

**ZASTOSOWANIE  
ALGORYTMÓW ŚWIATŁA  
LOKALNEGO W  
WYZNACZANIU  
WYKRESÓW  
WIDOCZNOŚCI**

**Wydział Architektury**

**Politechnika Krakowska**

**Autor:**

**Mgr inż. arch. Paweł Ozimek**

**Promotor:**

**prof. dr hab. Inż. arch. Aleksander Böhm**

Kraków 2002

## SPIS TREŚCI

1. Abstrakt	5
2. Uzasadnienie podjęcia badań	6
1.1. <i>Cel i zakres badań</i>	7
1.2. <i>Teza</i>	8
3. Stan badań	9
3.1. <i>Symulacja widoku w architekturze krajobrazu</i>	9
3.2. <i>Narzędzia cyfrowe w symulacji widoku</i>	13
4. Pojęcia podstawowe	19
4.2. <i>Wykresy widoczności</i>	19
4.2.2. <i>Isovist a wykres widoczności</i>	20
4.2.3. <i>Ekspozycja czynna i bierna</i>	20
4.2.4. <i>Barwa wykresu</i>	21
4.3. <i>Mapy widoczności</i>	22
4.3.1. <i>Mapa widoczności dla grupy punktów</i>	23
4.3.2. <i>Mapa widoczności dla drogi</i>	23
4.3.3. <i>Podział map widoczności w zależności od parametrów rzutowania</i>	24
5. Proces generowania map widoczności (metoda)	26
5.2. <i>Modelowanie trójwymiarowe</i>	26
5.2.2. <i>Automatyzacja generowania modelu</i>	27
5.2.3. <i>Problemy skali i szczegółowości</i>	28
5.3. <i>Rendering modelu trójwymiarowego</i>	29
5.3.1. <i>Model światła lokalnego</i>	29
5.3.2. <i>Wizualizacje dwubitowe</i>	31
5.3.3. <i>Wizualizacje kolorowe</i>	31
5.3.4. <i>Rendering – wykres widoczności</i>	32
5.4. <i>Obraz rastrowy – obraz wyników symulacji</i>	32
5.4.1. <i>Uporządkowana suma i średnia wykresów widoczności</i>	32
5.4.2. <i>Uśrednianie numeryczne</i>	33
5.4.3. <i>Filtrowanie barw</i>	35

6.	Opis przypadku – Hotel na boisku KS “Nadwiślan”	<b>36</b>
6.1.	<i>Uwarunkowanie lokalizacyjne, funkcjonalne i krajobrazowe</i>	36
6.1.1.	Opis stanu istniejącego	36
6.1.2.	Interpretacja obowiązującego Miejscowego Planu Ogólnego Zagospodarowania Przestrzennego Miasta Krakowa	37
6.1.3.	Wstępny wybór potencjalnych lokalizacji budynku hotelu i jego gabarytu	38
6.1.4.	Analiza widoków z poszczególnych dystansów	39
6.2.	<i>Zakres opracowania w ramach omawianego przypadku</i>	40
6.3.	<i>Parametry analizy cyfrowej bliskiego planu</i>	40
6.3.1.	Scena symulacji	41
6.3.2.	Punkty widokowe	42
6.3.3.	Dobór parametrów rzutowania	43
6.4.	<i>Wykresy i mapy widoczności wykonane dla hotelu</i>	44
6.4.1.	Badanie punktów statycznych	44
6.4.2.	Badanie punktów ruchomych	48
6.5.	<i>Analiza poszczególnych obiektów</i>	50
6.5.1.	Palety kontrastujące	50
6.5.2.	Analiza zakresów widoczności	53
6.6.	<i>Podsumowanie przypadku</i>	56
6.7.	<i>Możliwości metody niewykorzystane w przypadku</i>	57
6.7.1.	Symulowanie struktury ruchu	57
6.7.2.	Waloryzacja ekspozycji czynnej i biernej	58
6.7.3.	Przykład symulacji podnoszenia wartości krajobrazowych przez nowy obiekt	59
7.	Opis przypadku – Pychowice	<b>60</b>
7.1.	<i>Plany koordynacyjne – krótki opis</i>	60
7.1.1.	Warunki naturalne miejsca	60
7.1.2.	Założenia programowo-przestrzenne	62
7.1.3.	Kompozycja przestrzenna kampusu i parku technologicznego	62
7.1.4.	Kompozycja przestrzenna Parku Jagiellońskiego	64
7.2.	<i>Zakres badań cyfrowych i materiały wyjściowe</i>	66
7.2.1.	Zakres badań krajobrazowych	66
7.2.2.	Materiały	67
7.2.3.	Model cyfrowy terenu z pokryciem	68
7.3.	<i>Parametry cyfrowej sceny</i>	70
7.3.1.	Źródła światła	70
7.3.2.	Cechy modelu cyfrowego	70

7.4. <i>Materiały uzyskiwane na podstawie modelu cyfrowego</i>	71
7.4.1. Wykresy widoczności poszczególnych dominat	71
7.4.2. Uśrednienie wykresów ośmiobitowych	73
7.4.3. Uśrednienie wykresów dwudziestoczerobitowych	75
7.5. <i>Wykorzystanie uzyskanych wykresów i map widoczności</i>	77
7.5.1. Sposoby wykorzystania	78
7.5.2. Przykłady korzyści	79
7.6. <i>Podsumowanie przypadku</i>	81
8. Podsumowanie	<b>83</b>
9. Dodatek – źródła programów w języku C++	<b>85</b>
9.1. <i>Źródło programu aprocbt</i>	85
9.2. <i>Źródło programu aprocwer</i>	88
10. Przypisy	

## 1. ABSTRAKT

Tekst niniejszy jest efektem kilkuletnich prac na polu wspomagania analiz krajobrazowych metodami komputerowymi. Omawia pokrótce etapy pozyskiwania materiałów cyfrowych poprzez model, wizualizację i operacje na obrazach rastrowych. Następnie określone zostają parametry jakie powinny spełniać wykresy widoczności generowane w oparciu o techniki dostępne w wizualizacji komputerowej i zasady kompilowania z nich map widoczności. Zarówno wykresy jak i mapy poddawane są operacjom polegającym na odpowiednim dobieraniu palet barw dla uzyskania konkretnych materiałów analitycznych.

