp międzykwartylowy (IQR). Jak widzimy na wykresie (Rys. V.3.23 i V.3.24) jedna obserwacja (K) jest obserwacją ekstremalną, tj. wykraczającą poza kwartyle o wartość  $3 \cdot \text{IQR}$ , nie będzie ona przedmiotem analizy. W wyniku przeprowadzonej analizy (Rys. V.3.23.) należy stwierdzić, iż zarówno konstrukcje prefabrykowane jak i monolityczne przy rozpiętościach standardowych w granicach 8 metrów, wymiarowane są w przekroju na wysokość pomiędzy 20-30cm. Konstrukcje prefabrykowane o rozpiętościach większych (ponad 14 metrów) uzyskują przekroje przekraczające 30cm, dochodzące nawet do 50cm.

### 3.2.17. Parametry liczbowe budynku

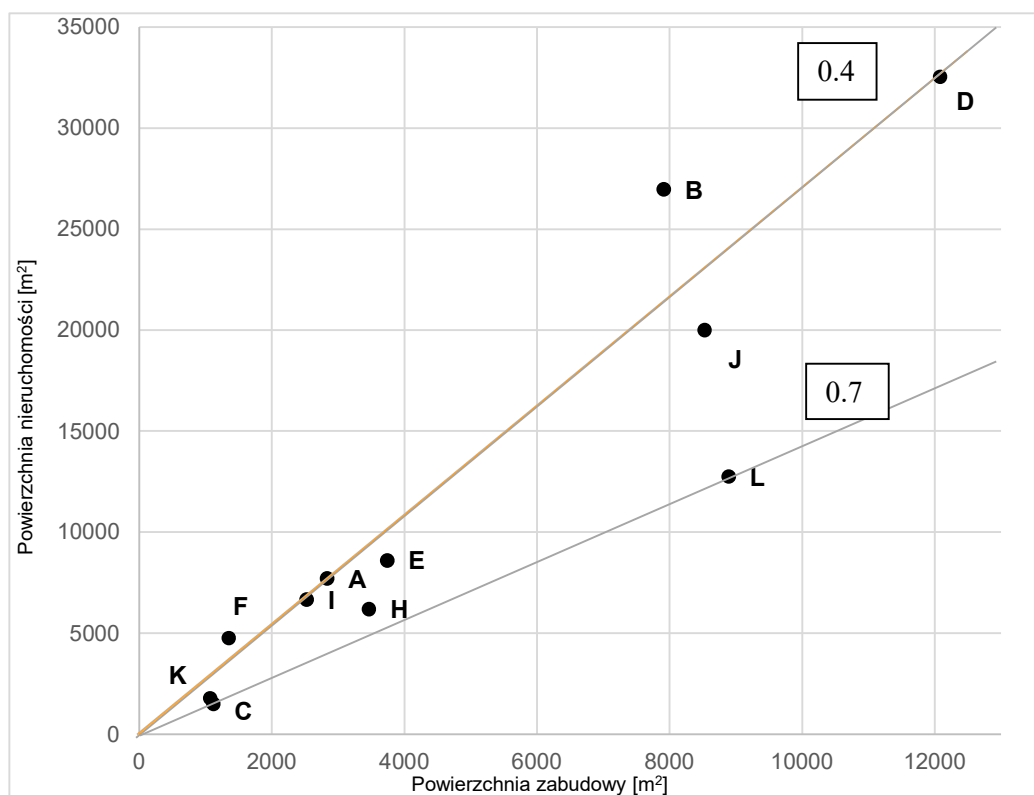
W poniższej tabeli (Tab. V.3.25) dokonano zestawienia charakterystycznych parametrów analizowanych budynków, które wykorzystywane będą do dalszych analiz.

Tabela V.3.25. Parametry analizowanych budynków

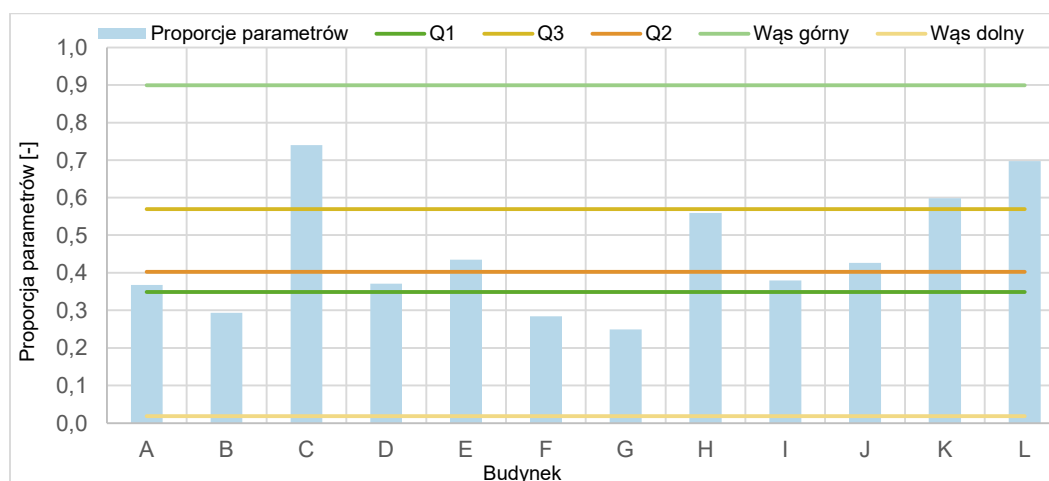
<b>Analizowany budynek</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>F</b>
<b>Parametry budynku</b>						
Powierzchnia zabudowy	2834	7915	1120	12083	3742	1351
Powierzchnia działki [m <sup>2</sup> ]	7710	26966	1150	32542	8612	4781
Współczynnik zabudowy:	0.37	0,29	0,84	0,37	0.44	0.28
Powierzchnia całkowita	32975	76733	7139	84546	28850	30650
Powierzchnia całkowita podziemna [m <sup>2</sup> ]:	16063	25860	1058	15121	8438	9057
Powierzchnia całkowita nadziemna [m <sup>2</sup> ]:	16910	50873	6081	77275	16355	16264
Powierzchnia biologicznie czynna [m <sup>2</sup> ]:	27%	31,3%	0%	28%	22,2%	0.6%
Powierzchnia biur [m <sup>2</sup> ]:	10765	43150	4067	45657	15569	18343
Typowe piętro [m <sup>2</sup> ]	1986	1550	919	1670	3115	1287
Wysokość budynku [m]:	24.8	25	22	25	22,2	62,6
<b>Analizowany budynek</b>	<b>G</b>	<b>H</b>	<b>I</b>	<b>J</b>	<b>K</b>	<b>L</b>
<b>Parametry budynku</b>						
Powierzchnia zabudowy	3128	1497	2529	8528	1070	8894
Powierzchnia działki [m <sup>2</sup> ]		6200	6670	73460	1786	12752
Współczynnik zabudowy:		0,56	0,38	0.30	1,0	
Powierzchnia całkowita	22703	20602	44930	66392	7865	109123
Powierzchnia całkowita podziemna [m <sup>2</sup> ]:	6291	7636	8125	21926	2920	43696
Powierzchnia całkowita nadziemna [m <sup>2</sup> ]:	14237	12966	30315	44466	8128	65427
Powierzchnia biologicznie czynna [m <sup>2</sup> ]:	-	17%	6,87%	24%	0%	-
Powierzchnia biur [m <sup>2</sup> ]:	14926	8180	30315	35146	5414	21151
Typowe piętro [m <sup>2</sup> ]	2881	1161	1106	1689	619	975
Wysokość budynku [m]:	25	55	116	24	38	90

### 3.2.18. Analiza powierzchni zabudowy w funkcji powierzchni nieruchomości

Analiza ma na celu wskazanie w jaki sposób zabudowywane są nieruchomości komercyjne. Nowoczesny budynek biurowy (często cały kompleks biurowych) powstaje często na działkach zlokalizowanych w różnych częściach miast, jednocześnie wymogi certyfikacji energetycznej premiuje właściwe proporcje urbanizacji terenu.



Rysunek V.3.26. Analiza powierzchni zabudowy i powierzchni nieruchomości



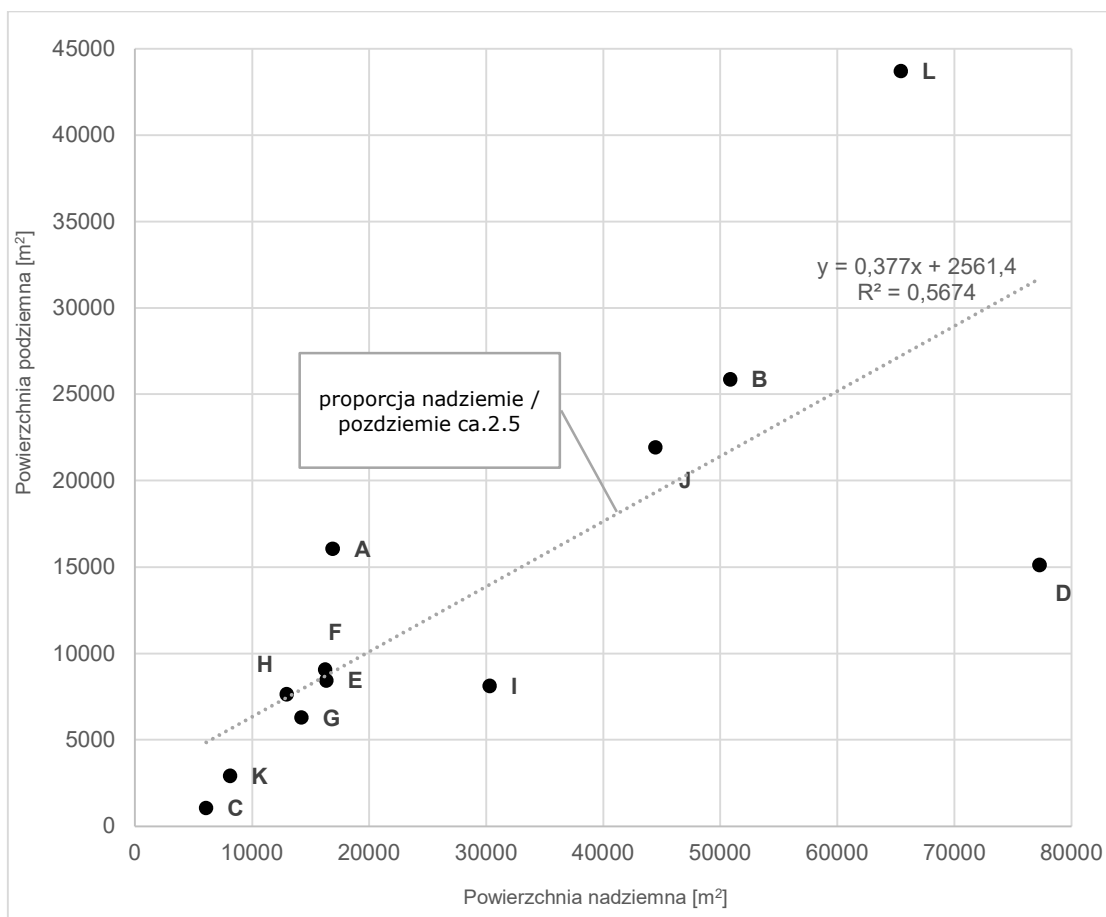
Rysunek V.3.27. Analiza powierzchni zabudowy i powierzchni nieruchomości – porównanie parametrów

Dla zebranych obserwacji wyznaczono medianę oraz górny i dolny kwartyl, a na ich podstawie rozstęp międzykwartyłowy (IQR). Jak widzimy na wykresie (Rys. V.3.26 i V.3.27), żadna z obserwacji nie jest obserwacją ekstremalną, tj. wykraczającą poza kwartyle o wartość  $3 \cdot \text{IQR}$ , jak również odstającą – wszystkie mieszczą się między dolnym i górnym wąsem, co pozwala wszystkie obserwacje przyjąć do analizy.

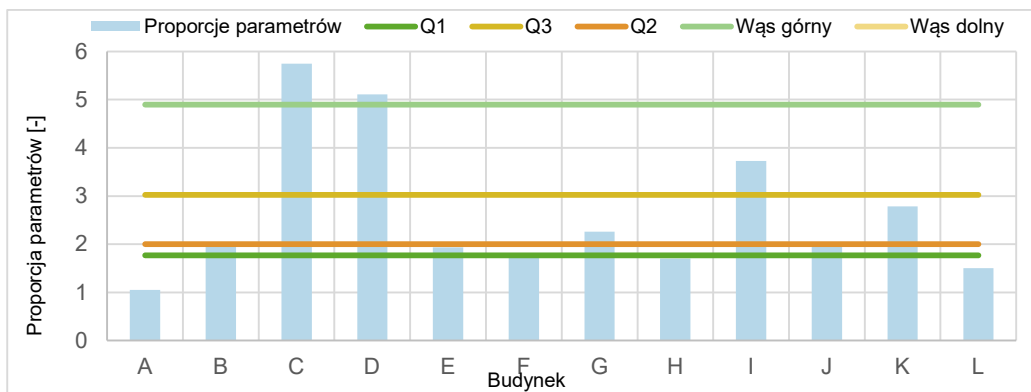
W wyniku przeprowadzonej analizy (Rys. V.3.26 i V.3.27) można wskazać, iż w przeważającej większości obserwacji (83%) dla analizowanych inwestycji intensywność zabudowy planowana jest w przedziale 0,4-0,7 powierzchni nieruchomości.

### 3.2.19. Porównanie powierzchni nadziemnej i podziemnej budynku

Analiza ma na celu wskazanie korelacji pomiędzy powierzchnią podziemną, zajmowaną zwykle przez funkcję parkingową oraz pomieszczenia techniczne a częścią nadziemną, która realizuje główną funkcję jaką jest powierzchnia biurowa.



Rysunek V.3.28. Porównanie powierzchni nadziemnej i podziemnej budynku

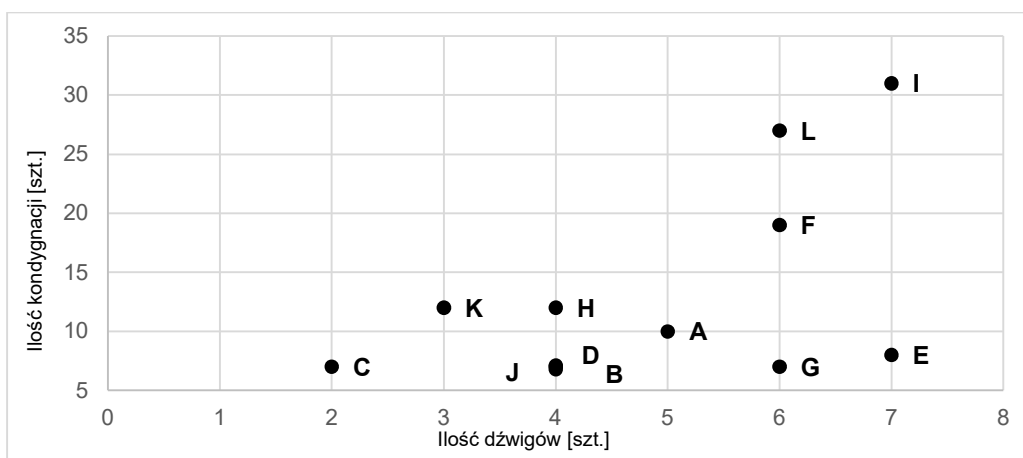


Rysunek V.3.29. Porównanie powierzchni nadziemnej i podziemnej budynku – proporcja parametrów

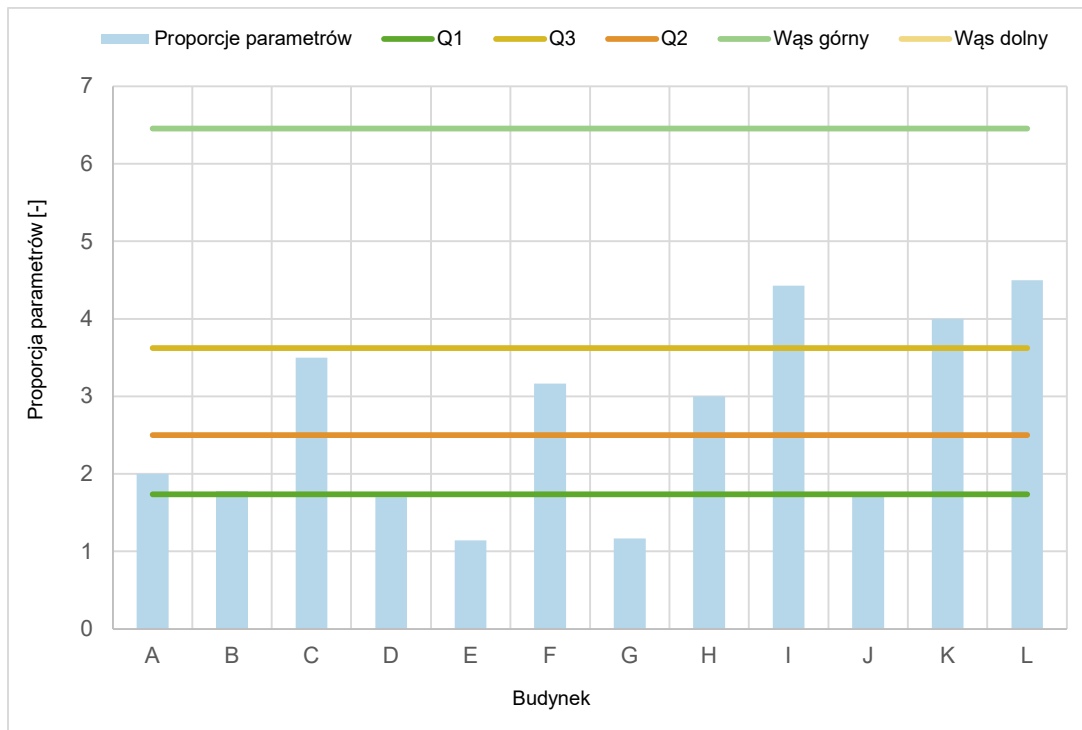
Dla zebranych obserwacji wyznaczono medianę oraz górny kwartyl, a na ich podstawie rozstęp międzykwartylowy (IQR). Jak widzimy na wykresie (Rys. V.3.28. i V.3.29.) dwie obserwacje (C,D) są obserwacjami ekstremalnymi, tj. wykraczającymi poza kwartyle o wartość  $3 \cdot IQR$ , nie będą one przedmiotem analizy. W wyniku przeprowadzonej analizy powierzchni (Rys. V.3.28. i V.3.29.) należy stwierdzić, iż w typowym projekcie biurowym stosunek części nadziemnej jest dwu i pół krotnie większy w porównaniu do części podziemnej. Potwierdza to analiza oparta o linię trendu dla próby pomniejszonej o obserwacje ekstremalne.

### 3.2.20. Transport pionowy - porównanie ilości dźwigów z ilością kondygnacji budynku

Celem poniższej analizy będzie wskazanie wpływu ilości kondygnacji w budynku biurowym na ilość zamontowanych dźwigów. Ilość wind wraz z parametrami czasu ich dojazdu wpływa na komfort korzystania z budynku przez najemców, obniżając czas oczekiwania zwiększa się także wydajność systemu komunikacji.



Rysunek V.3.30. – analiza ilości kondygnacji oraz ilości dźwigów



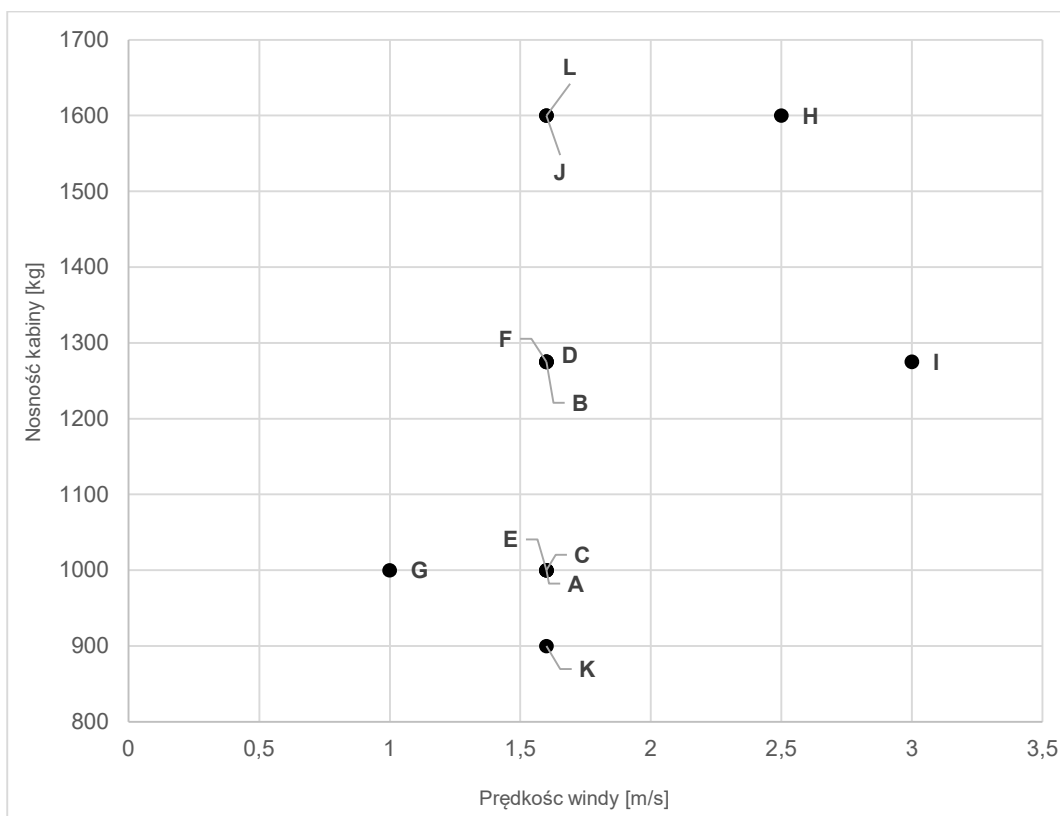
Rysunek V.3.31. Analiza ilości kondygnacji oraz ilości dźwigów – proporcje parametrów

Dla zebranych obserwacji wyznaczono medianę oraz górny i dolny kwartył, a na ich podstawie rozstęp międzykwartyłowy (IQR). Jak widzimy na wykresie (Rys. V.3.31.), żadna z obserwacji nie jest obserwacją ekstremalną, tj. wykraczającą poza kwartyle o wartość  $3 \cdot \text{IQR}$ , jak również odstającą – wszystkie mieszczą się między dolnym i górnym wąsem, co pozwala wszystkie obserwacje przyjąć do analizy. W wyniku przeprowadzonej analizy (Rys. V.3.30.) należy stwierdzić, iż w budynkach o wysokości nieprzekraczającej 25 metrów, zwykle w głównym trzonie komunikacyjnym instalowane są 4 windy. Większa ilość wind widoczna w tego typu budynkach wynika z realizacji dwóch trzonów komunikacyjnych. Ponadto należy stwierdzić, iż nie realizuje się trzonów więcej niż cztero-dźwigowych w budynkach niższych. Budynki wysokie posiadają zwykle 6-7 dźwigów, wynika to bezpośrednio z obliczeń potwierdzających spełnienie parametru oczekiwania na przyjazd windy. Liczba urządzeń oczywiście będzie rosła wraz z ilością kondygnacji.

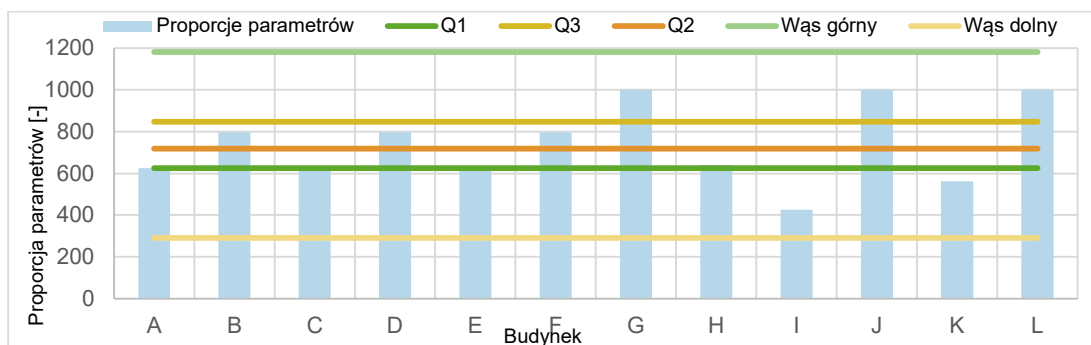
### 3.2.21. Analiza prędkości wind i nośności ich kabin

Poniższa analiza będzie miała na celu wskazanie parametrów nowoczesnych dźwigów. W każdym budynku biurowym komunikacja pionowa oparta jest o windy osobowe.

Niezwykle istotnym jest odpowiedni ich dobór wynikający zarówno z wielkości budynku, jego wysokości oraz ilości pracujących w nim ludzi.



Rysunek V.3.32. Analiza prędkości wind i ich nośności



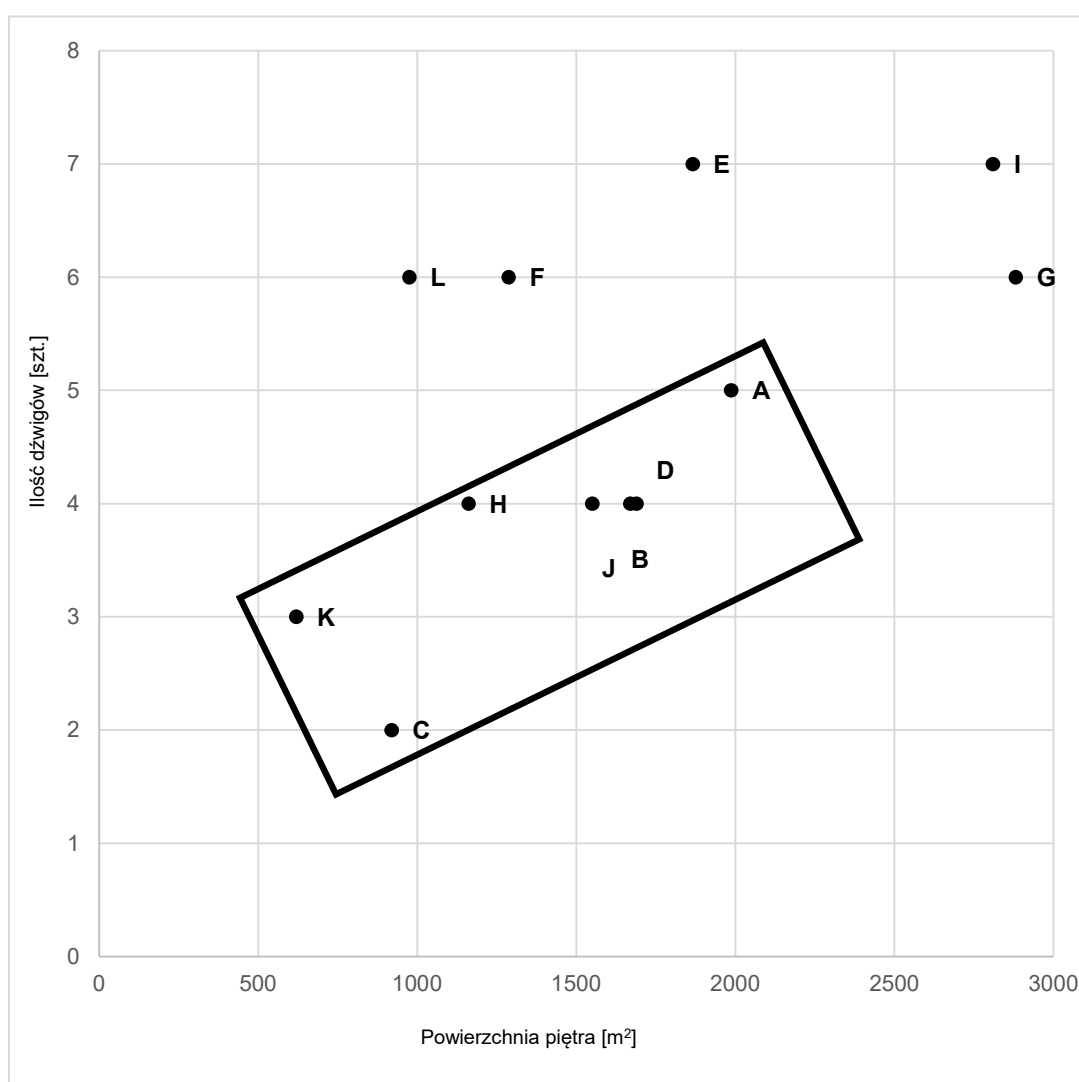
Rysunek V.3.33. Analiza prędkości wind i ich nośności – porównanie parametrów

Dla zebranych obserwacji wyznaczono medianę oraz górny i dolny kwartył, a na ich podstawie rozstęp międzykwartyłowy (IQR). Jak widzimy na wykresie (Rys. V.3.33.), żadna z obserwacji nie jest obserwacją ekstremalną, tj. wykraczającą poza kwartyle o wartość  $3 \cdot \text{IQR}$ , jak również odstającą – wszystkie mieszczą się między dolnym i górnym wąsem, co pozwala wszystkie obserwacje przyjąć do analizy.

Przeprowadzona powyżej analiza (Rys. V.3.32.) wskazuje, iż dla badanych próbek większość z nich (75%) wyposażona jest w windy o prędkości 1,6m/s. Jest to optymalny parametr zarówno dla budynków niższych jak i wysokich. Nośność kabin jest zróżnicowana i wynika z wielkości budynku (ilość osób korzystających z wind) oraz ilości kabin w trzonie komunikacyjnych.

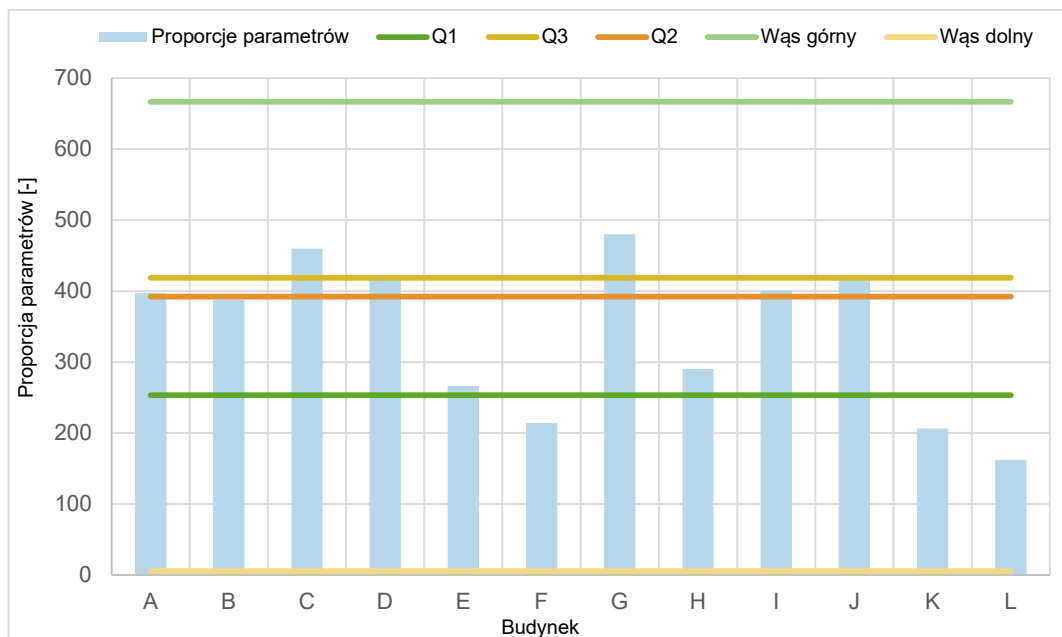
### 3.2.22. Zależność ilość dźwigów na kondygnacji od powierzchnia piętra

Celem poniższej analizy będzie wskazanie proporcji pomiędzy ilością zamontowanych w budynku wind, a powierzchnią typowego piętra biurowego.



Rysunek V.3.34. Analiza ilości dźwigów oraz powierzchni piętra





Rysunek V.3.35. Analiza ilości dźwigów oraz powierzchni piętra – porównanie parametrów

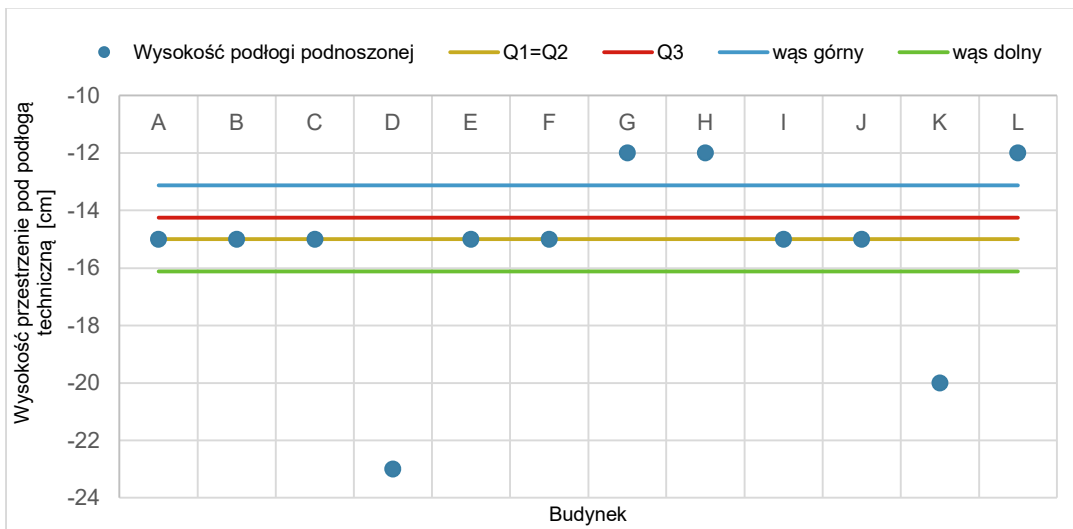
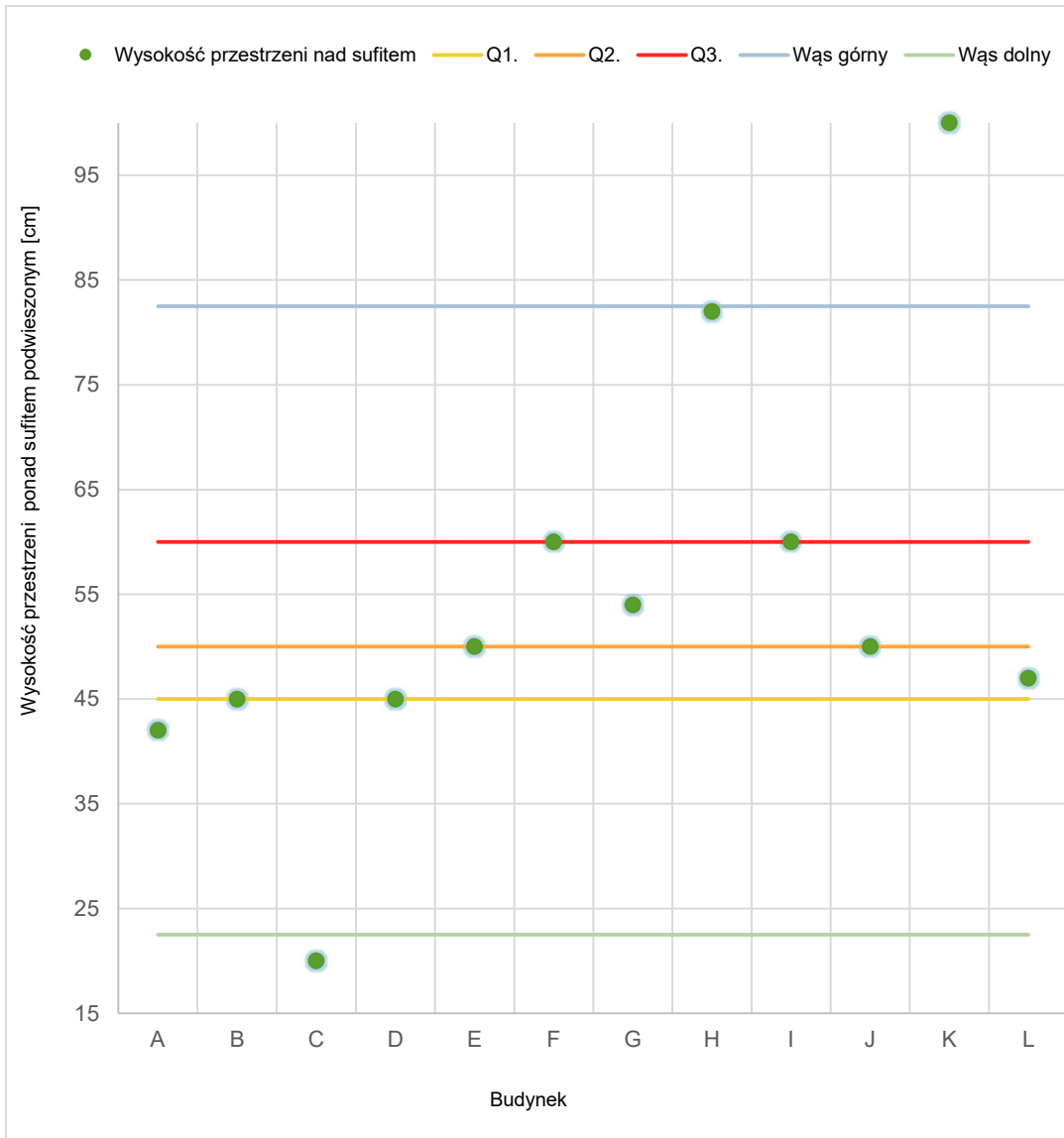
Dla zebranych obserwacji wyznaczono medianę oraz górny i dolny kwartyl, a na ich podstawie rozstęp międzykwartyłowy (IQR). Jak widzimy na wykresie (Rys. V.3.35.), żadna z obserwacji nie jest obserwacją ekstremalną, tj. wykraczającą poza kwartyle o wartość  $3 \cdot \text{IQR}$ , jak również odstającą – wszystkie mieszczą się między dolnym i górnym wąsem, co pozwala wszystkie obserwacje przyjąć do analizy.

W wyniku przeprowadzonej analizy (Rys. V.3.34.) należy wskazać, że dla 58% obserwacji mieszczących się w rozstępie międzykwartyłowym wraz ze wzrostem powierzchni piętra wzrasta ilość obsługujących go dźwigów. Należy przyjąć, iż wzrost o około  $500\text{m}^2$  powoduje montaż dodatkowego dźwigu.

Ponadto standardowy budynek biurowy wyposażony jest w minimum dwie windy, obsługujące typową kondygnację biurową. Budynki wysokie pomimo niewielkich powierzchni kondygnacji posiadają większą liczbę dźwigów, co jest racjonalne ze względu na fakt, iż obsługują one większą ilość kondygnacji.

### 3.2.23. Przestrzeń pod podłogą podniesioną, a przestrzeń nad sufitem podwieszonym

Celem analizy tej kategorii jest wskazanie parametrów projektowych wysokości przestrzeni instalacyjnych zarówno pod podłogą podniesioną jak i ponad sufitem podwieszonym.



Rysunek V.3.36. Analiza wysokości powierzchni biurowej

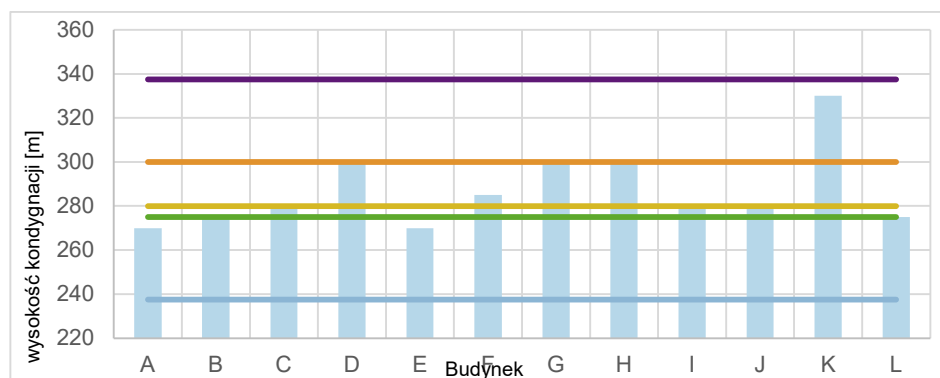
Dla zebranych obserwacji, zarówno poniżej podłogi jak i ponad sufitem wyznaczono mediany oraz górne i dolne kwartyle. Na ich podstawie rozstępy międzykwartylowe (IQR). Jak widzimy na wykresach (Rys. V.3.36) w przypadku wysokości nad sufitem dwie obserwacje (C,K) są obserwacjami ekstremalnymi, tj. wykraczającymi poza kwartyle o wartość  $3 \cdot IQR$ , nie będą one przedmiotem analizy. W przypadku przestrzeni podpodłogowej pięć obserwacji (D, G, H, K, L) są obserwacjami ekstremalnymi, także one nie będą przedmiotem analizy.

W wyniku przeprowadzonej analizy (Rys. V.3.36) należy stwierdzić, iż przestrzeń pod podłogą podniesioną mieści się zwykle w przedziale 14-15cm, co jest wysokością odpowiednią dla umieszczenia w niej instalacji elektrycznych i słaboprądowych dla stanowisk pracy. W zależności od zastosowanych rozwiązań możliwe jest także umieszczenie części instalacji mechanicznych takich jak orurowania dla instalacji grzejnikowej.

Przestrzeń nad-sufitowa wykorzystywana jest przede wszystkim dla przebiegu instalacji wentylacji i wody lodowej. Oprócz instalacji mechanicznych pojawiają się elektryczne, przede wszystkim oświetlenie, w dobie stosowania oświetlenia bazującego na oprawkach LED duża przestrzeń nie jest wymagalna dla oświetlenia. Analiza pokazuje iż optymalna wysokość w przedziale 45-60cm, jest przestrzeń wystarczająca na sprawne umieszczenie zarówno kanałów wentylacyjnych, orurowania wody lodowej oraz koryt kablowych instalacji prądowych i oświetleniowych.

### 3.2.24. Wysokość typowej kondygnacji biurowej

Analiza ma na celu wskazanie optymalnej wysokości kondygnacji biurowej, przez którą rozumiemy odległość pionową pomiędzy wierzchem podłogi podniesionej spodem sufitu podwieszanego.



Rysunek V.3.37. Analiza wysokości typowej kondygnacji biurowej

Dla zebranych obserwacji wyznaczono medianę oraz górny i dolny kwartyl, a na ich podstawie rozstęp międzykwartylowy (IQR). Jak widzimy na wykresie (Rys. V.3.37), żadna z obserwacji nie jest obserwacją ekstremalną, tj. wykraczającą poza kwartyle o wartość  $3 \cdot \text{IQR}$ , jak również odstającą – wszystkie mieszczą się między dolnym i górnym wąsem, co pozwala wszystkie obserwacje przyjąć do analizy.

Wartość mediany pozwala nam stwierdzić, że wartością średnią wysokości kondygnacji biurowej jest 280cm. Tym niemniej standard rynkowy oraz parametry obiektów najnowszych wskazują wysokość 3 metrów jako optymalną biznesowo.

Przeprowadzono także dodatkowe zestawienie zbiorczej wysokości w analizowanych budynkach z rozbiem kolorystycznym na: powierzchnie ponad sufitem, przestrzeń biurowa oraz przestrzeń pod podłogą podniesioną (Rys. V.3.38).

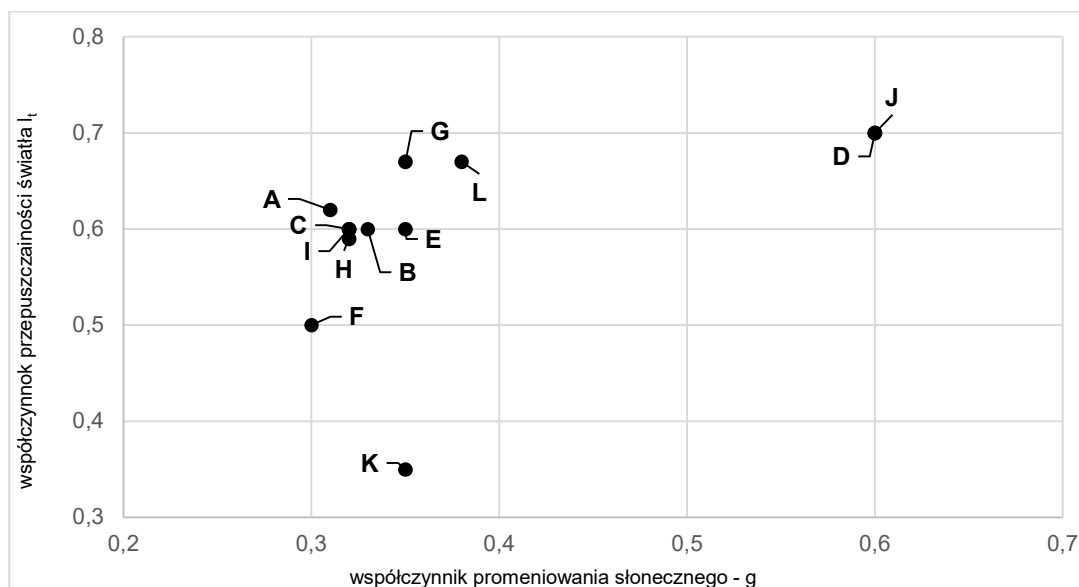


Rysunek V.3.38. Zbiorcze zestawienie wysokości kondygnacji

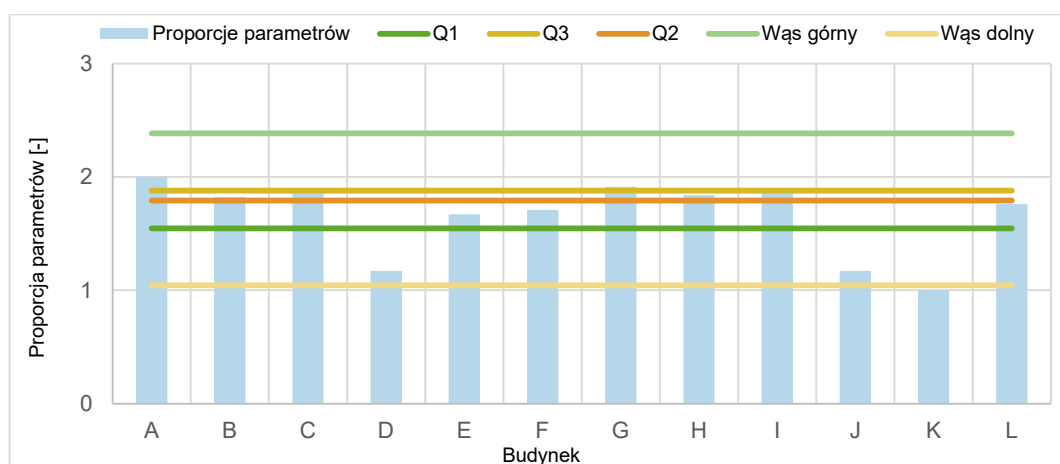
### 3.2.25. Porównanie parametrów fasady szklanej $g$ oraz $l_t$

Poniższa analiza ma na celu wskazanie wartości istotnych parametrów współczesnej fasady jakimi są: „ $g$ ” - współczynnik promieniowania słonecznego, (solar factor). Wyraża on stosunek całkowitej przepuszczalności energii szyby do padającej na nią energii słonecznej. Wartość ta podaje jaka część energii promieniowania słonecznego padającego na szybę zostaje przepuszczona do wnętrza pomieszczenia. Drugim parametrem jest „ $L_t$ ” - współczynnik przepuszczalności światła, określa stosunek ilości światła słonecznego docierającego do szyby zespolonej, do ilości światła, która zostaje przez nią przepuszczona.

Właściwość ta, określana całkowitą przepuszczalnością światła, podawana jest w procentach (%). Im wyższy procent przepuszczanego światła tym jaśniej będzie w pomieszczeniu.



Rysunek V.3.39. Analiza parametrów fasady szklanej  $g$  oraz  $l_t$



Rysunek V.3.40. Analiza parametrów fasady szklanej  $g$  oraz  $l_t$  - porównanie parametrów

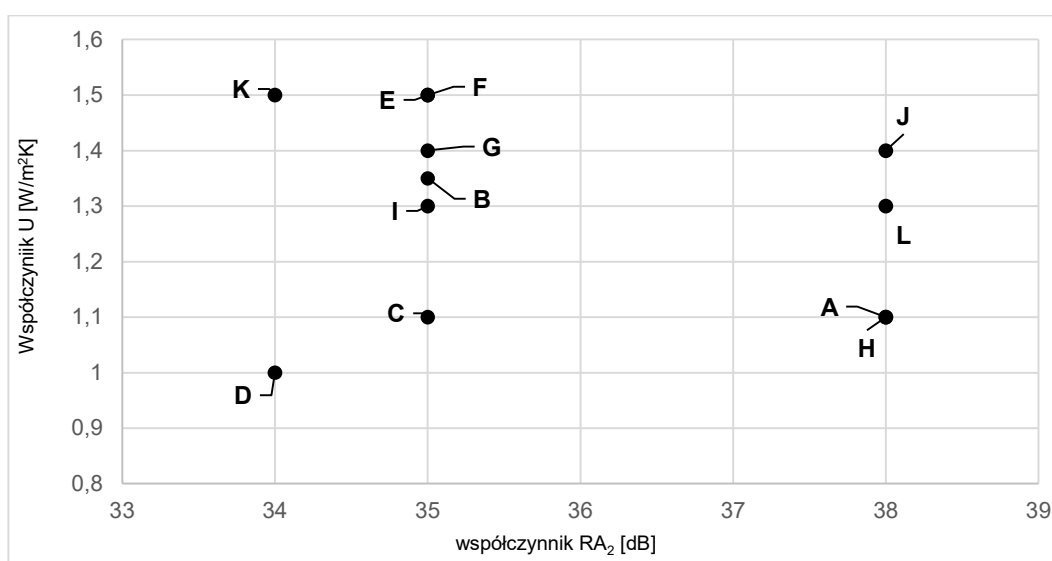
Dla zebranych obserwacji wyznaczono medianę oraz górny i dolny kwartył, a na ich podstawie rozstęp międzykwartyłowy (IQR). Jak widzimy na wykresie (Rys. V.3.40), żadna z obserwacji nie jest obserwacją ekstremalną, tj. wykraczającą poza kwartyły o wartość  $3 \cdot IQR$ , jak również odstającą – wszystkie mieszczą się między dolnym i górnym wąsem, co pozwala wszystkie obserwacje przyjąć do analizy.

W wyniku przeprowadzonej analizy (Rys. V.3.39) należy stwierdzić, iż w przypadku analizowanych budynków typowe fasady charakteryzują się współczynnikiem

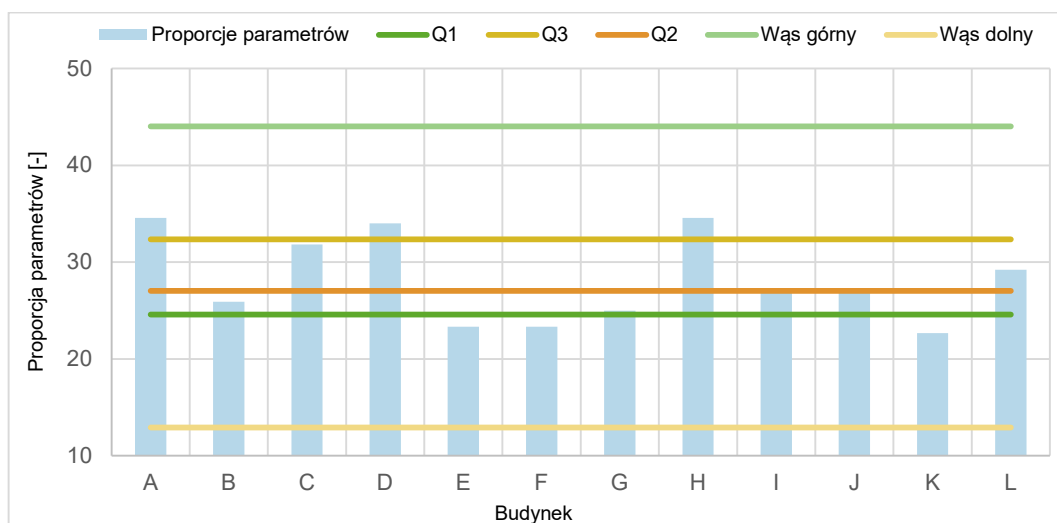
promieniowania słonecznego na poziomie 0,35. Natomiast współczynnik przepuszczalności światła zwykle określany jest 0,6. Takie parametry stają się standardem nowoczesnych, tym samym oszczędnych budynków biurowych, których fasada musi współdziałać z systemami chłodzenia i wentylacji poprzez separację wnętrza od warunków zewnętrznych.

### 3.2.26. Analiza parametrów fasady U / RA<sub>2</sub>

Przedmiotem poniższej analizy będzie wskazanie zależności pomiędzy współczynnikiem U fasady oraz wskaźnika izolacyjności akustycznej RA<sub>2</sub>. Są to jedne z podstawowych parametrów charakteryzujących izolacyjność nowoczesnej fasady.



Rysunek V.3.41. Analiza parametrów fasady U / RA<sub>2</sub>



Rysunek V.3.42. Analiza parametrów fasady U / RA<sub>2</sub> .porównanie parametrów

Dla zebranych obserwacji wyznaczono medianę oraz górny i dolny kwartył, a na ich podstawie rozstęp międzykwartyłowy (IQR). Jak widzimy na wykresie (Rys. V.3.42), żadna z obserwacji nie jest obserwacją ekstremalną, tj. wykraczającą poza kwartyły o wartość  $3 \cdot IQR$ , jak również odstającą – wszystkie mieszczą się między dolnym i górnym wąsem, co pozwala wszystkie obserwacje przyjąć do analizy.

Analiza (Rys. V.3.41) pokazuje, iż fasada biurowa posiada niższy poziom współczynnika U w przypadku budynków nowszych, co jest też zgodne z obowiązującymi tendencjami i zmianami w prawie. Jednocześnie wartość współczynnika izolacyjności akustycznej jest znacznie lepsza dla budynków zlokalizowanych w centrach miast, co jest naturalną konsekwencją hałasu generowanego przez ruch uliczny.

### 3.2.27. Analiza typów stosowanych elewacji

Poniższa analiza ma na celu wskazanie typów fasad stosowanych w nowoczesnych budynkach biurowych. Współczesna fasada poza parametrami technicznymi wynikającymi z funkcji separacji budynku od warunków zewnętrznych jak również odpowiedniej izolacyjności i szczelności, musi także spełniać kwestie estetyczne, jest elementem charakterystycznym dla budynku i wyróżniającym go od otaczającej zabudowy.

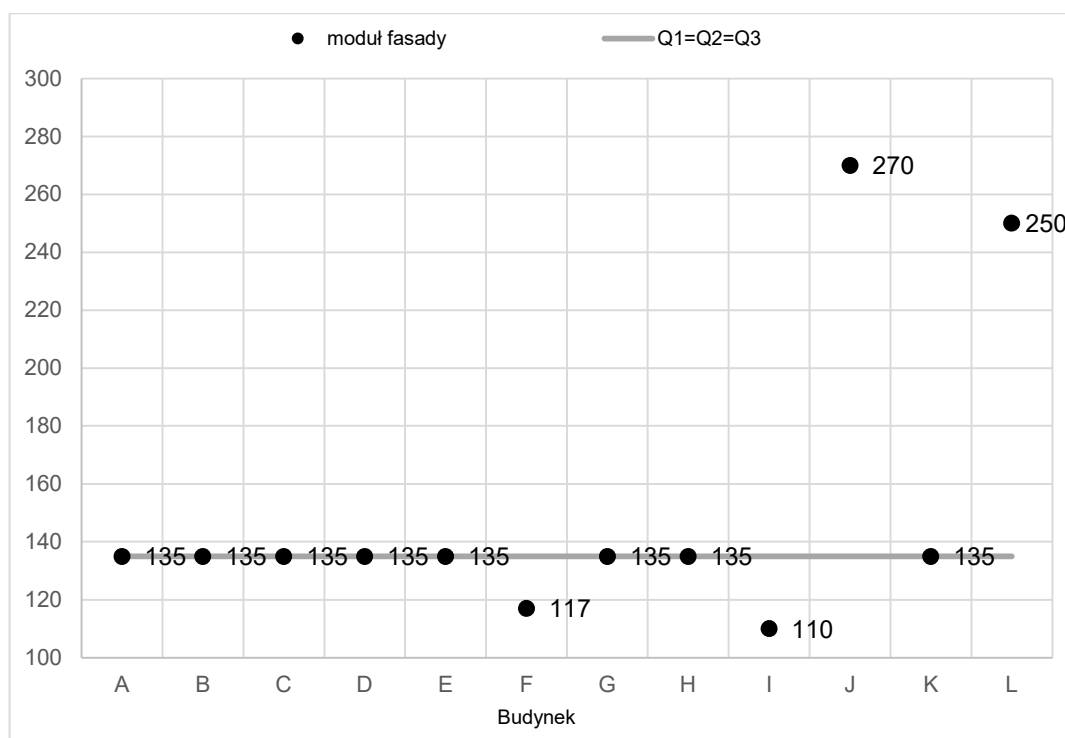
Tabela V.3.43. Analiza typów elewacji

Analizowany budynek	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	procentowy udział obserwacji
<b>Typ elewacji</b>													
System fasady kurtynowej	X	X		X		X	X	X	X	X		X	75%
System okienny			X		X					X	X		33%
System dwupowłokowy	X						X	X					25%
Okładzina kamienna			X		X		X	X				X	42%
Okładzina włókno – cement		X		X									17%
Okładzina ceglana		X		X									17%
Okładzina płyta betonowa						X							8%
Kasety aluminiowe Alucobond			X					X	X	X			33%
Elewacja betonowa (zabytek)											X		8%

Przeprowadzona analiza (Tab. V.3.43) jednoznacznie wskazuje, powierzchnie przeszklone w przeważającej większości realizowane są z wykorzystaniem systemowej fasady kurtynowej (75%). Części nieprzezierne natomiast realizowane są z wykorzystaniem rozmaitych materiałów, w zależności od preferencji inwestora i jego standardu, natomiast zdecydowanie przeważa okładzina z płyt kamiennych (42%).

### 3.2.28. Podział fasady budynku

Poniższa analiza ma na celu wskazanie modułu projektowego współczesnej fasady budynku biurowego. Układ modułowy pozwala na usystematyzowanie zarówno zewnętrznego wyglądu budynku jak i efektywny układ wewnętrzny i modułowość w zakresie rozwiązań aranżacyjnych jak i instalacji wewnętrznych.



Rysunek V.3.44. - analiza podziałów fasady

Dla zebranych obserwacji, wyznaczono mediany oraz górne i dolne kwartyłe, w tym przypadku tożsame. Na ich podstawie zerowy rozstęp międzykwartyłowy (IQR). Jak widzimy na wykresie (Rys. V.3.44) cztery obserwacje (F, I, J, L) są obserwacjami ekstremalnymi, tj. wykraczającymi poza kwartyłe o wartość  $3 \cdot IQR$ , nie będą one przedmiotem analizy.

W wyniku przeprowadzonej analizy (Rys. V.3.44) należy jednoznacznie stwierdzić, iż najbardziej popularnym modulem realizacji fasady budynku biurowego jest 135cm. Pozwala to na realizację standardowego modułu pokoju biurowego o szerokości 270cm, który jest optymalnym z punktu widzenia ergonomii pracy. Trójrotność tego modułu to typowy rozstaw siatki konstrukcyjnej słupów budynku.



### 3.2.29. Analiza rozwiązań pokrycia dachowego

Przedmiotem poniższej analizy jest porównanie stosowanych rozwiązań w zakresie pokryć dachowych budynków biurowych.

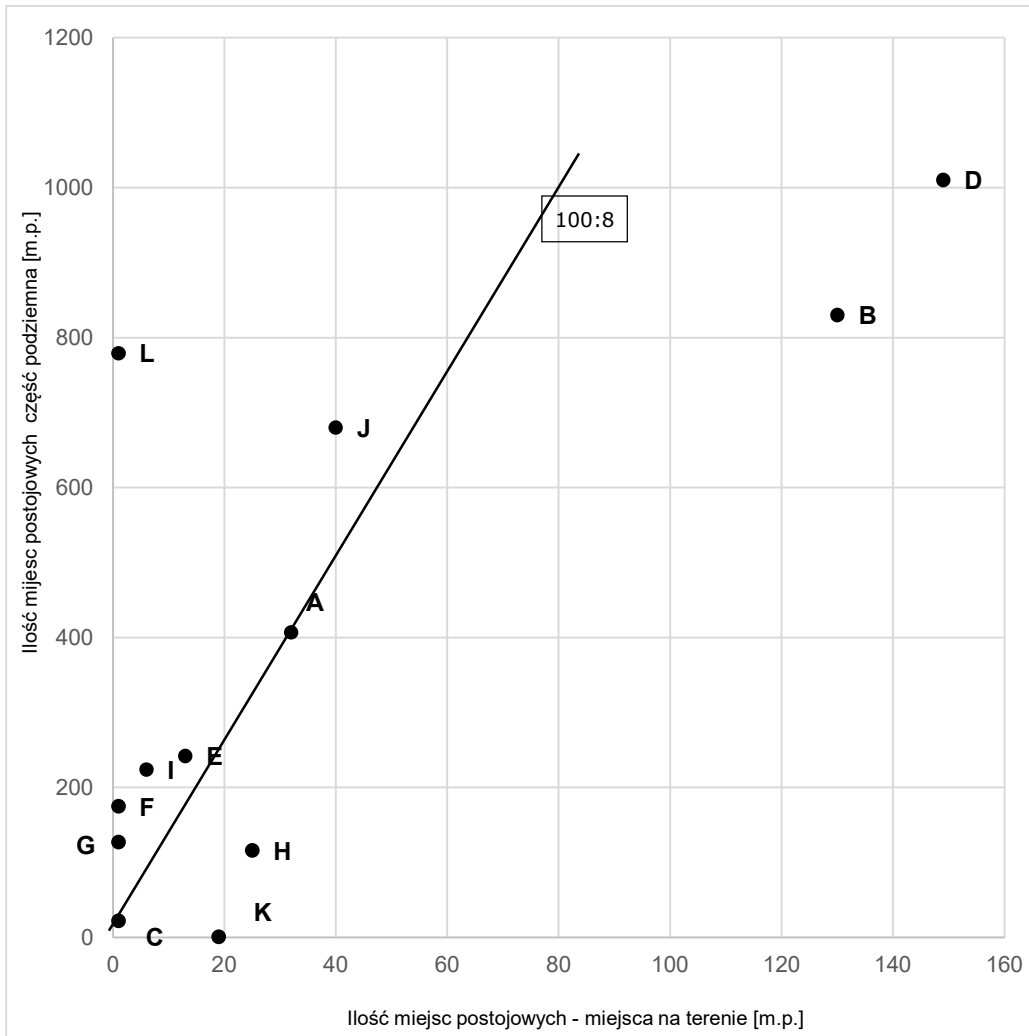
Tabela V.3.45. Analiza rozwiązań dachów

Analizowany budynek	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	procentowy udział obserwacji
<b>Rozwiązania dachów</b>													
Papa termozgrzewalna 2x	X			X		X	X	X	X			X	58%
Membrana EPDM kolor biały SRI>78		X			X								17%
Membrana EPDM jasnoszara			X							X	X		25%
Wełna mineralna 19-39cm		X		X	X	X		X	X				50%
Wełna mineralna <18cm							X					X	17%
Polistyren <20cm	X		X				X				X		33%
Dachy zielone, roślinność sintensywna	X	X		X				X		X			42%
Żwir na wierzchu	X		X			X	X						33%

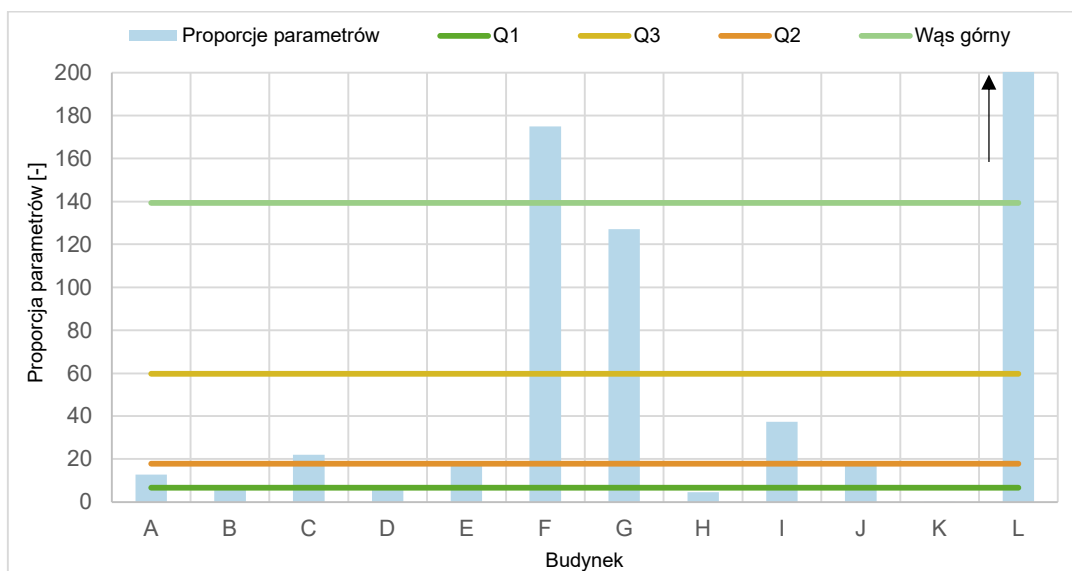
Analiza (Tab. V.3.45) wskazuje, iż wciąż najpopularniejszym materiałem pokryciowym są papy bitumiczne, jest to rozwiązanie sprawdzone i trwałe, zatem najchętniej stosowane (58%). Izolacja termiczna w przeważającej ilości realizowane jest z wełny mineralnej (67%), która oprócz lepszych parametrów termicznych jest dużo bezpieczniejsza z punktu widzenia pożarowego w stosunku do styroduru (33%). Część projektów (42%) dodatkowo posiada warstwę dachu zielonego, wynika to z konieczności uzyskania dodatkowej powierzchni biologicznie czynnej lub spełnienia punktów certyfikacji.

### 3.2.30. Podział miejsc parkingowych

Celem poniższej analizy jest wskazanie rozwiązań w zakresie miejsc parkingowych. Przedmiotem będą proporcje pomiędzy miejscami realizowanymi w podziemnych halach garażowych, a miejscami lokalizowanymi na poziomie terenu.



Rysunek V.3.46. Analiza podziału miejsc parkingowych

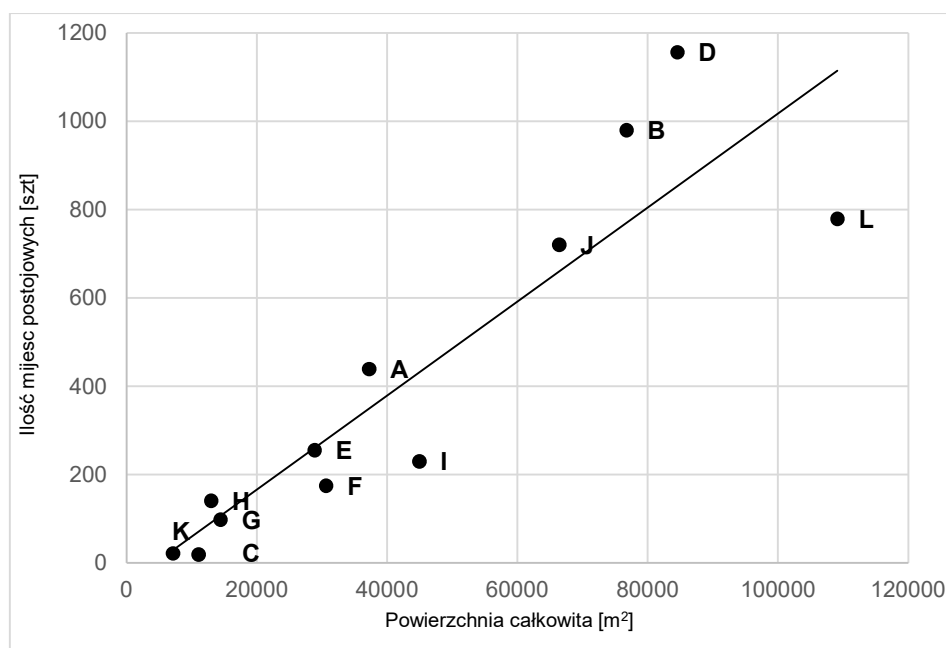


Rysunek V.3.47. Analiza podziału miejsc parkingowych – proporcje parametrów

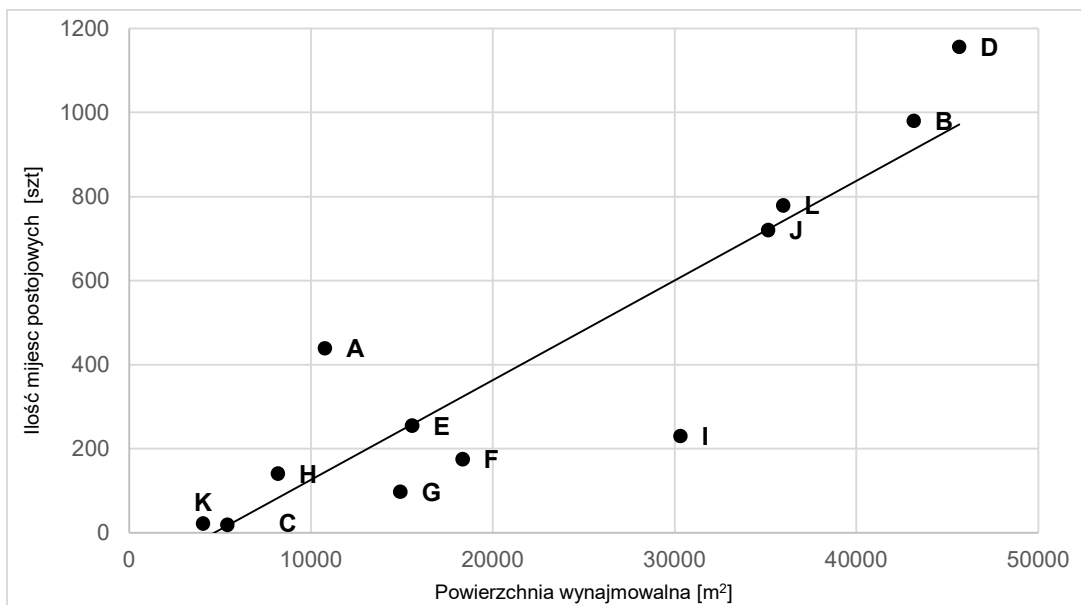
Dla zebranych obserwacji wyznaczono medianę oraz górny kwartył, a na ich podstawie rozstęp międzykwartyłowy (IQR). Jak widzimy na wykresie (Rys. V.3.47) dwie obserwacje (F, L) są obserwacjami ekstremalnymi, tj. wykraczającymi poza kwartyły o wartość  $3 \cdot IQR$ , nie będą one przedmiotem analizy. Powyższa analiza (Rys. V.3.46) wskazuje, iż w przeważającej części projektów miejsca postojowe realizowane są w ramach podziemnych hal garażowych. Trudno wskazać jednoznaczne wskaźniki dla proporcji miejsc, natomiast w większości obserwacji (66%) projekty realizowane są w proporcjach mniejszych niż osiem miejsc naziemnych na sto miejsc podziemnych. Po eliminacji obserwacji ekstremalnych tak sytuacja ma miejsce w połowie przypadków (50%).

### 3.2.31. Ilość miejsc parkingowych w funkcji powierzchni całkowitej i wynajmowanej obiektu

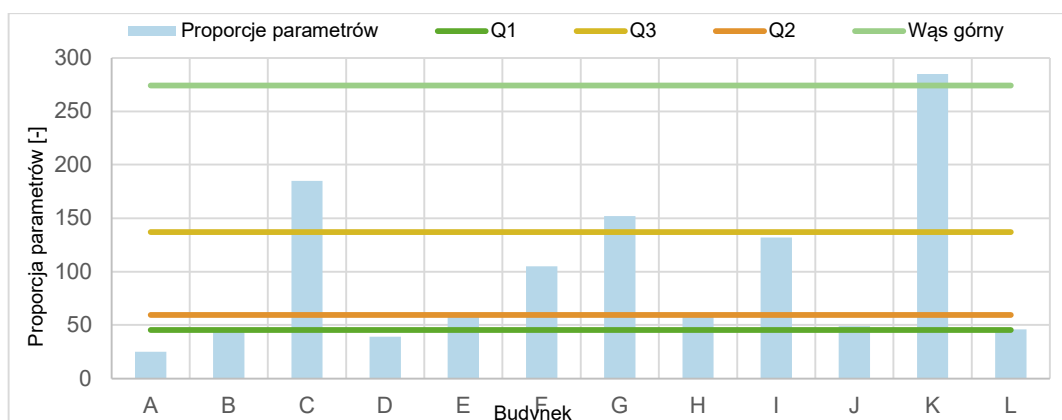
Poniższa analiza ma na celu wskazanie zależności pomiędzy powierzchnią całkowitą i wynajmowaną obiektu biurowego, a ilością zaprojektowanych miejsc parkingowych. Miejsca parkingowe często determinowane są przez miejscowe wymogi formalne, takie jak plany miejscowe, które często określają parametry przestrzeni parkingowej dla nowo powstających obiektów. Poza kwestiami formalnymi oczywiście liczba miejsca determinowana jest przez inwestora, który w oparciu o swój model biznesowy określa ten parametr.



Rysunek V.3.48. Ilość miejsc parkingowych w funkcji powierzchni całkowitej



Rysunek V.3.49. Ilość miejsc parkingowych w funkcji powierzchni wynajmowanej



Rysunek V.3.50. Ilość miejsc parkingowych w funkcji powierzchni wynajmowanej – proporcje parametrów

Dla zebranych obserwacji wyznaczono medianę oraz górny i dolny kwartył, a na ich podstawie rozstęp międzykwartyłowy (IQR). Jak widzimy na wykresie (Rys. V.3.50), żadna z obserwacji nie jest obserwacją ekstremalną, tj. wykraczającą poza kwartyle o wartość  $3 \cdot \text{IQR}$ , jak również odstającą – wszystkie mieszczą się między dolnym i górnym wąsem, co pozwala wszystkie obserwacje przyjąć do analizy. Odstępstwo obserwacji K jest bardzo nieznaczne, dlatego została przyjęta do analizy.

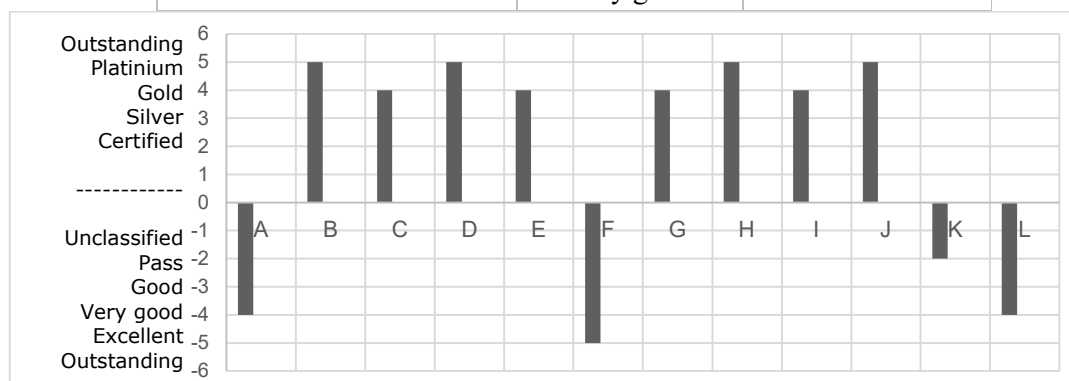
Powyższe analizy (Rys. V.3.48 oraz Rys. V.3.49) wskazują jednoznacznie znaczne rozbieżności pomiędzy parametrami dla poszczególnych budynków. Różne obiekty, tworzone w różnych lokalizacjach przez różnych deweloperów cechują się różnymi charakterystycznymi parametrami. Wprowadzając funkcję trendu można zauważyć zależności

odpowiednio 1 miejsce na każde 50m<sup>2</sup> powierzchni wynajmowanej i odpowiednio 100m<sup>2</sup> powierzchni całkowitej.

### 3.2.32. Certyfikacja środowiskowa

Analiza ma na celu wskazanie poziomu certyfikacji energetycznej budynków biurowych w ramach stosowanych systemów.

Stosowany system Analizowany budynek	BREEAM	LEED
A	Very good	
B		Platinum
C		Gold
D		Platinum
E		Gold
F		Silver
G		Gold
H		Platinum
I		Gold
J		Platinum
K	Pass	
L	Very good	

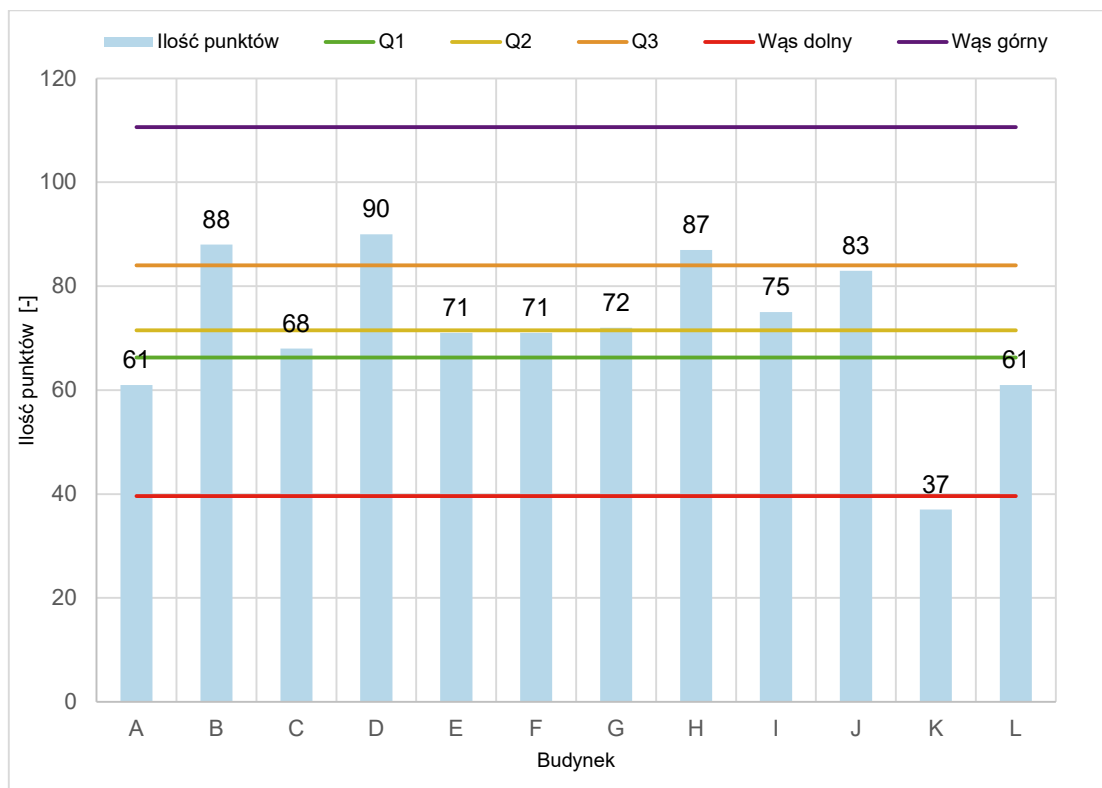


Rysunek V.3.51. Analiza poziomów certyfikacji budynków

Powyższa analiza (rys. V.3.51) wskazuje, iż w przerażającej większości projekty certyfikowane są w wyższych lub najwyższych stopniach w ramach swoich systemów. Nowoczesny budynek biurowy realizowany z wykorzystaniem nowoczesnych i energooszczędnych technologii w przeważającej większości podlega certyfikacji. Jako że stosowane rozwiązania są zgodne z wymaganiami certyfikacji, zatem budynek zwykle uzyskuje wysokie oceny podczas oceny projektu.

### 3.2.33. Ilość punktów osiągnięta w procesie certyfikacji

Poniższa analiza ma na celu wskazanie poziomu certyfikacji energetycznej w sposób bardziej szczegółowy, dokonano porównania wyniku punktowego poszczególnych obiektów.



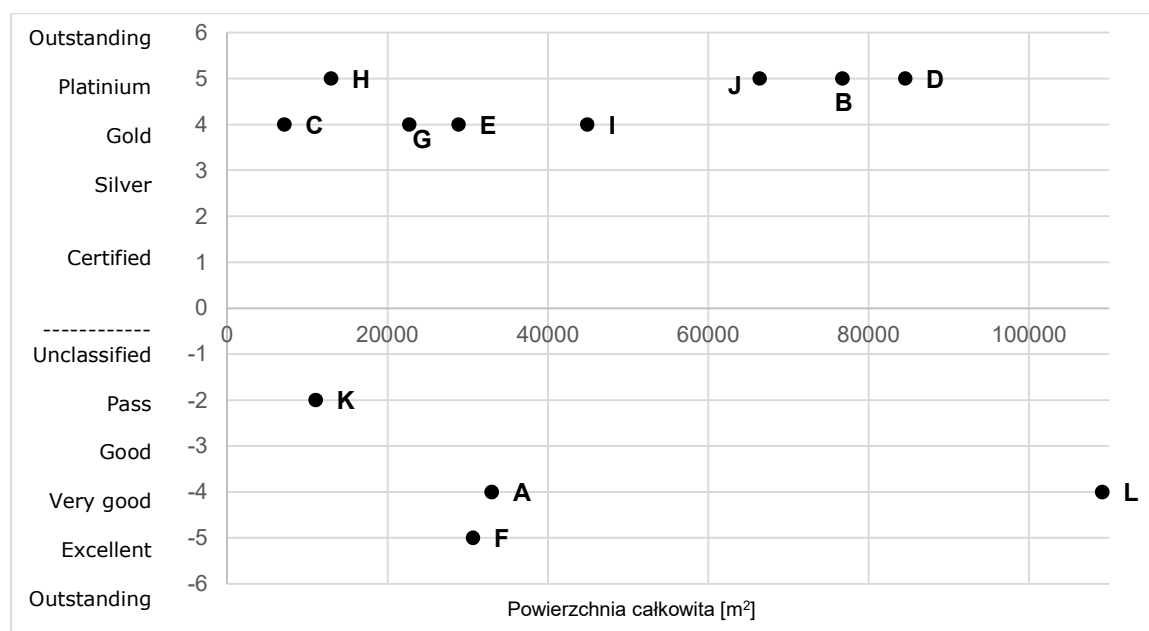
Rysunek V.3.52. Analiza wyników certyfikacji budynków

Dla zebranych obserwacji wyznaczono medianę oraz górny i dolny kwartył, a na ich podstawie rozstęp międzykwartyłowy (IQR). Jak widzimy na wykresie (Rys. V.3.52), żadna z obserwacji nie jest obserwacją ekstremalną, tj. wykraczającą poza kwartyły o wartość  $3 \cdot \text{IQR}$ , jak również odstającą – wszystkie mieszczą się między dolnym i górnym wąsem, co pozwala wszystkie obserwacje przyjąć do analizy.

W wyniku przeprowadzonej analizy (Rys. V.3.52), podobnie jak w analizie z punktu 3.2.32. należy wskazać, iż budynki w przeważającej większości certyfikowane są w wyższych lub najwyższych stopniach w ramach swoich systemów. Mediana wskazuje na poziom 71% dla prowadzonych obserwacji. Ponadto ilość punktów osiągniętych w procesie certyfikacji wskazuje na osiągnięcie poziomu z zapasem, w stosunku do wymaganych punktów.

### 3.2.34. Zależność pomiędzy powierzchnią obiektu a poziomem certyfikacji

Analiza ma na celu wskazanie zależności pomiędzy powierzchnią całkowitą budynku biurowego, a poziomem certyfikacji, jaka ma być zrealizowana. Obiekty biurowe w przeważającej większości podlegają certyfikacji, istotnym jest fakt czy wielkość tych obiektów w jakikolwiek sposób ma wpływać na poziom certyfikacji.



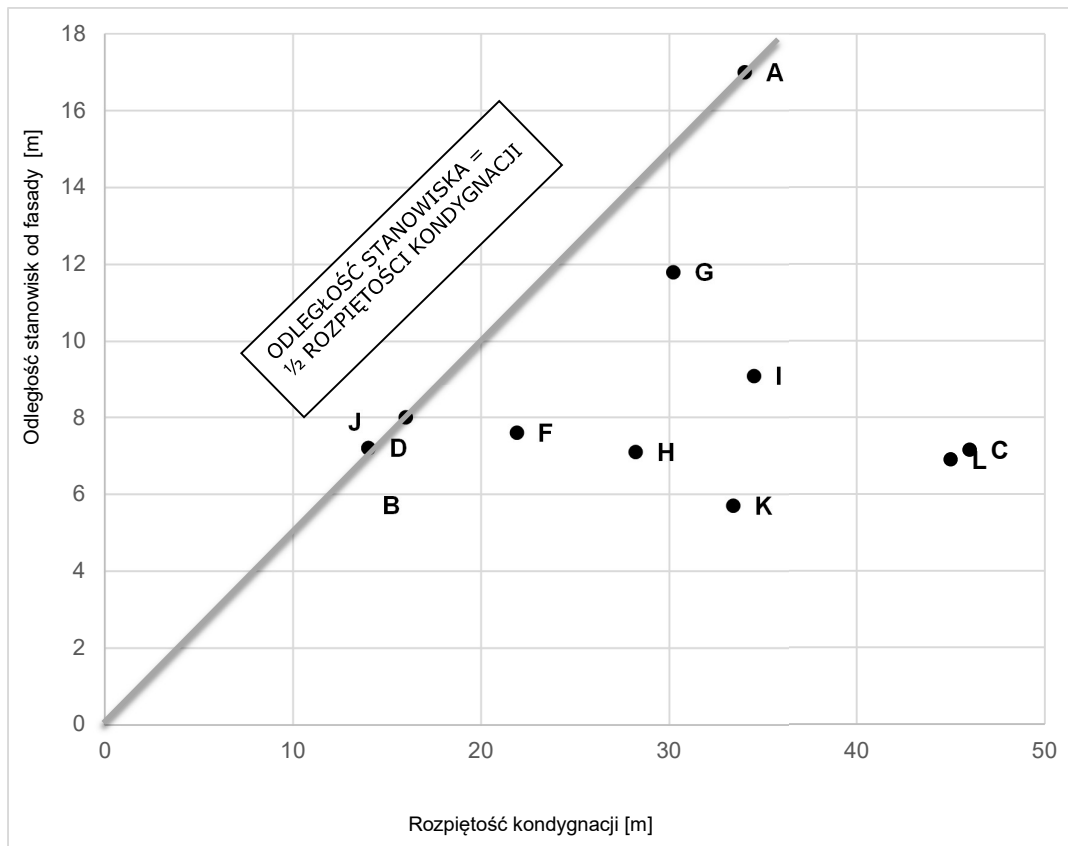
Rysunek V.3.53. Zależność pomiędzy powierzchnią obiektu a poziomem certyfikacji

Powyższa analiza (Rys. V.3.53) pokazuje, iż wielkość budynku nie ma wpływu na poziom certyfikacji. Obiekty bez względu na powierzchnię z założenia certyfikowane są w wyższych stopniach.

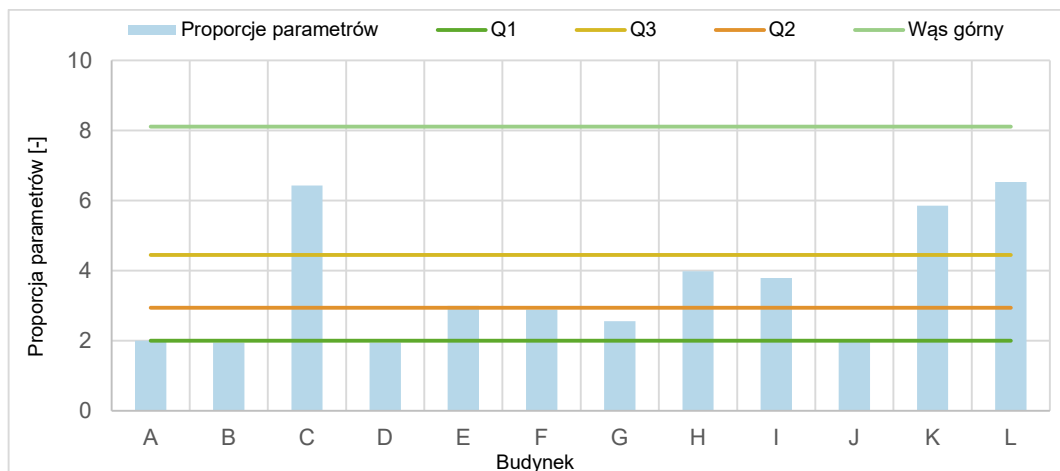
### 3.2.35. Doświetlenie stanowisk pracy

Analiza ma na celu wskazanie maksymalnej odległości stanowisk pracy od fasady zewnętrznej w porównaniu do rozpiętości budynku. Nowoczesny budynek biurowy premiuje prawidłowo zlokalizowane i doświetlone miejsca pracy, tak by minimalizować wykorzystanie oświetlenia sztucznego.

Wskazuje się na odległość najbardziej oddalonych stanowisk pracy od fasady zewnętrznej. Nie wskazuje się pojedynczych źle ułożonych miejsc, a standardową odległość charakterystyczną dla większej ilości miejsc.



Rysunek V.3.54. Analiza doświetlenia stanowisk pracy



Rysunek V.3.55. Analiza doświetlenia stanowisk pracy – proporcja parametrów

Dla zebranych obserwacji wyznaczono medianę oraz górny i dolny kwartyl, a na ich podstawie rozstęp międzykwartyłowy (IQR). Jak widzimy na wykresie (Rys. V.3.55), żadna z obserwacji nie jest obserwacją ekstremalną, tj. wykraczającą poza kwartyle o wartość  $3 \cdot IQR$ , jak również odstającą – wszystkie mieszczą się między dolnym i górnym wąsem, co pozwala wszystkie obserwacje przyjąć do analizy.



Na podstawie powyższej analizy (Rys. V.3.54) należy stwierdzić, iż w przypadku większości budynków maksymalna odległość stanowisk pracy jest znacząco mniejsza niż połowa rozpiętości piętra. Oznacza to, że optymalnymi są rozwiązania, w których wewnątrz budynku zlokalizowane są funkcje, w których nie lokuje się miejsc pracy, takich jak trzony komunikacyjne czy pomieszczenia konferencyjne.

### 3.2.36. Rozwiązania sufitów na powierzchni biurowej

Poniższa analiza ma na celu wskazanie najczęściej stosowanych rozwiązań realizacji sufitów podwieszanych na powierzchniach najmu.