Efekty tych badań były wykorzystywane i testowane w przeprowadzanych projektach i ekspertyzach krajobrazowych przez zespół rekrutujący się z instytutu Architektury Krajobrazu i Instytutu Modelowania Komputerowego kierowany przez prof. dr hab. inż. arch. Aleksandra Böhma. W niniejszym tekście zawarte zostały przykłady pochodzące z tych prac. Na tych przykładach przedstawione są szczególne zadania nałożone na techniki cyfrowe i sposoby ich realizacji. Potwierdzają one przydatność metody polegającej na generowaniu map widoczności i przekonują o jej szerokich możliwościach.

## 2. UZASADNIENIE PODJĘCIA BADAŃ

Krajobraz miejski nieustannie się zmienia a ściśle centra miast, także i historyczne podlegają dużej presji ze strony inwestorów w kierunku budowy nowych obiektów. Każdy wolny od zabudowy teren jest postrzegany jako możliwość inwestycji budowlanej. Podejmuje się zatem wysiłki inwestycyjne zgodne z prawem lub wbrew prawu obowiązującemu na danym terenie. Potrzeba ochrony krajobrazu jest jednak zauważana przez wszystkie strony uczestniczące w tym procesie. Problem stanowi sposób argumentacji stron za konkretnym rozwiązaniem.

Dotychczasowe metody analizy krajobrazu polegające w głównej mierze na odczuciu i intuicji specjalistów i autorytetów z branży, z oczywistych względów przestały wystarczać. Konkretnie sytuacje mogą być interpretowane w różny sposób w zależności od intencji przeprowadzającego analizę czy ekspertyzę. Niejednoznaczność ocen i opinii daje możliwość podważania ich w różny sposób. Stąd też istnieje potrzeba stworzenia metod, których wnioski popierać można by było w sposób konkretny i jednoznaczny.

Dzięki algorytmom wykorzystywanym w grafice komputerowej możliwe stały się symulacje konkretnych sytuacji krajobrazowych i poddawanie ich analizom opartym na obiektywnych cyfrowych metodach. Szereg możliwości dają techniki renderingu<sup>i 1</sup>, które wizualizują trójwymiarowe cyfrowe sceny na różnych poziomach realizmu, schematyzmu i syntezy. Efektem ich prac są rastrowe obrazy<sup>ii</sup> możliwe do obejrzenia na ekranie komputera lub na wydrukach. Owe obrazy można poddawać działaniu różnych programów filtrujących poszczególne zakresy barw, jak również nakładać w postaci warstw tematycznych i tym samym wspomagać dokonywanie analiz i podejmowanie decyzji projektowych.

Komputerowe wspomaganie analiz krajobrazowych posiada cechy, które wynikają ze specyfiki narzędzia:

- precyzja i dokładność,
- obiektywizm,
- możliwość kompilacji różnych typów danych,
- synteza,
- komunikatywność dla niespecjalistów,

Ograniczenia technik komputerowych wynikają głównie z braku efektywnych algorytmów wartościowania. Stąd też istnieje potrzeba właściwego doboru metod i rodzajów analiz jak również weryfikacji wyników przez specjalistę. Świadomość

---

<sup>i</sup> rendering – obraz przedstawiający model cyfrowy. Rendering może uwzględniać faktury, materiały, modele światła w dążeniu do wizualnego realizmu lub przedstawiać model schematycznie i syntetycznie. (ang. render – nadawać fakturę).

<sup>ii</sup> obraz rastrowy – obraz cyfrowy w postaci prostokątnej matrycy punktów, którym przypisane są liczby bitowe. Punkty te wyświetlane są na ekranie komputera w postaci kwadratów o kolorach zależnych od przypisanej im liczby. Obraz rastrowy stosuje się wymiennie z mapą bitową.

cech poszczególnych standardów, właściwości typów danych i algorytmów jest konieczna dla ustrzeżenia się błędów przy manipulowaniu nimi.

Dzięki zastosowaniu technik wizualizacji komputerowej można symulować różne sytuacje i zjawiska krajobrazowe, wizualizować je i powstałe obrazy zestawiać i przekształcać. Efekty tych zabiegów mogą zawierać dane syntetyczne, odfiltrowane lub zbiorcze uwypuklające konkretne sfery zagadnień. Poprzez materiały do analiz krajobrazowych rozumiane są tutaj mapy, wizualizacje, wykresy, dane tabelaryczne pochodzące z zestawień oraz wyniki obliczeń, wspomagające podejmowanie decyzji projektowych.

W dość skomplikowanym procesie, jaki jest potrzebny do wygenerowania owych materiałów można wyróżnić trzy zasadnicze etapy, przebiegające przy wykorzystaniu komputera, z którymi związane są odrębne grupy zagadnień.

- Model - digitalizacja<sup>1</sup> danych przestrzennych i wzajemne powiązanie ich w formie cyfrowego modelu symulującego.
- Wizualizacja - generowanie obrazów rastrowych przedstawiających poszczególne elementy i etapy symulacji.
- Operacje na obrazach rastrowych – przetwarzanie wyników symulacji.

## 2.1 Cel i zakres badań

Niniejsza praca zajmuje się metodami pozwalającymi na uzyskiwanie materiałów do analiz krajobrazu w oparciu o powyższe etapowanie. Nie podejmuje zagadnień związanych z wartościowaniem poszczególnych aspektów krajobrazu, zarówno nieprzekształconego, przeobrażonego jak i projektów zmian i inwestycji. Celem pracy jest wykazanie przydatności technik cyfrowych jako narzędzia wspomagającego analizę krajobrazu i projektowanie jego przekształceń, jednak przede wszystkim **w istotny sposób rozszerzającego możliwości** w tym zakresie.

W toku prac projektowych i eksperckich, w których stosowano opisane techniki powstało przekonanie o potrzebie upowszechniania metody przez podanie instrukcji. Niniejsza praca opisuje procedury w formie gotowej do stosowania aplikacji. Jest to najważniejszy cel jej powstania. Dzięki temu możliwe jest stosowanie metody przez innych architektów krajobrazu.

Elementem oryginalnym jest wykorzystanie technik, stworzonych do wizualizacji projektów w pozyskiwaniu wykresów i map widoczności, stanowiących podstawowy materiał analityczny. Techniki te są obecnie szeroko dostępne w warsztacie pracy architektów i urbanistów. Dzięki temu stosowanie ich nie wymaga właściwie dodatkowych nakładów inwestycyjnych zarówno na sprzęt jak i na oprogramowanie. Otwartość w stosowaniu różnych programów komputerowych pozwala na odkrywanie nowych możliwości i rozwiązywanie problemów narzędziami w założeniu stworzonymi do innych celów. Potrzebna jest pewna wiedza operatora na temat zastosowanych algorytmów i standardów w wykorzystywanych programach.

---

<sup>1</sup> Digitalizacja – proces polegający na przetwarzaniu danych dostępnych w formie tradycyjnej na formę cyfrową.

Percepcja krajobrazu następuje przede wszystkim za pośrednictwem zmysłu wzroku. Światło odbite od jego elementów trafia do oka obserwatora powodując odczucie estetyczne. Gdyby ustawić silne źródło światła w punkcie obserwacji, przebyło by ono taką samą drogę w odwrotnym kierunku i oznaczyło swoją barwą elementy widoczne z owego punktu. Wykonanie tego w rozległej przestrzeni nie jest możliwe i mijają by się z sensem, jednak można wykonywać symulacje na cyfrowym modelu w oparciu o istniejące algorytmy modelujące światło, czy wyznaczające powierzchnie widoczne.

Badania dotyczyły możliwości zastosowania algorytmów modelujących światło do oznaczania elementów widocznych, tworzenia dzięki temu obrazów widoczności i operacji przetwarzających te dane. Zajmowały się zatem ostatnimi etapami procesu pozyskiwania materiałów do analiz krajobrazu. Nie podejmowano zagadnień związanych z wspomaganiami modelowania terenu. Istnienie narzędzi specjalistycznych tworzących wykresy widoczności funkcjonujących w ramach pakietów SIP<sup>i 2</sup> nie pomniejsza wartości oryginalnych prac. Mogą być stosowane równolegle i z reguły generują nieco inny zestaw danych (por. 3.2). Wspomniana już możliwość stosowania metody powszechnie, dzięki wykorzystywaniu popularnych algorytmów uniezależnia ją od posiadania drogich i skomplikowanych pakietów SIP.

## 2.2. Teza

Algorytmy modelujące światło lokalne w trójwymiarowych modelach cyfrowych mogą być wykorzystywane do oznaczania elementów widocznych i generowania wykresów widoczności.

---

<sup>i</sup> Pakiety SIP – oprogramowanie zaprojektowane specjalnie do obsługi danych przestrzennych zorganizowanych w postaci Systemów Informacji Przestrzennej. Często stosuje się także określenie pakiety GIS od angielskiego Geographic information systems.



### 3. STAN BADAŃ

#### 3.1. Symulacja widoku w architekturze krajobrazu

W analizach przekształceń krajobrazowych planowanych lub oczekiwanych najczęściej przyjmowany jest schemat postępowania, w którym występują kolejno następujące etapy:

- zbieranie danych,
- wykonanie modelu,
- symulacja zjawiska,
- wizualizacja,
- analiza uzyskanych materiałów.



**Ilustracja 3.1.** Przykład symulacji widoku polegającej na fotomontażu. *Courtesy of MAP Associates, (a) by D. Wormhoudt, (b) S. Sheppard w „Foundations ...” op. cit. s 193.*

Symulacja w analizach krajobrazowych uważana jest za kluczowe narzędzie w wizualizacji przekształceń projektowych. W artykule „**Simulating Changes in the Landscape**”<sup>3</sup> Sheppard dokonuje charakterystyki tej metody badawczej. Według niego:

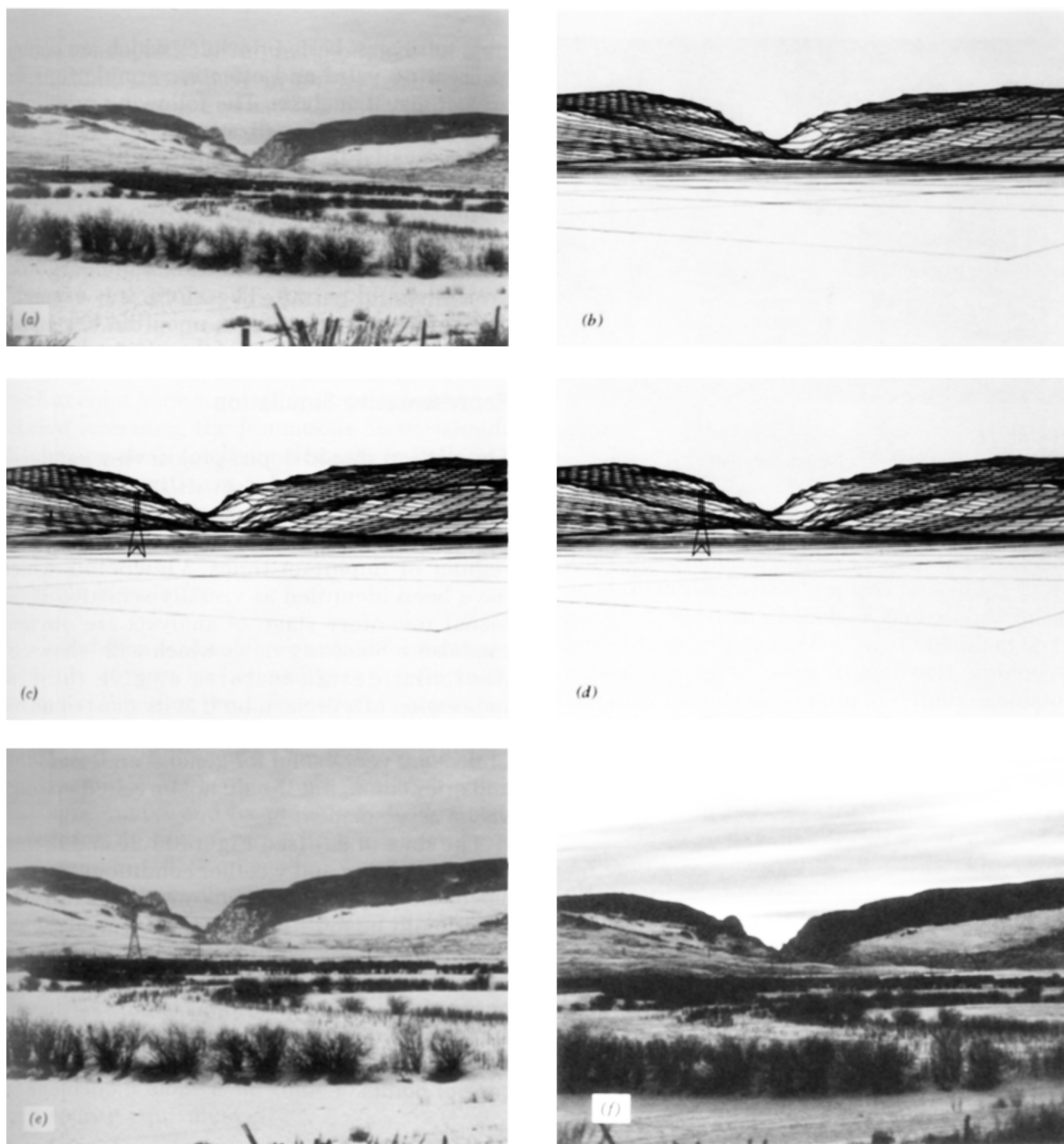
**3.1 Symulacja** jest procesem, w wyniku którego powstaje dwu- lub trójwymiarowy obraz przyszłego lub proponowanego środowiska czy warunku.

W artykule następuje:

- identyfikacja podstawowych źródeł informacji dla symulacji,
- określenie zasad symulacji wizualnej,
- ocena rutynowego stosowania metod symulacji,
- ilustracja najważniejszych procedur na przykładach.

Jeden z przykładów dotyczy symulacji komputerowej, w której wykonany zostaje cyfrowy model terenu i wkomponowana w niego linia wysokiego napięcia. Wynikiem jest obraz sytuacji projektowej łatwy do oceny dla laika. W większości przypadków następuje „spłaszczenie” danych przestrzennych użytych do symulacji w formie dwuwymiarowych rysunków. Sheppard zwraca uwagę na możliwość szerszego wykorzystania środowiska symulacji w postaci danych składających się na model

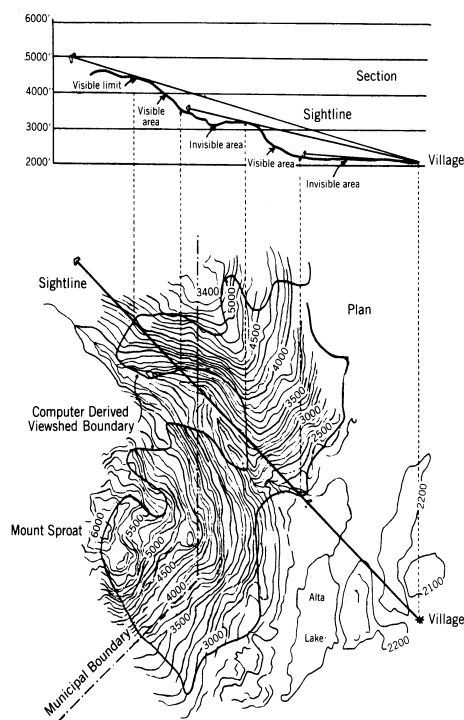
jednak za podstawowy efekt jej zastosowania uważa uzyskanie zobrazowań w formie rzutów, przekrojów elewacji, szkiców perspektywicznych, renderingów, fotomontaży, grafik komputerowych.