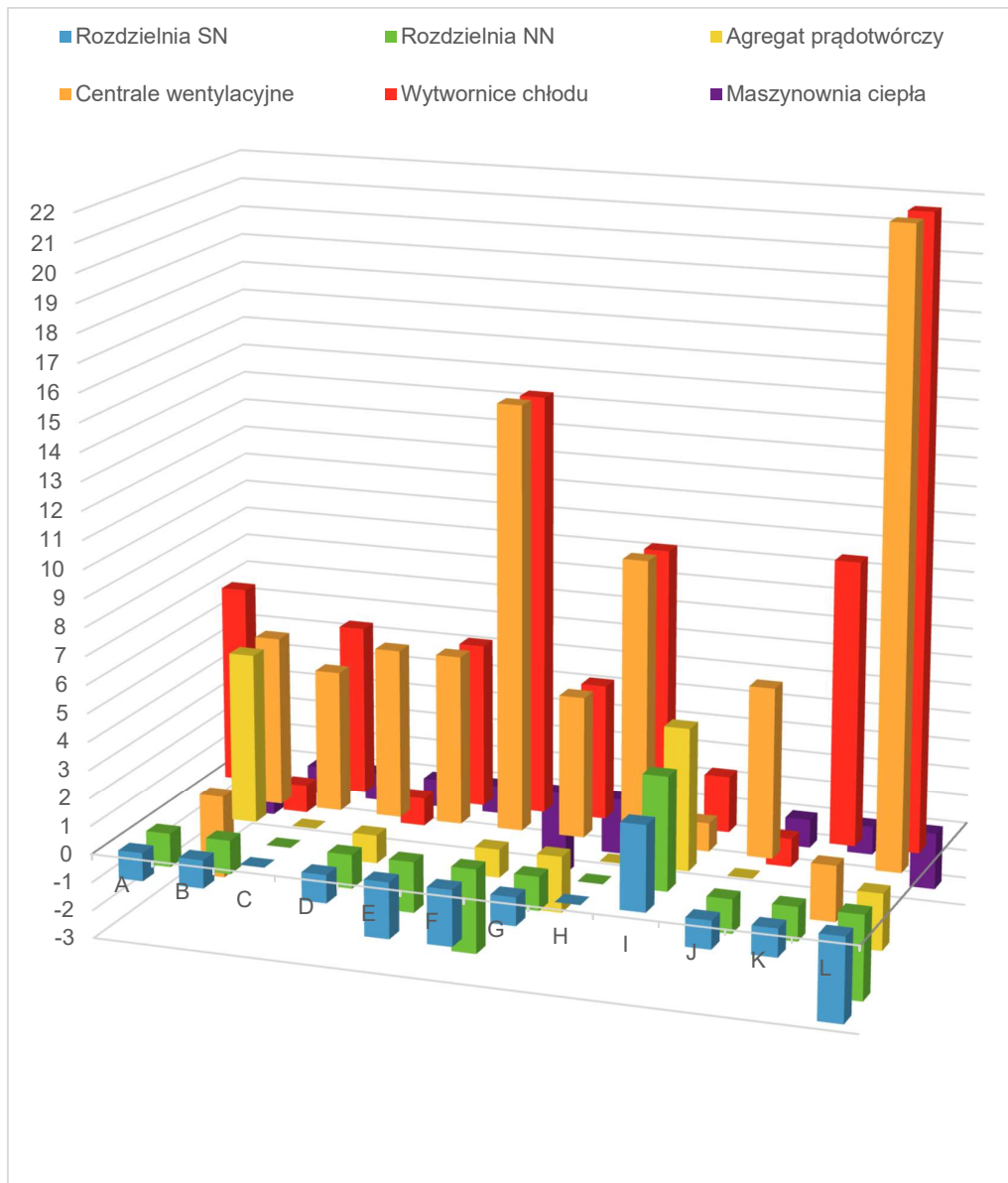
Tabela V.3.56. Analiza typów sufitów powierzchni biurowej

Analizowany budynek	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	procentowy udział obserwacji
<b>Typ sufitu podwieszanego</b>													
<b>Brak sufitu, strop surowy</b>											X		8%
<b>Sufit modułowy mineralny 60x60</b>		X	X	X	X		X	X	X	X			68%
<b>Sufit modułowy metalowy 60x60</b>													0%
<b>Sufity gipsowe pełne</b>												X	8%
<b>Sufit modułowy mineralny 60x120</b>						X							8%
<b>Sufit modułowy metalowy 60x120</b>	X												8%

Przeprowadzona analiza (Tab. V.3.56) jednoznacznie wskazuje, iż najczęściej stosowanym rozwiązaniem (68%) jest modułowy sufit 60x60cm z płyt wykonanych z wełny mineralnej. Jest to rozwiązanie modułowe pozwalające na najłatwiejszą realizację zarówno robót wykończeniowych jak i dostosowanie elementów instalacyjnych.

### 3.2.37. Lokalizacja maszynowni instalacyjnych

Analiza ma na celu wskazanie optymalnych lokalizacji dla typowych pomieszczeń technicznych wymaganych w nowoczesnym budynku biurowym. Do najważniejszych pomieszczeń należy zaliczyć: maszynownie chłodu (w tym wieże chłodnicze), centrale wentylacyjne, maszynownie ciepła, rozdzielnice SN (średnie napięcie), rozdzielnie NN (niskie napięcie), pomieszczenia agregatu prądotwórczego.



Rysunek V.3.57. Analiza lokalizacji maszynowni

Powyższa analiza (Rys.V.3.57) pokazuje typowe rozwiązania w zakresie lokalizacji głównych elementów systemów budynkowych. Centrale wentylacyjne praktycznie zawsze lokalizowane są na dachu, jest to rozwiązanie właściwe ze względu na możliwość swobodnej lokalizacji czerpni i wyrzutni powietrza, jednocześnie kłopotem staje się izolacja akustyczna tych urządzeń od znajdujących się pod nimi pomieszczeń biurowych. Podobnie zlokalizowane są wszelkiego rodzaju wytwornice chłodu, lokalizacja dachowa w przypadku tych urządzeń dodatkowo ułatwia ich chłodzenie powietrzem atmosferycznym. Rozdzielnice ciepła zwykle lokalizowane są piwnicach, są to niewielkie pomieszczenia nie wymagające specjalnych warunków, ich podstawowa funkcja to dystrybucja czynnika. Agregaty

prądotwórcze zwykle lokalizowane są na kondygnacjach podziemnych, pomimo problemów związanych z wyrzutem spalin i hałasem generowanym przez samo urządzenie, jest to lokalizacja preferowana ze względu na kwestie tankowania urządzeń i transportu paliwa. Pomieszczenia elektryczne umiejscowione są w piwnicy, jest to naturalne miejsce dla tych instalacji, które dochodząc do budynku przez zewnętrzne sieci elektryczne dalej są rozprowadzane po piętrach.

### 3.2.38. Transport publiczny

Analiza ma na celu wskazanie możliwości wykorzystania i dostępność (w tym odległość) środków transportu m.in. publicznego, innych niż samochód. Przeprowadzona będzie w skali punktowej zgodnie z poniższą tabelą (Tab. V.3.58).

Tabela V.3.58. Analiza dostępności transportu publicznego

Pkt	Tramwaj	Metro	Autobus	Pociąg	Lotnisko	Rower miejski	Dojazd
5	Bezpośr.	Bezpośr.	Bezpośr.	Bezpośr.	Bezpośr.	Bezpośr.	centrum
4	do 500m	do 500m	do 500m	do 500m	do 500m	do 500m	dzielnica biznesowa
3	do 1km	do 1km	do 1km	do 2 km	do 2 km	do 1km	poza centrum
2	ponad 1 km	ponad 1 km	ponad 1 km	do 5km	do 5km	ponad 1 km	przedmieścia
1	brak	brak	brak	ponad 5km	ponad 5km	brak	

	Tramwaj	Metro	Autobus	Pociąg	Lotnisko	Rower miejski	Dojazd
A	5	1	5	2	2		3
B	3	1	5	2	3	5	4
C	5	1	5		2		5
D	3	1	5	2	3	5	4
E	4	1	3	4	1		3
F	5	1	5	4	1	5	5
G	5	1	5	2	1	5	3
H	1	1	3	2	1		3
I	4	1	4	3	1		5
J	3	1	4	4	1		4
K	5	1	3	3	1	5	5
L	4	2	5	1	1		3

W wyniku przeprowadzonej analizy (Tab. V.3.58) należy wskazać, iż projekty będące przedmiotem porównania w większości mają dobry dostęp do komunikacji publicznej (sieć

tramwajowa i autobusowa), co jest niezwykle istotne z punktu widzenia pracowników codziennie dojeżdżających do budynków. Natomiast priorytetem zwykle nie jest bezpośredni dostęp do dworców kolejowych oraz lotnisk, dzielnice biznesowe i centra miast zwykle oddalone są od lotnisk. W przeważającej większości projekty realizowane są w lokalizacjach centralnych z łatwym dojazdem poprzez istniejącą sieć ulic. Projekty w miastach gdzie funkcjonuje system rowerów miejskich mają łatwy dostęp do sieci.

### 3.2.39. Wcześniejsze zagospodarowanie terenu

Analiza ma na celu wskazanie wcześniejszej funkcji obszaru, na którym realizowany jest projekt. Systemy certyfikacji premiuja realizację projektów na terenach zrehabilitowanych, odtworzonych z nieużytków czy funkcji przemysłowych. Nie jest natomiast preferowana realizacja projektów na terenach o wcześniejszej funkcji rekreacyjnej czy obszarach zielonych.

Tabela V.3.59. Analiza wcześniejszego zagospodarowania terenu

<b>Analizowany budynek</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>F</b>	<b>G</b>	<b>H</b>	<b>I</b>	<b>J</b>	<b>K</b>	<b>L</b>
<b>Zagospodarowanie terenu</b>												
Nie użytek	X	X		X								
Teren zniszczony												
Teren miejski niezagospodarowany			X				X	X	X	X		X
Budownictwo komercyjne						X					X	
Budownictwo przemysłowe					X							

Analiza (Tab. V.3.59) wskazuje na realizację projektów na obszarach, które wcześniej były albo niezagospodarowanymi nieużytkami lub obszarami miejskimi bez wcześniejszej zdefiniowanej funkcji. Jest to w pełni zgodne z założeniami certyfikacji energetycznej, jednocześnie nowoczesne projekty nie powodują strat środowiska naturalnego, wynikające z zastępowania terenów zielonych przez zabudowę komercyjną.

### 3.2.40. Systemy pożarowe w budynku

Przedmiotem poniższej analizy będzie wskazanie systemów ochrony przeciw pożarowej zainstalowanych w analizowanych budynkach.

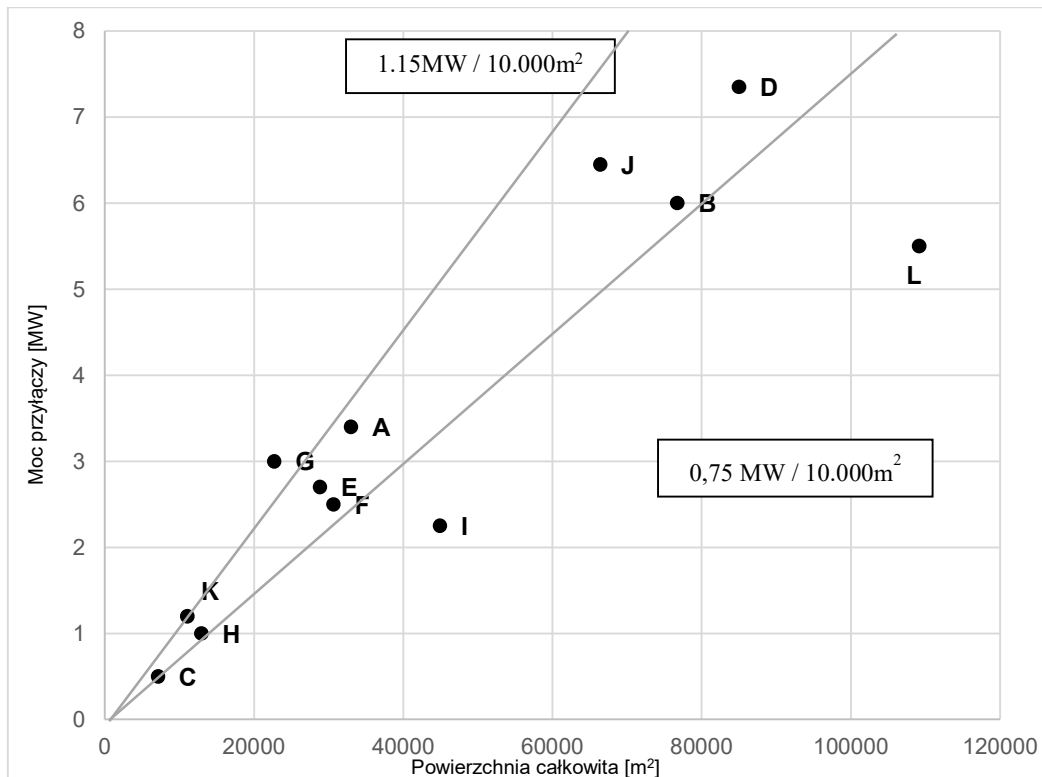
Tabela V.3.60. Analiza systemów pożarowych w budynku

Analizowany budynek	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	procentowy udział obserwacji
<b>System pożarowy</b>													
SAP	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	100%
DSO (dźwiękowy system ostrzegawczy)						X			X		X	X	33%
Instalacja tryskaczowa		X	X	X		X			X	X	X	X	66%
Instalacja hydrantowa	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	100%
Czujki dymowe kanały wentylacyjne		X		X		X		X	X	X	X	X	67%
Instalacja oddymiania kondygnacji garaży podziemnych	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	92%
Dźwig dla ekip ratowniczych						X			X		X	X	33%
Instalacja odsysająca pod podłogą podniesioną						X			X			X	25%
SUG instalacja gaszenia gazem - serwery		X		X						X		X	33%
Inst. nadciśnieniowa klatek schodowych		X		X					X	X		X	42%
Instalacja oddymiania holi windowych		X		X					X	X			33%
Inst. pożarowa nadciśnieniowa dla szybów windowych		X		X					X	X		X	42%

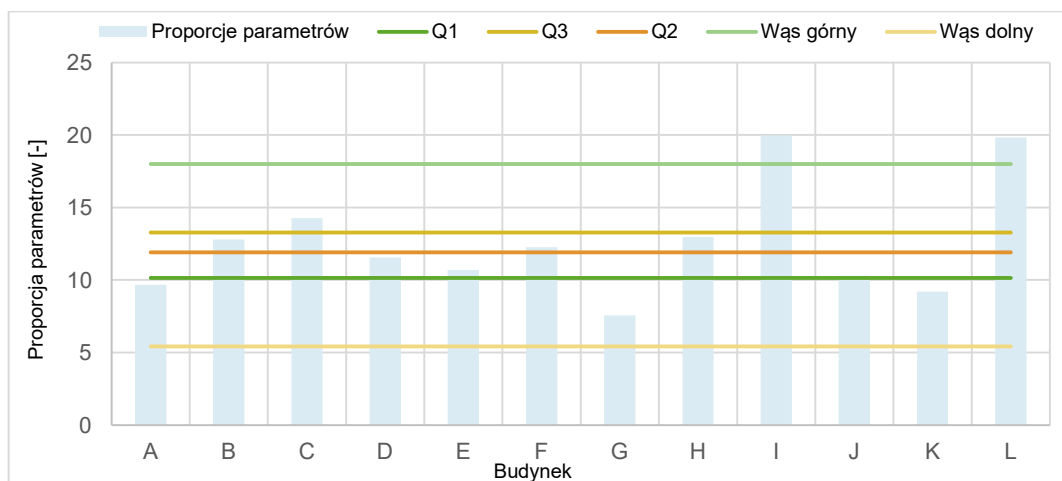
W wyniku przeprowadzonej analizy (Tab. V.3.60) można wskazać, iż typowy budynek biurowy wyposażony jest standardowo w system detekcji dymu oraz instalację hydrantową, wskazuje na to 100% obserwacji. Są to podstawowe systemy, zwykle wymagane także przez przepisy formalne. Ponadto część budynków, z podziemnymi kondygnacjami garażowymi wyposażone są w instalacje oddymiania mechanicznego (92%), często także w instalację tryskaczową (66%). Dodatkowo budynki wysokie, zgodnie z obowiązującymi przepisami chronione są instalacją tryskaczową na całej powierzchni oraz wyposażone są w windy dla ekip ratowniczych (33%).

### 3.2.41. Moc przyłączy energetycznych w funkcji powierzchni całkowitej

Przedmiotem niniejszej analizy jest wskazanie zależności pomiędzy mocą przyłączy energetycznych dla budynku biurowego, a powierzchnią całkowitą budynku. Wybrano powierzchnię całkowitą, ze względu na fakt, iż w przeciwieństwie do dystrybucji chłodu energia elektryczna dystrybuowana jest w całym budynku.



Rysunek V.3.61. Moc przyłączy energetycznych w funkcji powierzchni całkowitej



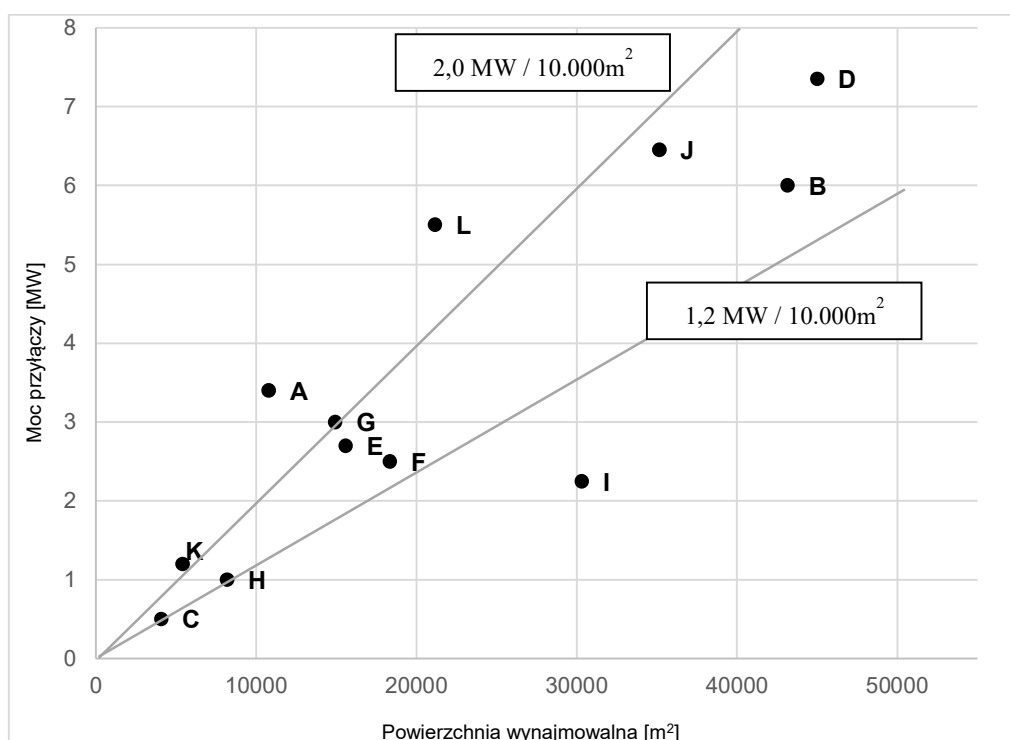
Rysunek V.3.62. Moc przyłączy energetycznych w funkcji powierzchni całkowitej – proporcja parametrów

Dla zebranych obserwacji wyznaczono medianę oraz górny kwartył, a na ich podstawie rozstęp międzykwartyłowy (IQR). Jak widzimy na wykresie (Rys. V.3.62) dwie obserwacje (I, L) są obserwacjami ekstremalnymi, tj. wykraczającymi poza kwartyły o wartość  $3 \cdot IQR$ , nie będą one przedmiotem analizy.

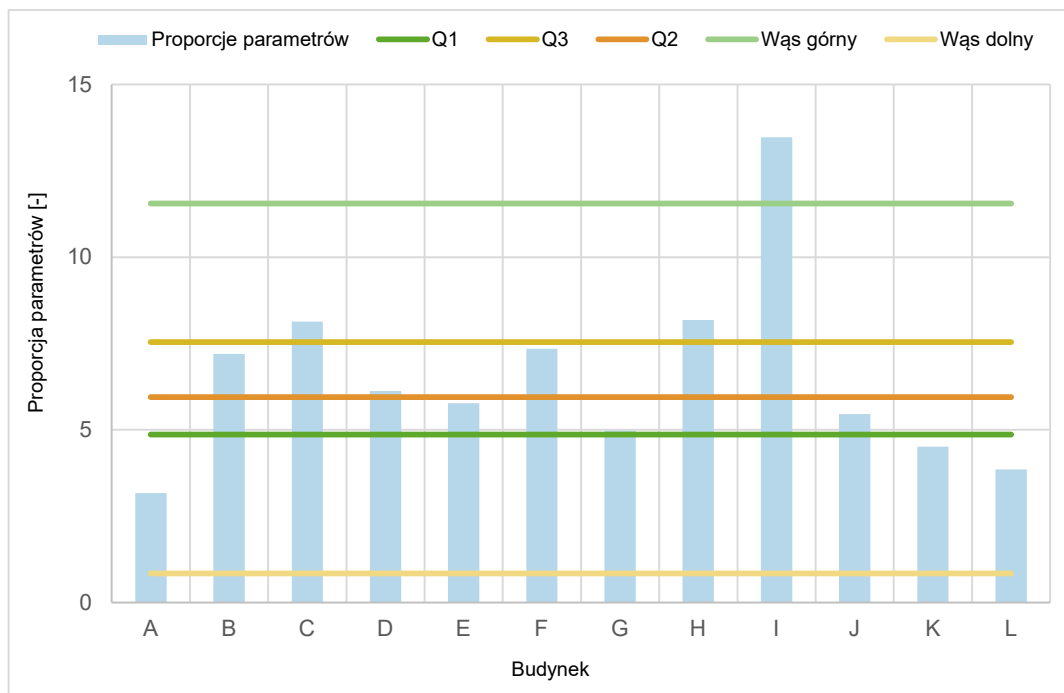
W wyniku przeprowadzonej analizy (Rys. V.3.61) oraz po dodatkowej eliminacji obserwacji G, która znajduje się bardzo blisko dolnego wąsa, można wskazać, iż większość projektów realizowana jest przy założeniu realizacji zasilania w proporcji poniżej  $0,75 - 1.15 \text{ MW}$  na każde  $10.000 \text{ m}^2$  powierzchni całkowitej. Jednocześnie przedstawione wyniki wskazują liniowy wzrost mocy wraz ze wzrostem powierzchni budynku.

### 3.2.42. Moc przyłączy energetycznych w funkcji powierzchni wynajmowanej

Analiza ma celu wskazanie zależności pomiędzy mocą przyłączy energetycznych dla budynku biurowego, a powierzchnią wynajmowaną. W ramach tej kategorii możliwe jest określenie zużycia energii przez budynek w parametrze efektywnej przestrzeni. Tego typu współczynniki wykorzystywane są we wszelkiego rodzaju porównaniach budynków komercyjnych. Budynek generuje przychody z powierzchni biurowej, tak samo należy rozpatrywać współczynniki zużycia przez niego mediów.



Rysunek V.3.63. Moc przyłączy energetycznych w funkcji powierzchni wynajmowanej



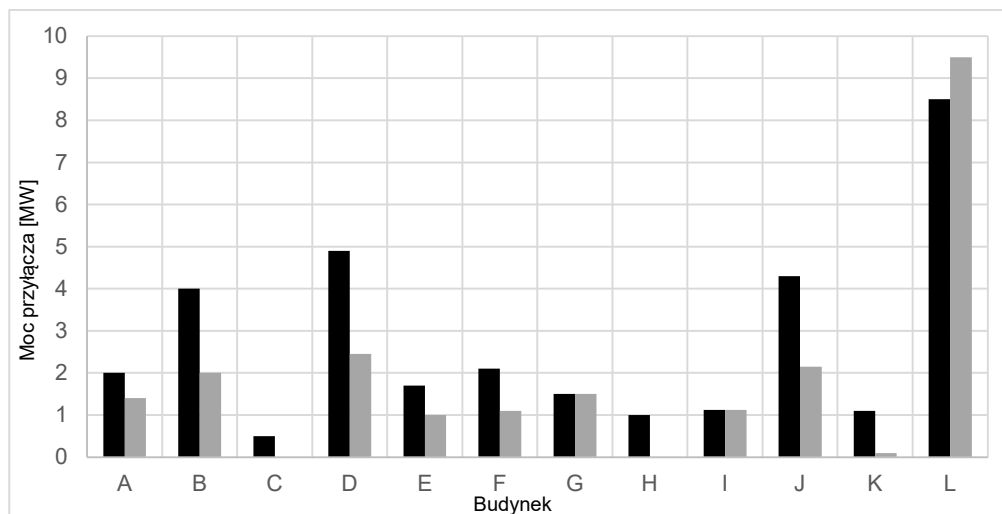
Rysunek V.3.64. Moc przyłączy energetycznych w funkcji powierzchni wynajmowanej – proporcje parametrów

Dla zebranych obserwacji wyznaczono medianę oraz górny kwartył, a na ich podstawie rozstęp międzykwartyłowy (IQR). Jak widzimy na wykresie (Rys. V.3.64) jedna obserwacja (I) jest obserwacją ekstremalną, tj. wykracza poza kwartyły o wartość  $3 \cdot \text{IQR}$ , nie będzie ona przedmiotem analizy. W wyniku przeprowadzonej analizy (Rys. V.3.63) należy stwierdzić, iż większość projektów (67%) realizowana jest przy założeniu dostawy zasilania w proporcji 1,2-2,0 MW na każde  $10.000\text{m}^2$  powierzchni wynajmowanej, co przekłada się na 120-200W/ $\text{m}^2$  powierzchni biurowej.

### 3.2.43. Moc przyłączy energetycznych

Analiza tej kategorii ma na celu wskazanie czy występuje drugie źródło zasilania elektrycznego dla budynku oraz proporcji pomiędzy podstawowym źródłem zasilania, a linią rezerwową. Obecnie większość realizowanych kompleksów biurowych zasilana jest z dwóch niezależnych linii zasilających, jest to związane z bezpieczeństwem energetycznym budynków, a także wymogiem wielu obecnych najemców.



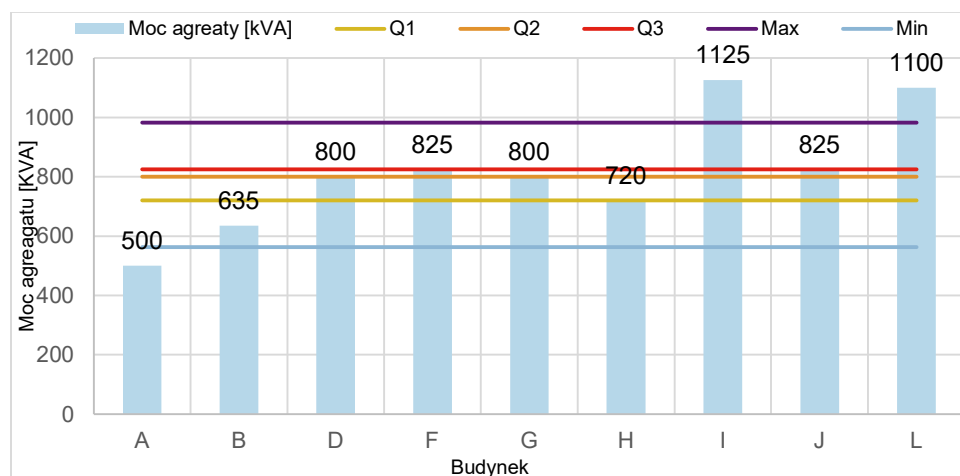


Rysunek V.3.65. Analiza mocy przyłączy energetycznych

W wyniku przeprowadzonej analizy (rys. V.3.65) należy wskazać, iż w przeważającej większości obiekty wyposażone są w dwa osobne źródła zasilania, doprowadzone z dwóch różnych linii. Jednocześnie moc linii rezerwowej zwykle jest wymiarowana na połowę mocy linii podstawowej.

### 3.2.44. Moc agregatu prądotwórczego

Przedmiotem analizy jest porównanie mocy stosowanych agregatów prądotwórczych. Część projektów wyposażana jest w agregaty tylko dla podtrzymania funkcji pożarowych. Inni deweloperzy traktują agregaty, jako kolejne rezerwowe źródło zasilania, które wspomaga obiekt w przypadku awarii linii zasilających.



Rysunek V.3.66. Moc agregatu prądotwórczego

Dla zebranych obserwacji wyznaczono medianę oraz górny i dolny kwartył, a na ich podstawie rozstęp międzykwartyłowy (IQR). Jak widzimy na wykresie (rys. V.3.66) trzy obserwacje (A, I, L) są obserwacjami ekstremalnymi, tj. wykraczającą poza kwartyły o wartość  $3 \cdot \text{IQR}$ . Wartość mediany pozwala nam stwierdzić, że wartością średnią obciążenia mocy agregatów jest 825kVA.

### 3.2.45. Funkcje obsługiwane przez agregat prądowórczy

Analiza tej kategorii ma na celu wskazanie funkcji budynkowych, które obsługiwane są przez agregaty prądowórcze.

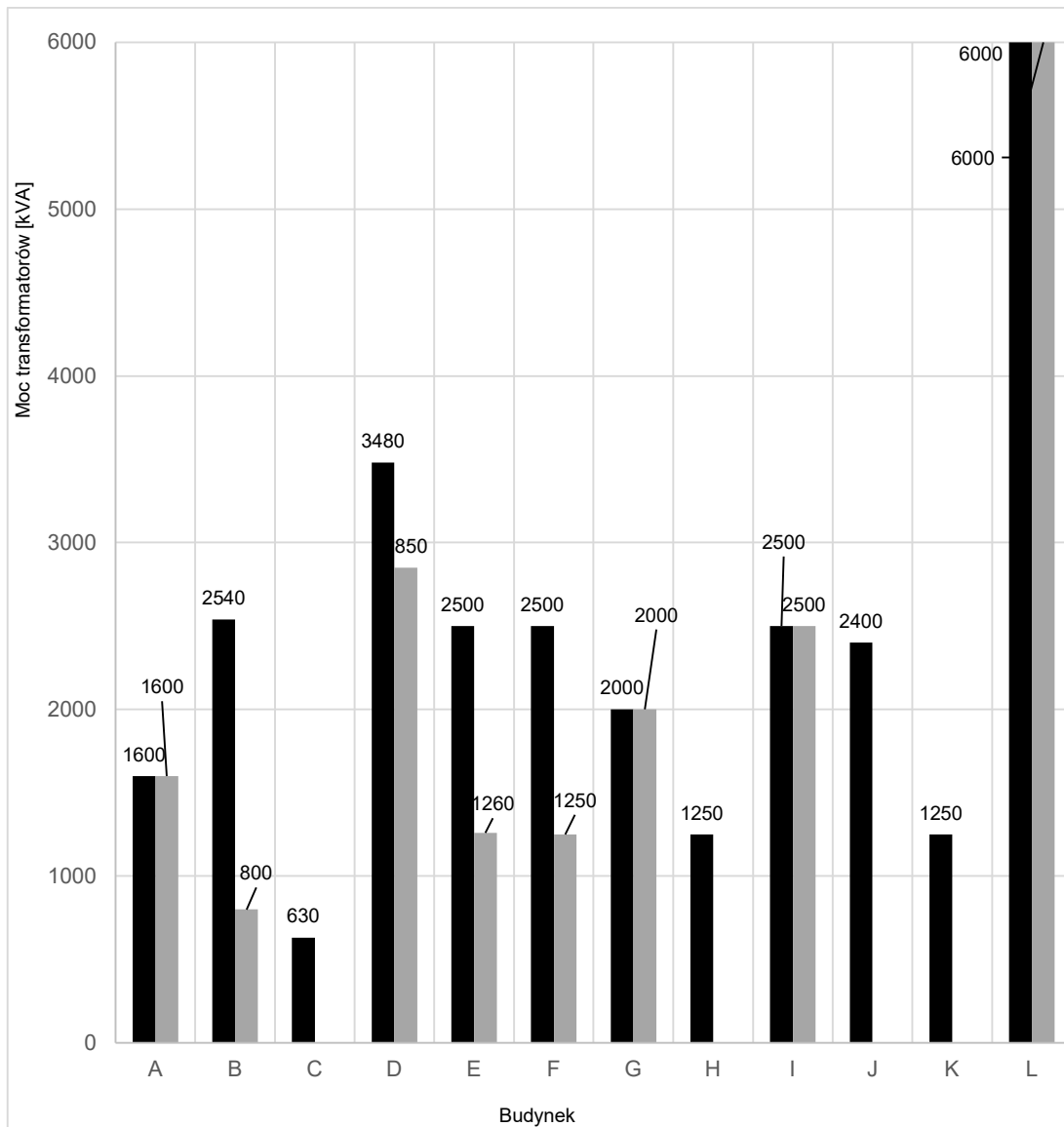
Tabela V.3.67. Analiza funkcji obsługiwanych przez agregat prądowórczy

Analizowany budynek	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	procentowy udział obserwacji
<b>Funkcje agregatu</b>													
Systemy p-poż.	X	X	B	X	B	X	X	X	X		B	X	66%
Administracja			R		R	X				X	R		17%
Wentylacja pożarowa	X		A		A			X	X	X	A		33%
Pompownia tryskaczowa		X	K	X	K					X	K		25%
Winda p-poż.									X	X		X	25%

Przeprowadzona analiza (tab. V.3.67) wskazuje, iż agregaty prądowórcze praktycznie zawsze podtrzymują funkcje pożarowe budynków, co potwierdza 66% obserwacji, w przypadku budynków wysokich także windy p-poż. (25%). Jest to wymóg przepisów formalnych, które nakazują dwa źródła zasilania budynku, zabezpieczając obiekt pożarowo w przypadku awarii napięcia z sieci miejskiej.

### 3.2.46. Wielkość transformatorów

Analiza poniższej kategorii ma na celu wskazanie mocy transformatorów zainstalowanych w budynku. Urządzeń przetwarzających dostarczane do budynku średnie napięcie na system niskiego napięcia, które dostarczane jest bezpośrednio do odbiorników.

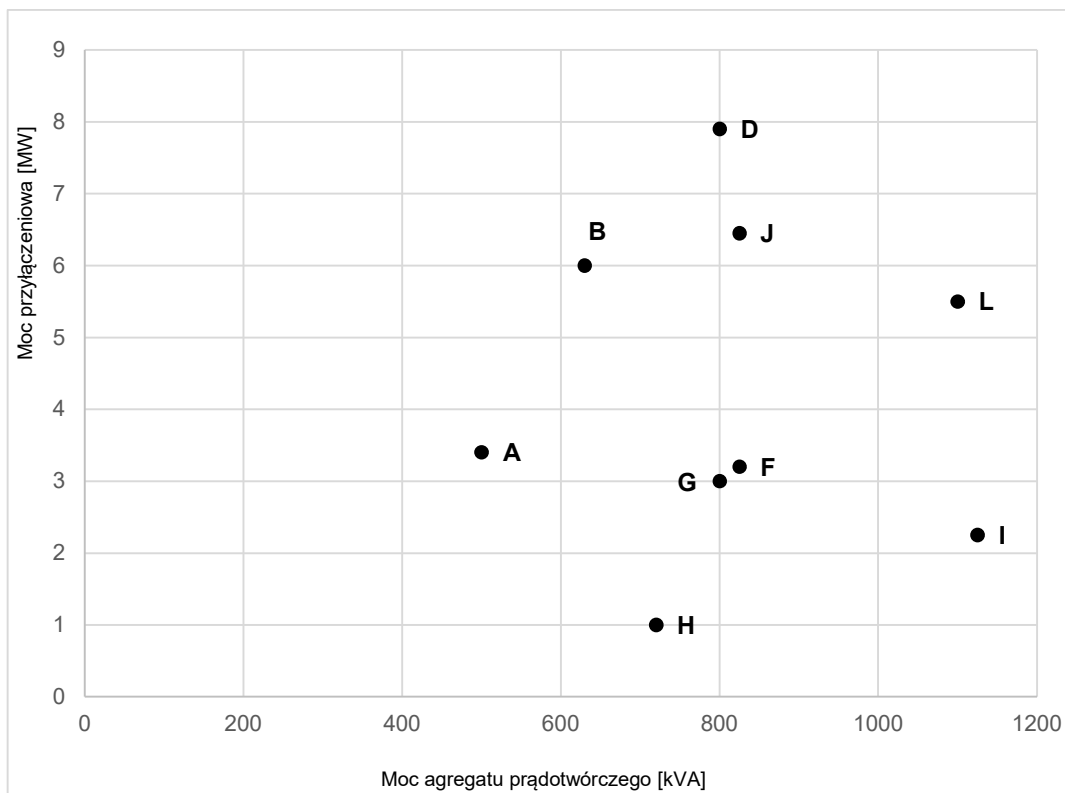


Rysunek V.3.68. Analiza wielkości transformatorów

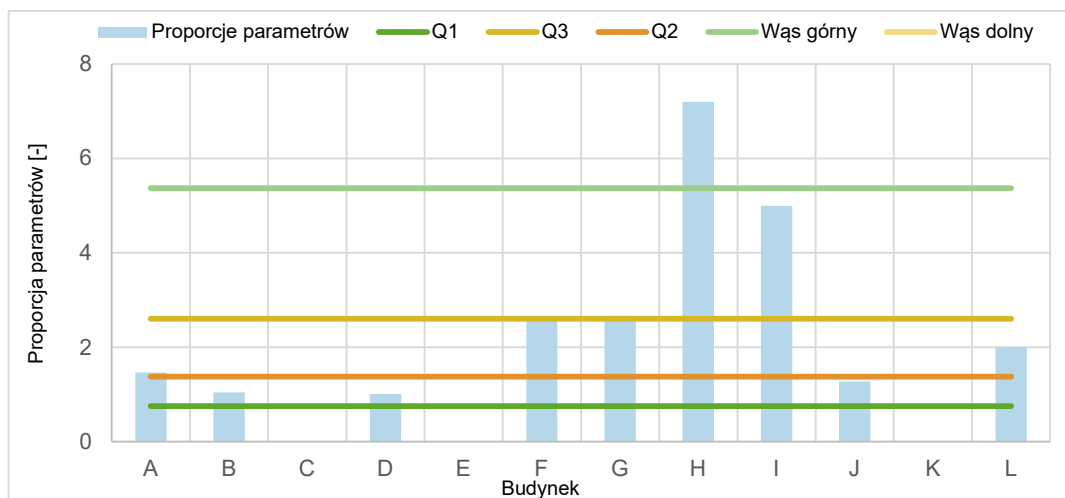
Na podstawie przeprowadzonej analizy powyższego wykresu (rys. V.3.68) nie można wskazać na żadne zależności pomiędzy wielkością czy parametrami obiektów, a wymiarowaniem transformatorów. Ich lokalizacja i rozmiar zależą od specyficznych rozwiązań technicznych stosowanych w budynku i sposobu dystrybucji mocy elektrycznej.

### 3.2.47. Zależność mocy agregatu prądotwórczego od mocy przyłączy energetycznych

W ramach analizy tej kategorii przeprowadzone zostanie porównanie mocy przyłączy energetycznych z mocą zainstalowanych w budynkach agregatów prądotwórczych oraz wskazane zostaną ewentualne zależności pomiędzy tymi parametrami (Rys. V.3.70).



Rysunek V.3.69. Moc przyłączy energetycznych, a moc agregatu prądowórczego



Rysunek V.3.70. Moc przyłączy energetycznych, a moc agregatu prądowórczego – proporcje parametrów

Analizując powyższy wykres (Rys. V.3.69) należy stwierdzić, iż nie ma bezpośredniej zależności pomiędzy mocą przyłączy energetycznych, a mocą zainstalowanych agregatów prądowórczych. Są to urządzenia dobierane indywidualnie w oparciu o moc odbiorników, wymagających zasilania rezerwowego.

### 3.2.48. Sposób dystrybucji zasilania

Analiza tej kategorii ma na celu wskazania współcześnie stosowanych w nowoczesnych budynkach biurowych rozwiązań dystrybucji energii elektrycznej w budynku. Skupiono się zarówno na zasilaniu systemów budynkowych, jak i rozwiązań dedykowanych dla powierzchni najmu i bezpośrednio do stanowisk pracy.

Tabela V.3.71. Sposób dystrybucji zasilania

Analizowany budynek	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	procentowy udział obserwacji
<b>Dystrybucja zasilania</b>													
<b>Floor-box</b>													
TYP 2+2+2	X	X	X	X				X		X		X	58%
TYP 2+2+1									X		X		8%
TYP 3+3+2					X	X	X			X			34%
Obwody rezerwowe (DATA)	X	X		X		X	X	X		X		X	67%
UPS-y lokalne		X	X	X						O			25%
UPS-budynkowy centralny				O		O	X			X			17%
Okablowanie ścienne								X				X	17%
Koncentratory podpodłogowe		X		X								X	25%
Okablowanie nad-blatowe		X		X									17%
<b>Dystrybucja napięcia</b>													
Szynoprzewody 400A			X										8%
Szynoprzewody 630A		X		X		X				X			33%
Szynoprzewody 800A						X							8%
Rozdzielnie piętrowe		X	X	X				X		X			42%
Szynoprzewody alu 100-2500A							X					X	17%
TN-S system (5-core system)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	92%

Przeprowadzona analiza (Tab. V.3.71) wskazuje na kilka możliwych rozwiązań w zakresie konfiguracji floor-box-ów (puszek podłogowych), które obecnie są standardowym rozwiązaniem zasilania współczesnej powierzchni biurowej (100% obserwacji). Konfiguracja gniazd wewnątrz puszek wynika z indywidualnych potrzeb najemców, podobnie zasilanie gwarantowane, które zwykle realizowane jest jako osobne obwody, z gwarantowanym zasilaniem z jednostek UPS.

Dystrybucja napięcia pomiędzy rozdzielniami prowadzona jest z wykorzystaniem szynoprzewodów (49% obserwacji), które są najbardziej efektywnym rozwiązaniem pod względem technicznym, pozwalającym na łatwą rozbudowę instalacji systemu z wykorzystaniem systemowych rozwiązań. Należy także stwierdzić, iż standardem zasilania jest system 5 żyłowy typu TN-S (92% obserwacji).

### 3.2.49. Typ stosowanych opraw oświetleniowych

Przedmiotem niniejszej analizy jest zaprezentowanie rozwiązań w zakresie oświetlenia stosowanego w współczesnych budynkach biurowych. Intensywny rozwój nowoczesnych technologii opartych na oprawach LED spowodował znaczące zmiany w podejściu do sposobu oświetlenia budynków. Jednocześnie te nowoczesne rozwiązania spowodowały znaczące zmiany w zapotrzebowaniu na energię elektryczną potrzebną do oświetlenia w budynku.

Tabela V.3.72. Analiza typów stosowanych opraw oświetleniowych

Analizowany budynek	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	procentowy udział obserwacji
<b>Typ opraw oświetleniowych</b>													
<b>Powierzchnie biurowe</b>													
Oprawy świetlówkowe modułowe	X	X	X		X	X	X	X	X		X	X	83%
T16 1x28W								X					
T16 4x14W					X		X				X		
LED				X						X			17%
<b>Komunikacja</b>													
LED		X		X	X		X			X			58%
T16 1x14W	X		X						X		X	X	42%
Toalety – LED		X	X	X	X		X		X	X		X	67%
<b>Sale konferencyjne</b>													
LED				X	X	X				X	X		42%
1x35W T16	X	X	X				X	X	X			X	58%
<b>Hale garażowe - oprawy świetlówkowe</b>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	92%
Oświetlenie zewnętrzne – LED		X		X				X		X		X	42%
<b>Powierzchnie techniczne oprawy świetlówkowe</b>	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	92%

Analizując powyższą kategorię (Tab. V.3.72) należy stwierdzić, iż na powierzchniach biurowych, w przypadku obiektów budowanych w ostatnich latach, zaczynają się pojawiać rozwiązania bazujące na technologii LED (17%), nadal jednak najczęściej występującym rozwiązaniem, co potwierdza większość obserwacji (83%) są tradycyjne oprawy świetlówkowe w modułowych oprawach. W zakresie rozwiązań powierzchni komunikacyjnych i węzłów sanitarnych ponad połowa obserwacji wskazuje na stosowanie opraw w technologii LED. Większość powierzchni technicznych (92%) oraz hal garażowych (92%) cały czas bazuje na standardowych oprawach świetlówkowych.

### 3.2.50. Analiza systemów sterowania oświetleniem

Przedmiotem analizy tej kategorii jest wskazanie efektywnych metod sterowanie oświetleniem wewnątrz budynku biurowego w zależności od stref budynkowych. Obecnie coraz częściej odchodzi się od sterowania indywidualnego dla stref, a stosuje się systemy bardziej zaawansowane typu KNX czy EIB, jak również oparte o centralne sterowanie budynkiem poprzez instalację BMS.

Tabela V.3.73. Analiza sposobów sterowania oświetleniem

Analizowany budynek	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	procentowy udział obserwacji
<b>Sposób sterowanie oświetleniem</b>													
<b>Powierzchnie biurowe</b>													
KNX	X	X	X	X				X		X			50%
Czujniki ruchu					X	X	X		X				33%
Panele sterowania + system DALI											X	X	17%
<b>Powierzchnie wspólne</b>													
Indywidualne					X		X		X				25%
KNX	X	X	X	X				X		X			50%
BMS						X					X	X	25%
Czujniki ruchu						X				X	X	X	
Toalety czujniki ruchu	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	92%
Pom. techniczne sterowanie indywidualnie	X	X	X	X				X		X	X	X	67%
Sale konferencyjne BMS					X		X		X				25%
Hala garażowa BMS					X		X		X			X	33%
Hala garażowa KNX	X	X	X	X				X		X			50%

W wyniku przeprowadzonej analizy (Tab. V.3.73) stwierdzono, iż powierzchnie biurowe sterowane są poprzez systemy zaawansowane np. KNX pozwalające na dowolne programowanie trybów pracy światła w zależności od pory dnia /roku jak i indywidualnie dla poszczególnych stref, co potwierdza 50% obserwacji. Powierzchnie wspólne w przeważającej większości obserwacji (75%) sterowane są systemami KNX lub BMS, co pozwala użytkownikowi na kontrolę działania trybów oświetlenia. W pomieszczeniach socjalnych praktycznie zawsze (92% obserwacji) stosuje się czujniki ruchu, co wydaje się naturalnym rozwiązaniem pozwalającym na oszczędność energii. Pomieszczenia techniczne jak i hale garażowe sterowane są przez systemy KNX, BMS.

### 3.2.51. Analiza systemów oświetlenia awaryjnego

Analiza tej kategorii ma na celu wskazanie sposobów realizacji oświetlenia awaryjnego dla powierzchni najmu i komunikacji w budynkach. Montaż tej instalacji jest wymogiem formalnym, bez możliwości odstępstwa. Rozwój technologii LED oraz rozwiązania centralne spowodował znaczne zmiany w sposobie realizacji tych systemów, mała moc opraw wpływa także na zmniejszenie układów zasilających, a także pozwoliła na realizację systemów centralnej baterii w sposób bardziej efektywny.

Tabela V.3.74. Analiza rozwiązań oświetlenia awaryjnego

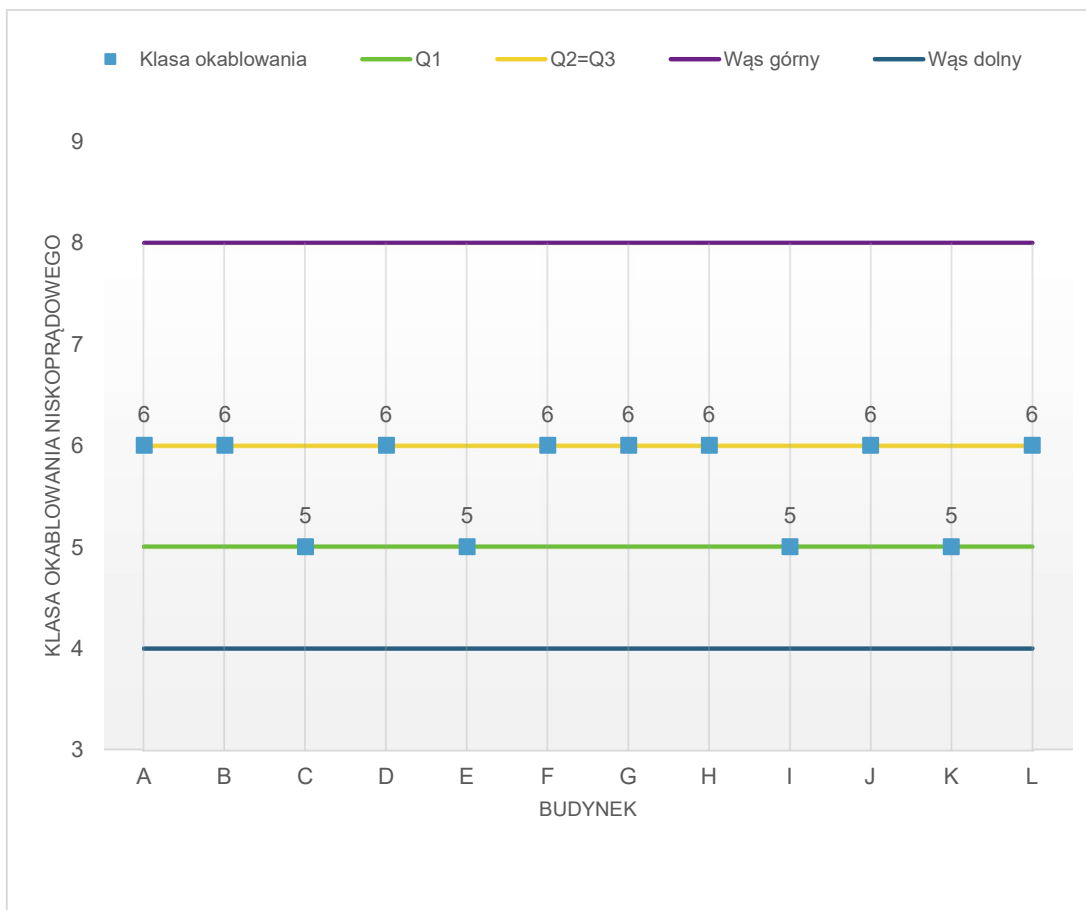
Analizowany budynek	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	procentowy udział obserwacji
<b>Dystrybucja zasilania</b>													
Technologia LED		X	X	X	X	X		X	X	X	X		75%
Oprawy świetlówkowe	X		X				X					X	25%
Centrala bateria (1h)	X	X	X	X				X	X	X			58%
Centrala bateria (2h)											X		8%
Lokalne zasilanie						X	X						17%
Inwertery w oprawach					X							X	17%

Przeprowadzona analiza (Tab. V.3.74) potwierdza, iż oprawy oświetleniowe oparte o technologię LED stają się coraz bardziej popularne (75% obserwacji) także w przypadku realizacji oświetlenia awaryjnego. Jednocześnie coraz częściej widoczne jest stosowanie rozwiązań centralnej baterii (66% obserwacji), która znacznie ułatwia eksploatację i ogranicza coroczne przeglądy konieczne w przypadku stosowania inwerterów, które są szczególnie uciążliwe w przypadku powierzchni biurowej.

### 3.2.52. Klasa okablowania niskoprądowego (kategorie IT)

Przedmiotem poniższej analizy jest wskazanie klasy okablowania niskoprądowego stosowane obecnie w budynkach.





Rysunek V.3.75. Analiza klas okablowania niskoprądowego

W wyniku analizy (Rys. V.3.75) należy stwierdzić, iż standardem okablowania niskoprądowego we współczesnych budynkach jest kategoria 6, wskazuje na to także wynik mediany. Projekty wyposażone w instalacje niższych klas powstawały we wcześniejszych latach.

### 3.2.53. Analiza funkcji systemu BMS

Analiza ma na celu wskazanie funkcji monitorowanych i sterowanych przez system BMS. Przeprowadzona została zarówno dla systemów mechanicznych jak i elektrycznych.

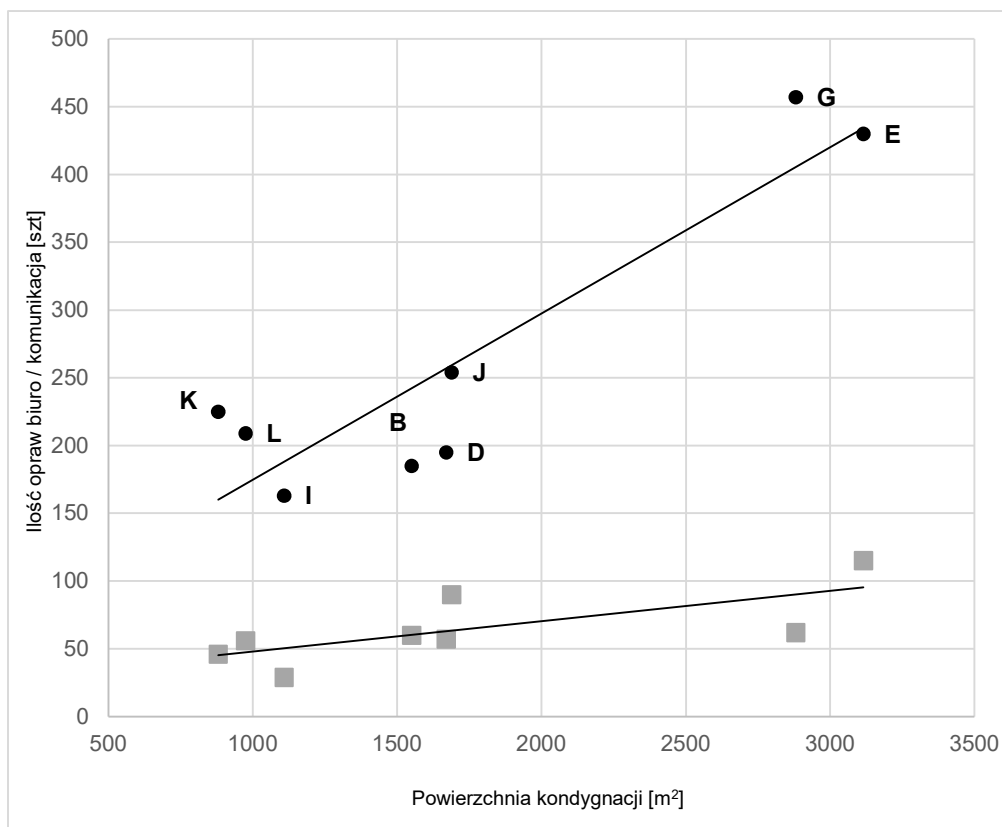
Tabela V.3.76. Funkcje sterowane przez BMS

<b>Analizowany budynek</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>F</b>	<b>G</b>	<b>H</b>	<b>I</b>	<b>J</b>	<b>K</b>	<b>L</b>	<b>procentowy udział obserwacji</b>
<b>Funkcje BMS</b>													
Parametry powietrza wewnętrznego	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	100%
Centrale wentylacyjne – sterowanie	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	100%
Węzeł ciepły – sterowanie	X	X	X	X	X	X		X		X	X	X	83%
Kurtyny powietrzne		X	X	X		X		X		X	X		58%
Węzeł chłodu – Chillery / wieże chłodnicze	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	100%
Dry-coolery – sterowanie		X	X	X						X			33%
Sterowniki pokojowe fan-coil	X				X							X	25%
Lokalne agregaty grzewcze					X	X						X	25%
Jednostki VRV serwerowni						X					X		17%
Kontrola przepływu wody bytowej		X	X	X								X	33%
Odcięcie wody do toalet						X						X	17%
Liczniki wody		X	X	X		X				X		X	50%
Liczniki chłodu	X	X	X	X						X		X	50%
Liczniki ciepła	X	X	X	X		X		X		X		X	67%
Liczniki energii elektrycznej		X	X	X		X	X	X		X			58%
Zasilanie rozdzielni		X	X	X		X	X	X		X	X		67%
Oświetlenie		X	X	X		X	X	X					50%
Oświetlenie awaryjne		X	X	X			X	X		X	X		58%
Wentylacja oddymiająca		X	X	X		X		X		X	X	X	67%
Pompy tryskaczowe		X	X	X		X	X	X		X		X	67%
Kłapy pożarowe		X	X	X		X		X		X			50%
Windy		X	X	X		X		X		X			50%
Pompy ścieków		X	X	X				X		X	X	X	58%
Podlewanie zieleni				X		X				X			25%
Ogrzewanie wpustów dachowych		X	X	X		X		X		X	X		58%
System kontroli dostępu		X	X	X				X		X	X		50%
System telewizji przemysłowej		X	X	X				X		X	X		50%

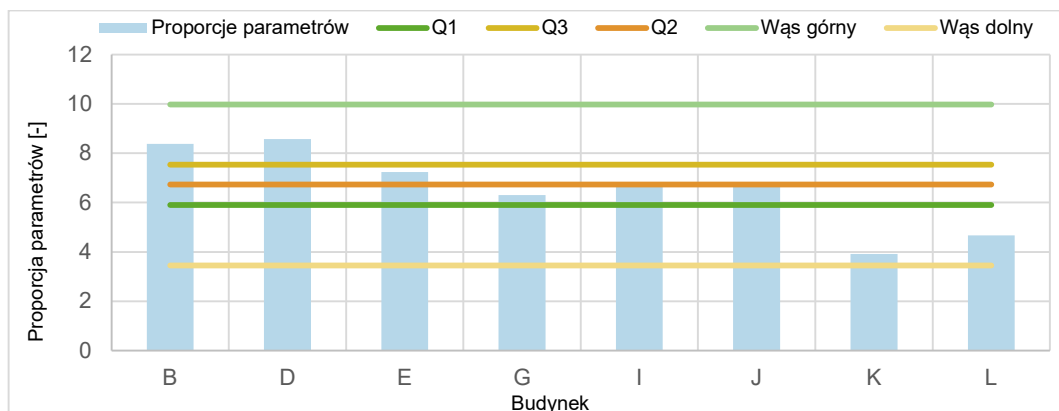
Analizując powyższą kategorię (Tab. V.3.76) należy stwierdzić, iż system BMS wykorzystywany jest zawsze do sterowania funkcjami dostawy i obróbki powietrza dostarczanego do budynku, wiąże się to także z parametrami maszynowni chłodu i często także ciepła. W zakresie funkcji elektrycznych systemy BMS steruje systemami zasilania budynków i dystrybucji napięcia, jak również monitoruje liczniki mediów. Większość systemów monitoruje także centralnie systemy pożarowe.

### 3.2.54. Podział oprav na piętrze kryterium ilościowe

Przedmiotem analizy tej kategorii jest wskazanie ilości oprav oświetleniowych zamontowanych na typowym piętrze biurowym oraz proporcji pomiędzy opravami wykorzystywanymi do oświetlenia powierzchni biurowej, a dla powierzchni komunikacyjnych.



Rysunek V.3.77. Podział oprav na piętrze kryterium ilościowe

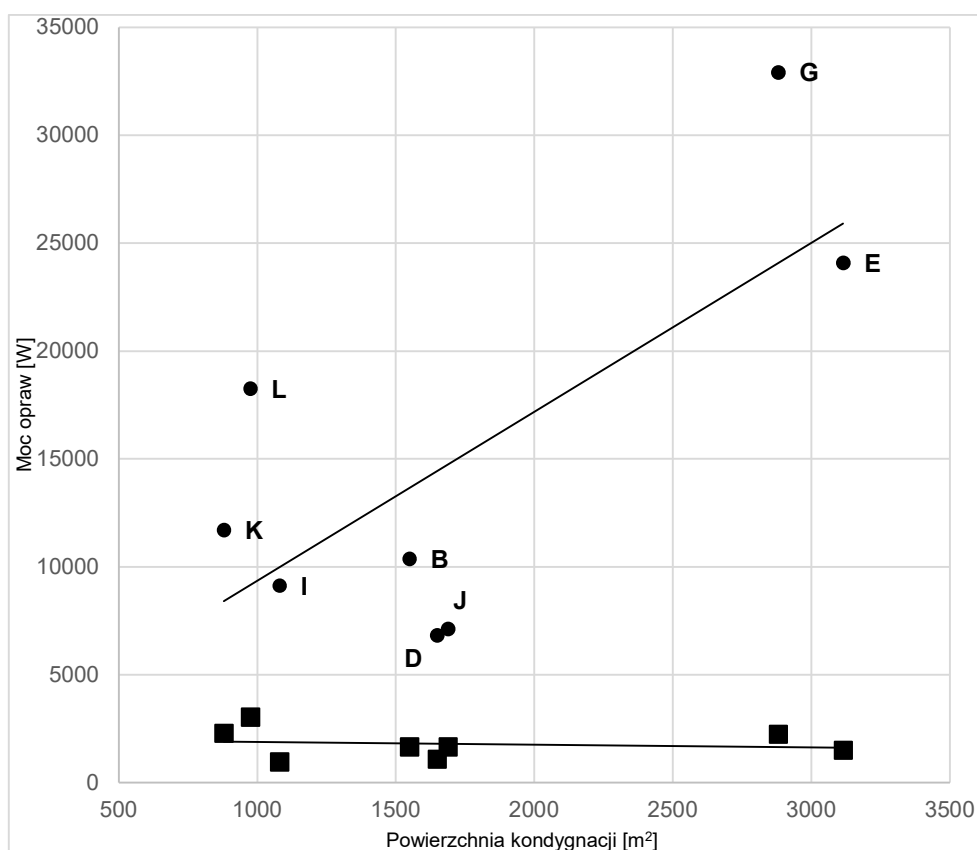


Rysunek V.3.78. Podział oprav na piętrze kryterium ilościowe – proporcja parametrów

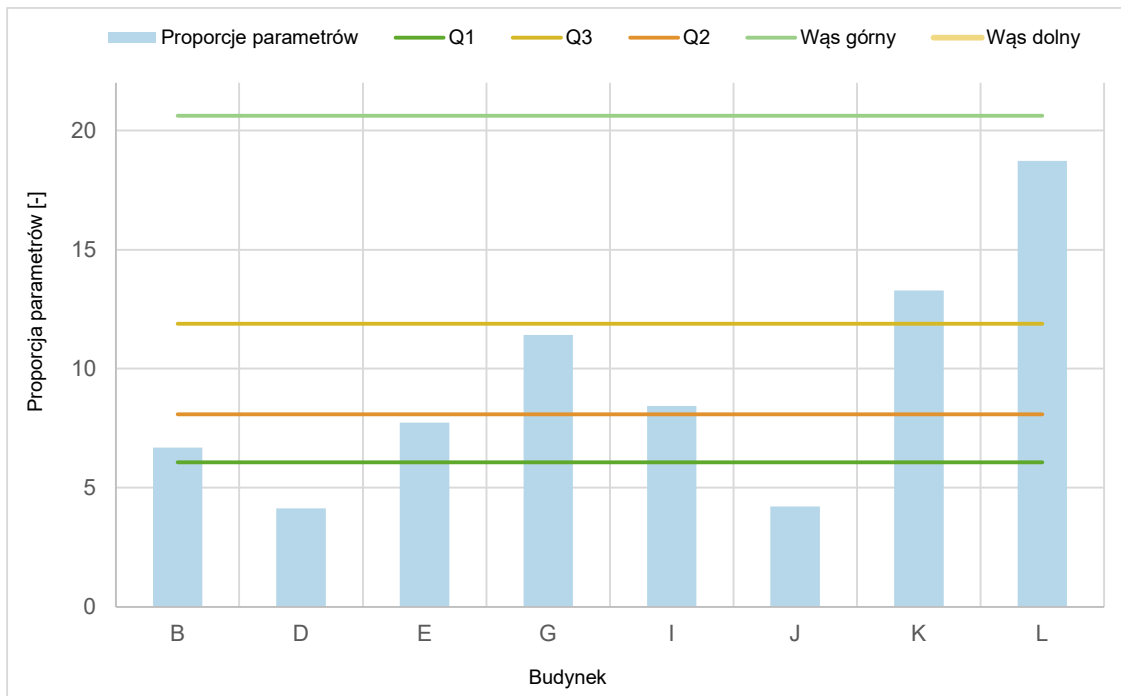
Dla zebranych obserwacji wyznaczono medianę oraz górny i dolny kwartyl, a na ich podstawie rozstęp międzykwartyłowy (IQR). Jak widzimy na wykresie (Rys. V.3.78), żadna z obserwacji nie jest obserwacją ekstremalną, tj. wykraczającą poza kwartyle o wartość  $3 \cdot IQR$ , jak również odstającą – wszystkie mieszczą się między dolnym i górnym wąsem, co pozwala wszystkie obserwacje przyjąć do analizy. W wyniku przeprowadzonej analizy w oparciu o funkcje trendów (Rys. V.3.77) należy stwierdzić, iż na powierzchni typowej kondygnacji biurowej gęstość montażu opraw na przestrzeni biurowej wynosi około  $7\text{m}^2$  dla jednej oprawy, natomiast w przypadku przestrzeni komunikacyjnych to około  $20\text{m}^2$  dla jednej lampy.

### 3.2.55. Podział opraw na piętrze, kryterium moc opraw

Analiza tej kategorii ma na celu wskazanie mocy opraw oświetleniowych zamontowanych na piętrze oraz proporcji pomiędzy oprawami wykorzystywanymi do oświetlania powierzchni biurowej, a oprawami wykorzystywanymi do powierzchni komunikacyjnych.



Rysunek V.3.79. Analiza podziału opraw na piętrze, kryterium moc opraw

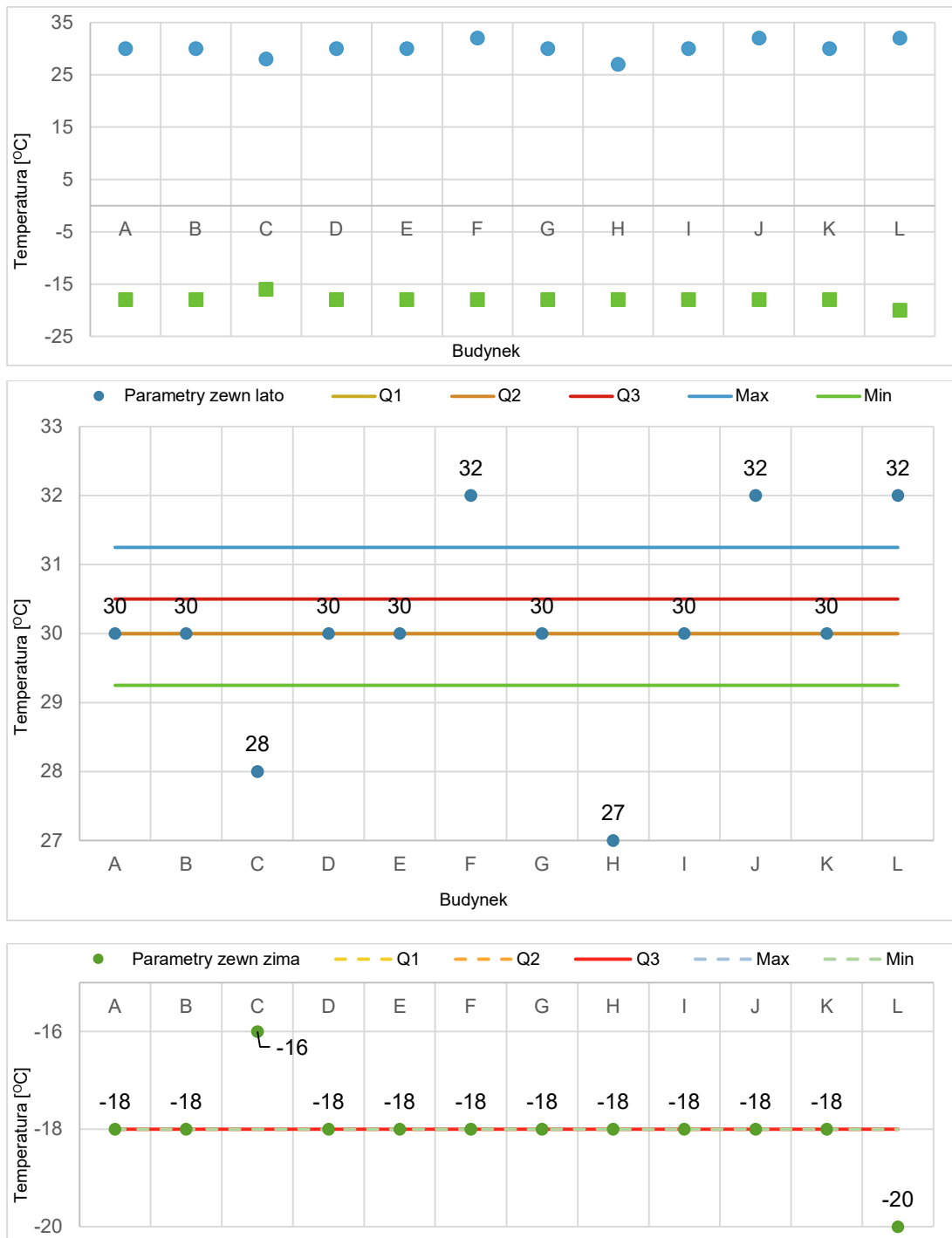


Rysunek V.3.80. Analiza podziału oprav na piętrze, kryterium moc oprav – proporcja parametrów

Dla zebranych obserwacji wyznaczono medianę oraz górny i dolny kwartyl, a na ich podstawie rozstęp międzykwartyłowy (IQR). Jak widzimy na wykresie (Rys. V.3.80), żadna z obserwacji nie jest obserwacją ekstremalną, tj. wykraczającą poza kwartyle o wartość  $3 \cdot \text{IQR}$ , jak również odstającą – wszystkie mieszczą się między dolnym i górnym wąsem, co pozwala wszystkie obserwacje przyjąć do analizy. W wyniku przeprowadzonej analizy w oparciu o funkcje trendów (Rys. V.3.79) należy stwierdzić, iż na powierzchni typowej kondygnacji biurowej zapotrzebowania na moc dla potrzeb oświetlenia dla powierzchni biurowej wynosi około  $9 \text{ W/m}^2$  w przypadku kondygnacji mniejszych, do około  $8,3 \text{ W/m}^2$  w przypadku kondygnacji większych. Natomiast zapotrzebowanie na moc dla powierzchni komunikacyjnych zmniejsza się wraz ze zwiększaniem się powierzchni pięter od poziomu  $2 \text{ W/m}^2$  dla mniejszych, aż do  $0,6 \text{ W/m}^2$  dla większych kondygnacji.

### 3.2.56. Parametry zewnętrzne (parametry projektowe)

Wymiarowanie instalacji komfortu wewnętrznego oparte jest w swojej początkowej fazie o parametry projektowe, które poza oczekiwanymi warunkami wewnętrznymi jak również warunkami zewnętrznymi, które mają wpływ na ostateczne wymiary instalacji. Analiza ma na celu porównanie założeń projektowych przyjmowanych przez projektantów przy realizacji budynków.



Rysunek V.3.81. Analiza parametrów zewnętrznych pracy systemu

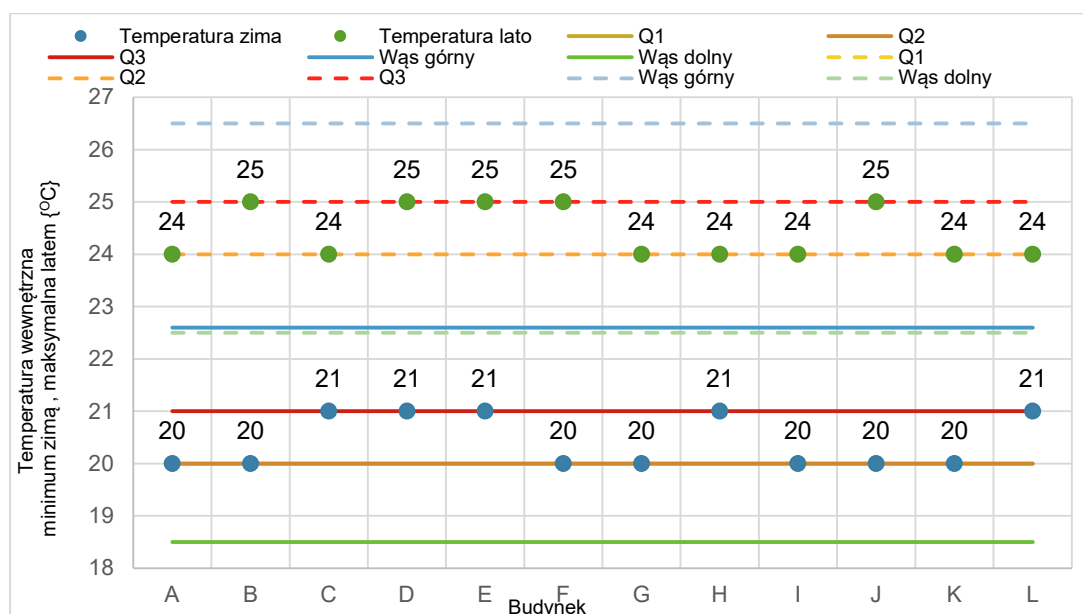
Dla zebranych obserwacji parametrów zewnętrznych, zarówno dla okresu letniego jak i zimowego wyznaczono mediany oraz górne i dolne kwartyle. Na ich podstawie rozstęp międzykwartylowe (IQR). Jak widzimy na wykresach (Rys. V.3.81) w przypadku parametrów okresu letniego pięć obserwacji (C, F, H, J, L) są obserwacjami ekstremalnymi, tj. wykraczającymi poza kwartyle o wartość  $3 \cdot IQR$ , nie będą one przedmiotem analizy. W

przypadku parametrów okresu zimowego dwie obserwacje (C, L) są obserwacjami ekstremalnymi, także one nie będą przedmiotem analizy.

W wyniku przeprowadzonej analizy (Rys. V.3.81) należy wskazać, iż wskazane przez mediany parametry projektowe zarówno dla okresu letniego (ok. 30°C) oraz zimowego (ok. 18°C) są przyjmowane na podobnym poziomie. Jest to rozsądny kompromis pomiędzy zużyciem energii przez budynek, a zapewnieniem optymalnych warunków wewnątrz pomieszczeń. Sztuczne zwiększanie parametrów projektowych doprowadziłoby z jednej strony do znaczącego przewymiarowania instalacji mechanicznych, a z drugiej do zwiększonych nakładów na izolację budynków. Jednocześnie należy zauważyć, iż parametry projektowe są wartościami skrajnymi, w których budynek funkcjonuje tylko w krótkim okresie czasu. Wysokie temperatury występują tylko przez kilka godzin, pozostała część dnia o niższej temperaturze pozwala na powrót systemu do optymalnych parametrów.

### 3.2.57. Parametry klimatu wewnętrznego

Przedmiotem analizy kategorii jest ustalenie parametrów wymiarowania instalacji komfortu wewnętrznego. Podstawowym założeniem przy ustalaniu parametrów są oczekiwane warunki wewnątrz pomieszczeń. Określa się zatem oczekiwaną maksymalną temperaturę w okresie letnim (wpływa to na wymiarowanie instalacji chłodu) jak i minimalną temperaturę w okresie zimowym, co jest wyzwaniem dla instalacji grzewczych.



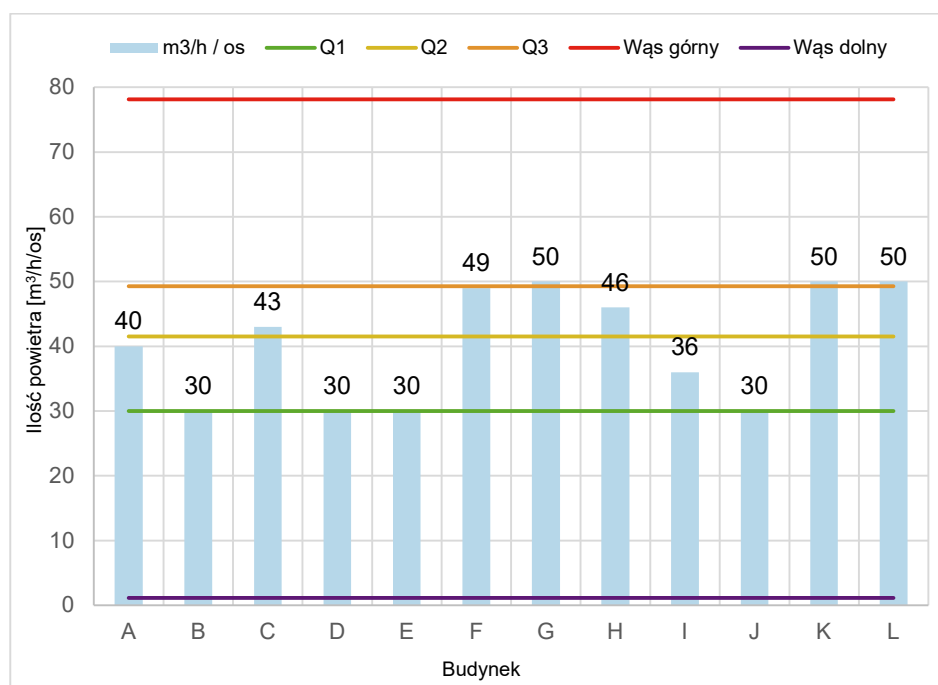
Rysunek V.3.82. Analiza parametrów klimatu wewnętrznego

Dla zebranych obserwacji wyznaczono medianę oraz górny i dolny kwartył, a na ich podstawie rozstęp międzykwartyłowy (IQR). Jak widzimy na wykresie (Rys. V.3.82), żadna z obserwacji nie jest obserwacją ekstremalną, tj. wykraczającą poza kwartyle o wartość  $3 \cdot IQR$ , jak również odstającą – wszystkie mieszczą się między dolnym i górnym wąsem, co pozwala wszystkie obserwacje przyjąć do analizy.

Powyższa analiza (Rys. V.3.82) pokazuje, iż w zakresie temperatur wewnętrznych, w ramach projektów realizowanych w Polsce występuje standaryzacja. Oczekuje się uzyskania latem wewnętrznej temperatury na poziomie maksymalnym  $+24^{\circ}\text{C}$ , a zimą nie mniejszą niż  $+20^{\circ}\text{C}$ . Wyniki te potwierdzają także mediany dla obydwu obserwacji.

### 3.2.58. Ilość powietrza dostarczana do stanowisk pracy

Komfort wewnętrzny w pomieszczeniach biurowych zapewniany jest poprzez napływ świeżego powietrza. Przepisy formalne wymagają minimum  $30\text{m}^3/\text{h}$  dla każdego pracownika. Nowoczesne budynki biurowe zwykle projektowane są z założeniem większego napływu powietrza, co pozwala spełnić możliwe bardziej wymagające przepisy obowiązujące w innych krajach, czy pozwala na zagęszczenie pracowników na powierzchni najmu.



Rysunek V.3.83. Ilość powietrza dostarczana do stanowisk pracy

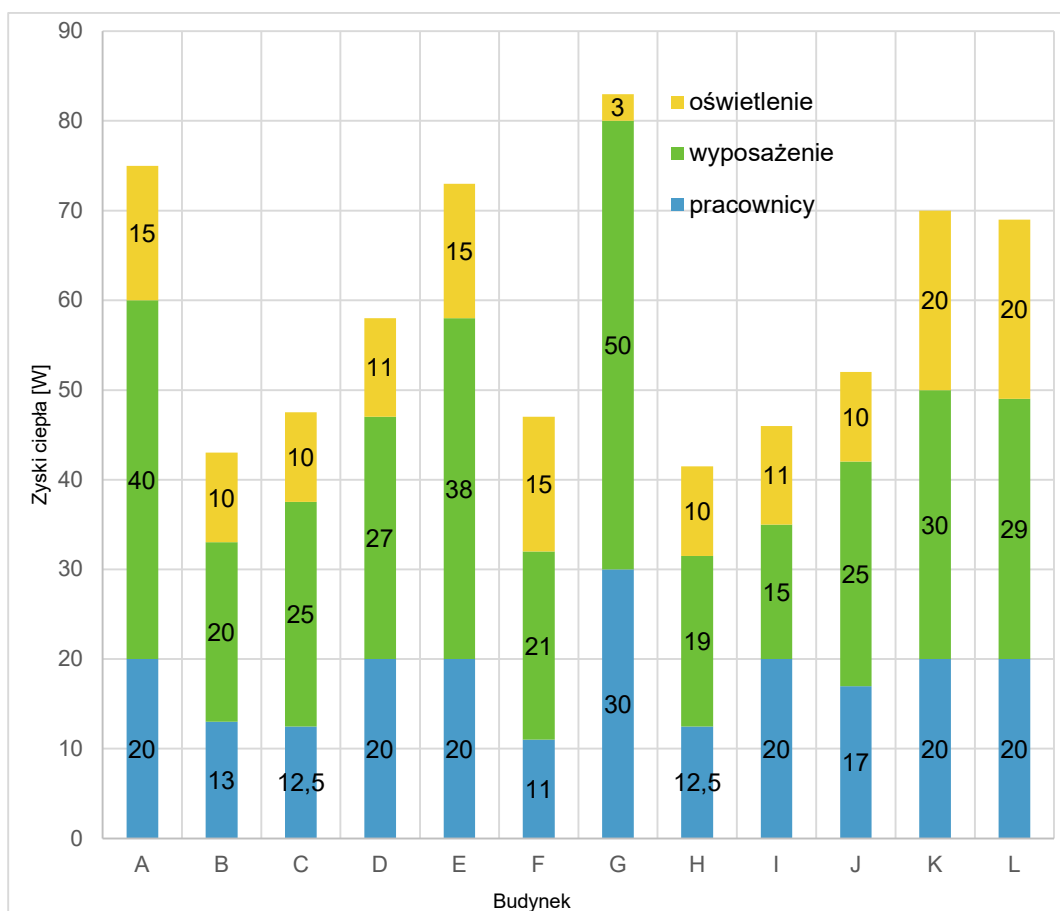
Dla zebranych obserwacji wyznaczono medianę oraz górny i dolny kwartył, a na ich podstawie rozstęp międzykwartyłowy (IQR). Jak widzimy na wykresie (Rys. V.3.83), żadna z



obserwacji nie jest obserwacją ekstremalną, tj. wykraczającą poza kwartyle o wartość  $3 \cdot IQR$ , jak również odstającą – wszystkie mieszczą się między dolnym i górnym wąsem, co pozwala wszystkie obserwacje przyjąć do analizy. Przeprowadzona analiza (Rys. V.3.83) wskazuje, iż wymagane przepisami minimum formalne jest w wielu przypadkach zwiększono w poszczególnych budynkach. W części projektów zakłada się poziomy blisko  $50m^3$ , co pozwala na spełnienie restrykcyjnych wymagań, jak również większe zagęszczenie miejsc pracy w budynku. Mediana przeprowadzonych obserwacji wskazuje na wartość  $42m^3/h$ , jako wynik średni.

### 3.2.59. Wewnętrzne zyski ciepła

Przedmiotem poniższej analizy jest wskazanie parametrów projektowych przyjmowanych w ramach kalkulacji wewnętrznych zysków ciepła. Jest to parametr bardzo istotny mający wpływ na wymiarowane instalacji chłodzącej. Analiza przeprowadzona jest dla zysków od: pracowników, wyposażenia biurowego oraz oświetlenia.

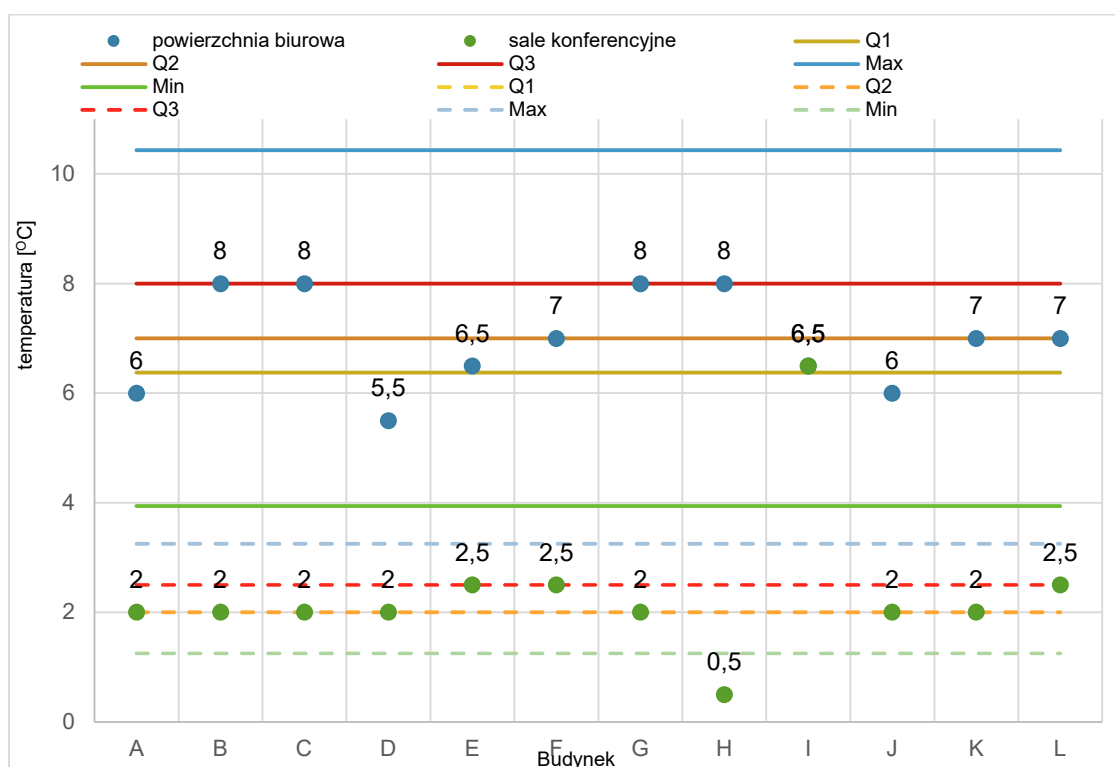


Rysunek V.3.84. Wewnętrzne zyski ciepła

Przeprowadzona analiza (Rys. V.3.84) wskazuje, iż projektowo przyjęte zyski dla ciepła wytworzonego przez pracowników przyjmuje się na poziomie około  $20\text{W/m}^2$ , zyski od wyposażenia, czyli w tym przypadku zwykle sprzęt komputerowy kształtują się na poziomie  $30\text{W/m}^2$ . Oświetlenie generuje niewielkie ciepło, w przypadku budynków wyposażonych w oprawy w technologii LED nie powinno przekraczać  $10\text{W/m}^2$ .

### 3.2.60. Gęstość stanowisk pracy na powierzchni najmu

Przedmiotem analizy tej kategorii jest wskazanie założeń odnośnie zagęszczenia powierzchni najmu. Wskazano parametr gęstości na powierzchniach biurowych jak również projektowe założenie dotyczące sal konferencyjnych.



Rysunek V.3.85. Analiza gęstości stanowisk pracy na powierzchni najmu

Dla zebranych obserwacji zagęszczenia stanowisk pracy na powierzchni biurowej wyznaczono medianę oraz górny i dolny kwartył, a na ich podstawie rozstęp międzykwartyłowy (IQR). Jak widzimy na wykresie (Rys. V.3.85), żadna z obserwacji nie jest obserwacją ekstremalną, tj. wykraczającą poza kwartyły o wartość  $3 \cdot \text{IQR}$ , jak również odstającą – wszystkie mieszczą się między dolnym i górnym wąsem, co pozwala wszystkie obserwacje przyjąć do analizy. W przypadku gęstości stanowisk w salach konferencyjnych

wyznaczono tożsame wskaźniki, w tym przypadku dwie obserwacje (H, I) są obserwacjami ekstremalnymi, tj. wykraczającymi poza kwartyły o wartość  $3 \cdot IQR$ , nie będą one przedmiotem analizy. Ponadto analizując powyższy wykres (Rys. V.3.85) należy wskazać, iż we współczesnym budynku biurowym standardem jest zagęszczenie pracowników na poziomie 1 osoba na każde  $7m^2$  powierzchni kondygnacji oraz 1 osoba na  $2m^2$  w salach konferencyjnych, potwierdzają to także obliczone mediany.

### 3.2.61. Sposób chłodzenia i ogrzewania budynku

Przedmiotem poniższej kategorii jest analiza rozwiązań stosowanych w budynkach biurowych w zakresie ogrzewania i chłodzenia powierzchni. Analizie poddane zostaną także sposoby produkcji ciepła technologicznego i chłodu w budynku.

Tabela V.3.86. Analiza sposobów chłodzenia i ogrzewania budynku

Analizowany budynek	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	procentowy udział obserwacji
<b>Sposób ogrzewania/chłodzenia</b>													
<b>Ogrzewanie</b>													
Instalacja grzejnikowa	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	92%
Ogrzewanie płaszczyznowe						X							8%
Ogrzewanie podłogowe		X	X	X						X			33%
Agregat grzewczo chłodzący						X						X	17%
<b>Chłodzenie</b>													
Agregaty chłodu - wieże	X				X	X	X		X		X	X	58%
Agregaty chłodzące - chiller-y		X	X	X				X		X			42%
Woda morska								X					8%
Układ grzewczo chłodzący VRF	X					X			X				25%
Belki chłodzące		X	X	X				X		X			42%
Nawiewniki szczelinowe					X	X			X		X		33%
Klimakonwektory grzanie / chłodzenie	X				X	X	X					X	
<b>Centrale wentylacyjne</b>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	100%
Odzysk ciepła	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	100%
Wymienniki obrotowe	X	X	X	X				X	X	X		X	67%
Wymienniki obrotowe 70%											X		8%
Krzyżowe	X								X				17%
Odzysk ciepła - wymiennik regeneracyjny Superblok					X		X						17%
Linie rekuperacyjne						X							8%
<b>Chłodzenie serwerowni</b>													
System budynkowy VRV	X				X	X	X		X		X	X	58%
Jednostki indywidualne Split		X	X	X				X		X			42%

W wyniku przeprowadzanej analizy (Tab. V.3.86) należy stwierdzić, iż w większości budynków ogrzewanie powierzchni realizuje się poprzez centralne ogrzewanie grzejnikowe (92% obserwacji), co jest rozwiązaniem naturalnym w przypadku dostępu o miejskiej sieci ciepłowniczej. Chłód produkowany jest zawsze w agregatach chłodzących, zwykle zlokalizowanych na dachach. Nawiew powietrza świeżego zawsze realizowana jest przez centrale wentylacyjne, które wyposażone są zawsze (100% obserwacji) w wymienniki obrotowe umożliwiające odzysk ciepła z powietrza wywiewanego. Serwerownie piętrowe chłodzone są zazwyczaj wodą lodową z systemu budynkowego (58% obserwacji).

### 3.2.62. Parametry powietrza nawiewanego

Poniższa analiza ma na celu określenie parametry fizyczne powietrza nawiewanego do powierzchni najmu. We współczesnym efektywnym budynku biurowy istotnym jest, aby doprowadzane powietrze nie było mieszane z powietrzem wywiewanym z budynku. Stosowane w budynkach systemy odzysku wykorzystują systemy wymienników odzyskujących ciepło z powietrza wywiewanego, co wiąże się z ryzykiem minimalnego mieszania powietrza wywiewanego z pomieszczeń z nawiewanym.

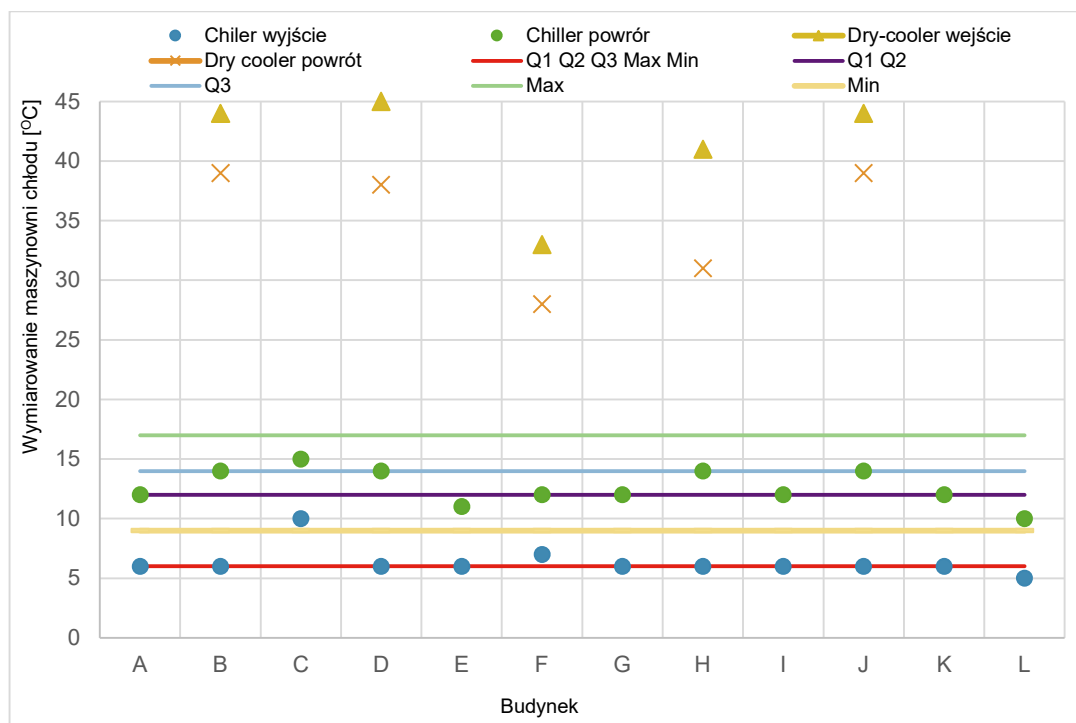
Tabela V.3.87. Analiza parametrów powietrza nawiewanego do budynku

<b>Analizowany budynek</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>F</b>	<b>G</b>	<b>H</b>	<b>I</b>	<b>J</b>	<b>K</b>	<b>L</b>	<b>procentowy udział obserwacji</b>
<b>Parametry powietrza</b>													
100% powietrza świeżego					X	X			X	X	X		42%
ok. 100% świeżego powietrza	X	X	X	X			X	X				X	58%
Wolne sekcje central dla nawilżaczy		X	X	X	X					X		X	50%
Nawilżacze wodne	X					X							17%
Nawilżacze parowe							X	X	X		X		33%

Analizując powyższe zestawienie (Tab. V.3.87) należy stwierdzić, iż wszystkie budynki dostarczają do powierzchni biurowej praktycznie całość powietrza jako świeże (100% obserwacji), nie stosuje się rozwiązań polegających na mieszanii powietrza nawiewanego z wywiewanym. Dodatkowo większość projektów wyposażona jest w nawilżacze (50% obserwacji) (lub przygotowane sekcje do ich montażu – 50% obserwacji) pozwalające na lepszą kontrolę parametrów wilgotności powietrza.