**Ilustracja 3.2.** Symulacja komputerowa wpływu na krajobraz realizacji linii wysokiego napięcia. Trójwymiarowy model posłużył do lokalizacji linii w terenie i wizualizacji podpory na tle zdjęcia fotograficznego. Daje on także możliwości dynamicznego dobierania widoków w ramach cyfrowej sceny i ocen wizualnych bez konieczności fotografowania każdego ujęcia. *Courtesy of Tri-State Generation & Transmission Association Inc. (a, e, f) by WIRTH Environmental Services, (b, c, d) by D. Nickerson w „Foundations ...” op. cit. s 191.*

**Felleman** w artykule „**Landscape Visibility**”<sup>4</sup> systematyzuje studia widoczności krajobrazu i określa ramy, w których możliwa jest adekwatność wyników do efektywności źródeł. Sposób przedstawiania efektów analiz powinien być spójny z metodą. Wyróżnia podstawowy parametr analizy widoku, **linię widoku**, która może być prowadzona jako prosta. Bardzo rzadkie sytuacje takie jak gorące powierzchnie

i rozległe obszary wodne mogą być wg Fellemana pominięte. Linia prosta może być kreślona przy wyznaczaniu zakresów widoczności na mapach i planach terenów płaskich.



**Ilustracja 3.3.** Wyznaczanie pola widoku na zasadzie kąta pionowego. *Ministry of Forest British Columbia, 1981, Forest Landscape Handbook, Victoria, Canada, 70, map 3 w „Foundation ...” op. cit. s. 49.*

W przypadku terenów otwartych o zróżnicowanej rzeźbie widoczność wyznaczana jest metodą kąta pionowego. Wzdłuż linii widoku generowany jest przekrój przez teren i wyznaczane linie proste do elementów przekroju. Linie o większych kątach względem poziomu wskazują miejsca widoczne.

Sposób przedstawiania wyników badań widoczności, mimo że odnosi się do przestrzeni i czasu przeważnie jest dwuwymiarowy. Technika video i trójwymiarowe modele cyfrowe mogą zwiększyć ilość dwuwymiarowych perspektywicznych widoków. Felleman przytacza charakterystykę wszystkich zobrazowań symulacji widoków od rysunków perspektywicznych poprzez modele fizyczne po modele komputerowe. Określa ich przydatność do symulacji pola widoku. W przypadku cyfrowych modeli trójwymiarowych zauważa możliwość zastosowania ich nie tylko do wyznaczania pola widoku ale także do kompleksowych analiz mierzenia ekspozycji wystaw

słonecznych, pochylenia terenu, częstości obserwacji.

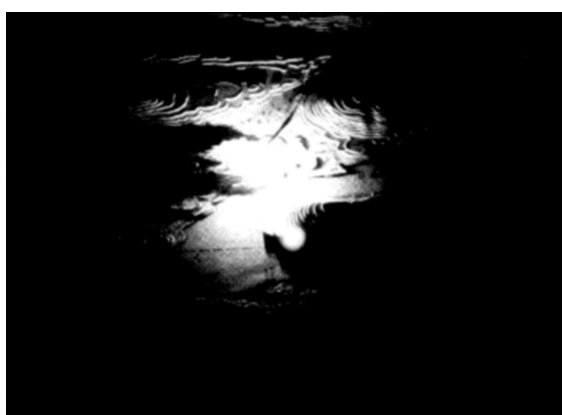
Każdy rysunek perspektywiczny krajobrazu można potraktować jako wykres widoczności. Szczególnie jeden rodzaj rysunków, w których poszczególne elementy krajobrazu rysowane są konturowo, często wykorzystywany jest w analizach i prawdopodobnie najbardziej zasługuje na miano wykresu. Uprawnia go do tego jego schematyczna, lapidarna forma. Wykresy takie są jednak mało precyzyjne z powodu wraźniowej techniki powstawania. Bardziej precyzyjne są zdjęcia krajobrazowe, jednak nie potrafią one przedstawić sytuacji projektowanej. Poza tym trudno je określić mianem wykresu z uwagi na dużą szczegółowość. Przedstawiają one zarówno elementy istotne jak i nie istotne dla analizy.

Graficzne zobrazowania zakresów widoczności w Polsce wykonywane były od końca lat 60-tych na potrzeby wyznaczania dróg krajobrazowych na terenach parków narodowych. Metodę wyznaczania tych zakresów na podkładzie mapy sytuacyjno-wysokościowej opracowała **Flagorowska** i opisała ją w publikacji „**Metoda wyznaczania zakresu widoczności dla potrzeb architektury krajobrazu**”<sup>5</sup>. Została ona oparta w warstwie teoretycznej na zasadach rozchodzenia się światła. Flagorowska przytoczyła prawa zachowania światła, które uprawniają jego model teoretyczny do stosowania w badaniu widoczności:

- Prawo prostoliniijnego rozchodzenia się światła - W ośrodku jednorodnym światło rozchodzi się po liniach prostych we wszystkich kierunkach.
- Prawo niezależności promieni świetlnych – Promienie świetlne biegną niezależnie od siebie. Jeżeli w poprzek toru pęku promieni wstawi się przesłonę, która zatrzyma na sobie część promieni, to pozostałe biegną dalej po liniach prostych.
- Prawo odbicia – Promień światła padając na gładką powierzchnię ulega odbiciu pod kątem równym kątowi padania. Promienie padający i odbity oraz prostopadła do powierzchni gładkiej w punkcie padania leżą w jednej płaszczyźnie. Gdy powierzchnia nie jest gładka, wtedy promienie padając na nią odbijane są w różnych kierunkach, czyli ulegają rozproszeniu.
- Prawo załamania – Gęstość powietrza, czyli stopień stężenia drobin i pyłów nie jest jednakowa. W miarę wznoszenia się ponad poziom morza powietrze staje się coraz rzadsze. Molekuły pyłów i gazów stanowią utrudnienie dla biegu promieni świetlnych. Światło rozchodzi się w środowisku optycznie gęstszym wolniej niż w optycznie rzadszym. Promień świetlny przechodząc ze środowiska rzadszego do gęstszego ulega załamaniu odchylając się od prostopadłej.