### 3.2.63. Parametry wymiarowania maszynowni chłodu

Analiza ma na celu wskazanie charakterystycznych parametrów wymiarowania wytwornic wody lodowej. Maszynownia chłodnicza w przeważającej większości jest pomieszczeniem produkującym źródło chłodu dla budynku, dostarczająca czynnik zarówno do central wentylacyjnych jak i jednostek nawiewnych na powierzchni najmu.

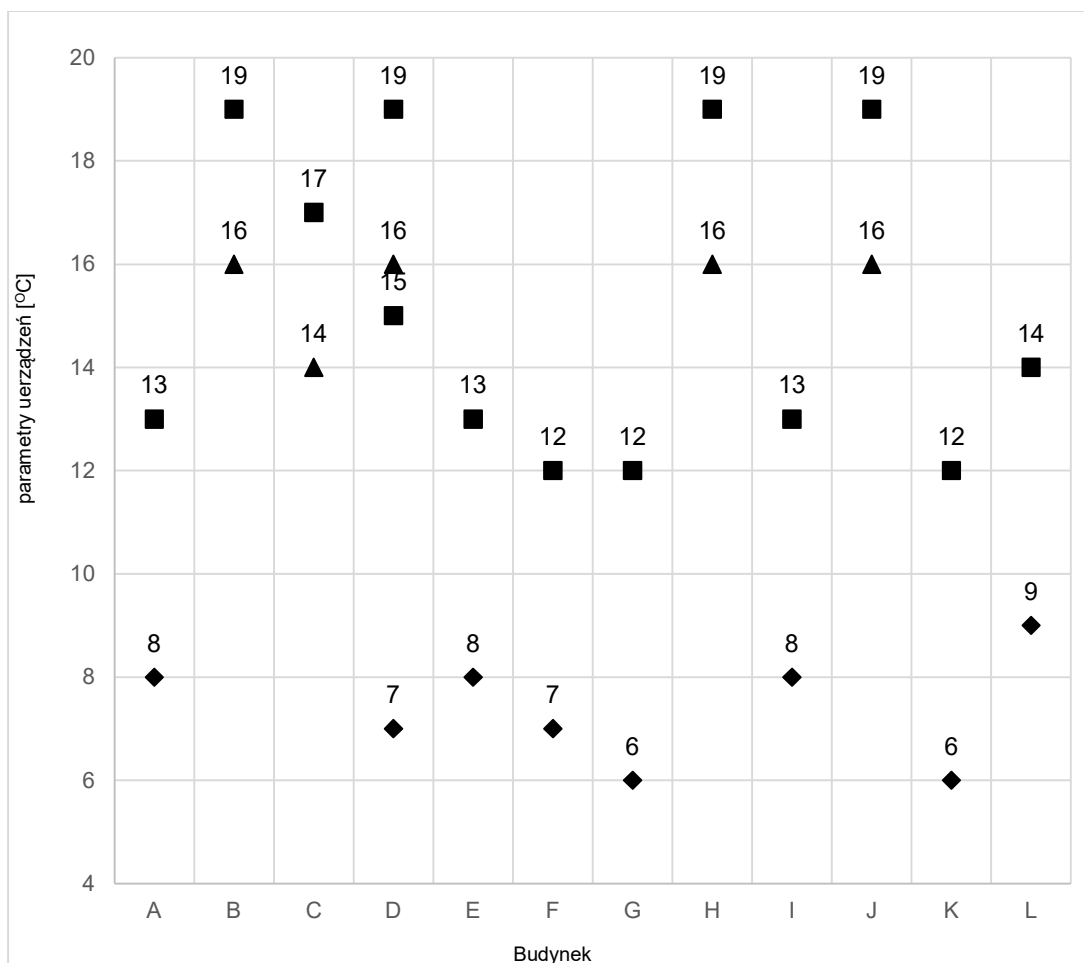


Rysunek V.3.88. Parametry wymiarowania maszynowni wody lodowej

Dla zebranych obserwacji parametrów obliczeniowych wyznaczono mediany oraz górne i dolne kwartyle, a na ich podstawie rozstępy międzykwartyłowe (IQR). Jak widzimy na wykresie (Rys. V.3.88), w przypadku analizy temperatury zasilania trzy obserwacje (C, F, L) są obserwacjami ekstremalnymi, tj. wykraczającymi poza kwartyle o wartość  $3 \cdot IQR$ , nie będą one przedmiotem analizy. W przypadku analizy parametrów powrotu czynnika żadna z obserwacji nie jest obserwacją ekstremalną, tj. wykraczającą poza kwartyle o wartość  $3 \cdot IQR$ , jak również odstającą – wszystkie mieszczą się między dolnym i górnym wąsem, co pozwala wszystkie obserwacje przyjąć do analizy. W wyniku przeprowadzonej analizy (Rys. V.3.88) możliwe jest wskazanie parametrów wymiarowania wytwornic chłodu na poziomie  $6/12^{\circ}\text{C}$  (odpowiednio dla zasilania i powrotu), wyniki te potwierdza także analiza obliczonych median. W przypadku chłodnic zewnętrznych, wykorzystujących powietrze atmosferyczne dla obniżenia temperatury czynnika, wymiaruje się je na poziomie  $40/45^{\circ}\text{C}$ .

### 3.2.64. Parametry wymiarowania instalacji chłodzącej na powierzchni najmu

Analiza ma na celu wskazanie charakterystycznych parametrów instalacji urządzeń chłodzących na powierzchni najmu. Przyjęto parametry projektowe zarówno dla powierzchni wyposażonych w klimakonwektory jak i system sufitów chłodzących (belek chłodzących). Są to najczęściej stosowane systemy chłodzenia powierzchni biurowej, których wybór zależy od specyficznych wymagań poszczególnych deweloperów, często także od oczekiwań przyszłych najemców.

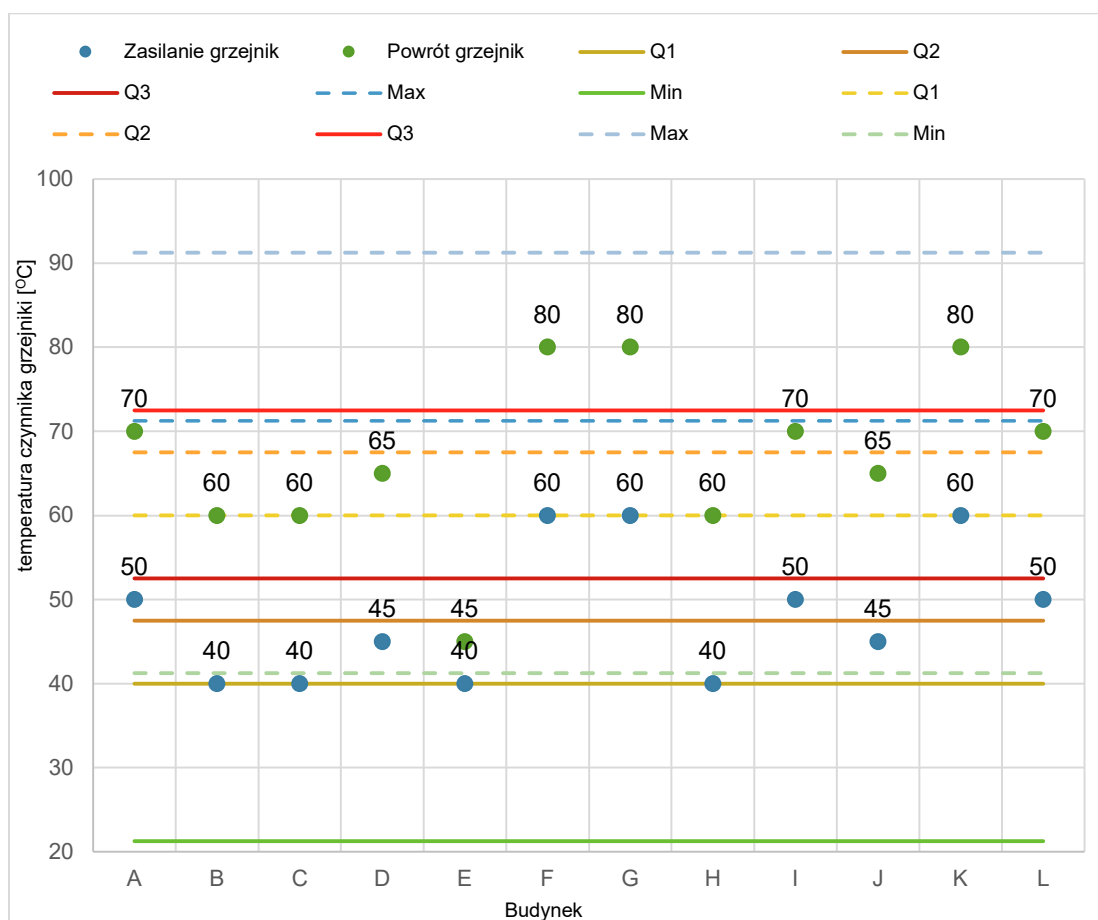


Rysunek V.3.89. Parametry wymiarowania instalacji chłodzącej na powierzchni najmu

Przeprowadzona analiza (Rys.V.3.89) przeprowadzona została dla dwóch stosowanych rozwiązań. Standardowe parametry wymiarowania urządzeń chłodzących w przypadku jednostek typu fan-coil to 8-13°C (odpowiednio powrót i zasilanie), belki chłodzące wymiarowane są na poziomie 15/19°C.

### 3.2.65. Parametry instalacji grzejnikowej / ogrzewania poprzez klimakonwektor

Przedmiotem niniejszej analizy jest wskazanie parametrów projektowych wykorzystywanych do projektowania instalacji grzewczych w nowoczesnym budynku biurowym. Analizie poddano zarówno system oparty o instalacje grzejnikowe jak i ogrzewanie powietrzne z wykorzystaniem jednostek klimakonwektorowych.

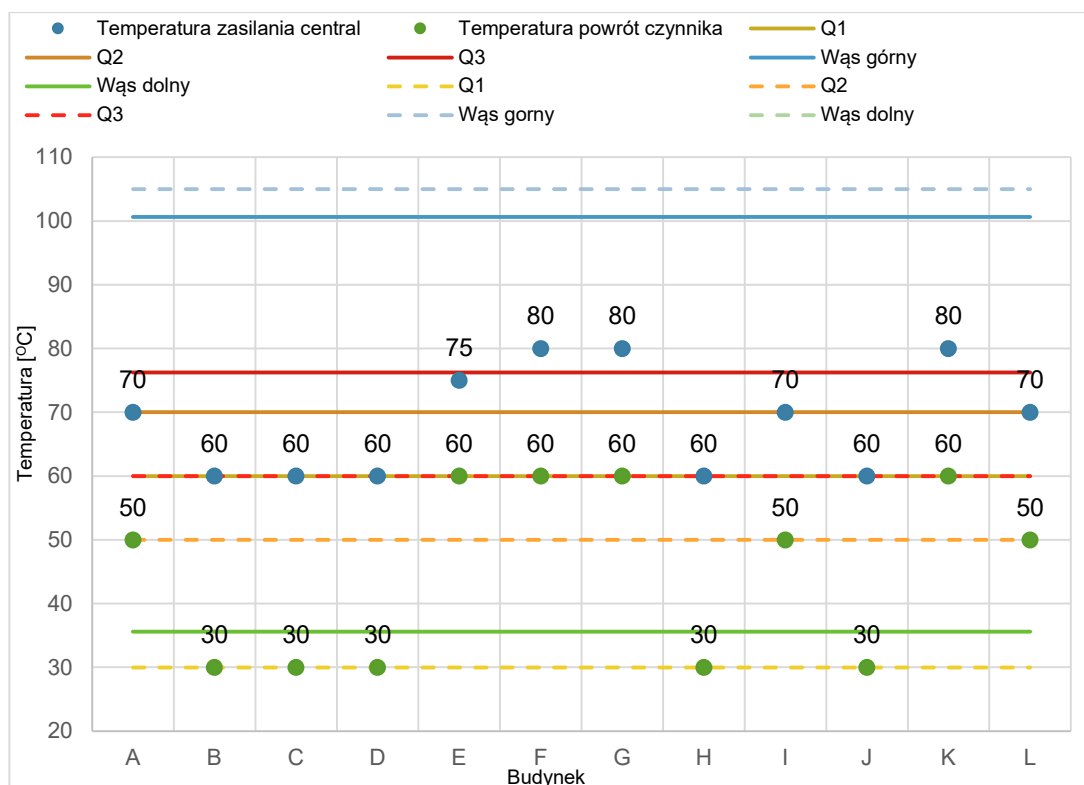


Rysunek V.3.90. Parametry instalacji grzejnikowej / ogrzewania poprzez klimakonwektor

Dla zebranych obserwacji wyznaczono medianę oraz górny i dolny kwartył, a na ich podstawie rozstęp międzykwartyłowy (IQR). Jak widzimy na wykresie (Rys. V.3.90), żadna z obserwacji nie jest obserwacją ekstremalną, tj. wykraczającą poza kwartyły o wartość  $3 \cdot \text{IQR}$ , jak również odstającą – wszystkie mieszczą się między dolnym i górnym wąsem, co pozwala wszystkie obserwacje przyjąć do analizy. W wyniku przeprowadzonej analizy (Rys. V.3.90) należy wskazać, iż wymiarowanie instalacji grzejnikowej realizowane jest na poziomie  $40/60^{\circ}\text{C}$ , jednostki wewnętrzne wymiarowane są na poziomie  $60/80^{\circ}\text{C}$  co pozwala na ogrzewanie powierzchni powietrzem nadmuchiwanym.

### 3.2.66. Parametry wymiarowania central wentylacyjnych

Przedmiotem niniejszej analizy jest wskazanie parametrów projektowych wykorzystywanych do wymiarowania central wentylacyjnych. Analizowana będzie temperatura czynnika grzewczego dostarczane do jednostek.



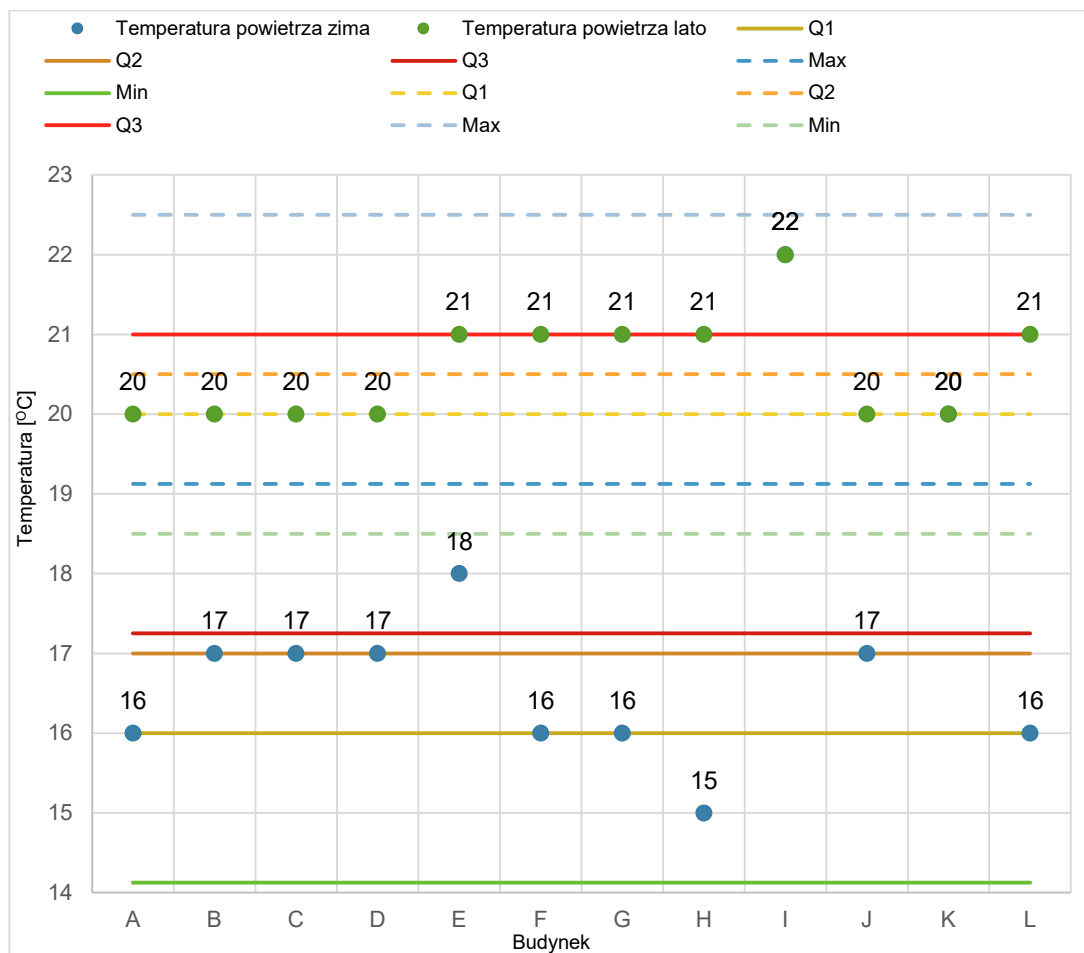
Rysunek V.3.91. Parametry wymiarowania central wentylacyjnych

Dla zebranych obserwacji wyznaczono medianę oraz górny i dolny kwartył, a na ich podstawie rozstęp międzykwartyłowy (IQR). Jak widzimy na wykresie (Rys. V.3.91) żadna z obserwacji nie jest obserwacją ekstremalną, tj. wykraczającą poza kwartyły o wartość  $3 \cdot \text{IQR}$ , jak również odstającą – wszystkie mieszczą się między dolnym i górnym wąsem, co pozwala wszystkie obserwacje przyjąć do analizy. Przeprowadzona analiza (Rys. V.3.91) wskazuje, iż centrale wentylacyjne wymiarowane są z uwzględnieniem charakterystyki systemów, dla których dostarczają powietrze. Instalacje oparte o belki chłodzące wymiarowane są na poziomie  $60/30^{\circ}\text{C}$ , co pozwala na obróbkę termiczną powietrza nadmuchiwanego do pomieszczeń bez funkcji grzania (prowadzone jest poprzez instalację grzejnikową). Systemy oparte o jednostki wewnętrzne pracują na wyższych parametrach tj.  $80/60^{\circ}\text{C}$ . Analizując otrzymane mediany powyższej analizy parametry średnie można określić na poziomie  $70/50^{\circ}\text{C}$ .



### 3.2.67. Temperatura powietrza wywiewanego z central

Przedmiotem niniejszej analizy jest wskazanie parametrów temperatury powietrza wywiewanego z central na powierzchnię biurową (temperatura powietrza za centralą).

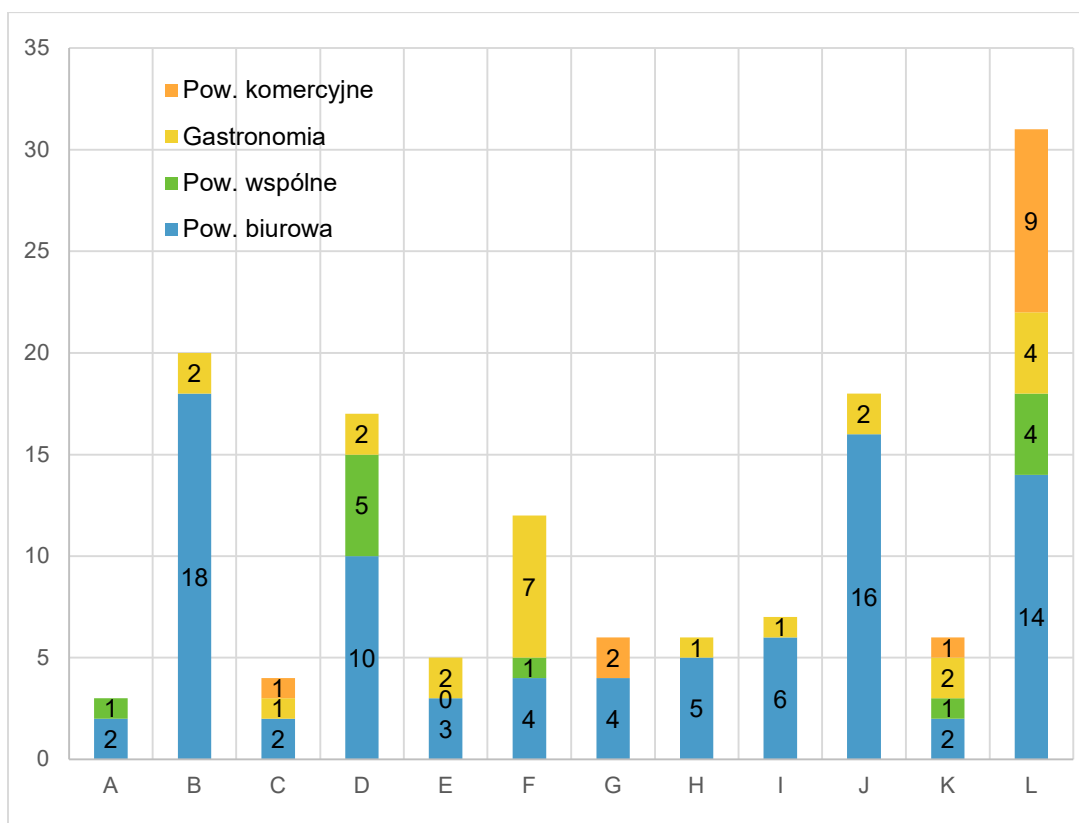


Rysunek V.3.92. Temperatura powietrza wywiewanego z central

Dla zebranych obserwacji wyznaczono medianę oraz górny i dolny kwartył, a na ich podstawie rozstęp międzykwartyłowy (IQR). Jak widzimy na wykresie (Rys. V.3.92) jedna obserwacja (I) jest obserwacją ekstremalną, tj. wykraczającą poza kwantyle o wartość  $3 \cdot \text{IQR}$ . W wyniku przeprowadzanej analizy (Rys. V.3.92) należy stwierdzić, że temperatura powietrza nawiewanego do powierzchni najmu przed jego obróbką przez wewnętrzne urządzenia kształtuje się na poziomie  $17^{\circ}\text{C}$  dla okresu letniego oraz  $21^{\circ}\text{C}$  dla zimy. Różnice wynikają z faktu konieczności chłodzenia powietrza w okresie letnim, przy jednoczesnym komfortowym jego nawiewie w okresie zimowym, nie powodującym zimnych przewiewów powietrza. Powyższe parametry są także wynikiem analizy median.

### 3.2.68. Ilość central wentylacyjnych z podziałem na ich funkcje

Analiza ma na celu wskazanie proporcji pomiędzy ilością central wentylacyjnych dedykowanych dla poszczególnych funkcji budynkowych: powierzchni komercyjnych, biurowych, wspólnych oraz gastronomii.

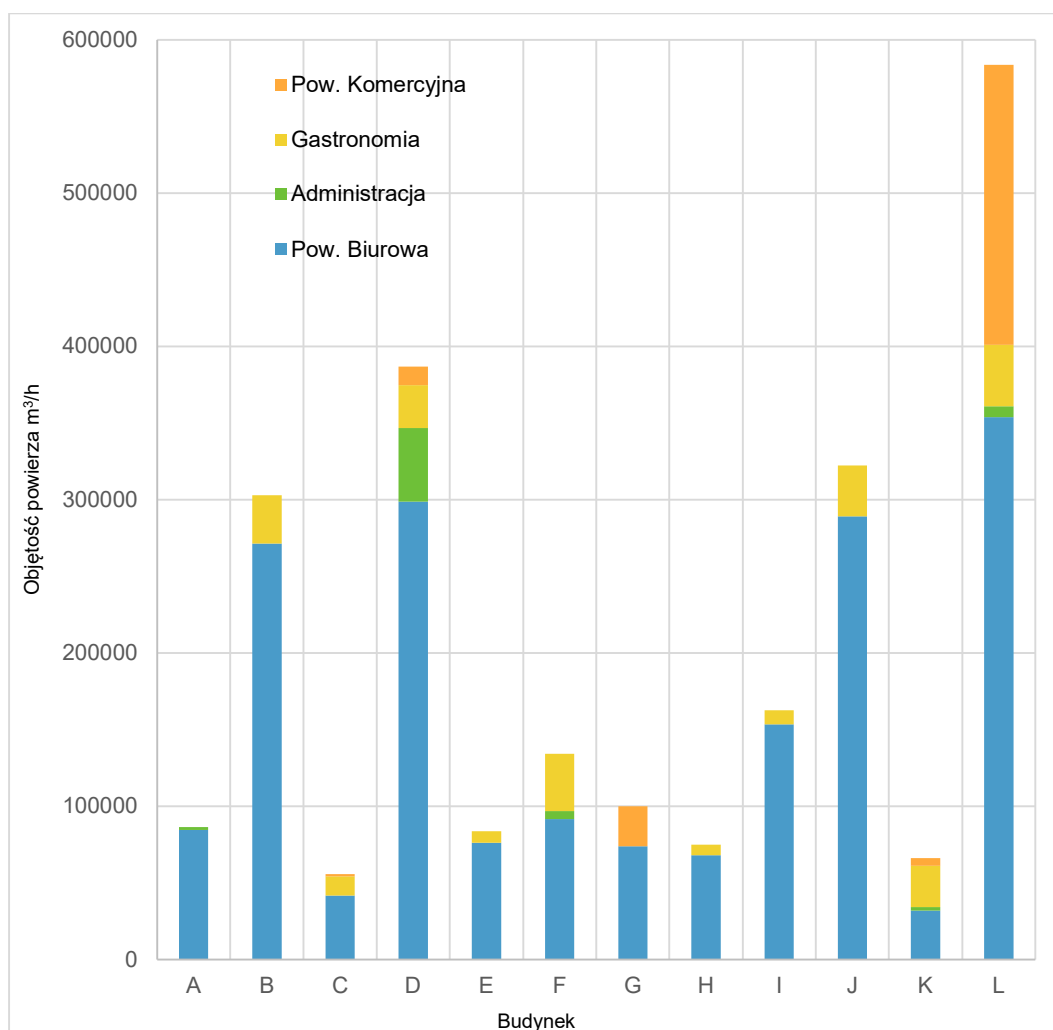


Rysunek V.3.93. Ilość central wentylacyjnych z podziałem na ich funkcje

Przeprowadzona analiza (Rys.V.3.93) wskazuje na przeważające rozwiązanie jakim jest rozdział central wentylacyjnych ze względu na powierzchnie, do których dostarczają powietrze. Powierzchnie biurowe zasilane są z własnych central, których harmonogram pracy może być dostosowywany do godzin pracy powierzchni biurowej. W przypadku realizowania powierzchni gastronomicznej i komercyjnej zasilane są one z osobnych jednostek, których charakterystyka pozwala na dostosowanie ich parametrów do funkcji restauracyjnej, czy godzin pracy przestrzeni komercyjnych. Często następuje także separacja powietrza dostarczanego do powierzchni kuchennej, osobno do sali konsumpcji i osobno do kuchni. Charakterystyka powietrza dostarczanego do powierzchni kuchennej musi ułatwiać także usuwanie zapachów z nad okapów kuchennych. W części obiektów występują osobne jednostki dostarczające powietrze do powierzchni wspólnych i w tym komunikacji.

### 3.2.69. Podział powietrza na funkcje budynkowe

Analiza ma na celu wskazanie jakie proporcje powietrza są dystrybuowane w ramach funkcji nowoczesnego budynku biurowego. Poza powierzchnią biurową, wszystkie budynki mają też powierzchnie wspólne służące komunikacji. Często też lokalizowane są powierzchnie handlowe czy gastronomiczne.

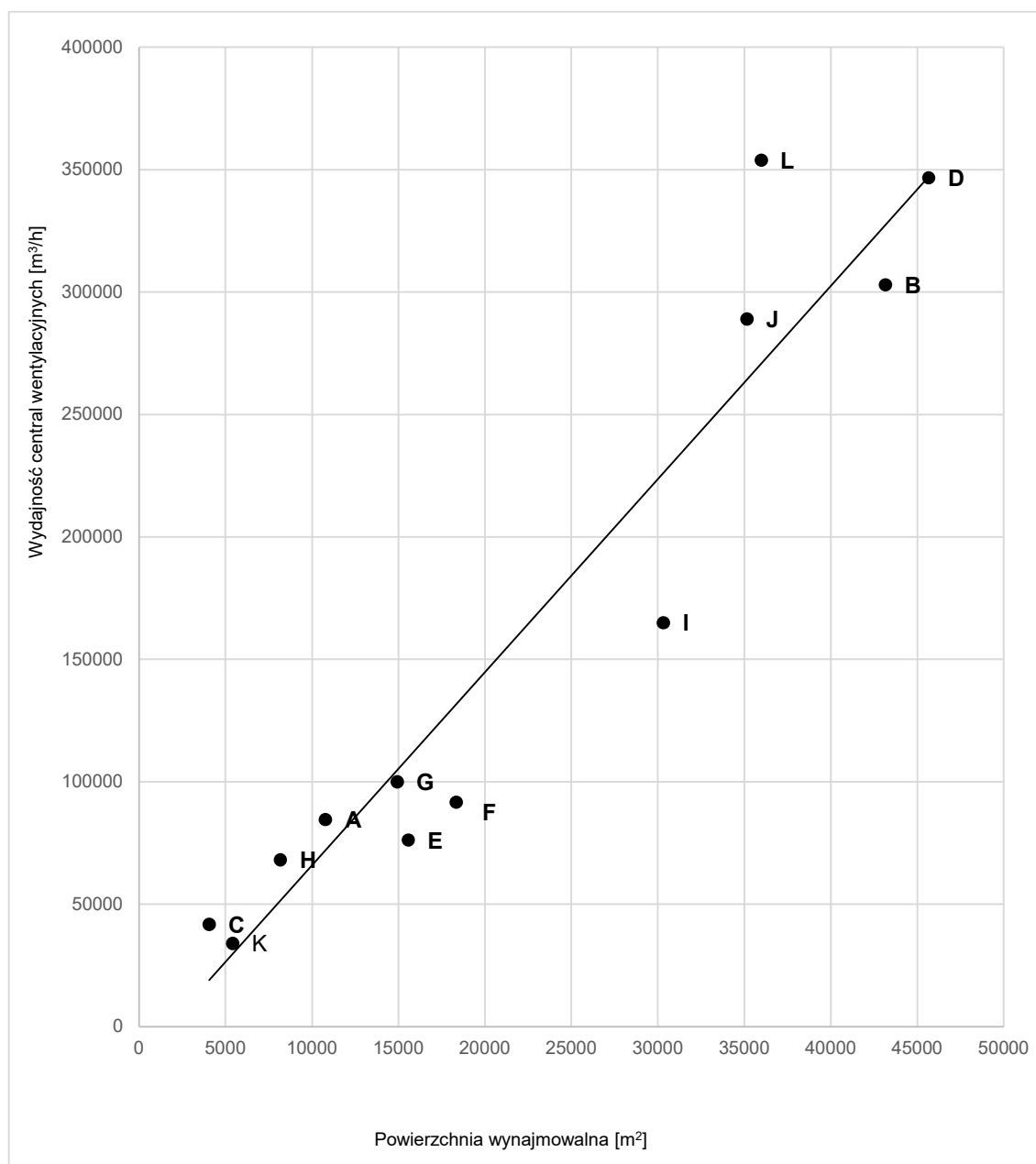


Rysunek V.3.94. Analiza podziału powietrza na funkcje budynkowe

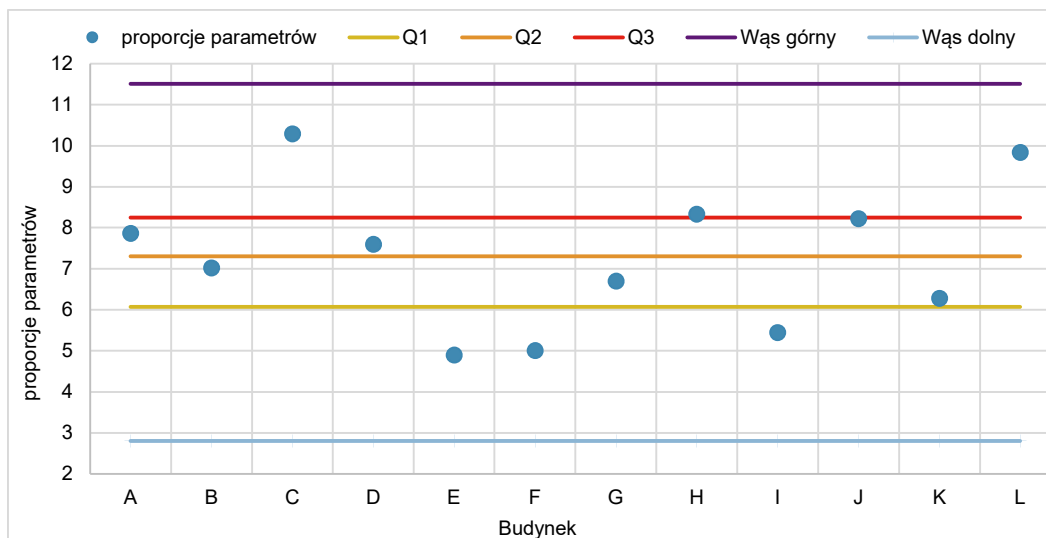
Przeprowadzona analiza (Rys. V.3.94) wskazuje na znaczne zróżnicowanie ilości powietrza dostarczanego do powierzchni biurowej, co jest oczywiście pochodną jej powierzchni. Powietrze dostarczone do powierzchni gastronomicznych w przeważającej większości wynosi około 50.000m<sup>3</sup>. Powietrze dla powierzchni komercyjnych zależy od dwóch czynników: ich powierzchni oraz planowanej funkcji, część najemców np. fitness potrzebuje znacząco większe wymiany powietrza, podobnie jak funkcje medyczne.

### 3.2.70. Wydajność central biurowych w funkcji powierzchni biurowej

Analiza prezentuje stosunek wzrostu wydajności central wentylacyjnych (obsługujących tylko powierzchnię biurową) wraz ze wzrostem powierzchni biurowej budynku. Ilość powietrza dostarczana do miejsc pracy warunkowana jest przepisami formalnymi ( $30\text{m}^3/\text{h}/\text{os.}$ ), tym niemniej część deweloperów stosuje swoje wyższe parametry celem powiększenia komfortu wewnętrznego lub gwarantuje sobie możliwość zagęszczenia stanowisk pracy na piętrach.



Rysunek V.3.95. - Wydajność central biurowych w funkcji powierzchni biurowej



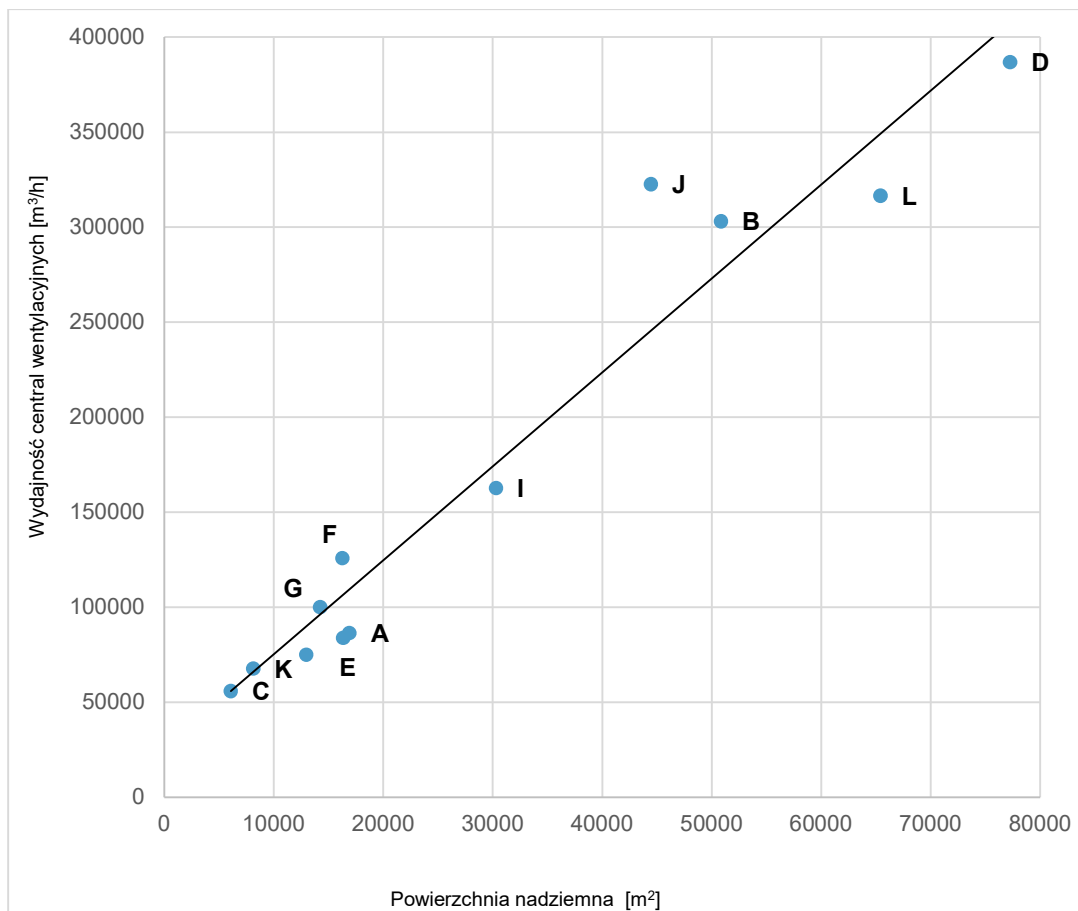
Rysunek V.3.96. Wydajność central biurowych w funkcji powierzchni biurowej – proporcje parametrów

Dla zebranych obserwacji wyznaczono medianę oraz górny i dolny kwartyl, a na ich podstawie rozstęp międzykwartyłowy (IQR). Jak widzimy na wykresie Przeprowadzona analiza (Rys. V.3.96) wskazuje na, żadna z obserwacji nie jest obserwacją ekstremalną, tj. wykraczającą poza kwartyle o wartość  $3 \cdot \text{IQR}$ , jak również odstającą – wszystkie mieszczą się między dolnym i górnym wąsem, co pozwala wszystkie obserwacje przyjąć do analizy. Wynikiem przeprowadzonej analizy Przeprowadzona analiza (Rys.V.3.95.) wskazuje na, jest możliwość wskazania zależności pomiędzy wydajnością central wentylacyjnych a powierzchnią wynajmowaną w oparciu o linię trendu wskazującą parametry na poziomie  $600\text{m}^3/\text{h}/100\text{m}^2$  w przypadku obiektów mniejszych do  $750\text{m}^3/\text{h}/100\text{m}^2$  w przypadku obiektów większych. Analiza Przeprowadzona analiza (Rys.V.3.95.) wskazuje na w dużej skali pokazuje wzrost wydajności wraz ze wzrostem powierzchni biurowej, jest to wniosek oczywisty im większa powierzchnia, tym więcej pracujących osób, tym samym większa ilość powietrza potrzebnego dla nich. Istotnym są jednak projekty odbiegające od liniowego wzrostu, są to projekty gdzie inwestor przygotowany jest na podanie zwiększonej ilości powietrza wynikające np. ze wzrostu wymogów formalnych czy rynkowych lub możliwe większe zagęszczenie pracowników.

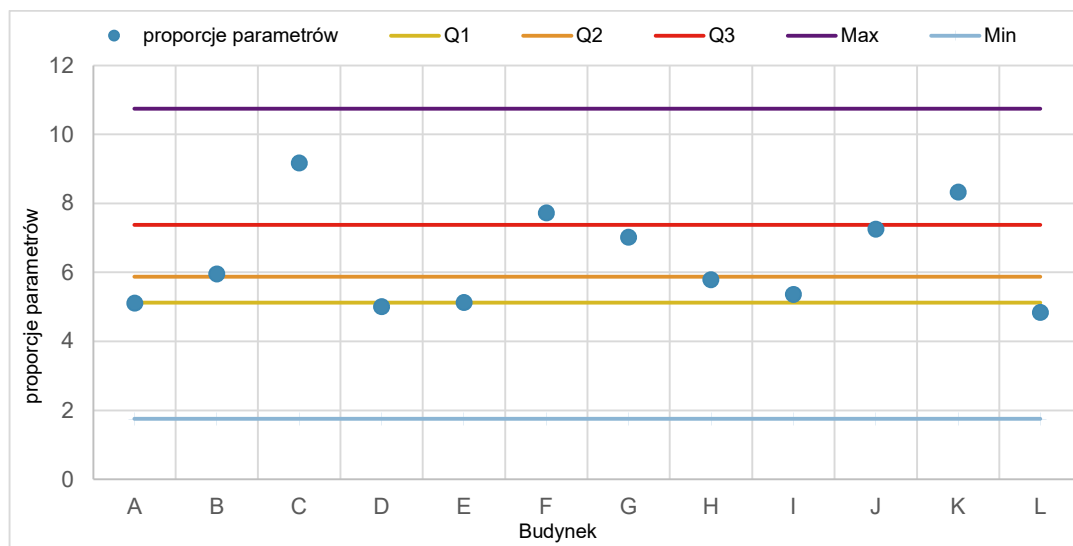
### 3.2.71. Wydajność central wentylacyjnych w funkcji powierzchni nadziemnej

Analiza prezentuje stosunek wzrostu wydajności central wentylacyjnych wraz ze wzrostem powierzchni naziemnej budynku. Ilość powietrza dostarczana do miejsc pracy warunkowana jest przepisami formalnymi ( $30\text{m}^3/\text{h}/\text{os.}$ ), tym niemniej część deweloperów

stosuje swoje wyższe parametry celem powiększenia komfortu wewnętrznego lub gwarantuje sobie możliwość zagęszczenia stanowisk pracy na piętrach.



Rysunek V.3.97. Analiza wydajności central wentylacyjnych w funkcji powierzchni nadziemnej



Rysunek V.3.98. Analiza wydajności central wentylacyjnych w funkcji powierzchni nadziemnej – proporcje parametrów

Dla zebranych obserwacji wyznaczono medianę oraz górny i dolny kwartył, a na ich podstawie rozstęp międzykwartyłowy (IQR). Jak widzimy na wykresie Przeprowadzona analiza (Rys. V.3.98) wskazuje na, żadna z obserwacji nie jest obserwacją ekstremalną, tj. wykraczającą poza kwartyły o wartość  $3 \cdot \text{IQR}$ , jak również odstającą – wszystkie mieszczą się między dolnym i górnym wąsem, co pozwala wszystkie obserwacje przyjąć do analizy. Wynikiem przeprowadzonej analizy Przeprowadzona analiza (Rys. V.3.97) wskazuje na, jest możliwość wskazania zależności pomiędzy wydajnością central wentylacyjnych a powierzchnią nadziemną w oparciu o linię trendu wskazującą parametry na poziomie  $7,5 \text{ m}^3/\text{h}/1 \text{ m}^2$  w przypadku obiektów mniejszych do  $5,4 \text{ m}^3/\text{h}/1 \text{ m}^2$  w przypadku obiektów większych. Analiza ta potwierdza, iż pozwala to na bezproblemową realizację powierzchni o zagęszczeniu stanowisk pracy na poziomie 1 osoba na  $8 \text{ m}^2$  powierzchni biurowej.

### 3.2.72. Klasa szczelności oraz filtrów na instalacji wentylacji

Analiza ma na celu wskazanie założeń projektowych realizowanych w zakresie szczelności instalacji wentylacji oraz filtrów stosowanych na liniach nawiewnych wentylacji. Są to istotne parametry z punktu widzenia budynku certyfikowanego, zwiększenie szczelności instalacji powoduje oszczędności energii z tytułu redukcji nieszczelności. Klasa filtrów jest parametrem istotnym ze względu na komfort wewnętrzny w pomieszczeniach biurowych, zapewniając dostarczenie powietrza o wymaganych parametrach.

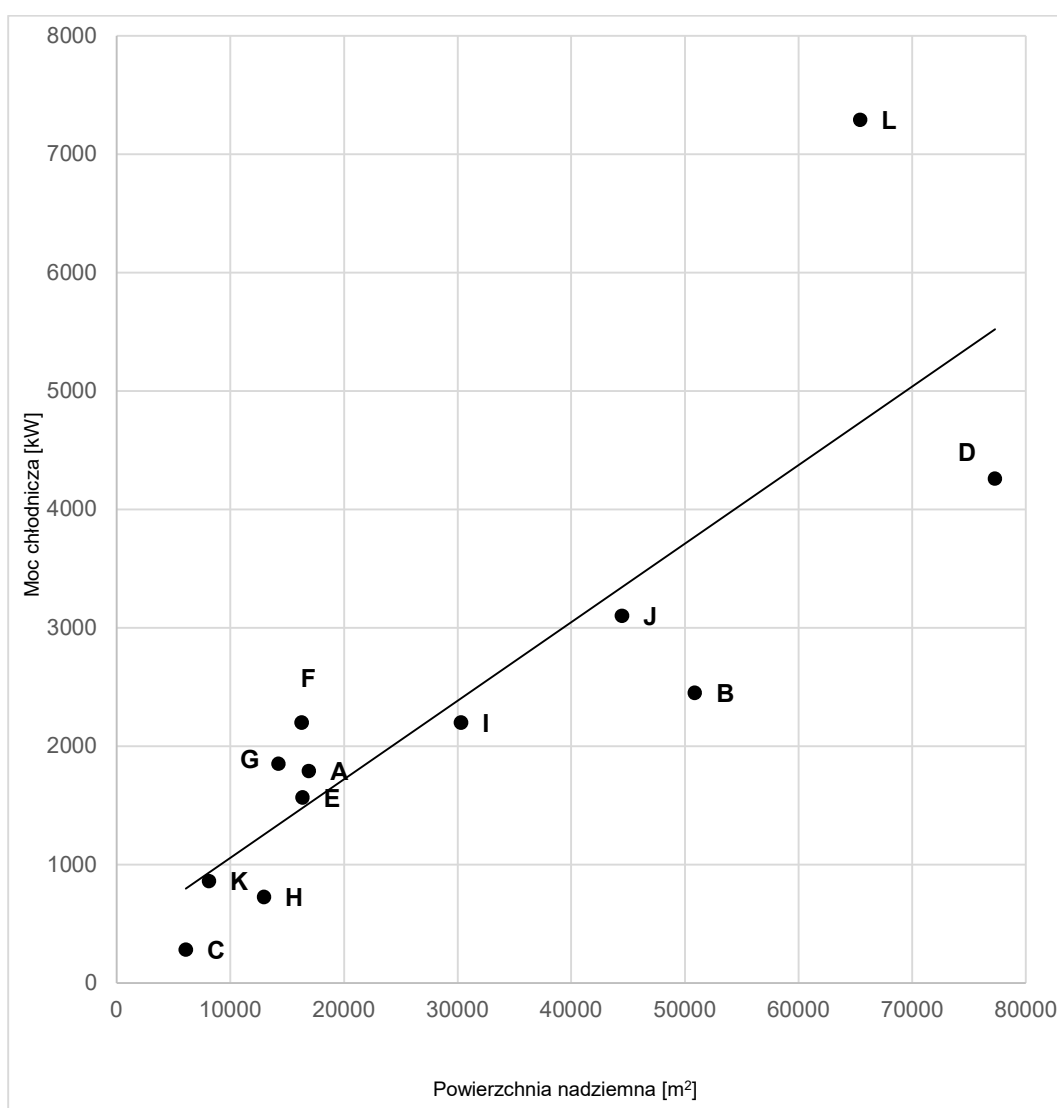
Tabela V.3.99. Klasa szczelności oraz rodzaj filtrów dla instalacji wentylacji

<b>Analizowany budynek</b> <b>Klasa szczelności i filtrów</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>F</b>	<b>G</b>	<b>H</b>	<b>I</b>	<b>J</b>	<b>K</b>	<b>L</b>
Klasa szczelności wentylacji	C	C	C	C	B	B2	C	C	B	B	C	A
Klasa filtrów nawiewnych	<u>EU4</u>	F7	F7	F7	F7	F7	F7	E7	F6	F7	F7	F6

W wyniku przeprowadzonej analizy (Tab. V.3.99) należy wskazać, iż instalacje dostarczające powietrze zwykle realizowane są w klasie szczelności C (58% obserwacji), co oznacza bardzo wysoką szczelność systemu, tym samym znaczące ograniczenie strat. Na liniach nawiewnych zwykle stosuje się filtry F7 (67% obserwacji).

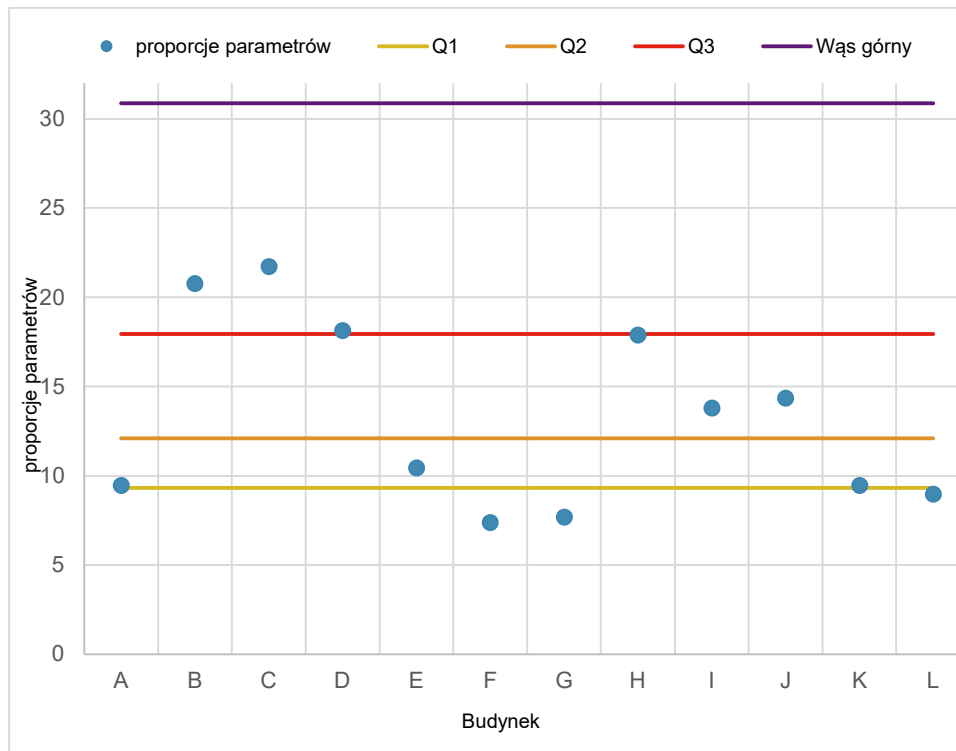
### 3.2.73. Produkcja chłodu, moc maszynowni chłodniczej w funkcji powierzchni wynajmowanej

Analiza pokazuje zależność pomiędzy mocą chłodniczą kompleksu, a powierzchnią nadziemną. Przyjęto parametr powierzchni nadziemnej, ze względu na fakt iż moc chłodnicza dostarczana jest do powierzchni wynajmowanych i wspólnych, gdzie wykorzystywana jest do chłodzenia i ewentualnie osuszania powietrza. Całkowita moc chłodnicza jest parametrem bardzo istotnym przy analizie nowoczesnego i efektywnego budynku biurowego. Zapotrzebowanie na chłód ze względu na ilość energii koniecznej do produkcji czynnika ma bardzo duży wpływ na ocenę ekologiczności projektu.



Rysunek V.3.100. Produkcja chłodu, moc maszynowni chłodniczej w funkcji powierzchni wynajmowanej



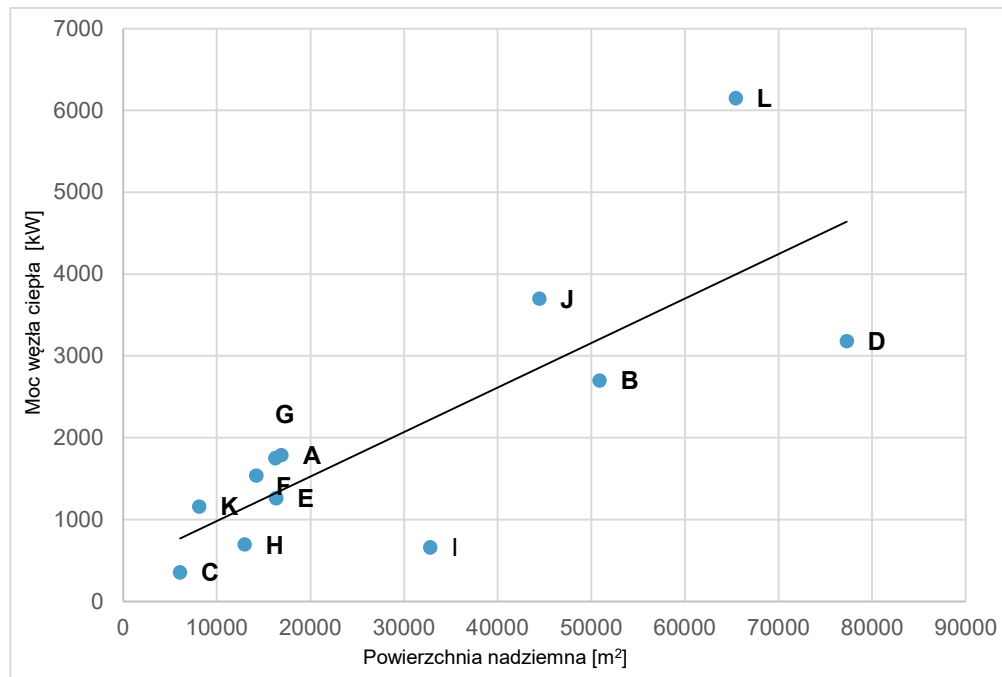


Rysunek V.3.101. Produkcja chłodu, moc maszynowni chłodniczej w funkcji powierzchni wynajmowanej – proporcje parametrów

Dla zebranych obserwacji wyznaczono medianę oraz górny i dolny kwartył, a na ich podstawie rozstęp międzykwartyłowy (IQR). Jak widzimy na wykresie (Rys. V.3.100), żadna z obserwacji nie jest obserwacją ekstremalną, tj. wykraczającą poza kwartyły o wartość  $3 \cdot \text{IQR}$ , jak również odstającą – wszystkie mieszczą się między dolnym i górnym wąsem, co pozwala wszystkie obserwacje przyjąć do analizy. Wynikiem przeprowadzonej analizy (Rys. V.3.101), poza oczywistym stwierdzeniem o wzroście mocy chłodniczej wraz ze wzrostem powierzchni budynku, jest także wskazanie proporcji mocy chłodniczej do powierzchni nadziemnej w oparciu o linię trendu wskazującą parametry na poziomie  $10 \text{ kW}/100 \text{ m}^2$  w przypadku obiektów mniejszych do  $7 \text{ kW}/100 \text{ m}^2$  w przypadku obiektów dużych.

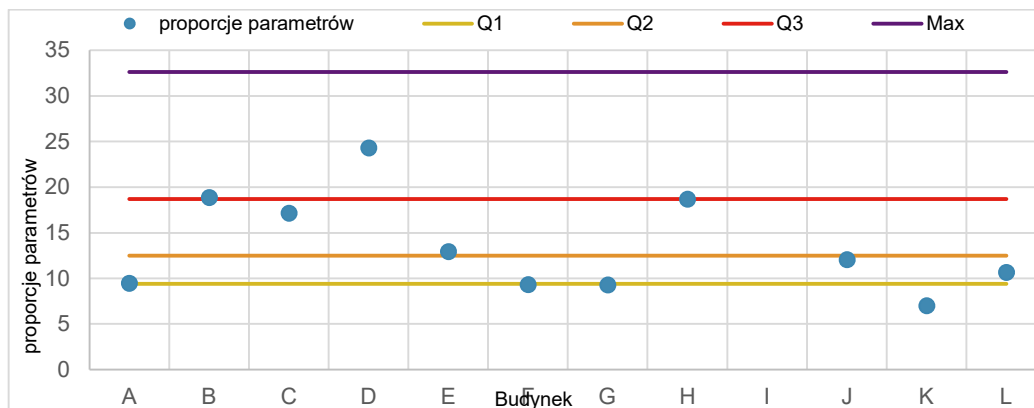
### 3.2.74. Produkcja ciepła, moc maszynowni ciepła w funkcji powierzchni nadziemnej

Analiza pokazuje zależność pomiędzy mocą grzewczą kompleksu a powierzchnią nadziemną. Przyjęto parametr powierzchni nadziemnej, ze względu na fakt, iż moc grzewcza w bardzo nieznacznym stopniu wykorzystywana jest w części podziemnej (a jednocześnie często duża powierzchnia piwnic w sposób znaczący zaburzałaby porównanie).



Rysunek V.3.102. Produkcja ciepła, moc maszynowni ciepła w funkcji powierzchni nadziemnej

Dla zebranych obserwacji wyznaczono medianę oraz górny i dolny kwartyl, a na ich podstawie rozstęp międzykwartylowy (IQR). Jak widzimy na wykresie (Rys. V.3.103) jedna obserwacja (I) jest obserwacją ekstremalną, tj. wykraczającą poza kwartyle o wartość  $3 \cdot \text{IQR}$ .

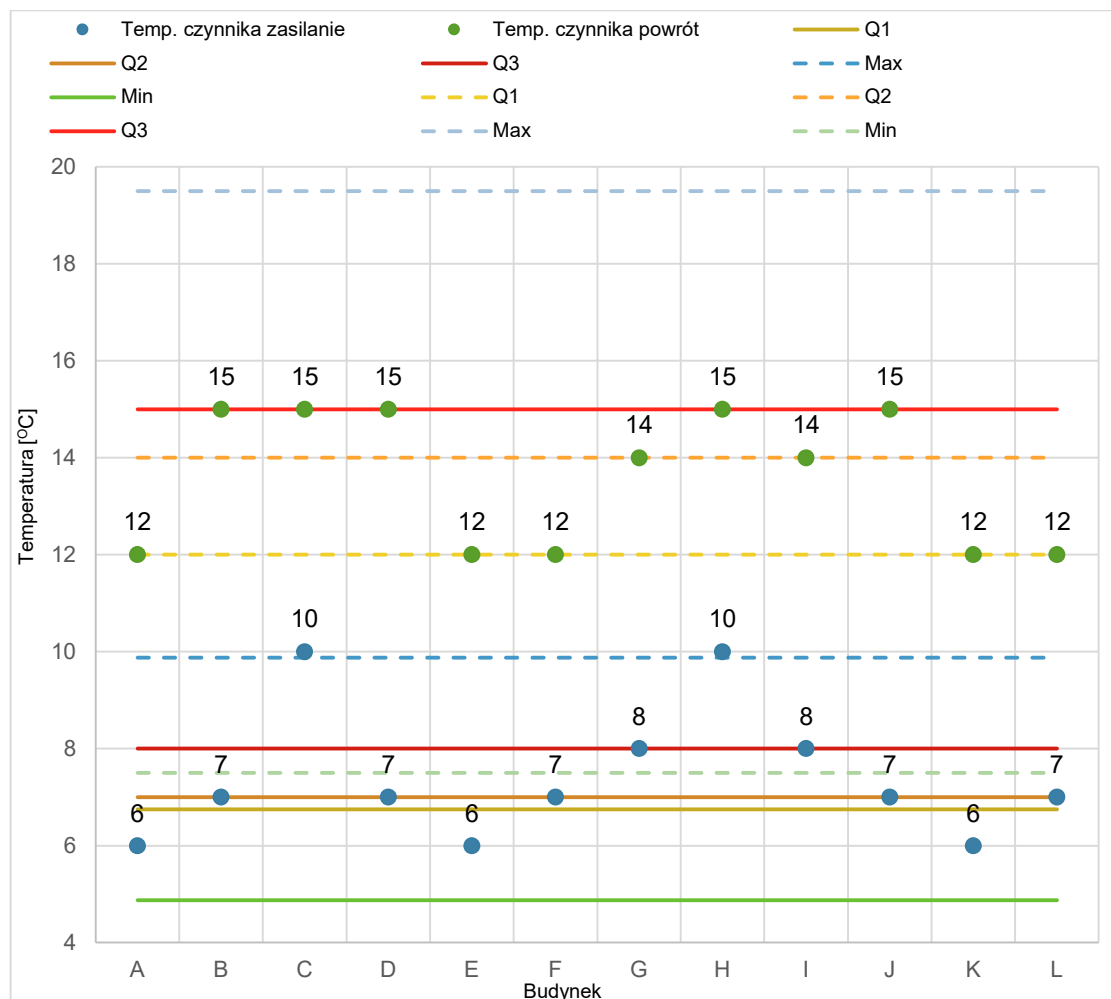


Rysunek V.3.103. Produkcja ciepła, moc maszynowni ciepła w funkcji powierzchni nadziemnej – proporcje parametrów

Wynikiem przeprowadzonej analizy (Rys. V.3.102), poza oczywistym stwierdzeniem o wzroście mocy chłodniczej wraz ze wzrostem powierzchni budynku, jest także wskazanie proporcji mocy grzewczej do powierzchni nadziemnej w oparciu o linię trendu wskazującą parametry na poziomie  $10 \text{ kW}/100 \text{ m}^2$  w przypadku obiektów mniejszych do  $6 \text{ kW}/100 \text{ m}^2$  w przypadku obiektów dużych.

### 3.2.75. Temperatura czynnika chłodniczego

Analiza ma na celu wskazanie parametrów projektowych wymiarowania central wentylacyjnych, temperatury czynnika chłodzącego dostarczanego do jednostek.

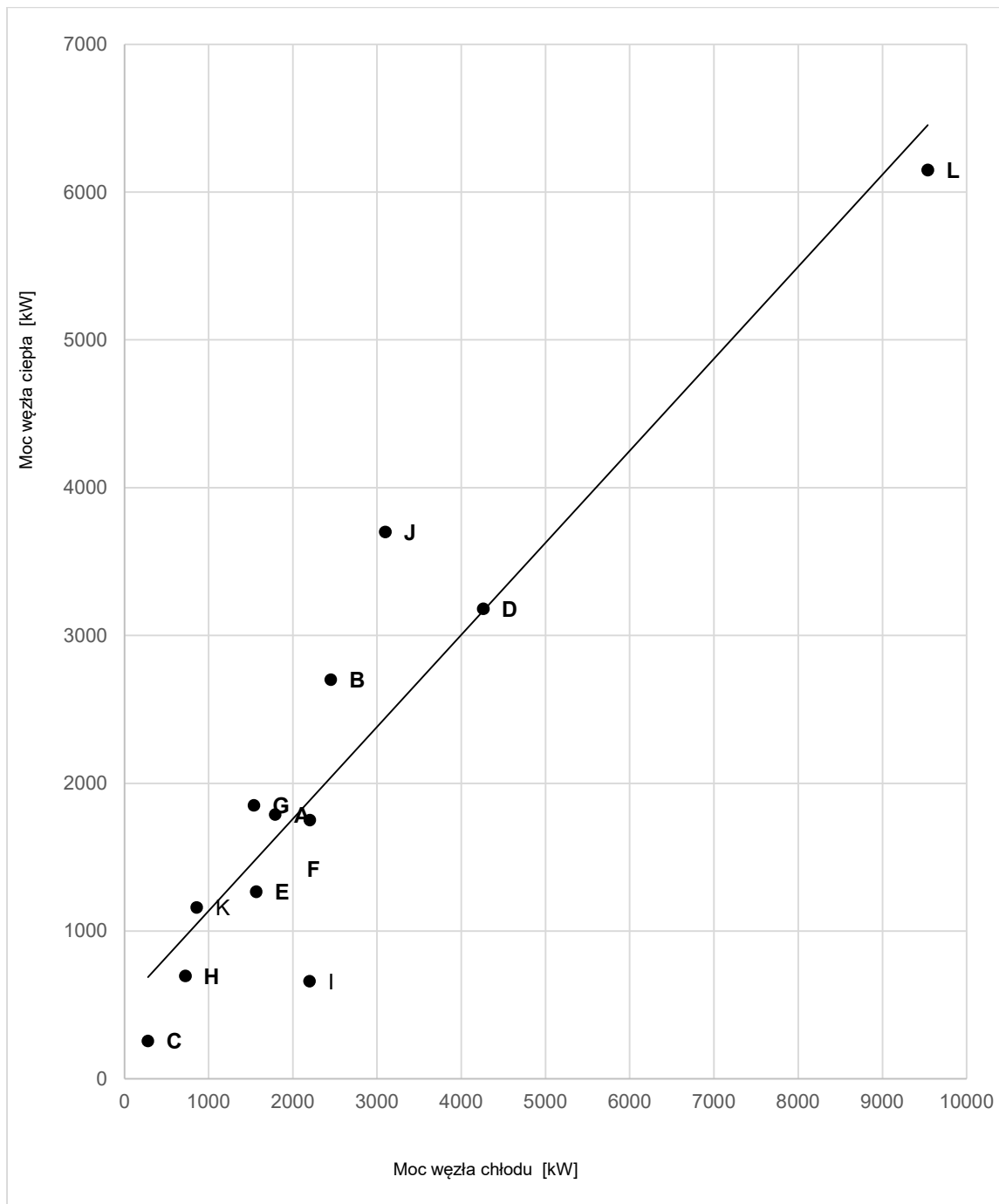


Rysunek V.3.104. Analiza temperatury czynnika chłodniczego w budynkach

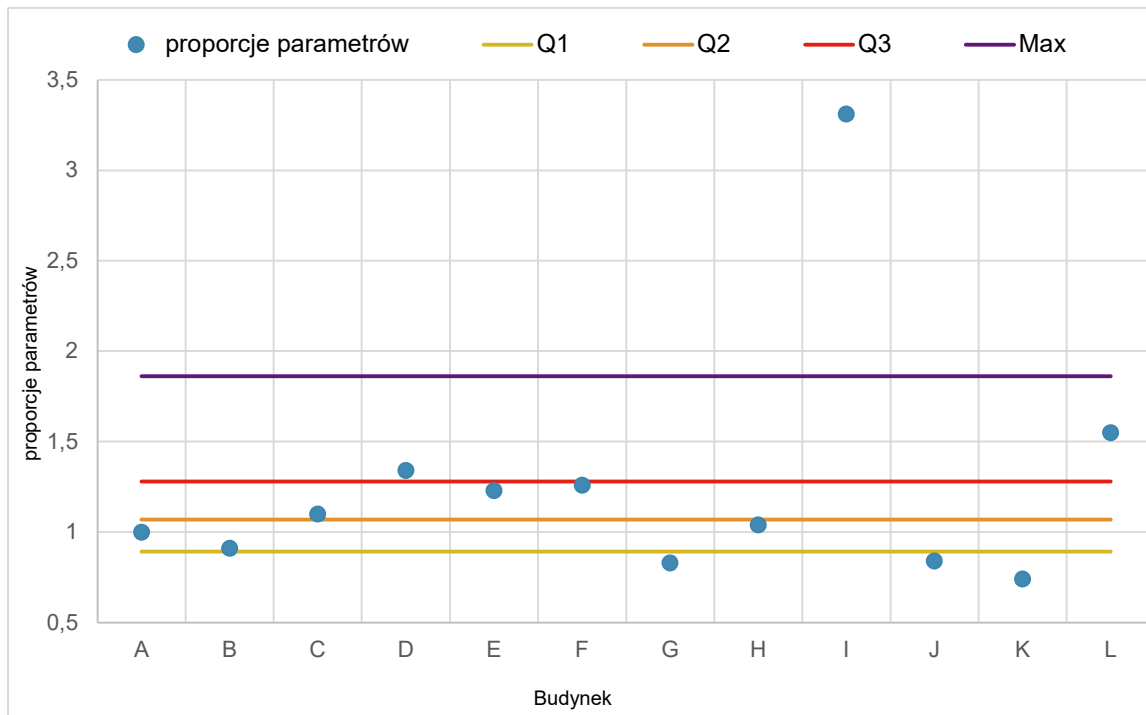
Dla obydwu zebranych zbiorów obserwacji wyznaczono mediany oraz górne i dolne kwartyle, a na ich podstawie rozstępy międzykwartyłowe (IQR). Jak widzimy na wykresie (Rys. V.3.104), żadna z obserwacji nie jest obserwacją ekstremalną, tj. wykraczającą poza kwartyle o wartość  $3 \cdot \text{IQR}$ , jak również odstającą – wszystkie mieszczą się między dolnym i górnym wąsem, co pozwala wszystkie obserwacje przyjąć do analizy. W wyniku przeprowadzonych analiz wskazuje, iż centrale wentylacyjne wymiarowane są przy założeniu temperatury czynnika chłodzącego na poziomie  $7/14^{\circ}\text{C}$ , co potwierdzają także obliczone mediany. Różnice pomiędzy poszczególnymi budynkami zależą od ich lokalizacji w kraju oraz charakterystyki przyjętych rozwiązań technicznych.

### 3.2.76. Moc węzła chłodu a moc węzła ciepła

Analiza tej kategorii ma na celu wskazania zależności pomiędzy mocą grzewczą kompleksu, a całkowitą mocą chłodniczą produkowaną w budynku.



Rysunek V.3.105. Moc węzła chłodu, a moc węzła ciepła

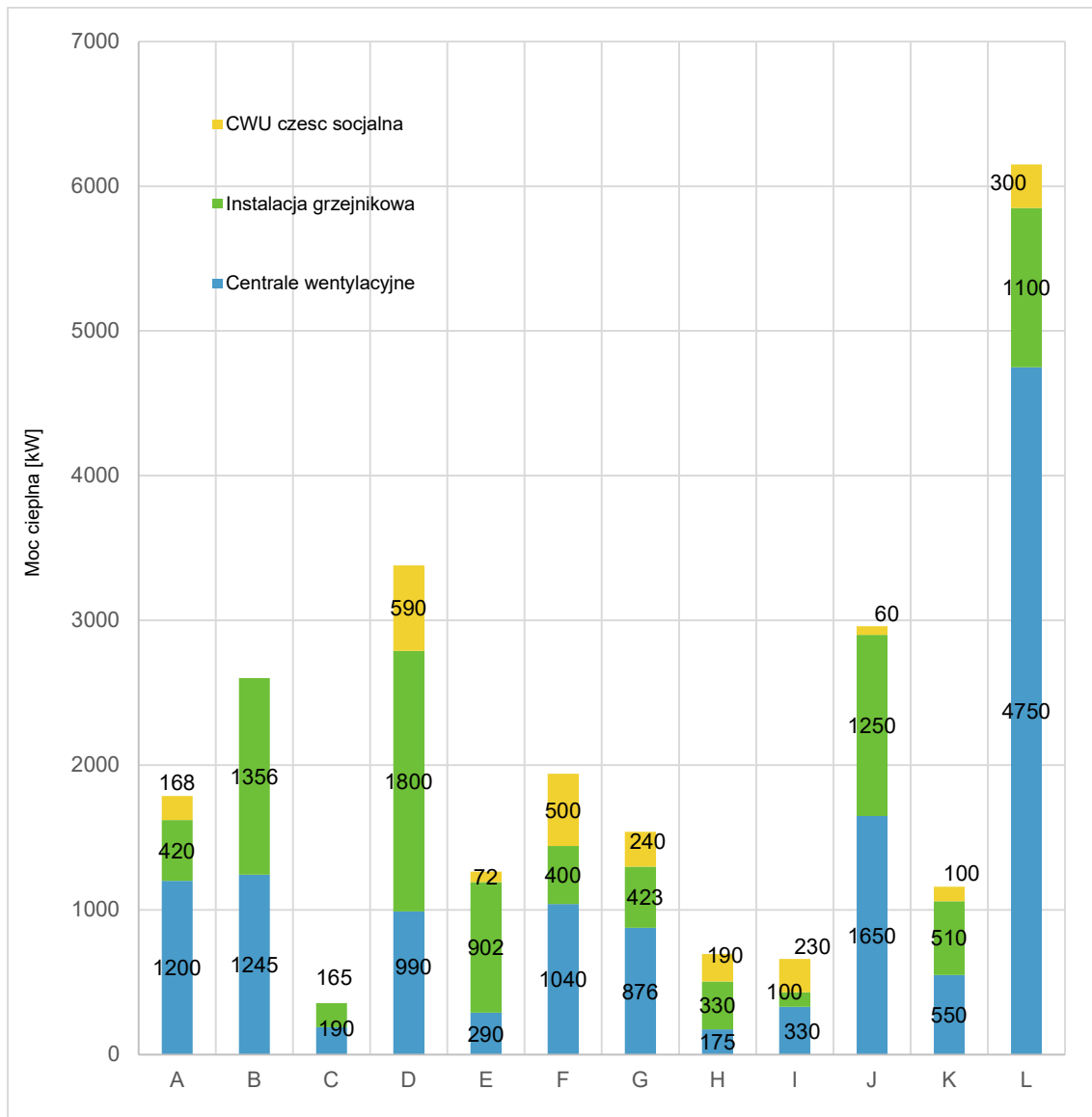


Rysunek V.3.106. Moc wężła chłodu, a moc wężła ciepła – proporcje parametrów

Dla zebranych obserwacji wyznaczono medianę oraz górny i dolny kwartył, a na ich podstawie rozstęp międzykwartyłowy (IQR). Jak widzimy na wykresie (Rys. V.3.106) jedna obserwacja (I) jest obserwacją ekstremalną, tj. wykraczającą poza kwartyły o wartość  $3 \cdot \text{IQR}$ . Wynikiem przeprowadzonej analizy (Rys. V.3.105), jest wskazanie w oparciu o linię trendu zależności pomiędzy mocą chłodniczą, a grzewczą. W przypadku mniejszych projektów 1,45kW mocy grzewczej przekłada się na 1kW mocy chłodniczej, w większych proporcja wynosi 1,1kW / 1.0kW. Należy przy tym zauważyć, że budynki wysokie mają dużo większą wartość mocy chłodniczej o około 30-40%.

### 3.2.77. Dystrybucja mocy cieplnej

Analiza ma na celu wskazanie jakie proporcje całkowitej mocy cieplnej dostarczanej do budynku rozdzielane są na jakie funkcje budynkowe. Dokonano podziału na trzy podstawowe zakresy: ciepło do central wentylacyjnych, ciepła woda użytkowa do instalacji grzejnikowej, oraz ciepła woda dla celów socjalnych.



Rysunek V.3.107. Dystrybucja mocy cieplnej

Powyższa analiza (Rys.V.3.107) wskazuje, iż w budynkach realizujących ogrzewanie tylko za pomocą instalacji grzejnikowej (obserwacje B, C, D, J, K) proporcje mocy cieplnej dostarczanej do central wentylacyjnych w stosunku do obiegów grzejnikowych są porównywalne. W takim systemie powietrze przechodzące przez centrale jest tylko wstępnie obrobione (podgrzane). W przypadku systemów, które ogrzewanie realizują za pomocą jednostek wewnętrznych udział sekcji central jest zwykle znacząco większy (obserwacje A, E, F, G, H, I, L) w takim przypadku podział mocy wynosi około 1:3. Ciepła woda to około 10% zapotrzebowania, pobór w dużej mierze zależy od realizacji funkcji ogrzewania wody ciepłej dla celów sanitarnych.

### 3.2.78. Analiza obszarów objętych instalacją tryskaczową

Analiza poniższa ma na celu wskazanie obszarów budynku objętych ochroną przez instalację tryskaczową.

Tabela V.3.108. Analiza obszarów montażu instalacji tryskaczowej

Analizowany budynek	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	procentowy udział obserwacji
<b>Obszar objęty ochroną</b>													
Garaż	B	X	B	X	B				X	X	B	X	42%
Powierzchnia nadziemna	R		R		R				X		R	X	8%
Całość	A		A		A	X	X	X	X		A	X	42%
	K		K		K						K		

Analiza (Tab. V.3.108.) wskazuje, iż w przypadku budynków wyższych obejmuje ona całą powierzchnię budynku, co jest uzasadnione kwestiami bezpieczeństwa pożarowego. Budynki niższe zwykle mają instalację tryskaczową tylko na części podziemnej (42% obserwacji), co przede wszystkim zabezpiecza obiekt (konstrukcja nośna) w przypadku pożaru zaparkowanych tam samochodów.

### 3.2.79. Instalacja tryskaczowa - norma wymiarowania

Przedmiotem analizy tej kategorii jest wskazanie systemu realizacji instalacji tryskaczowej w oparciu o system normalizacyjny.

Tabela V.3.109. Analiza norm wykorzystywanych w projektowaniu instalacji tryskaczowej

Analizowany budynek	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	procentowy udział obserwacji
<b>Norma dla instalacji tryskaczowej</b>													
VDS klasa 2	B		B		B	X	X		X		B		25%
VDS CEA - 4001	R		R		R						R	X	8%
PN-EN-12845	A	X	A	X	A					X	A		25%
NFPA 13	K		K		K			X			K		8%

Powyższa analiza (Tab. V.3.109) wskazuje, iż instalacje tryskaczowe występują w 64% analizowanych obiektów. Wymiarowane są w oparciu o wytyczne europejskie VDS (33%) lub Polską Normę (33%), obydwa dokumenty co do zakresu stosowania i wymagań stawianych systemom są zbliżone do siebie. Wybór konkretnego rozwiązania często dyktowany jest wymaganiami operatorów ubezpieczeniowych dla budynku.

#### 4. Wyniki przeprowadzonych badań i analiz na przyjętej grupie badawczej

##### 4.1. Ranking kategorii względem ich użyteczności w kształtowaniu proekologicznego budynku biurowego

Zgodnie z przyjętym modelem (opisanym szczegółowo w rozdziale V.2.) w **Załączniku nr 1** przedstawiono wagi procentowe przyjętych siedmiu kryteriów ( $\alpha, \beta, \gamma, \delta, \epsilon, \zeta, \eta$ ) i w oparciu o nie przedstawiono również wagi poszczególnych kategorii ( $V_K$ ). Przyjęta metodyka badań jest odpowiednia dla ich ważności, zwłaszcza w kontekście analizy nowoczesnego budynku biurowego. W **Załączniku nr 1** przeprowadzono analizy wszystkich kategorii (**1-79**) przez pryzmat kryteriów. Zastosowano kwantyfikator 0/1 w zależności od sytuacji, w której dana kategoria ma wpływ na dane kryterium lub też nie. Waga poszczególnych kategorii, oznaczona w tabeli (**Załącznik nr 1**) kolorystycznie od najniższej (czerwony) do najwyższej (zielony) wskazuje parametry, które w sposób najsilniejszy determinują parametry optymalnego budynku biurowego.

Dla każdej z opisanych i przeanalizowanych w rozdziale 3.2. kategorii  $K=\{K_1, \dots, K_{79}\}$  wyznaczono, na podstawie wzoru (2.18), wartość funkcji użyteczności. Przyjmowała ona różne wartości, od 21,5 do 100%. Wartość funkcji użyteczności dla każdej kategorii pozwala ocenić, jak duży ma ona wpływ na kształtowanie formy współczesnego proekologicznego budynku biurowego.

Poniżej wskazano kategorie posegregowane na podstawie wartości funkcji użyteczności - od najwyższych, tj. najistotniejszych, do najniższych.

##### Wartość funkcji >80%

- Kształt budynku.
- Układ siatki głównej słupów.
- Powierzchnia zabudowy/ powierzchnia nieruchomości.
- Powierzchnia nadziemna / podziemna.
- Przestrzeń pod podłogą podniesioną a nad sufitem.
- Wysokość kondygnacji biurowych.
- Powierzchnia całkowita / ilość miejsc parkingowych.
- Kryterium certyfikacja środowiskowa.
- Ilość punktów w ramach certyfikacji.
- Moc przyłączy energetycznych.
- Typ stosowanych opraw oświetleniowych.



- Parametry klimatu wewnętrznego (zimą minimum, latem maksimum).
- Parametry zewnętrzne.
- Sposób chłodzenia i ogrzewania budynku.
- Dystrybucja ciepła moc na poszczególne funkcje.
- Porównanie mocy chłodniczej / mocy grzewczej.
- Produkcja chłodu, moc chillerów a powierzchnia wynajmowana.

Przeprowadzone badania wskazały, iż najsilniejszymi czynnikami wpływającymi na formę proekologicznego budynku biurowego są parametry definiujące główne geometrie budynku (powierzchnie, wysokość) oraz częściowo biznesowe, jakimi jest powierzchnia biurowa. Ponadto wysoką wagę osiągnęły kategorie specyfikujące klimat wewnętrzny i podstawowe parametry wymiarowania systemów.

#### Wartość funkcji 70-80%

- Komunikacja ilość klatek schodowych.
- Ilość kondygnacji nadziemnych / podziemnych.
- Wysokość budynku.
- Przekroje słupów / wysokość budynku.
- Ilość dźwigów / powierzchnia piętra.
- Prędkość wind / nośność kabiny.
- Ilość miejsc parkingowych w funkcji powierzchni biurowej obiektu.
- Lokalizacja maszynowni.
- Systemy pożarowe.
- Gęstość stanowisk pracy na powierzchni najmu.
- Parametry projektowe instalacji grzewczej – grzejniki.
- Parametry projektowe instalacji grzewczej – centrale.
- Parametry projektowe instalacji chłodniczej – centrale.
- Temperatura powietrza za centralą.

Badania pokazują, iż kategorie, które uzyskały wyniki na poziomie ponad 70%, w zakresie kategorii architektoniczno-budowlanych w sposób bardziej szczegółowy parametryzują plan budynku, komunikację wewnętrzną oraz fasady. Wysokie wyniki osiągnęły także analizy rozwiązań stosowanych dla poszczególnych systemów oraz szczegółowa analiza ich parametrów projektowych.

### Wartość funkcji 50-70%

- Komunikacja ilość klatek.
- Maksymalne obciążenie dla najemców.
- Typ konstrukcji monolit / prefabrykat.
- Typ konstrukcji monolit / prefabrykat a wysokość.
- Parametry budynków.
- Ilość dźwigów / ilość kondygnacji.
- Porównanie parametru  $g / I_t$ .
- Parametry akustyczne fasady / U fasady .
- Typ fasady.
- Moduł fasady.
- Sposób realizacji miejsc parkingowych - garaż / ogród / podziemny.
- Wielkość obiektu a poziom certyfikacji.
- Dostęp do okien / przestrzeń doświetlona światłem dziennym.
- Rozwiązania sufitów.
- Wcześniejsze zagospodarowanie terenu.
- Transport publiczny.
- Rozprowadzenie zasilanie na powierzchni najmu.
- Sterowanie oświetleniem.
- Klasa okablowania IT.
- Funkcje monitorowane i sterowane przez system BMS.
- Ilość powietrza przyjętego na osobę  $m^3/h$  / osobę.
- Wewnętrzne zyski ciepła.
- Dodatkowe sposoby odzysku ciepła.
- Parametry powietrza nawiewanego / nawilżanie.
- Ilość powietrza z central wentylacyjnych i ich funkcja.
- Wydajność central dla powierzchni wynajmowanej w funkcji powierzchni wynajmowanej.
- Wydajność central wentylacyjnych w funkcji powierzchni nadziemnej.

Kategorie, które osiągnęły wyniki ponad 50%, obejmują szereg parametrów architektoniczno-budowlanych, charakteryzują rozwiązania w zakresie konstrukcji budynku oraz szczegółowe parametry fasady. Pojawiają się także parametry wydajnościowe instalacji

mechanicznych oraz systemy monitoringu systemów wraz z rozwiązaniami dla oświetlenia wewnętrznego.

#### Wartość funkcji 30-50%

- Grubość płyty a klasa betonu.
- Głębokość ścian szczelinowych a wysokość budynku.
- Grubość płyt stropowych / klasa betonu.
- Grubość płyt stropowych a siatka konstrukcyjna.
- Dach - rozwiązania wykończenie.
- Moc przyłączy energetycznych a powierzchnia całkowita.
- Moc przyłącza a powierzchnia najmu.
- Oświetlenie awaryjne, jak jest realizowane.
- Ilość opraw na m<sup>2</sup> /podział korytarz, biuro.
- Moc opraw na m<sup>2</sup> /podział korytarz, biuro.
- Parametry wymiarowania maszynowni chłodu.
- Parametry wymiarowania chłodzenia na powierzchni najmu.
- Ilość central wentylacyjnych i ich funkcja.
- Produkcja ciepła / źródło moc węzła ciepła a powierzchnia nadziemna.
- Instalacja tryskaczowa – obszary budynku objęte ochroną.

Wyniki poniżej 50% osiągnęły kategorie, które w sposób jeszcze bardziej szczegółowy parametryzują systemy zarówno sanitarne jak i elektryczne.

#### Wartość funkcji <30%

- Grubość płyty, a wysokość budynku.
- Grubość ścian szczelinowych a wysokość budynku.
- Moc agregatu prądotwórczego.
- Wielkość transformatorów.
- Moc agregatu prądotwórczego i jego funkcja do przyłącza głównego.
- Sposób chłodzenia serwerowni piętrowych.
- Instalacja tryskaczowa – norma.
- Klasa szczelności instalacji wentylacji.
- Klasa filtrów na nawiewie z central.

Najniższe wyniki osiągnęły kategorie precyzujące parametry w zakresie konstrukcji budynku oraz mniej istotne systemy instalacyjne, których rozwiązania wynikają z indywidualnych doświadczeń inwestorów.

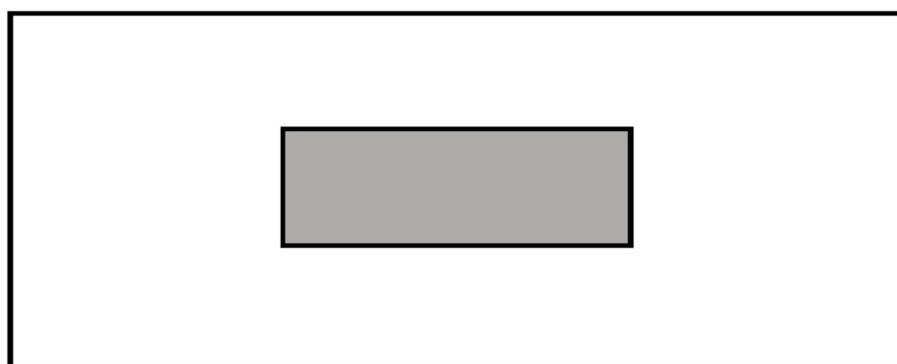
#### **4.2. Ustalenie parametrów optymalnego budynku, jako propozycja standardu polskiego budynku biurowego**

Specyfikacja techniczna i parametry biznesowe optymalnego proekologicznego budynku biurowego powinny powstać w oparciu o kategorie o najwyższej wadze (wartości funkcji użyteczności), które tym samym najbardziej wpływają na formę projektu. Kategorie techniczne uszeregowane zostały w rozdziale 4.1, wskazując najbardziej i najmniej ważące dla parametrów budynku.

Analiza zostanie podzielona na trzy główne działy: budynek i konstrukcja, instalacje mechaniczne, instalacje elektryczne. Pozwolą one finalnie na opracowanie specyfikacji technicznej idealnego proekologicznego budynku biurowego.

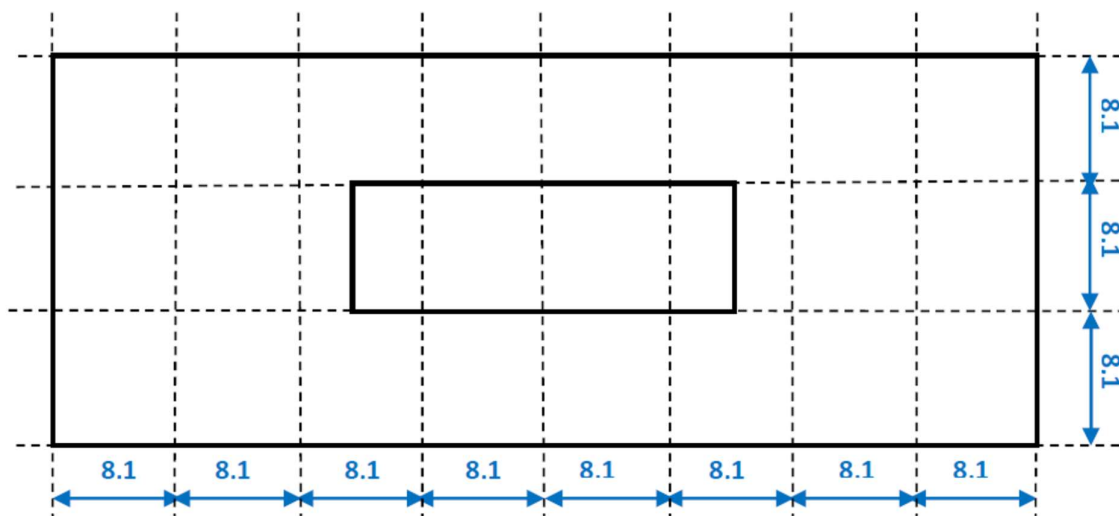
##### **4.2.1 Budynek i konstrukcja**

Analizę optymalnego budynku biurowego rozpoczęto od bardzo istotnego parametru jakim jest kryterium kształtu, czyli ustalenia jego geometrii. Na podstawie przedstawionych badań stwierdzono, iż optymalnym będzie budynek z centralnie umieszczonym trzonem komunikacyjno-instalacyjnym. Schematycznie rozwiązanie zaprezentowano na Rys. V.4.1.



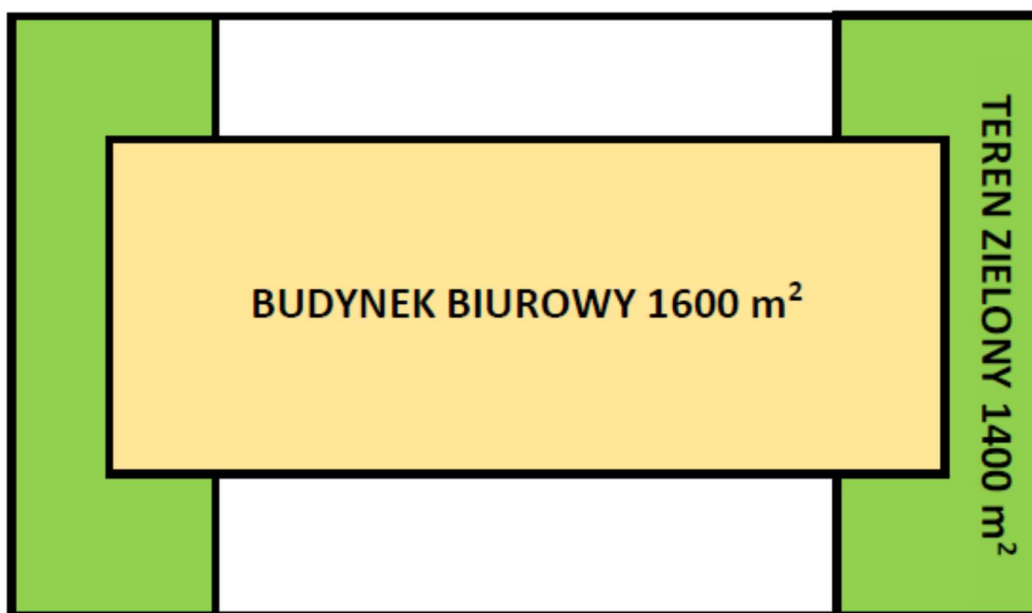
Rys. V.4.1. Schemat kształtu budynku

Analiza wskazała także, iż konstrukcja budynku powinna opierać się o słupy konstrukcyjne. Efektem przeprowadzonych badań jest ustalenie optymalnej siatki konstrukcyjnej, określonej jako 8,1 x 8,1 m (Rys. V.4.2.). Jak opisano wcześniej w pracy, układ 8,1 m jest optymalny także ze względów lokalizacji miejsc parkingowych.



Rys. V.4.2. Schemat układu siatki konstrukcyjnej budynku

Na parametry budynku w sposób zasadniczy wpływają także parametry administracyjne, zarówno kształt, wymiary jak i bryła budynku wynikają z szeregu przepisów technicznych, otaczającej zabudowy, jak i co często bardziej istotne ograniczeń administracyjnych. Budynek zlokalizowany jest na nieruchomości, w posiadaniu inwestora, której warunki w sposób istotny determinują formę przyszłego optymalnego budynku biurowego (Rys. V.4.3). Parametry przyjęte dla rozpatrywanego obiektu przyjęte zostały w sposób, który umożliwia jego realizację na bardzo wielu działkach, tym niemniej szczegółowa analiza nieruchomości nie jest przedmiotem niniejszej pracy.