Zastosowanie tych zasad jest w zupełności uprawnione, ponieważ percepcja krajobrazu odbywa się za pośrednictwem światła odbitego od jego elementów i trafiającego do oka. Zachodzi tu wzajemna zależność widoczności dwóch punktów – obserwatora i obserwowanego. Metoda posługując się tymi prawami polega na kreśleniu linii prostych na podkładzie mapy nazwanych „linijkami słońca”, rozchodzących się z analizowanego punktu widokowego. Linie te wyznaczają miejsca przekrojów przez teren, dzięki którym wyznacza się strefy cienia widokowego.

W wyznaczaniu zakresów widoczności nie zastosowano światła jako takiego a jedynie wzorowano się na nim przy kreśleniu przebiegu linii widokowych. Wprowadzenie światła w miejsce, z którego następuje percepcja krajobrazu (punkt widokowy), przy założeniu jego odpowiedniej mocy pozwoliłoby oświetlić wszystkie elementy widoczne z tego punktu. Taki eksperyment w otwartym krajobrazie jest w zasadzie nie możliwy, jednak daje się przeprowadzić w przypadku wykonania



Ilustracja 3.4. Zakres pola widoczności wyznaczony przez światło żarówki w fizycznym modelu terenu.

modelu. Daje on szerokie możliwości symulowania krajobrazu, jego przekształceń i badania widoczności. Dzięki wstawieniu żarówki w punkcie odpowiadającym w modelu punktowi widokowemu, możliwe jest uzyskanie wykresu widoczności. Wykres taki można wykonać fotografując model z żarówką dobierając dowolny kąt ustawienia kamery.

Zastosowanie żarówki w trójwymiarowym modelu terenu przedstawia Felleman w artykule „**Landscape visibility**”<sup>6</sup>. Fizyczny model terenu w tym eksperymencie, zbudowany w oparciu o mapę

wysokościową, oświetlony został żarówką umieszczoną wewnątrz. W opisywanej metodzie możliwe jest zbadanie widoczności punktu ruchomego przez poruszanie żarówki i fotografowanie poszczególnych punktów lub wykonanie filmu. Informacją uzyskaną w wyniku symulacji jest zakres pola widzenia. Felleman uważa, że dzięki modelowi możliwa jest symulacja wszystkich aspektów widoczności za wyjątkiem atmosfery. Według niego jest to najpotężniejsze narzędzie w analizach krajobrazu.

### 3.2. Narzędzia cyfrowe w symulacji widoku.

Stworzenie podobnego modelu w przestrzeni wirtualnej po wyposażeniu go w algorytmy symulujące zjawiska przestrzenne daje możliwość uzupełnienia analizy o brakujące elementy w modelu fizycznym. Trójwymiarowy model cyfrowy może być również oświetlony światłem, którego model może być generowany w oparciu o różne algorytmy symulacyjne. Zagadnienia te zostały zebrane przez **James D. Foley, Andries van Dam, Steven K. Feiner, John F. Hughes, Richard L. Phillips** w pracy „**Wprowadzenie do grafiki komputerowej**” (tyt. oryg.: “Introduction to Computer Graphics”)<sup>7</sup>. Modele światła w swej matematycznej postaci są podobne do algorytmów wyznaczających powierzchnie widoczne. Generują one cień na powierzchniach nie widocznych z kierunku rzutowania światła. Możliwe jest tu zastosowanie funkcji działających zarówno w ramach rzutu równoległego modelujące światło słoneczne jak i środkowego przy świetle punktowym.

Wyróżnia się dwa podejścia przy wyznaczaniu powierzchni widocznych. Pierwsze polega na określeniu, który z wizualizowanych obiektów znajduje się najbliżej piksela<sup>i</sup> rzutni. Precyzja wyznaczania elementów widocznych zależy od rozdzielczości rzutni, ponieważ analiza przeprowadzana jest dla każdego piksela. Drugie podejście wymaga porównywania obiektów każdego z każdym i eliminowania tych obiektów, lub ich części, które nie są widoczne. Metoda ta wymaga bardziej złożonych kroków, większych mocy obliczeniowych, jest zatem trudniejsza do implementacji. Te dwa podejścia określa się odpowiednio jako algorytm z precyzją obrazową i algorytm z precyzją obiektową.

Modele światła służą głównie wizualizacji, które zapisywane są w formie rastrowych obrazów, składających się z pikseli, stąd dla ich uzyskania rozwijane były algorytmy precyzji obrazu. Algorytm **z-bufora** opracowany przez **Catmulla**<sup>8</sup>, wymaga pamiętania obok pamięci obrazu<sup>ii</sup> z-bufora<sup>iii</sup>, w którym zapamiętywana jest wartość Z dla każdego piksela. Powierzchnie przeglądane są w dowolnej kolejności, jeśli znaleziony zostanie punkt, który nie jest dalej od obserwatora niż punkt, którego głębokość i barwa zapisane są w buforach to nowe wartości zastępują stare. Kolejny algorytm **przeglądania** opracowany przez **Wylie’a, Romneya, Evansa i Erdahla**<sup>9</sup> tworzy obraz jednego wiersza na raz. Posiada on tablice uporządkowanych krawędzi