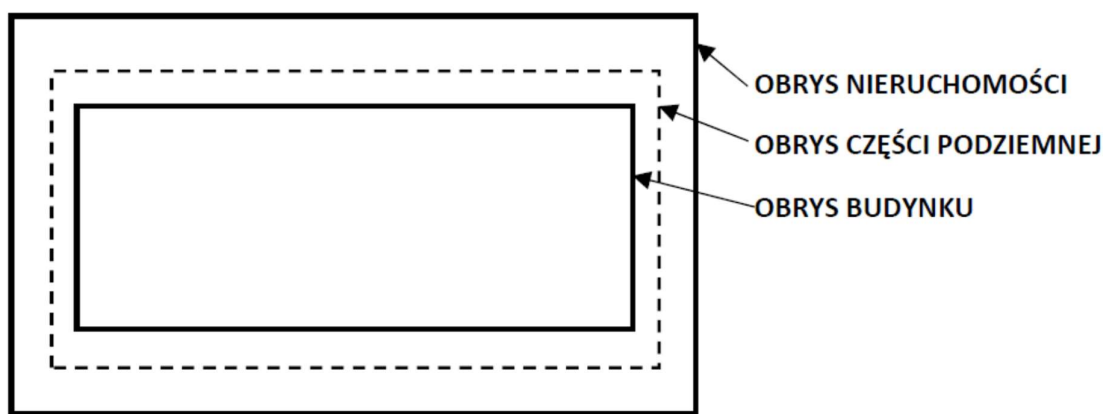


Rys. V.4.3. Schemat proporcji budynku na działce około 4000m<sup>2</sup>

Na podstawie przeprowadzonych analiz wskazano, iż najbardziej korzystnym będzie ulokowanie budynku na działce zabudowanej do współczynnika zabudowy na poziomie 0,4, przy jednoczesnym udziale powierzchni zielonych około 35%. Analizy potwierdziły też, iż typowa optymalna kondygnacja biurowa ma około 1600m<sup>2</sup>.

Budynek zostanie zlokalizowany na terenie niezabudowanym, niewykorzystywanym wcześniej. Celem rozpoczęcia realizacji prac nie ma potrzeby przeprowadzenia prac rozbiórkowych czy relokacji sieci znajdujących się na terenie. Badania wykazały, że idealny budynek zlokalizowany będzie w jednym z miast regionalnych (Wrocław/ Poznań/ Gdańsk), ściśle centrum miasta nie jest warunkiem koniecznym, istotnym jest natomiast dostęp do komunikacji publicznej zarówno autobusowej, jak i w większości miast także tramwajowej. Budynek musi też być zlokalizowany w miejscu pozwalającym na łatwy dojazd samochodem. We wszystkich miastach funkcjonuje także system coraz bardziej popularnych sieci rowerów miejskich.

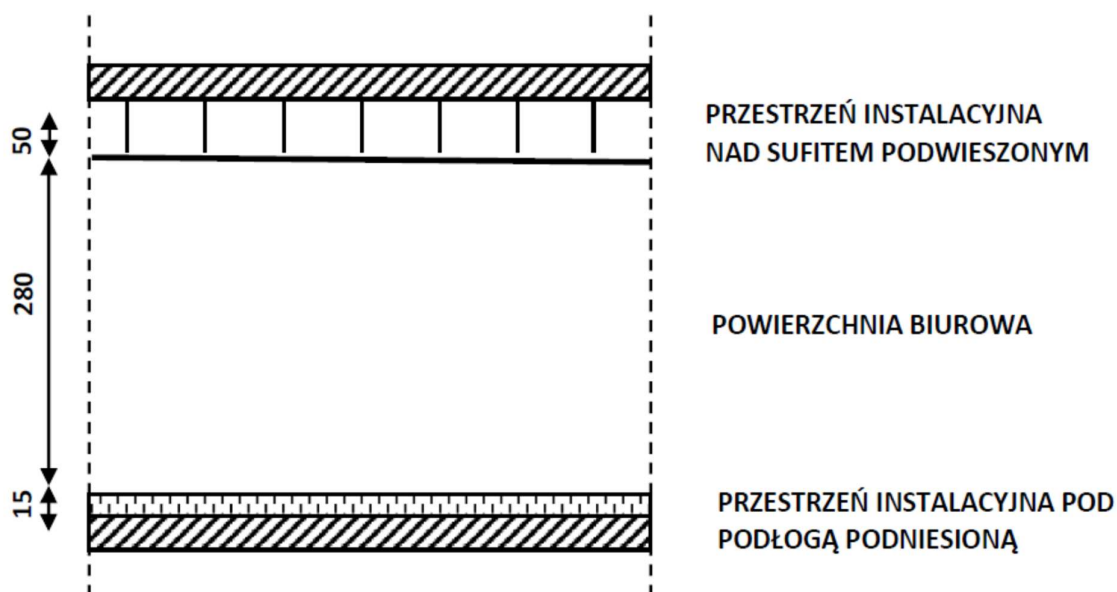
Część nadziemna w stosunku do podziemnej powinna być dwukrotnie większa, tym samym, z racji realizacji sześciu kondygnacji nadziemnych, obrys części podziemnych będzie wystawał poza obrys części nadziemnej (Rys. V.4.4). Rozwiązanie takie stosowane jest bardzo często, pozwala to na spełnienie wymogów liczby miejsc parkingowych, przy jednoczesnym ograniczeniu liczby kondygnacji podziemnych, które stanowią znaczny koszt w koszcie inwestycji w przypadku realizacji więcej niż dwóch poziomów.



Rys. V.4.4. Obrys budynku i części podziemnej

Na podstawie przeprowadzonych badań ustalono, iż optymalna wysokość kondygnacji biurowej to 280cm, jest to odległość mierzona od spodu sufitu podwieszanego do wierzchu podłogi podniesionej. Analizy wskazały także, iż wymagane wysokości przestrzeni instalacyjnych wynoszą odpowiednio 50cm nad sufitem oraz 15cm pod podłogą podniesioną

(z grubością podłogi uwzględnioną). Obydwa parametry pozwalają na swobodne lokowanie systemów zarówno sanitarnych jak i elektrycznych i słaboprądowych. Powyższe parametry prowadzą do wniosku, iż po uwzględnieniu parametrów monolitycznych płyt stropowych typowa kondygnacja będzie miała 360 cm wysokości (Rys. V.4.5.), co w skali budynku sześciokondygnacyjnego daje około 21,5 metra wysokości.



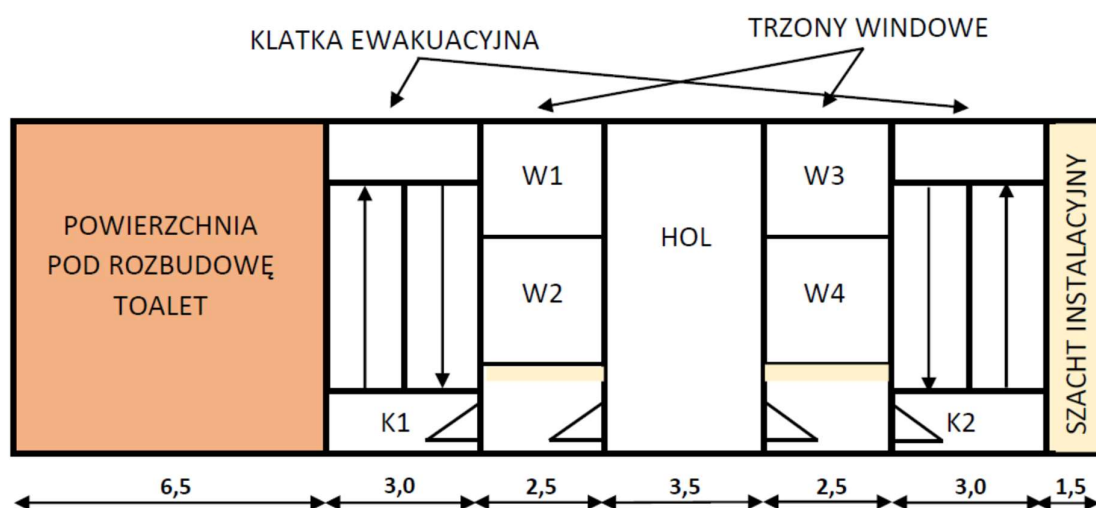
Rys. V.4.5. Przekrój typowy kondygnacji biurowej

Nowoczesny proekologiczny budynek biurowy musi być projektem certyfikowanym w oparciu o jeden z popularnych systemów. Dla potrzeb niniejszej pracy przyjęto system LEED jako bardziej pasujący dla budownictwa biurowego. Badania wskazują, iż budynki certyfikowane są zwykle w możliwie najwyższych stopniach. Dla projektu ustalono poziom LEED Platinum, z wynikiem na poziomie 85 punktów (Rys. V.4.6).



Rys. V.4.6. Certyfikat ekologiczny

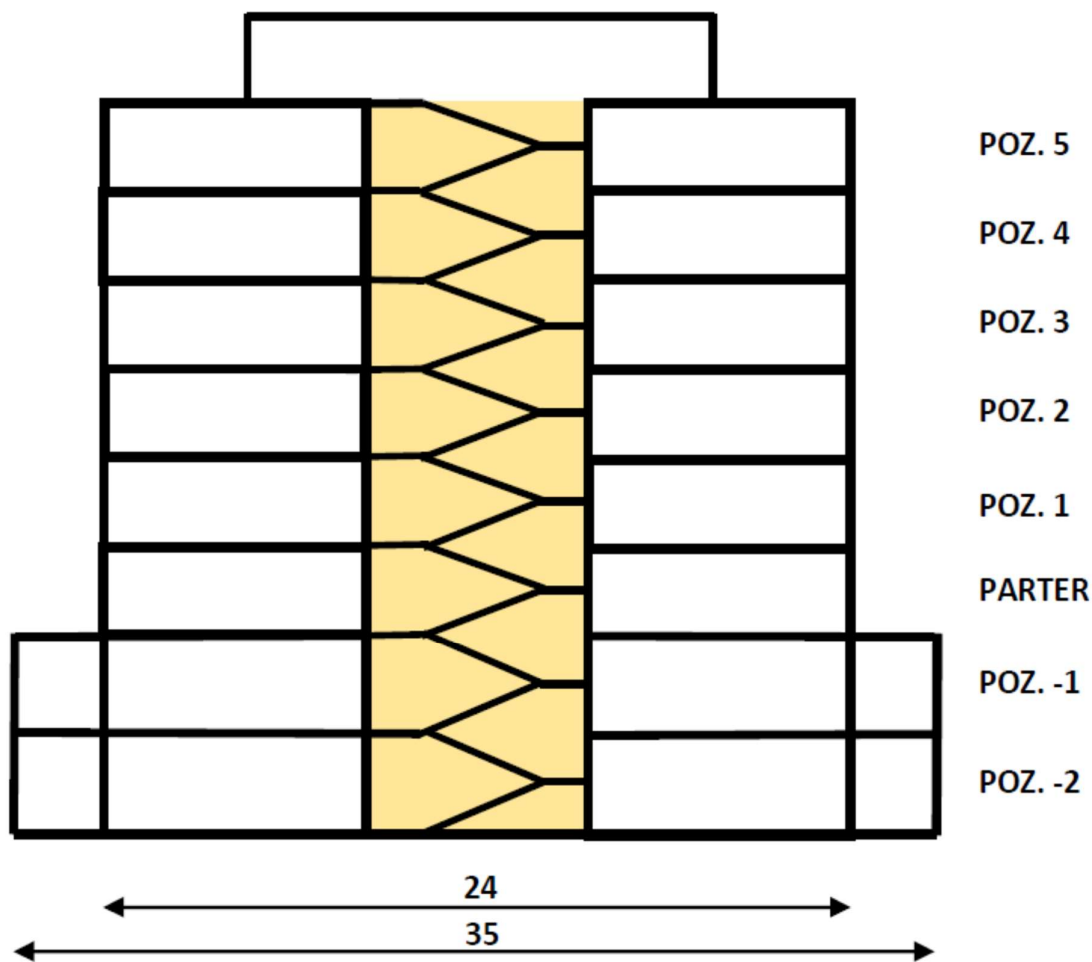
Trzon komunikacyjny stanowiący centralny punkt budynku na podstawie przeprowadzonych badań powinien składać się z dwóch niezależnych klatek schodowych, ulokowanych po dwóch stronach trzonu windowego (Rys. V.4.7). Taka symetryczna lokalizacja klatek pozwala na optymalny układ dróg ewakuacyjnych, tym samym pozwala na zwiększenie powierzchni kondygnacji typowej. W idealnie zaprojektowanym trzonie zlokalizowane zostaną także szachty zarówno sanitarne dla potrzeb instalacji wentylacji, jak również rurowe rozprowadzające instalacje wody lodowej i ciepła oraz wszystkich systemów wodno-kanalizacyjnych. Ponadto pojawią się szachty elektryczne i teletechniczne.



Rys. V.4.7. Schemat trzonu komunikacyjnego

Budynek, na podstawie przeprowadzonych analiz, powinien mieć wysokość nieprzekraczającą 25 metrów, tym samym zgodnie z Warunkami Technicznymi będzie zakwalifikowany do grupy budynków średnio-wysokich, co ma przełożenie na parametry bezpieczeństwa pożarowego i ewakuacji. Wskazana wysokość w praktyce oznacza możliwość wykonania budynku sześćo-kondygnacyjnego (Rys. V.4.8). W dzisiejszych realiach rynkowych, co potwierdzają także przeprowadzone badania, praktycznie nie ma możliwości umiejscowienia większej ilości kondygnacji, wiązałoby się to z koniecznością ograniczenia wysokości kondygnacji biurowej do około 2,5 metra, co nie spełnia współczesnych oczekiwań rynkowych. Powyższe założenia nie dotyczą budynków wysokich, jednakże przeprowadzone analizy nie wskazały tego typu obiektów jako rozwiązań optymalnych. Przeprowadzone analizy wskazują także, iż najefektywniej kwestie parkingowe można rozwiązać tworząc dwukondygnacyjne hale garażowe pod budynkiem (Rys. V.4.8).

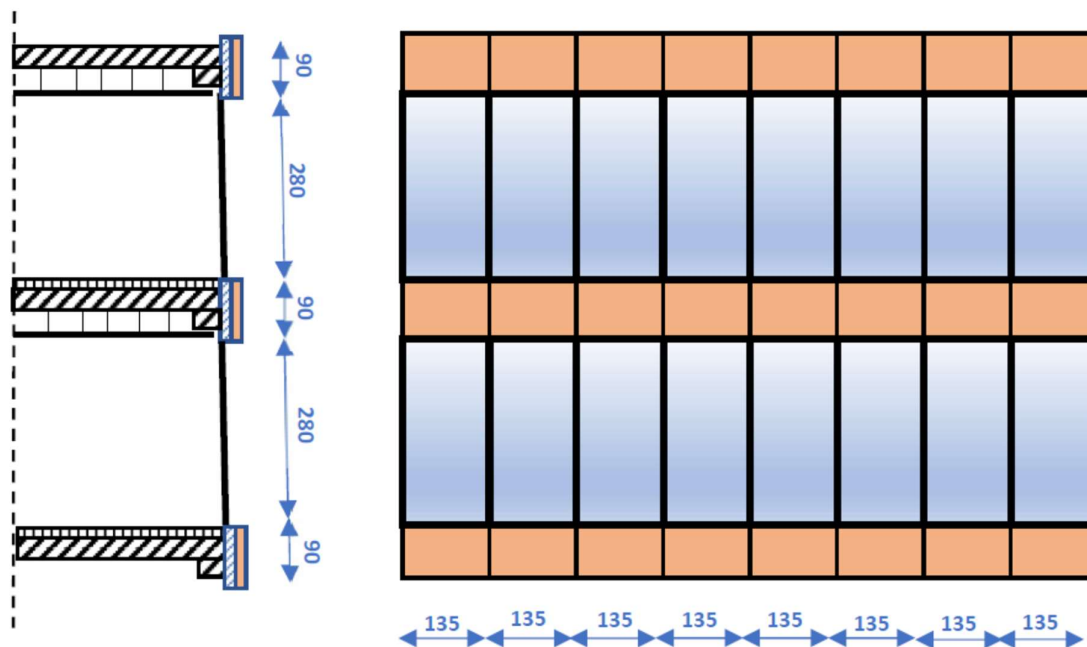




Rys. V.4.8. Przekrój budynku

Jak wspomniano powyżej, komunikacja pionowa realizowana jest za pomocą dźwignów osobowych. Analizy pokazały, iż w przypadku kondygnacji około 1600m<sup>2</sup> optymalnym są 4 dźwigi zrealizowane w jednym trzonie. Badania wskazały, iż typowa winda musi posiadać nośność na poziomie 1300 kg przy prędkości kabiny 1.6 m/s. Takie parametry pozwalają przede wszystkim na efektywny czas oczekiwania na windę na kondygnacjach budynku.

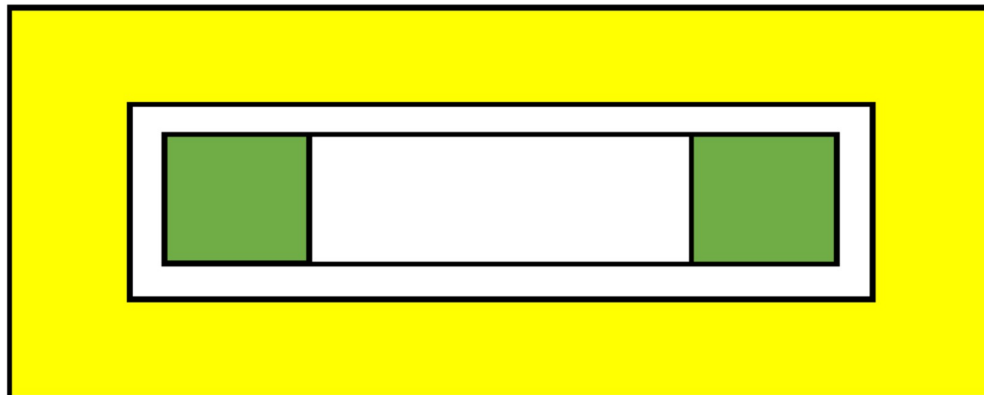
Budynek powinien być osłonięty elewacją opartą o system fasadowy. Na podstawie badań ustalono także, iż część fasady pokryta będzie okładzinami, dla potrzeb pracy przyjęto płyty kamienne. Fasady kamienne realizowane będą na pasach między-kondygnacyjnych, co stworzy czytelne podziały poziome budynku. Badania jednoznacznie potwierdziły też, iż fasada szklana realizowana powinna być w module 135cm (Rys. V.4.9), co pozwoli na łatwą aranżację wnętrza budynku. Parametry techniczne fasady w części przeszklonej spełniać powinny warunki  $lt=0.6$ ,  $g=0.35$ .



Rys. V.4.9. Schemat podziału fasady budynku

Na podstawie przeprowadzonych analiz powierzchnia parkingowa będzie w zdecydowanej większości znajdować się na kondygnacjach podziemnych. W analizowanym budynku będzie znajdować się około 9600 m<sup>2</sup> powierzchni biurowej. Standardowo na etapie projektowym tworząc garaż podziemny przyjmuje się około 35 m<sup>2</sup> garażu na jedno miejsce postojowe. Tym samym przy założeniu, iż jedno miejsce przypada na około 50m<sup>2</sup> powierzchni biurowej należy przyjąć, iż powierzchnia części podziemnej będzie wynosi około 5000m<sup>2</sup>. Przy takich założeniach w podziemnych halach powstaną około 130 miejsc, pozostałe 10 pojawi się na terenie, co jest wskazane także z punktu widzenia ewentualnych funkcji usługowych parteru i dojazdu do budynku.

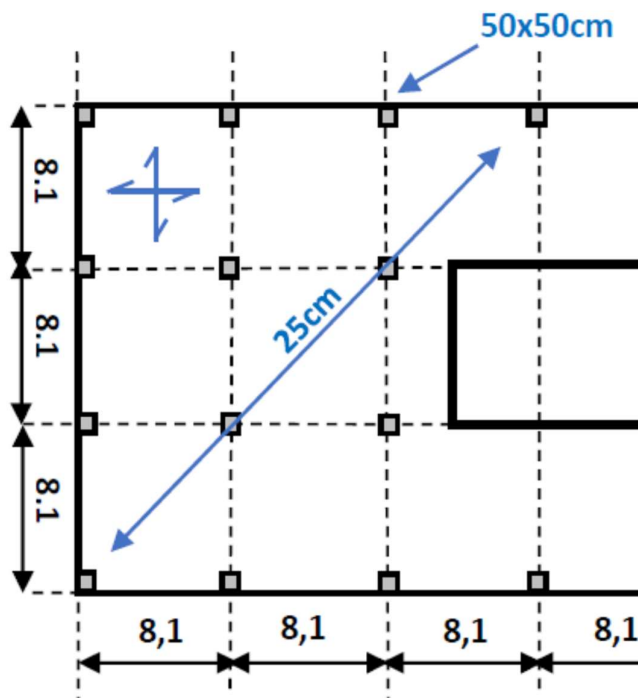
Typowe optymalne piętro biurowe będzie zaaranżowane wzdłuż fasad tj. w kolorze żółtym (Rys. V.4.10), tym samym wszystkie miejsca biurowe będą doskonale doświetlone. W przypadku wprowadzenia układu korytarzowego istnieje możliwość stworzenia salek spotkań (kolor zielony). Gdy piętro zostanie zaaranżowane jako cało-powierzchniowy układ otwarty (tzw. *open space*) wszystkie stanowiska będą miały właściwe doświetlenie miejsc pracy. Pozwoli to na efektywne zaaranżowanie i wykorzystanie powierzchni każdej kondygnacji biurowej w budynku.



Rys. V.4.10. Obszary doświetlone światłem dziennym na kondygnacji biurowej

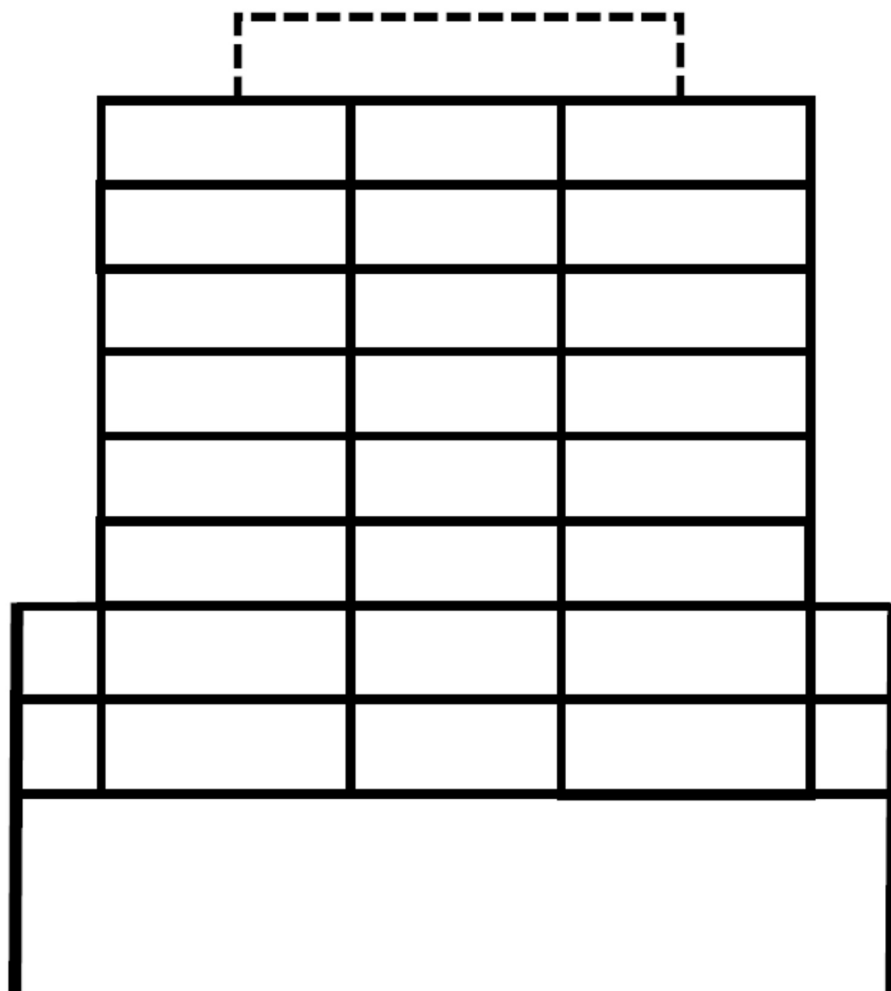
Przeprowadzone badania wskazują, iż optymalnym rozwiązaniem byłaby konstrukcja oparta o elementy żelbetowe monolityczne, np. konstrukcja słupowo – płytowa, oparta częściowo na żelbetowym trzonie komunikacyjnym.

Analiza wskazała także, iż stosowana konstrukcja oparta będzie o słupy o przekroju kwadratowym 0,5 x 0,5m (Rys. V.4.11). Najefektywniejszym będzie stosowanie klasy betonu C30/37. Analogiczne rozwiązanie stosowane będzie dla elementów stropowych, które na podstawie badań można przyjąć jako najbardziej efektywne, gdy zrealizowane zostaną o grubości 25 centymetrów. Tak realizowana konstrukcja musi pozwolić na przenoszenie obciążeń użytkowych na poziomie  $4\text{kN/m}^2$  w przypadku powierzchni biurowej.



Rys. V.4.11. Schemat konstrukcji części kondygnacji typowej

Budynek powinien być posadowiony na żelbetowej płycie fundamentowej o grubości około 0,6 m (dodatkowo grubość zróżnicowana z pogrubieniem pod trzonem komunikacyjnym). Przeprowadzone analizy wskazały także beton klasy C30/37 jako mieszankę wymaganą dla tego typu elementu. Aby możliwym stała się realizacja części podziemnej na ograniczonej geometrycznie nieruchomości koniecznym jest wykonanie zabezpieczenia wykopu. Jako najbardziej korzystną metodę wybrano zastosowanie monolitycznych ścian szczelinowych, które stanowiąc będą także ściany obwodowe części podziemnej, a także fundament pośredni przenoszący obciążenia zewnętrzne (Rys. V.4.12). Przeprowadzone badania wskazały na głębokość ścian około 15 m, a ich grubość to standardowe 0,6m.



Rys. V.4.12. Schemat konstrukcji budynku

Pokrycie dachowe budynku zostanie wykonane w technologii tradycyjnej. Spadki zostaną wykonane w z wykorzystaniem wełny mineralnej ciętej w kliny, ponadto pojawi się warstwa

20cm wełny, stanowiąca dodatkową izolację termiczną. Wierzchnią warstwę stanowiąc będą dwie warstwy papy termozgrzewalnej.

Na powierzchniach biurowych zostanie zamontowany sufit podwieszany, realizowany w module 60x60cm, wypełniony płytami z prasowanej wełny mineralnej.

W budynku zlokalizowane zostaną pomieszczenia techniczne. Na ostatniej kondygnacji w nadbudowie technicznej zlokalizowane zostaną centrale wentylacyjne oraz maszynownia chłodu. W piwnicy na poziomie -1 zostanie ulokowana maszynownia ciepła oraz przyłącze średniego napięcia wraz z transformatorami.

#### **4.2.2. Instalacje mechaniczne**

Na podstawie przeprowadzonych badań, budynek wyposażony zostanie w instalacje mechaniczne związane z ogrzewaniem i chłodzeniem budynku, jak również służące doprowadzeniu świeżego powietrza.

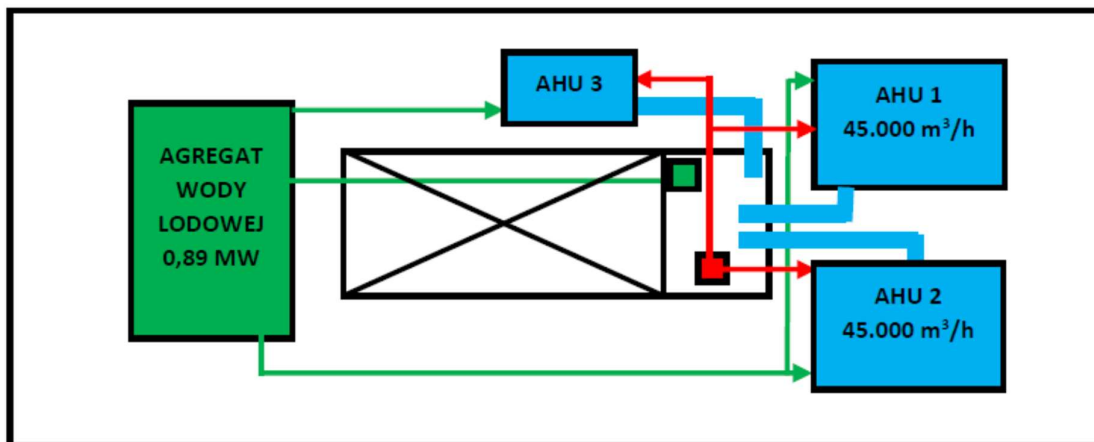
Założenie projektowe mówi o gęstości stanowisk pracy na poziomie 1 osoby na 7m<sup>2</sup> powierzchni biurowej oraz 1 osoba na 2m<sup>2</sup> w przypadku pomieszczeń konferencyjnych, natomiast mogą one obejmować tylko nieznaczną część powierzchni pietra (<10%), średnie zagęszczenie na całej powierzchni piętra nie może być niższe niż 1/7m<sup>2</sup>. Dla takich parametrów planowane jest dostarczenie 40m<sup>3</sup>/h dla każdej osoby.

Instalacje mechaniczne zostaną zwymiarowane bazując na temperaturze zewnętrznej - 18°C zimą oraz +30°C latem. Projektowa temperatura wewnętrzna na powierzchni biurowej zróżnicowana będzie ze względu na porę roku i wynosić będzie maksimum 25°C latem oraz minimum 20 C zimą.

Centrale wentylacyjne ulokowane zostaną na dachu budynku, podobnie ulokowane będą wieże chłodnicze, wytwornice wody lodowej (Rys. V.4.13).

Ciepło do budynku dostarczane będzie z miejskiej sieci ciepłowniczej, przyłącze zostanie zlokalizowane na kondygnacji podziemnej, gdzie umieszczony zostanie również węzeł cieplny wraz z rozdzielaczami. Czynnik grzewczy zostanie rozprowadzony do instalacji grzejnikowej zlokalizowanej w całym budynku oraz do central wentylacyjnych, gdzie powietrze poddane będzie wstępnej obróbce termicznej.

Produkcja wody lodowej odbywać się będzie w jednostkach zewnętrznych zlokalizowanych na dachu. Dystrybucja czynnika poprzez system szachtów do jednostek biurowych. Dodatkowo woda lodowa dostarczona będzie do central wentylacyjnych, celem schłodzenia powietrza.

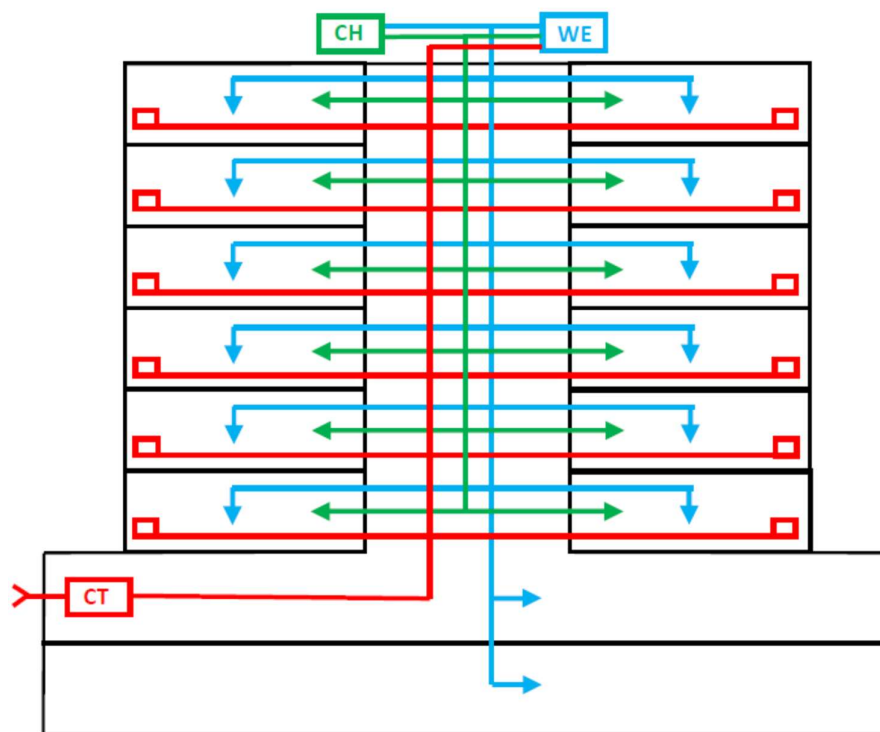


Rys. V.4.13. Schemat instalacji w maszynie dachowej

Wstępna obróbka powietrza prowadzona będzie w centralach wentylacyjnych, z wykorzystaniem czynnika chłodzącego i grzewczego. Powietrze systemem kanałów wentylacyjnych dostarczane będzie do nawiewników pokojowych. W jednostkach nastąpi obróbka termiczna powietrza, zapewniająca właściwe parametry komfortu pomieszczeń.

Budynek będzie wyposażony w trzy centrale wentylacyjne, dwie podstawowe będą zasilają powierzchnię biurową, jedna mniejsza powierzchnie komunikacyjne oraz toalety. Na podstawie przeprowadzonych analiz ustalono, iż powierzchni biurowa potrzebuje około  $89000\text{m}^3/\text{h}$  powietrza, dokonano rozdziału na dwie jednostki o zbliżonej wydajności około  $45000\text{m}^3/\text{h}$ . Centrala dla przestrzeni komunikacyjnych będzie miała wydajność  $2000\text{m}^3/\text{h}$ . Centrale wentylacyjne dostarczać będą w 100% świeżego powietrze, w jednostkach nie będzie następowało mieszanie powietrza nawiewanego z wywiewanym. Centrale zostaną wyposażone w wymienniki obrotowe, które pozwolą na znaczny odzysk ciepła, a współczynnik SFPv będzie poniżej wartości 2.0.

Źródłem chłodu będzie agregat wody lodowej zlokalizowany na dachu o mocy obliczeniowej 0,89 MW, tym samym prawdopodobnie na podstawie typoszeregu urządzeń zainstalowany zostanie jednostka o mocy 1 MW (Rys. V.4.13). Agregat będzie wymiarowany na temperaturę powrotu czynnika 12 C oraz zasilania 6 C. Najważniejszym elementem tego budynku będzie zsynchronizowanie wszystkich jego instalacji mechanicznych (Rys. V.4.14).



**WENTYLACJA**  
**CIEPŁO TECHNOLOGICZNE**  
**WODA LODOWA**

Rys. V.4.14. Schemat instalacji mechanicznych

Chłodzenie powierzchni najmu realizowane będzie poprzez system jednostek typu *fan-coil* wymiarowanych na parametry wody lodowej 8/13 C. Zagęszczenie jednostek umożliwi rozdział temperatur w strefach na piętrze (w tym także w wydzielonych pomieszczeniach).

Budynek ogrzewany będzie instalacją grzejnikową, która jest także najbardziej komfortowa dla przyszłych najemców, nie są oni narażeni na nawiew ciepłego powietrza z jednostek sufitowych. Instalacja będzie wymiarowana na temperatury pracy grzejników 70 C/45 C. Wstępnie ogrzane powietrze będzie dostarczane do powierzchni najmu systemem kanałów wentylacyjnych rozmieszczonych na całej powierzchni najmu w przestrzeni nad-sufitowej. Powietrze nawiewane do powierzchni najmu będzie podlegało obróbce termicznej w centralach wentylacyjnych do temperatury nawiewu 17 C latem oraz 20 C latem. Do central zostanie doprowadzone ciepło technologiczne o parametrach 75 C/40 C, które umożliwi wstępną obróbkę powietrza w nagrzewnicach central.

Ciepło dostarczane do budynku podzielone będzie systemem rozdzielaczy na trzy podstawowe funkcje w proporcjach jak poniżej:

- ciepło do central wentylacyjnych - 50% mocy,
- ciepło na powierzchnię najmu – 40% mocy,

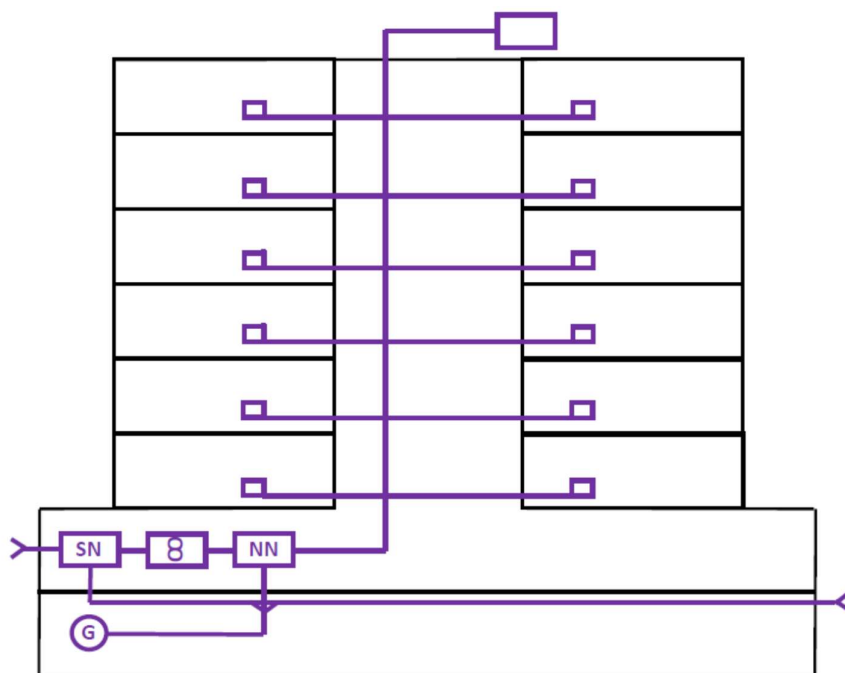
- ciepła woda użytkowa – 10% mocy.

Budynek nie będzie wyposażony w instalację tryskaczową. Parametry budynku w tym w szczególności klasa pożarowa nie wymagają montażu tego typu systemu.

#### 4.2.3. Instalacje elektryczne

Instalacje elektryczne zasilane będą przez dwa niezależne przyłącza energetyczne średniego napięcia dochodzące do kompleksu. Zasilanie wprowadzone jest do budynku poprzez halę garażową. W części podziemnej zlokalizowana będzie rozdzielnia średniego napięcia, połączona z pomieszczeniem transformatora. Rozdzielnia niskiego napięcia zasilana będzie także z agregatu prądotwórczego, co pozwoli na utrzymanie funkcji pożarowych w momencie awarii zasilania (Rys. V.4.15). Budynek wyposażony zostanie w systemy pożarowe, zapewniające z jednej strony spełnienie wymagań formalnych, z drugiej bezpieczeństwo fizyczne obiektu. Podstawowym będzie instalacja detekcji dymu na całej powierzchni budynku wraz z instalacją hydrantową. Podziemna hala garażowa będzie oddymiana systemem jednostek strumieniowych. Budynek nie wymaga instalacji systemu tryskaczowego.

Budynek zostanie wyposażony w agregat prądotwórczy o mocy 635kVA, podtrzymujący tylko systemy bezpieczeństwa budynku w przypadku zaniku napięcia, w tym instalację oddymiającą.



Rys. V.4.15. Schemat instalacji elektrycznych



Zasilanie rozprowadzone będzie do poszczególnych kondygnacji poprzez system pionowych szynoprzewodów. Na kondygnacjach zlokalizowane zostaną rozdzielnice piętrowe, które rozdzielać zasilanie zarówno na oświetlenie jak i funkcje biurowe.

Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono, iż dla przyjętych parametrów budynku koniecznym będzie doprowadzenie mocy elektrycznej na poziomie 1,45 MW. Moc dostarczona będzie w proporcjach pierwsze przyłącze 1MW, drugie 0,45MW.

Energia na powierzchni najmu rozprowadzona zostanie do puszek podłogowych (tzw. *Floor box*), które wyposażone zostaną zarówno w gniazda zasilania podstawowego jak i gwarantowanego, ponadto w puszkach zlokalizowane będą gniazda IT typu RJ45. Układ bazować będzie na aranżacji konkretnego najemcy, którego układ biurek determinować lokalizacje puszek podłogowych. Zasilanie doprowadzone zostanie okablowaniem w przestrzeni pod podłogą podniesioną.

Oświetlenie na powierzchni biurowej będzie zrealizowane w sposób zapewniający wymagane natężenie 500Lx dla stanowiska pracy. Oprawy oświetleniowe montowane będą w suficie podwieszanym w standardowym module 60x60cm. Zastosowane zostaną oprawy wyposażone w świetlówki T16 4x14W. W przestrzeniach korytarzowych oraz na powierzchniach wspólnych poza oświetleniem dekoracyjnym montowane będą oprawy w technologii LED. W przestrzeni garażowej i pomieszczeniach technicznych stosowane będą oprawy świetlówkowe.

Sterownie oświetleniem na powierzchni najmu realizowane będzie w oparciu o finalną aranżację za pomocą systemu KNX. Powierzchnie komunikacyjne, toalety oraz hala garażowa sterowane będą za pomocą czujników ruchu.

Oświetlenie awaryjne realizowane będzie z wykorzystaniem opraw w technologii LED, które zasilane będą systemem centralnej baterii o czasie podtrzymania jednej godziny.

Systemy słaboprądowe, zarówno dla systemów budynkowych jak i instalacji najemców, będą miały kategorię 6.

Budynek zostanie wyposażony w system BMS, który będzie sterować systemami budynku zarówno elektrycznymi, jak i mechanicznymi. Całość instalacji obróbki powietrza zewnętrznego (zarówno chłodzenie jak i ogrzewanie) będzie nadzorowane z poziomu systemu BMS. Zarówno centrale wentylacyjne, jak i wytwornice chłodu i ciepła będą częścią systemu. Podobnie wyglądać będzie kontrola na powierzchniach najmu poprzez jednostki lokalne. W zakresie funkcji elektrycznych BMS będzie sterować i monitorować systemy zasilania budynków i dystrybucji napięcia. Monitorowane będą także liczniki mediów. BMS pozwoli także na sterowanie i monitorowanie wszystkich systemów pożarowych.

## V. Podsumowanie

W niniejszej rozprawie usystematyzowano i uzupełniono stan wiedzy dotyczący nowoczesnego ekologicznego budownictwa biurowego. W części teoretycznej dokonano studium literatury zarówno dla współczesnego budownictwa biurowego, jak i dla szeroko rozumianych kwestii technicznych związanych z projektowaniem i późniejszym wznoszeniem tego typu obiektów. Aby udowodnić przedstawione na początku pracy cele przeprowadzono badania będące przedmiotem rozdziału V. W toku badań dokonano analiz, które pozwoliły na udowodnienie założonych w pracy tez. Wskazano na takie parametry, jak forma i rozwiązania techniczne stosowane obecnie na rynku deweloperskim i spełniające wymagania współczesnych najemców.

Ponadto w toku badań wskazano, iż współczesne budownictwo biurowe realizowane jest z wykorzystaniem nowoczesnych technologii, które wprowadzone często przez zagraniczne firmy deweloperskie umiejscowiono na polskim rynku budowlanym i stały się standardem nowopowstającego budownictwa, w tym także biurowego. Wszystkie analizowane projekty, szczególnie w zakresie systemów instalacyjnych wykorzystują nowoczesne i energooszczędne systemy, co zostało wykazane w przeprowadzonych badaniach.

Ostatnim i najbardziej istotnym celem rozprawy było wskazanie parametrów najistotniej determinujących proekologiczny budynek biurowy. W pracy zaproponowano mało wrażliwy model matematyczny, pozwalający, w oparciu o kryteria techniczno-ekonomiczne, hierarchizować różne kategorie techniczne budynku, pozycjonując je w kolejności od tych, które w najsilniejszy sposób wpływają na parametry budynku, do tych, których wpływ jest mniejszy i które nie będą wykorzystane przy określaniu specyfikacji optymalnego budynku ekologicznego.

Opracowanie specyfikacji budynku biurowego, który autor od początku nazywał optymalnym, zostało zrealizowane na podstawie przeprowadzonych analiz statystycznych. Cecha ta mierzalna jest z punktu widzenia jego hipotetycznej obecności na rynku i sukcesu komercyjnego, który finalnie jest celem dla każdego projektu deweloperskiego, łączącego optymalne dla najemców i ekologiczne rozwiązania techniczne. Wszystkie one są tworzone, aby w przyszłości w ramach prowadzonej działalności biznesowej, przynosić zyski z tytułu umów najmu zarówno obecnym jak i przyszłym właścicielom.

Aby powyższy cel ten mógł zostać osiągnięty, budynek musi powstawać w oparciu o racjonalne z punktu widzenia technicznego i biznesowego parametry. W tym celu dokonano analizy statystycznej kilkunastu projektów biurowych, w których realizacji autor uczestniczył

w rozmaitej formie w swojej pracy zawodowej. Intencją autora od samego początku prowadzenia pracy badawczej było wykorzystanie realnych projektów deweloperskich, które często osiągnęły sukces rynkowy. Skoncentrowano się na budynkach zrealizowanych przez firmy deweloperskie, zaprojektowanych przez uznane zespoły projektowe. Autor na początku wyeliminował projekty, które po wstępnej analizie odbiegały znacznie od standardów rynkowych.

Przeprowadzone badania pozwoliły na stworzenie specyfikacji budynku, który najlepiej zdaniem autora wpisuje się we współczesny rynek deweloperski. Analizy potwierdziły, iż współczesny budynek to projekt prosty w swojej formie. Obecnie nie realizuje się już projektów o skomplikowanych formach, które znacząco utrudniają efektywną komercjalizację tego typu budynków, co jest sprzeczne z interesem inwestora. Szczególnie na rynku warszawskim można zaobserwować projekty, powstające na początku lat 90-tych, które nie pasując do dzisiejszych realiów - a jednocześnie dobrze zlokalizowane - są dzisiaj rozbierane i zastępowane budynkami nowoczesnymi.

Budynek prosty przede wszystkim pozwala na efektywne wewnętrzne aranżacje, bez zbędnych ciemnych przestrzeni, czy kątów ostrych, które zwykle są bardzo nieustawne dla umeblowania najemców. Jest to także obiekt zaprojektowany modułowo we wszystkich aspektach dotyczących konstrukcji, fasady, czy systemów instalacyjnych, ułatwia to aranżacje zarówno pierwotną jak i późniejsze zmiany w przypadku wprowadzenia nowych najemców.

Ponadto autor w swoich analizach świadomie nie skupiał się na budynkach zlokalizowanych w centrum Warszawy. Przyjęto założenie, iż bardzo wysokie ceny zakupu nieruchomości powodują, iż powstające tam projekty charakteryzują się dążeniem do maksymalizacji realizacji powierzchni wynajmowanej, budowanej nawet kosztem realizacji rozwiązań nieefektywnych i drogich. Tym niemniej bardzo wysokie stawki czynszu możliwe do uzyskania w tzw. Centralnym Obszarze Biznesowym rekompensują często zwiększone nakłady poniesione w trakcie realizacji. Dlatego też autor skupił się na projektach z kilku rynków regionalnych oraz jednym kompleksie warszawskim zlokalizowanym poza centrum.

Prosta forma pozwala na stosowanie powtarzalnych rozwiązań zarówno w zakresie konstrukcji jak i fasady stosowanej w budynku. Większość realizowanych budynków ma jednakowe kondygnacje biurowe, na wszystkich piętrach stosuje się też identyczne rozwiązania techniczne.

Autor obserwując rynek od kilku lat przy praktycznie wszystkich projektach spotyka się z zagadnieniem certyfikacji ekologicznej, która staje się standardem współczesnego budownictwa, nie tylko biurowego. Przeprowadzone badania potwierdziły, iż certyfikacja

prorowadzona jest zwykle celując w uzyskanie wysokich poziomów certyfikatów oraz tym samym założenie, że współczesny budynek biurowy to projekt ekologiczny, co jest jedną z tez niniejszej pracy. Ponadto jeżeli został on zaprojektowany w sposób nowoczesny i energooszczędny, bez problemu uzyskuje wysokie wyniki w procesie certyfikacji.

Taki budynek, aby spełniać założone parametry musi zostać pokryty nowoczesnymi fasadami. Szczególnie oczekiwane obecnie duże powierzchnie przeszklone muszą charakteryzować się wysokimi parametrami zarówno izolacyjności termicznej, jak i ochrony przed zyskami ciepła z zewnątrz. Przeprowadzone badania wskazują zakres parametrów fasady bardzo zbliżonych do siebie, tym samym standardowych dla rynku.

Badania dotyczyły także rozwiązań konstrukcyjnych, jako że autor z wykształcenia jest inżynierem konstruktorem. Wskazano charakterystyczne rozwiązania zarówno w zakresie posadowienia jak i konstrukcji nadziemnej, która coraz częściej realizowana jest wykorzystaniem żelbetowych elementów prefabrykowanych.

Podjęto również analizę rozwiązań w zakresie instalacji. Skupiono się zarówno na systemach mechanicznych jak i elektrycznych. Badania pokazały parametry wymiarowania systemów sanitarnych, które pozwalają na stworzenie optymalnych warunków wewnętrznych, a jednocześnie pozwalają na racjonalne zużycie energii przez budynek. Prawidłowo zaprojektowane instalacje wymagane są także przez certyfikację budynku, jednym z istotnych jej kryteriów jest analiza komfortu wewnętrznego w budynku. Badania w zakresie instalacji elektrycznych pozwoliły na wskazanie parametrów zasilanie i rozprowadzenia energii. Budynek biurowy, aby pełnić swoją rolę wymaga doprowadzenia znacznej ilości energii elektrycznej do powierzchni, wykorzystywana ona jest dla potrzeb oświetlenia jak i zasilania urządzeń biurowych. Ponadto co ma ogromny wpływ na bilans budynku wszystkie systemy mechaniczne zasilane są prądem.

Nowoczesny budynek nie może istnieć w próżni, dlatego autor przeprowadził także analizę lokalizacji projektów, z uwzględnieniem wcześniejszego zagospodarowania terenu, a dostępności środków transportu zbiorowego dla ich obsługi, pozwalające na stosowanie alternatywnych do transportu samochodowego środków dostępu do kompleksu.

Efektom badań jest powstanie specyfikacji opisowej i szkiców przyszłego optymalnego budynku biurowego. Z wykorzystaniem danych opracowanych w badaniach, hipotetyczny projektant może rozpocząć tworzenie projektu. Posiada dane pozwalające na zwymiarowanie bryły budynku, ustalenie racjonalnych podziałów i proporcji powierzchni zarówno podziemnej jak i nadziemnej oraz co najistotniejsze komercyjnej. Bazując na części technicznej może stworzyć propozycje rozwiązań zarówno konstrukcyjnych jak i fasadowych.

Opracowane wykresy pozwalają na zaproponowanie racjonalnych rozwiązań w zakresie systemów instalacyjnych, a wyniki analiz z jednej strony wskażą parametry ich wymiarowania, a z drugiej całościowe moce każdego systemu. Autor starał się prowadzić badania w sposób pozwalający na adaptację kategorii dla wielu różnych lokalizacji, nie skupiono się na jednym typie budynku, starano się, aby specyfikacja mogła być stosowana w przypadku wielorakich wymagań stawianych przez obwarowania planistyczne oraz wymogi lokalnych urzędów.

Przeprowadzona w ramach pracy analiza literatury przedmiotu potwierdza, iż tego typu kompleksowe opracowanie dotyczące budynku biurowego nie powstawało wcześniej na rynku polskim. Pojawia się bardzo wiele książek dotyczących poszczególnych branż, natomiast trudno znaleźć pracę obejmującą w całości budownictwo biurowe powstające współcześnie. Rynek zarówno komercyjny jak i stosowane rozwiązania techniczne rozwijają się w sposób dynamiczny, tym samym wcześniejsze opracowania powstające w latach 90-tych czy wcześniej, na dzień dzisiejszy w zakresie proponowanych rozwiązań stają się nieaktualne. Praca zatem staje się niejako aktualną biblioteką wiedzy na temat współczesnego budownictwa biurowego, co było jednym z jej celów.

Przeprowadzone badania pozwoliły na stworzenie specyfikacji ekologicznego budynku biurowego i pozwoliły także na udowodnienie przedstawionych w treści pracy tez.

Potwierdzono, iż nowoczesny budynek biurowy jest obiektem ekologicznym. Wszystkie badane projekty od samego początku projektowane były z założeniem spełnienia kryteriów certyfikacji ekologicznej, zarówno forma budynków jak i stosowane rozwiązania techniczne wskazują na podejście proekologiczne na etapie projektowym, a także w ich późniejszej eksploatacji. Wszystkie budynki zostały stworzone dla pracujących w nich ludzi, bardzo duży nacisk kładziono na stworzenie optymalnych i komfortowych warunków wewnątrz budynku, pozwalających na efektywną w nich pracę. Analiza parametrów zastosowanych instalacji mechanicznych i elektrycznych potwierdza wysoką wydajność i energooszczędność zastosowanych systemów.

Kolejną tezą było wskazanie optymalnych parametrów dla realizacji nowoczesnego budynku biurowego. Przeprowadzono badania, wykonane w oparciu o realne projekty, które przebadano w oparciu o parametry charakteryzujące budynek. Udowodniono, iż możliwym jest stworzenie grupy parametrów, które staną się optymalne dla określenia najważniejszych cech nowopowstającego optymalnego budynku biurowego.

Badania przeprowadzone dla wszystkich budynków w oparciu o kilkadziesiąt kategorii pozwoliły w oparciu o wybrane metody badawcze na określenie parametrów

charakteryzujących budynek, jak i wymiarowania systemów instalacyjnych. Badania te pozwalają na określenie parametrów projektowych nowoczesnego, ekologicznego budynku biurowego.

Ostatnia teza mówiła o istnieniu rozwiązań technicznych i biznesowych, które definiują rynkowy standard nowoczesnego budynku biurowego. Przeprowadzone badania w ramach kategorii w wielu miejscach wskazują stosowanie podobnych rozwiązań technicznych czy organizacyjnych dla wszystkich analizowanych projektów. Analizy systemów instalacyjnych doprowadziły do wskazania optymalnych parametrów wymiarowania i eksploatacji instalacji, które są ze sobą spójne w różnych projektach. Będący przedmiotem pracy optymalny budynek biurowy jest obiektem, którego parametry spełniają standard prawidłowo zaprojektowanego nowoczesnego i ekologicznego budynku biurowego, który spełnia współczesne oczekiwania rynku biurowego. Powstał w oparciu o analizę istniejących, efektywnych budynków zbadanych pod kątem realnych kategorii definiujących budynek biurowy. Jest to także dowód na dojrzałość polskiego rynku deweloperskiego, który korzystając często z wzorców wprowadzonych przez zagranicznych deweloperów stworzył standard budownictwa biurowego nieodbiegających od projektów Europy Zachodniej, a często zauważalna w badaniach analogia rozwiązań parametrów potwierdza istnienie standardów rynkowych i technicznych.

Tym samym należy stwierdzić, iż przedstawione w treści pracy tezy zostały udowodnione.

## **VI. Kierunki dalszych badań**

Podjęta praca badawcza skupiła się na projektach deweloperskich z polskiego, w przeważającej większości regionalnego rynku biurowego. Autor celowo nie analizował większej ilości projektów warszawskich. Zdaniem autora istnieje potrzeba przeprowadzenia analizy z uwzględnieniem projektów warszawskich i tym samym wskazanie różnic, które bez wątpienia występuje na tym bardzo wymagającym rynku. Odrębnym materiale badawczym powinny być projekty zagraniczne. Nie jest możliwym przeprowadzenie analizy dla projektów w wielu krajach, z oczywistego poziomu skali tych projektów i ich różnorodności. Intencją autora w tym przypadku może być raczej analiza projektów realizowanych w państwach podobnych gospodarczo do Polski np. krajach bałtyckich albo Czechach. Pozwoliłoby to na udowodnienie tezy o standaryzacji rozwiązań rynku deweloperskiego w obszarze Europy Centralnej. Standaryzacja będzie prawdopodobnie wynikać z faktu realizacji wielu projektów przez międzynarodowych inwestorów, którzy swoje doświadczenia przenoszą na nowe rynki.

Autor zamierzał w ramach realizacji pracy podjąć także kwestie związane z realizacją projektów, zarówno realizacją z punktu widzenia prac budowlanych jak również samą realizacją projektu jako przedsięwzięcia biznesowego. Przedmiotem prac badawczych mogła by być organizacja prac budowlanych i sekwencja oraz sposób realizacji stosowane metody oraz harmonogramowanie prac. Podobnej analizie powinna zostać poddana realizacja projektu i forma zlecenia prac firmom wykonawczym.

Praca w dużej części obejmowała szereg badań obejmujących efektywne i ekologiczne budownictwo biurowe, tym samym projekty, dla których przeprowadzono proces certyfikacji energetycznej. Autor bazując na swoim doświadczeniu skupił się na dwóch systemach LEED oraz BREAM. Obecnie rynek rozwija się bardzo dynamicznie i wraz z nowymi klientami pojawiają się wciąż nowe wymagania, jak również implementowane są nowe systemy certyfikacji. Mimo iż na dzień dzisiejszy ich udział jest znikomy około 4%, to nowe systemy takie jak HQE, DGNB oraz WELL będą rozwijać się dynamicznie w najbliższych latach, tym samym mogłyby być przedmiotem kontynuacji prac badawczych.

## Bibliografia

---

- [1] E. Neufert, *Podręcznik projektowania architektoniczno-budowlanego*, Wydawnictwo Arkady, Warszawa, 2016.
- [2] W. Buczkowski, *Budownictwo ogólne. Tom 4. Konstrukcje budynków*, Wydawnictwo Arkady, Warszawa, 2016.
- [3] S. Belniak, M. Głuszak, M. Zięba, *Budownictwo ekologiczne Aspekty ekonomiczne*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, 2013.
- [4] Z. Mielczarek, *Nowoczesne konstrukcje w budownictwie ogólnym*, Wydawnictwo Arkady, Warszawa, 2009.
- [5] *Builder*, PWB Media, 2016-2020.
- [6] *Eurobuild CENTRAL & EASTERN EUROPE*, EuroCEE, 2016-2020.
- [7] [propertynews.pl](http://propertynews.pl) - {dostęp 2016-2020}
- [8] *Materiały Budowlane*, Wydawnictwo SIGMA-NOT Sp. z o.o., 2016-2020.
- [9] T. Błaszczyński, M. Wojciechowski, *Współczesny kompleks biurowy jako przykład budownictwa ekologicznego*, Przegląd Budowlany, 10, 2017, 91-94
- [10] Rozporządzenie Rady Ministrów z dn. 30.12.1999 (Dz. U. Nr 112 poz.1316) wraz z późniejszymi zmianami
- [11] E. Niezabitowska, *Projektowanie obiektów biurowych – część I Historia. Rodzaje obiektów biurowych*, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice, 1997.
- [12] S. A. Kliment, A.E. Kohn, P. Katz, *Building type basics for office building*, Wiley, 2002.
- [13] N. Pevnsner, *A history of building types*, Paperback, 1979, <https://press.princeton.edu/titles/1708.html>
- [14] B. Urbanowicz, *Wpływ teorii organizacji pracy na przestrzeń biurową*, Architecturae et Artibus, 4, 2011, 52-65
- [15] L. M. Roth, *A Concise History of American Architecture*, Harper & Row, New edition, 1979.
- [16] <https://www-03.ibm.com/press/us/en/photo/22520.wss>, {dostęp 06.2017}
- [17] *Modern Office Standards Polska*, CBRE Rolfe Judd Architecture, 2016.
- [18] E. Niezabitowska, *Jakość przestrzeni biurowej*, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice, 1998.
- [19] M. Nitka, M. Tarko, A. Serafin, *Budynki biurowe – zeszyt architekta 2017*, Małopolska Okręgowa Izba Architektów RP, Kraków, 2017.
- [20] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie - 12 kwietnia 2002 r. (Dz.U. Nr 75, poz. 690 z późn. zm.) Tekst ujednolicony – uwzględniający zmiany wprowadzone Dz.U. z 8 grudnia 2017 r.
- [21] [https://www.durst.org/uploads/floorplan/1213/pdf/Durst\\_OWTC\\_Entire87thfloor\\_v2.pdf](https://www.durst.org/uploads/floorplan/1213/pdf/Durst_OWTC_Entire87thfloor_v2.pdf), {dostęp 08.2018}
- [22] A. Jasinski, *Znaczenie budynków wysokich i wysokościowych we współczesnej urbanistyce*, Szczecińska Fundacja Edukacji i Rozwoju Addytywnego "SFERA", 2008.
- [23] W. Oleński, *Kształtowanie krajobrazu kulturowego Warszawy – analiza urbanistyczna lokalizacji budynków wysokościowych i ochrona widokowa zespołu Starego Miasta*, Komisja Krajobrazu Kulturowego PTG, Sosnowiec, 2008.
- [24] <http://www.greenbooklive.com/search/>, {dostęp 10.2016}



- 
- [25] *Certyfikacja zielonych budynków w liczbach – Raport 2020* - Polskie Stowarzyszenie Budownictwa Ekologicznego, Warszawa, 2020.
- [26] <http://www.usgbc.org/search/poland?filters=type:project> , {dostęp 10.2016}
- [27] T. Błaszczyński, B. Ksit, L. Grzegorzczak, *Nowa certyfikacja energetyczna budynków jako element budownictwa zrównoważonego*, Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, Poznań, 2018.
- [28] <http://www.biznesowaturystyka.pl/biznesowo/kategoria/moc-inwestycji/artykul/breeam-outstanding-dla-gpp-business-park/> , {dostęp 12.2018}
- [29] *Certyfikacja środowiskowa budynków metodą BREEAM* , Biuro Happold, [www.burohappold.com](http://www.burohappold.com), {dostęp 10.2016}
- [30] T. Błaszczyński, B. Ksit, B. Dyzman, *Budownictwo zrównoważone z elementami certyfikacji energetycznej*, Dolnośląskie Wydawnictwo Edukacyjne, Wrocław, 2012.
- [31] [www.breeam.org](http://www.breeam.org) ; [www.usgbc.org](http://www.usgbc.org) , {dostęp 10.2016}
- [32] <http://www.breeam.org/about.jsp?id=66> – *What is BREEAM?* , {dostęp 11.2016}
- [33] *Understanding BREEAM, the world largest rating system* , <https://earthandarchitecture.files.wordpress.com> , {dostęp 04.2014}
- [34] E. Harvie, J. Cruickshank, *BREEAM – ARUP Presentation*, ARUP Ltd., London, 2010.
- [35] [http://www.breeam.org/BREEAM2011SchemeDocument/Content/01\\_Introduction/what\\_is\\_breeam.htm](http://www.breeam.org/BREEAM2011SchemeDocument/Content/01_Introduction/what_is_breeam.htm) , {dostęp 05.2014}
- [36] *BREEAM New Construction Non-Domestic Buildings, Technical Manual SD5073-2.0:2011*, BRE Global Ltd, 2011.
- [37] M. Wojciechowski, T. Błaszczyński, *Certyfikacja obiektów biurowych jako przykład podejścia do budownictwa proekologicznego*, Ekologia a budownictwo, T.Błaszczyński L.Runkiewicz (red.), DWE, Wrocław, 2016, 254-286.
- [38] *LEED Green Associate – Study Guide*, Green Building Educational Services LLC, Atlanta, 2011
- [39] V. Karflik, *Budynki biurowe*, Arkady, Warszawa, 1976.
- [40] M. Kapela, J. Sieczkowski, *Projektowanie konstrukcji budynków wielokondygnacyjnych*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa, 2003.
- [41] A.Z. Pawłowski, I. Cała, *Budynki wysokie*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa, 2006.
- [42] L. Lichołai, *Budownictwo ogólne - elementy budynków, podstawy projektowania – Tom 3*, Wydawnictwo Arkady, 2011.
- [43] B. Kłosiński, *Wymagania stawiane betonom do ścian szczelinowych*, Inżynier Budownictwa, 02, 2016, 76-91.
- [44] M. Rokieli, *Zastosowanie betonu wodonieprzepuszczalnego w tzw. technologii białej wanny*, [www.inzynierbudownictwa.pl](http://www.inzynierbudownictwa.pl), {dostęp 03.2017}
- [45] A. Gorączko, *Fundamenty na gruntach ekspansywnych*, [www.inzynierbudownictwa.pl](http://www.inzynierbudownictwa.pl), {dostęp 02.2017}
- [46] M. Murkowska, *Projektowanie elementów żelbetowych*, Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, Poznań, 2004.
- [47] W. Starosolski, *Konstrukcje żelbetowe według PN-B-03264:2002*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, 2003.
- [48] K. Grabiec, J. Bogucka, *Obliczanie przekrojów w elementach betonowych i żelbetowych – wg PN-B-03264:1999*, Wydawnictwo Arkady, Warszawa, 2002.

- 
- [49] J. Klepacka, *Konstrukcje żelbetowe. Różnice między żelbetem a konstrukcjami sprężonymi struno- i kablobetonowymi*, Inżynier Budownictwa, 10, 2013, 96-103.
- [50] J. Klepacka, *Konstrukcje sprężone. Podstawowe różnice między założeniami technologicznymi w struno- i kablobetonach*, Inżynier Budownictwa, 12, 2013, 92-98.
- [51] G. Adamczewski, P. Woyciechowski, *Prefabrykacja – jakość, trwałość, różnorodność - Zeszyt 1*, Stowarzyszenie Producentów Betonów, Warszawa, 2014.
- [52] J. Sieczkowski, T. Nejman, *Ustroje budowlane*, Oficyna PW, 2002.
- [53] G. Adamczewski, A. Nicał, *Wielkowymiarowe prefabrykowane elementy z betonu*, Inżynier budownictwa, 2, 2012, 46
- [54] R. Ostrowski, *Trudna droga prefabrykatów*, Eurobuild, Kwiecień, 2018, 29.
- [55] T. Klein, *Integral Façade Construction*, Tillmann Klein, 2013.
- [56] S. Firląg, *Zrównoważone budynki biurowe – praca zbiorowa we współpracy PLGBC pod redakcją Szymona Firląga*, Wydawnictwo Naukowe PWN S.A., Warszawa 2018.
- [57] <http://www.ibsconsultants.nl/en/expertise-2/building-physics/>, {dostęp 02.2018}
- [58] [http://warszawa.wyborcza.pl/warszawa/1,34862,17882386,Wiezowiec\\_Q22\\_juz\\_ze\\_szklna\\_elewacja\\_Kryształ\\_kwarcu.html](http://warszawa.wyborcza.pl/warszawa/1,34862,17882386,Wiezowiec_Q22_juz_ze_szklna_elewacja_Kryształ_kwarcu.html), {dostęp 04.2016}
- [59] <http://www.e-izolacje.pl/a/rodzaje-szyb-okiennech-5347.html>, {dostęp 08-2018}
- [60] <http://www.oknotest.pl/poradnik-okienne/szyby-zespolone-budowa-szyby-zespolonej>, {dostęp 06-2016}
- [61] <http://www.en.feal.ba/double-skin-facades-product-473>, {dostęp 06.2017}
- [62] O. Kopyłow, *Elewacje wentylowane – Warunki Techniczne Wykonania i Odbioru Robót Budowlanych*, Instytut Techniki Budowlanej, Warszawa, 2015.
- [63] O. Kopyłow, *Zanim powstanie elewacja wentylowana*, Inżynier Budownictwa, 01, 2016, 84-88.
- [64] O. Kopyłow, *Elewacje ze szkła we współczesnym budownictwie*, Inżynier Budownictwa, 09, 2018, 42-47.
- [65] T. Lankow, J. Stankiewicz, *Stalowe fasady wentylowane*, Inżynier Budownictwa, 02, 2016, 46-50.
- [66] E. Szczechowiak, M. Porowski, *Klimatyzacja z chłodnictwem*, materiały wykładowe rok akademicki 2006/2007.
- [67] T. Law, *The Future of Thermal Comfort in an Energy - Costrained World, Doctoral Thesis accepted by the University of Tasmania*, 2013.
- [68] Vademecum wentylacji i klimatyzacji, [www.muratorplus.pl](http://www.muratorplus.pl), {dostęp 11.2018}
- [69] T. Błaszczczyński, M. Wojciechowski, *Nowoczesne i proekologiczne podejście do projektowania i realizacji obiektów budowlanych na przykładzie Business Garden Poznań*, Przegląd Budowlany, 11, 2018, 20-23.
- [70] A. Charkowska, *Systemy wentylacji o stałym i zmiennym strumieniu powietrza wentylacyjnego*, Chłodnictwo i Klimatyzacja, 09, 2013, 27-31.
- [71] Vademecum wentylacji i klimatyzacji, <https://www.klimatyzacja.pl/wentylacja/poradnik/pomoce/vademecum-wentylacji-i-klimatyzacji>, {dostęp 08.2017}
- [72] D. Pandelidis, A. Jedlikowski, *Systemy wentylacji i klimatyzacji*, Inżynier Budownictwa, 10, 2015, 63-70.
- [73] D. Pandelidis, A. Jedlikowski, *Systemy wentylacji i klimatyzacji a energooszczędność*, Inżynier Budownictwa, 09, 2015, 46-48.

- 
- [74] B. Adamski, *Odzysk ciepła w systemach wentylacyjno-klimatyzacyjnych*, Dodatek specjalny IB – klimatyzacja i wentylacja z odzyskiem ciepła, Inżynier Budownictwa, 10, 2011, 44-48.
- [75] <https://www.instalator.pl/2016/04/odzysk-ciepła-wymiennik-przeciwpradowy-czy-obrotowy/>, {dostęp 05.2018}
- [76] [http://www.inzynierbudownictwa.pl/technika,materialy\\_i\\_technologie,artykul,zelbetowe\\_zbiorniki\\_retencyjne\\_w\\_tehnologii\\_scian\\_szczelinowych,10961](http://www.inzynierbudownictwa.pl/technika,materialy_i_technologie,artykul,zelbetowe_zbiorniki_retencyjne_w_tehnologii_scian_szczelinowych,10961), {dostęp 12.2018}
- [77] *Instalacje elektryczne*, materiały wykładowe Wydział Elektroniki W-4, Katedra K-4, - Politechnika Wroclawska, Wrocław, 2014.
- [78] T. Sutkowski, *Rezerwowe i bezprzerwowe zasilanie w energię elektryczną*, COSiW SEP, Warszawa, 2007.
- [79] K. Kuczyński, *Zespół prądotwórczy jako źródło zasilania awaryjnego budynku*, Elektro info, 6, 2013, 24-25.
- [80] Mikulik J., *Budynek inteligentny, TOM II – Podstawowe Systemy bezpieczeństwa w budynkach inteligentnych*, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice, 2014.
- [81] G. Strakosch, R. Caporale, *Vertical Transportation Handbook, 4th Edition - The Basis of Elevating a Building*, November, 2010.
- [82] Historia dźwigów w Polsce i na świecie - [www.spbd.org.pl/artykul/28,historia-dzwigow-w-polsce-i-na-swiecie.html](http://www.spbd.org.pl/artykul/28,historia-dzwigow-w-polsce-i-na-swiecie.html), {dostęp 11.2016}
- [83] R. Jeżowski, *Klasyfikacja dźwigów i kryteria ich wyboru*, Inżynier budownictwa, 12, 2012, 42-46.
- [84] R. Rokseła, *Dźwigi osobowo-towarowe w świetle przepisów krajowych, UE i naderżających zmian w 2017r.*, Inżynier Budownictwa, 01, 2017, 93-95.
- [85] T. Błaszczński, M. Wojciechowski, *Związek certyfikacji obiektów biurowych z ich trwałością*, Materiały Budowlane, 11, 2016, 72-73.
- [86] T. Błaszczński – *Trwałość budynków i budowli*, Dolnośląskie Wydawnictwo Edukacyjne, Wrocław, 2012.
- [87] E. Plebankiewicz, *Planowanie i szacowanie kosztów cyklu życia budynków biurowych*, Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej, Kraków, 2019.
- [88] M. Celińska-Mysław, T. Wiatr, *Budownictwo zrównoważone z przykładem analizy kosztów w ujęciu LCC*, Przegląd budowlany, 11, 2018, 45-50.
- [89] *Guidelines for life cycle cost analysis*, Stanford University Land and Buildings, 10, 2005.
- [90] D. Wiczorek, *Modelowanie kosztów cyklu życia budynków z uwzględnieniem czynników ryzyka*, Rozprawa Doktorska, Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki Wydział Inżynierii Lądowej, Kraków, 2018.
- [91] K. Koper, *Struktura modelu zarządzania cyklem życia obiektów technicznych*, Rozprawa Doktorska, Politechnika Poznańska Wydział Maszyn Roboczych i Transportu, Poznań, 2016.
- [92] *The project delivery process at Stanford version 2.0.*, Department of Project Management, Stanford University, August. 2019.
- [93] O. Kapliński, *Specyfika przedsięwzięć budowlanych w kontekście innowacyjnych wyzwań*, rozdział w monografii naukowej – A. Sobotka, E. Radziszewska-Zielina – *inżynieria przedsięwzięć budowlanych: problemy, modele, metody*, Polska Akademia Nauk, Warszawa, 2018.
- [94] <https://www.propertynews.pl/strefa-premium/>, {dostęp 06.2019}

- 
- [95] <https://www.infoinvest.pl/inwestycje-budowlane>, {dostęp 06.2019}
- [96] <https://www.kompasinvestycji.pl/auth/acces>, {dostęp 06.2019}
- [97] *Zasady wyceny prac projektowych SARP*, Uchwała nr 70 z dnia 5 kwietnia 2014 r., Zarządu Głównego Stowarzyszenia Architektów Polskich, Warszawa, 2014.
- [98] <https://abc.online.wolterskluwer.pl/WKPLOnline/index.rpc;jsessionid=56B287DF F29BC6BA31713BC76B2ECFC1? - BCOI.1.007>, Budynki biurowo – usługowe - PKOB 1220, {dostęp 05.2019}
- [99] *Raport z perspektywy najemcy opłaty eksploatacyjne*, Cushman & Wakefield, luty 2016, {dostęp 06.2019}
- [100] *Koszty i opłaty eksploatacyjne w budynkach biurowych 2011-2017*, Knight Frank Sp. z o.o., Warszawa, 2018, {dostęp 06.2019}
- [101] Rozporządzenie Ministra Inwestycji i Rozwoju z dnia 11 lipca 2018 r. w sprawie metody kalkulacji kosztów cyklu życia budynków oraz sposobu przedstawiania informacji o tych kosztach
- [102] *Poland Office Destinations*, CB Richard Ellis 2010, [www.researchgateway.cbre.com](http://www.researchgateway.cbre.com), {dostęp 06.2019}
- [103] *Polska rynek komercyjny – I kw.2016* - Knight Frank - [www.KnightFrank.com.pl](http://www.KnightFrank.com.pl) - {dostęp 06.2019}
- [104] I. Foryś, A. Gdakowicz, *Raport z polskiego rynku nieruchomości 2004 rok*, Instytut Analiz Diagnoz i Prognoz Gospodarczych w Szczecinie, Szczecin, 2005, {dostęp 06.2019}
- [105] *Krakowski Rynek Powierzchni Biurowych – Kraków 2010*, Instytut Analiz Monitor Rynku Nieruchomości, Kraków, 2011, {dostęp 06.2019}
- [106] *Krakowski Rynek Nieruchomości 2018*, Knight Frank, [www.knightfrank.com.pl](http://www.knightfrank.com.pl), {dostęp 06.2019}
- [107] *Aktualna sytuacja na warszawskim i poznańskim rynku biurowym oraz perspektywy ich rozwoju*, Biuletyn Stowarzyszenia Rzeczoznawców Majątkowych Województwa Wielkopolskiego 4/42, Poznań, 12, 2014, {dostęp 06.2019}
- [108] J. Czerski, *Rynek powierzchni biurowych w Krakowie – I kwartał 2018*, Instytut Analiz Monitor Rynku Nieruchomości mnrn.pl, Kraków, 2018, {dostęp 06.2019}
- [109] *Raport Rynek Biurowy w Polsce II kwartał 2012*, Knight Frank, [www.knightfrank.com.pl](http://www.knightfrank.com.pl), {dostęp 06.2019}
- [110] *Raport Rynek Komercyjny w Polsce 2015*, Knight Frank, [www.knightfrank.com.pl](http://www.knightfrank.com.pl), {dostęp 06.2019}
- [111] K. Puterko, *Analiza rynku najmu powierzchni biurowych we Wrocławiu – wrzesień 2008*, Instytut Analiz Monitor Rynku Nieruchomości mnrn.pl, Wrocław, 2008, {dostęp 06.2019}
- [112] J. Czerski, *Rynek powierzchni biurowych w Krakowie – I kwartał 2019*, Instytut Analiz Monitor Rynku Nieruchomości mnrn.pl, Kraków, 2019, {dostęp 06.2019}
- [113] K. Rożko, M. Moos, *Analiza rynku biurowego w Katowicach rok 2010*, Instytut Analiz Monitor Rynku Nieruchomości mnrn.pl, Katowice, styczeń 2011, {dostęp 06.2019}
- [114] *Property Times - Rynek biurowy w Polsce w I poł. 2014*, DTZ POLAND, {dostęp 06.2019}
- [115] *Poland Office Destinations*, CB Richard Ellis 2019, [www.researchgateway.cbre.com](http://www.researchgateway.cbre.com), {dostęp 06.2019}

- 
- [116] *Comercial Market - Raport Rynek Komercyjny w Polsce 2008*, Knight Frank, [www.knightfrank.com.pl](http://www.knightfrank.com.pl), Warszawa, 2009, {dostęp 06.2019}
- [117] *Comercial Market - Raport Rynek Komercyjny w Polsce 2014*, Knight Frank, [www.knightfrank.com.pl](http://www.knightfrank.com.pl), Warszawa, 2015, {dostęp 06.2019}
- [118] *Polska Market Insights - Raport roczny 2018*, Colliers International, Warszawa 2019, {dostęp 06.2019}
- [119] *Raport Polski rynek biurowy wydanie 2018*, Inwestycje Architektura Produkty - e.biurowce.pl, {dostęp 06.2019}
- [120] [http://realestatemanager.com.pl/narzedziownia/zarzadzanie\\_kosztami/2754/wycena\\_nieruchomosci\\_a\\_koszty\\_eksploatacyjne.html](http://realestatemanager.com.pl/narzedziownia/zarzadzanie_kosztami/2754/wycena_nieruchomosci_a_koszty_eksploatacyjne.html) - {dostęp 09.2018}
- [121] Ustawa z dnia 21 sierpnia 1997 r. o gospodarce nieruchomościami - Dz. U. 1997 Nr 115 poz. 741Dz. U. 1997 Nr 115 poz. 741
- [122] K.Marcinek, M.Foltyn-Zarychta, K.Pera, P.Saługa, P.Tworek, *Ryzyko w finansowej ocenie projektów inwestycyjnych. Wybrane zagadnienia*, Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego w Katowicach, Katowice, 2010.
- [123] M. Uhruska, *Efektywność zarządzania wartością nieruchomości komercyjnych w wybranych obiektach biurowych Krakowa*, Rozprawa doktorska, Uniwersytet Ekonomiczny w Krakowie, Kraków, 2012.

---

**Załącznik nr 1**

KATEGORIE ↓ KRYTERIA →		Rozwiązania techniczne i projektowanie	Realizacja budynku	Eksploatacja budynku	Najem	Wartość projektu	Trwałość budynku	Certyfikacja	WAGA KATEGORII
		α	β	γ	δ	ε	ζ	η	
		1%	22%	25%	26%	4%	9%	13%	
1	Kształt budynku biurowego	1	1	1	1	1	1	0	
		1.0	21.5	25.2	25.7	4.3	9.2	0.0	87.0
2	Komunikacja pionowa - ilość klatek schodowych	1	1	1	1	1	0	0	
		1.0	21.5	25.2	25.7	4.3	0.0	0.0	77.8
3	Zależność ilości klatek schodowych od powierzchni piętra	1	1	0	1	1	0	1	
		1.0	21.5	0.0	25.7	4.3	0.0	13.0	65.5
4	Ilość kondygnacji budynków	1	1	1	1	1	0	0	
		1.0	21.5	25.2	25.7	4.3	0.0	0.0	77.8
5	Analiza wysokości budynków	1	1	1	1	1	0	0	
		1.0	21.5	25.2	25.7	4.3	0.0	0.0	77.8
6	Dopuszczalne obciążenie dla najemców na powierzchni najmu	0	1	0	1	1	0	0	
		0.0	21.5	0.0	25.7	4.3	0.0	0.0	51.5
7	Zależność grubości płyty fundamentowej od wysokości budynku	1	1	0	0	0	0	0	
		1.0	21.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	22.5
8	Zależność klasy stosowanej mieszanki bet od grubości płyty fundamentowej	1	1	0	0	0	1	0	
		1.0	21.5	0.0	0.0	0.0	9.2	0.0	31.8
9	Zależność głębokości ścian szczelinowych od wysokości budynku	1	1	0	0	0	1	0	
		1.0	21.5	0.0	0.0	0.0	9.2	0.0	31.8
10	Zależność grubości ścian szczelinowych od wysokości budynku	1	1	0	0	0	0	0	
		1.0	21.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	22.5
11	Układ siatki głównej słupów	1	1	1	1	1	1	0	
		1.0	21.5	25.2	25.7	4.3	9.2	0.0	87.0
12	Sposób realizacji konstrukcji podstawowej budynku	1	1	1	0	1	1	0	
		1.0	21.5	25.2	0.0	4.3	9.2	0.0	61.3
13	Wpływ konstrukcji budynku na jego wysokość	1	1	1	0	1	1	0	
		1.0	21.5	25.2	0.0	4.3	9.2	0.0	61.3
14	Zależność grubości elementów stropowych od klasy stosow. mieszanki bet.	0	1	0	0	0	1	1	
		0.0	21.5	0.0	0.0	0.0	9.2	13.0	43.8
15	Zależność przekroju słupów od wysokości budynku	0	1	1	1	0	0	0	
		0.0	21.5	25.2	25.7	0.0	0.0	0.0	72.5
16	Zależność grubości płyt stropowych od siatki konstrukcyjnej budynku	1	1	0	0	0	1	0	
		1.0	21.5	0.0	0.0	0.0	9.2	0.0	31.8
17	Parametry liczbowe budynku	0	0	1	1	1	0	1	
		0.0	0.0	25.2	25.7	4.3	0.0	13.0	68.2
18	Analiza powierzchni zabudowy w funkcji powierzchni nieruchomości	1	1	1	1	1	0	1	
		1.0	21.5	25.2	25.7	4.3	0.0	13.0	90.8
19	Porównanie powierzchni nadziemnej i podziemnej budynku	1	1	1	1	1	0	1	
		1.0	21.5	25.2	25.7	4.3	0.0	13.0	90.8
20	Transport pionowy - porównanie ilości dźwigów z ilością kondygnacji	1	0	1	1	1	0	0	
		1.0	0.0	25.2	25.7	4.3	0.0	0.0	56.2
21	Zależność ilość dźwigów na kondygnacji od powierzchnia piętra	0	1	1	1	1	0	0	
		0.0	21.5	25.2	25.7	4.3	0.0	0.0	76.8
22	Analiza prędkości wiatr i nośności ich kabin	1	1	1	1	0	0	0	
		1.0	21.5	25.2	25.7	0.0	0.0	0.0	73.5
23	Przestrzeń pod podłogą podniesioną, a przestrzeń nad sufitem	1	1	1	1	1	0	1	
		1.0	21.5	25.2	25.7	4.3	0.0	13.0	90.8
24	Wysokość typowej kondygnacji biurowej	1	1	1	1	1	0	1	
		1.0	21.5	25.2	25.7	4.3	0.0	13.0	90.8
25	Porównanie parametrów fasady szklanej g oraz lt	1	1	0	1	1	1	0	
		1.0	21.5	0.0	25.7	4.3	9.2	0.0	61.8
26	Parametry fasady U / RA2	1	1	0	1	1	1	0	
		1.0	21.5	0.0	25.7	4.3	9.2	0.0	61.8
27	Analiza typów stosowanych elewacji	1	0	0	1	1	1	1	
		1.0	0.0	0.0	25.7	4.3	9.2	13.0	53.2
28	Podział fasady budynku	1	1	1	0	1	0	1	
		1.0	21.5	25.2	0.0	4.3	0.0	13.0	65.0
29	Analiza rozwiązań pokrycia dachowego	1	1	0	0	0	1	0	
		1.0	21.5	0.0	0.0	0.0	9.2	0.0	31.8
30	Podział miejsc parkingowych	0	0	1	1	1	0	1	
		0.0	0.0	25.2	25.7	4.3	0.0	13.0	68.2
31	Ilość miejsc parkingowych w funkcji powierzchni całkowitej obiektu	0	1	1	1	1	0	1	
		0.0	21.5	25.2	25.7	4.3	0.0	13.0	89.7
31	Ilość miejsc parkingowych w funkcji powierzchni wynajmowanej obiektu	0	1	1	1	1	0	0	
		0.0	21.5	25.2	25.7	4.3	0.0	0.0	76.8
32	Certyfikacja środowiskowa	1	1	1	1	1	1	1	
		1.0	21.5	25.2	25.7	4.3	9.2	13.0	100.0
33	Ilość punktów osiągnięta w procesie certyfikacji	1	1	1	1	1	1	1	
		1.0	21.5	25.2	25.7	4.3	9.2	13.0	100.0
34	Zależność pomiędzy powierzchnią obiektu a poziomem certyfikacji	0	1	0	1	0	0	1	
		0.0	21.5	0.0	25.7	0.0	0.0	13.0	60.3
35	Doświetlenie stanowisk pracy	0	0	1	1	1	0	1	
		0.0	0.0	25.2	25.7	4.3	0.0	13.0	68.2
36	Lokalizacja maszynowni instalacyjnych	1	1	1	0	1	1	1	
		1.0	21.5	25.2	0.0	4.3	9.2	13.0	74.3
37	Rozwiązania sufitów na powierzchni biurowej	1	1	0	1	0	0	1	
		1.0	21.5	0.0	25.7	0.0	0.0	13.0	61.3
38	Transport publiczny	0	0	1	1	1	0	1	
		0.0	0.0	25.2	25.7	4.3	0.0	13.0	68.2
39	Wcześniejsze zagospodarowanie terenu	1	1	0	1	1	0	1	
		1.0	21.5	0.0	25.7	4.3	0.0	13.0	65.5
40	Systemy pożarowe w budynku	1	1	1	1	1	0	0	
		1.0	21.5	25.2	25.7	4.3	0.0	0.0	77.8
41	Moc przyłączy energetycznych	0	1	1	1	1	0	1	
		0.0	21.5	25.2	25.7	4.3	0.0	13.0	89.7
42	Moc przyłączy energetycznych w funkcji powierzchni całkowitej	0	0	1	0	1	0	1	
		0.0	0.0	25.2	0.0	4.3	0.0	13.0	42.5
43	Moc przyłączy energetycznych w funkcji powierzchni wynajmowanej	0	0	0	1	1	0	1	
		0.0	0.0	0.0	25.7	4.3	0.0	13.0	43.0
44	Moc agregatu prądowłórczego	1	0	1	0	0	0	0	
		1.0	0.0	25.2	0.0	0.0	0.0	0.0	26.2
45	Funkcje obsługiwane przez agregat prądowłórczy	0	0	1	1	1	0	0	
		0.0	0.0	25.2	25.7	4.3	0.0	0.0	55.2
46	Wielkość transformatorów	0	1	0	0	0	0	0	
		0.0	21.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	21.5
47	Zależność mocy agregatu prądowłórczego od mocy przyłączy energ.	0	0	1	0	1	0	0	
		0.0	0.0	25.2	0.0	4.3	0.0	0.0	29.5
48	Analiza systemów oświetlenia awaryjnego	0	0	1	0	0	1	0	
		0.0	0.0	25.2	0.0	0.0	9.2	0.0	34.5
49	Sposób dystrybucji zasilania	1	0	1	1	1	0	0	
		1.0	0.0	25.2	25.7	4.3	0.0	0.0	56.2
50	Typ stosowanych opraw oświetleniowych	0	1	1	1	1	1	1	
		0.0	21.5	25.2	25.7	4.3	9.2	13.0	99.0
51	Analiza systemów sterowania oświetleniem	0	0	1	1	1	0	1	
		0.0	0.0	25.2	25.7	4.3	0.0	13.0	68.2
52	Podział opraw na piętrze kryterium ilościowe	1	0	0	1	0	0	1	
		1.0	0.0	0.0	25.7	0.0	0.0	13.0	39.7
53	Podział opraw na piętrze, kryterium moc opraw	1	0	0	1	0	0	1	
		1.0	0.0	0.0	25.7	0.0	0.0	13.0	39.7
54	Klasa okablowania niskoprądowego (kategorie IT)	0	1	0	1	1	0	0	



		0.0	21.5	0.0	25.7	4.3	0.0	0.0	51.5
55	Analiza funkcji systemu BMS	1	1	1	0	0	0	1	60.8
		1.0	21.5	25.2	0.0	0.0	0.0	13.0	60.8
56	Parametry zewnętrzne (parametry projektowe)	0	1	1	1	0	1	1	94.7
		0.0	21.5	25.2	25.7	0.0	9.2	13.0	94.7
57	Parametry klimatu wewnętrznego	1	1	1	1	1	0	1	90.8
		1.0	21.5	25.2	25.7	4.3	0.0	13.0	90.8
58	Ilość powietrza dostarczana do stanowisk pracy	1	0	1	1	1	0	1	69.2
		1.0	0.0	25.2	25.7	4.3	0.0	13.0	69.2
59	Wewnętrzne zyski ciepła	0	1	0	1	0	0	1	60.3
		0.0	21.5	0.0	25.7	0.0	0.0	13.0	60.3
60	Gęstość stanowisk pracy na powierzchni najmu	0	0	1	1	1	1	1	77.5
		0.0	0.0	25.2	25.7	4.3	9.2	13.0	77.5
61	Sposób chłodzenia i ogrzewania budynku	0	1	1	1	1	0	1	89.7
		0.0	21.5	25.2	25.7	4.3	0.0	13.0	89.7
62	Parametry powietrza nawiewanego / nawilżanie	0	0	1	1	1	0	1	68.2
		0.0	0.0	25.2	25.7	4.3	0.0	13.0	68.2
63	Parametry wymiarowania maszynowni chłodu	0	1	1	0	0	0	1	59.8
		0.0	21.5	25.2	0.0	0.0	0.0	13.0	59.8
64	Parametry wymiarowania instalacji chłodzącej na powierzchni najmu	0	0	0	1	1	0	1	43.0
		0.0	0.0	0.0	25.7	4.3	0.0	13.0	43.0
65	Parametry projektowe instalacji grzejnej - grzejniki	0	0	1	1	1	0	1	68.2
		0.0	0.0	25.2	25.7	4.3	0.0	13.0	68.2
66	Parametry wymiarowania central wentylacyjnych	0	0	1	1	1	0	1	68.2
		0.0	0.0	25.2	25.7	4.3	0.0	13.0	68.2
67	Temperatura powietrza wywiewanego z central	0	0	1	1	1	0	1	68.2
		0.0	0.0	25.2	25.7	4.3	0.0	13.0	68.2
68	Ilość central wentylacyjnych z podziałem na ich funkcje	0	0	1	0	1	0	1	42.5
		0.0	0.0	25.2	0.0	4.3	0.0	13.0	42.5
69	Podział powietrza na funkcje budynkowe	0	0	1	1	1	0	1	68.2
		0.0	0.0	25.2	25.7	4.3	0.0	13.0	68.2
70	Wydajność central dla powierzchni wynajmowanej w funkcji pow. biurowej	0	0	1	0	1	1	1	51.7
		0.0	0.0	25.2	0.0	4.3	9.2	13.0	51.7
71	Wydajność central wentylacyjnych w funkcji powierzchni nadziemnej	0	0	1	0	1	1	1	51.7
		0.0	0.0	25.2	0.0	4.3	9.2	13.0	51.7
72	Klasa szczelności oraz filtrów na instalacji wentylacji	0	0	1	0	1	0	0	29.5
		0.0	0.0	25.2	0.0	4.3	0.0	0.0	29.5
73	Produkcja chłodu, moc maszynowni chłodniczej w funkcji pow. wynajmowanej	0	1	1	1	1	0	1	89.7
		0.0	21.5	25.2	25.7	4.3	0.0	13.0	89.7
74	Produkcja ciepła, moc maszynowni ciepła w funkcji powierzchni nadziemnej	1	0	0	1	1	0	1	44.0
		1.0	0.0	0.0	25.7	4.3	0.0	13.0	44.0
75	Parametry projektowe instalacji chłodniczej - centrale	0	0	1	1	1	0	1	68.2
		0.0	0.0	25.2	25.7	4.3	0.0	13.0	68.2
76	Moc węzła chłodu a moc węzła ciepła	0	1	1	1	1	0	1	89.7
		0.0	21.5	25.2	25.7	4.3	0.0	13.0	89.7
77	Dystrybucja mocy cieplnej	0	1	1	1	1	0	1	89.7
		0.0	21.5	25.2	25.7	4.3	0.0	13.0	89.7
78	Analiza obszarów objętych instalacją tryskaczową	0	0	0	1	1	0	1	43.0
		0.0	0.0	0.0	25.7	4.3	0.0	13.0	43.0
79	Instalacja tryskaczowa - norma wymiarowania	0	1	0	0	1	0	0	25.8
		0.0	21.5	0.0	0.0	4.3	0.0	0.0	25.8