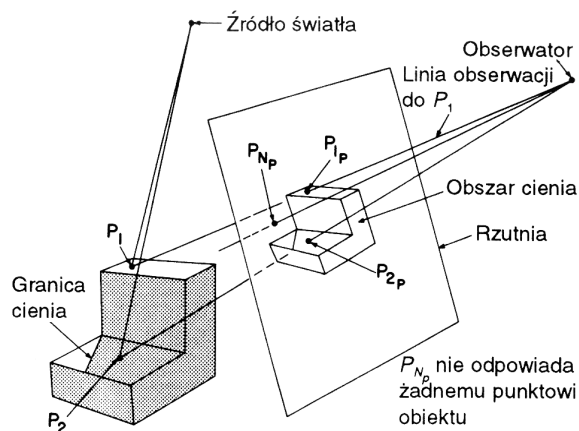
---

<sup>i</sup> Piksel – punkt, wchodzący w skład obrazu rastrowego (mapy bitowej), który wyświetlany jest na ekranie komputera w postaci kwadratu o kolorze zgodnym z wartością przypisaną mu liczby bitowej.

<sup>ii</sup> Pamięć obrazu – aktualna, na danym etapie wykonywania algorytmu, prostokątna tablica pikseli z przyporządkowanymi liczbami bitowymi (kolorami). Tablica może przybierać postać płaszczyzny układu współrzędnych, w którym na osi X liczone są kolumny a na osi Y rzędy pikseli.

<sup>iii</sup> Z-bufor – dodatkowa wartość przypisana pikselowi w czasie wykonywania algorytmu. Określa ona odległość punktu, którego rzutem jest piksel, do rzutni.

i tablicę wielokątów. Wiersz przeglądany od lewej do prawej po natrafieniu na krawędź zmienia barwę na kolor wielokąta, do którego należy ta krawędź. W przypadku kolejnego natrafienia na krawędź badana jest przynależność do wielokąta i odległość od rzutni.



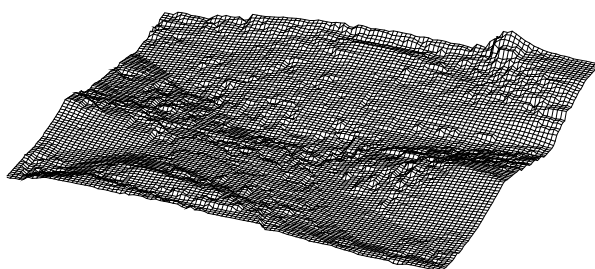
**Ilustracja 3.5.** Określenie czy punkt modelu znajduje się w cieniu (Artur Appel IBM T.J.Watson Research Center w „Wprowadzenie do grafiki komputerowej” op. cit. s. 631).

Algorytm **śledzenia promieni**, stosowany później również do wyznaczania powierzchni widocznych, opracował **Appel**<sup>10</sup> do sprawdzania czy dany punkt znajduje się w cieniu. Został on następnie rozwinięty przez **Whitteda**<sup>11</sup> i **Kaya**<sup>12</sup> tak, żeby było możliwe uwzględnianie odbić zwierciadlanych i załamień. Algorytm ten, pracuje z precyzją obrazu i z racji swojego pierwotnego zastosowania nadaje się do wyznaczania cienia bardzo dobrze. Wszystkie elementy algorytmu omówione są przez **Harri Hiila** w artykule „**Ray Tracing**”<sup>13</sup>. Do potrzeb niniejszej pracy bardziej szczegółowo omówiony jest w rozdziale 5.3.1.

Funkcje wyznaczające powierzchnie widoczne i modelujące światło można wykorzystać do analiz krajobrazowych pod warunkiem wykonania cyfrowego modelu terenu, w którego środowisku algorytmy te mogłyby funkcjonować. Najprościej definiują model terenu **Kraak** i **Ormeling**<sup>14</sup>:

**3.2. Cyfrowy model terenu jest trójwymiarową reprezentacją powierzchni terenu i wybranych zero-, jedno-, dwu i trójwymiarowych obiektów przestrzennych, związanych z powierzchnią.**

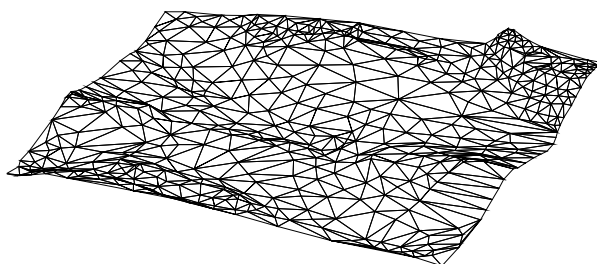
Definicja ta dla analiz krajobrazowych jest wystarczająca. Model terenu powinien być uzupełniony o dane geologiczne jednak pojęcie krajobrazu związane jest z powierzchnią. Metody generowania siatek reprezentujących powierzchnie terenu omawia szczegółowo **Raper**<sup>15</sup>. Istnieją dwie najczęściej występujące metody, tworzące siatkę kwadratową i trójkątną.



**Ilustracja 3.6.** Siatka kwadratowa w interpolacji miejscowej.

Siatka kwadratowa składa się z punktów, odległych od siebie o stałą wartość w osi X i Y, znajdujących się w węzłach, narożnikach kwadratów. Dokładność modelu zależy od dokładności pomiarów terenowych i charakteru terenu. Model ten najlepiej jest stosować w przypadku dysponowania danymi z

próbkowania systematycznego<sup>i</sup>, ponieważ węzły siatki mogą się pokrywać z pikietami pomiarów geodezyjnych. W przypadku próbkowania selektywnego<sup>ii</sup> wysokość węzłów określana jest na podstawie interpolacji<sup>iii</sup> miejscowej, uwzględniającej wysokość pięciu do ośmiu punktów leżących najbliżej, lub interpolacji ogólnej polegającej na rozwiązaniu wielomianu opartego na wszystkich pomierzonych punktach. Interpolacja miejscowa nie ma możliwości uwzględnić dynamiki terenu jednak nie wymaga dużych mocy obliczeniowych. Wielomian rozwiązywany dla siatki rozległej i nasyconej pomiarami wymaga dużych mocy obliczeniowych, jednak wykorzystanie równań ciągłości<sup>iv</sup> płatów wielomianowych<sup>v</sup> pozwala odwzorować w miejscach interpolacji całą dynamikę i charakter modelowanego terenu.



Ilustracja 3.7. Siatka trójkątna (triangulowana) bez zagęszczania.

Siatka trójkątna powstaje na podstawie wszystkich charakterystycznych elementów powierzchni. Pomiary geodezyjne wykonywane na zasadzie próbkowania selektywnego dostarczają danych, które z tą samą dokładnością mogą być zobrazowane w modelu cyfrowym. Generowanie siatki odbywa się w oparciu o algorytm triangulacji Delauney'a, dla którego charakterystyczne jest to, że trójkąty

mają możliwie najkrótsze boki przy możliwie największych kątach. Zmodyfikowane wersje algorytmu, zawarte w wielu programach komputerowych posiadają algorytmy interpolacji miejscowej lub ogólnej. Dzięki czemu trójkąty mogą być zagęszczane w oparciu o węzły interpolowane. Interpolacja wyznacza w tym przypadku oprócz wysokości także dwie pozostałe współrzędne punktu. Mające tu zastosowanie zasady ciągłości geometrycznej powierzchni w oparciu o reprezentacje Bezierra, Hermit'a i B-sklejane zebrane zostały przez **Kiciaka** w książce pt. „**Podstawy modelowania krzywych i powierzchni**”<sup>16</sup>.

Próbkowanie selektywne pomiarów geodezyjnych uwzględnia wszystkie charakterystyczne elementy terenu istotne dla wyglądu krajobrazu. Model terenu powstały na jego podstawie ma szansę być tak samo dokładny jak dostarczone do niego dane. Wykorzystanie modelu, którego powierzchnia terenu odwzorowana jest

<sup>i</sup> Próbkowanie systematyczne – metoda pomiarów terenowych polegająca na pobieraniu danych w regularnych odstępach wzdłuż osi X i Y.

<sup>ii</sup> Próbkowanie selektywne - metoda pomiarów terenowych polegająca na pobieraniu danych w miejscach charakterystycznych, szczególnych. Wybór miejsc zależy o wykonującego pomiaru geodety. Istnieją wytyczne Głównego Geodety Kraju, określające elementy obligatoryjne i fakultatywne.

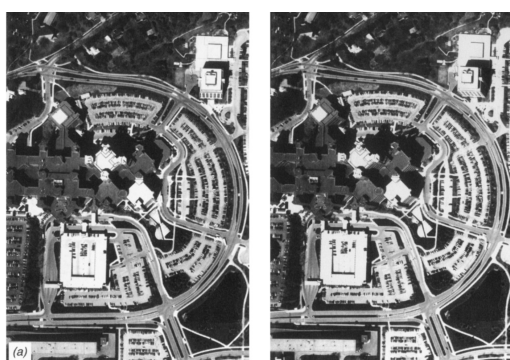
<sup>iii</sup> Interpolacja – wyznaczenie współrzędnych punktu na podstawie funkcji dobranej w oparciu o znane punkty znajdujące się w określonym przedziale.

<sup>iv</sup> Równania ciągłości (krzywych i powierzchni sklejanych) – zasady określające za pomocą równań sposoby połączenia krzywych sklejanych w miejscu końca jednej funkcji i początku drugiej. Ciągłość może być I stopnia – kiedy krzywa załamuje się w punkcie, II stopnia – nie ma załamania, jednak dynamika krzywej zmienia się, III stopnia – nie ma załamania i dynamika jest podobna.

<sup>v</sup> Płat wielomianowy – powierzchnia wygenerowana w oparciu o funkcję określoną jednym równaniem wielomianowym.

w oparciu o siatkę trójkątną do analizy krajobrazu pozwala uniknąć mnożenia błędów. Wystąpienie błędu w pomiarze przy zastosowaniu interpolacji ogólnej ma wpływ na wygląd siatki na większym obszarze niż bezpośrednio przyległy. Siatki trójkątne (triangulowane) generowane na podstawie danych z pomiarów selektywnych wydają się być najbardziej adekwatne do analiz krajobrazowych.

Dane do generowania siatek mogą pochodzić z pomiarów geodezyjnych, które najczęściej występują w postaci cyfrowych podkładów. Istnieją także pliki z listą współrzędnych zapisaną przez cyfrowe urządzenie pomiarowe. Pomiary geodezyjne dostarczają informacji zarówno o ukształtowaniu powierzchni terenu jak i jego pokrycia. Jednak metoda ta może być wykorzystywana do stosunkowo niedużych obszarów. Bardziej efektywne techniki fotogrametryczne pozwalają na znaczną automatyzację, pod warunkiem zastosowania odpowiedniego sprzętu i oprogramowania w postaci fotogrametrycznych stacji roboczych<sup>i</sup>. **Lillesand i Kieffer** w publikacji „**Remote Sensing and Image Interpretation**”<sup>17</sup> przedstawiają wszystkie możliwości i korzyści wynikające z zastosowania tych technik.



**Ilustracja 3.8.** Zdjęcia stereoskopowe ortogonalne (a) i wygenerowany na ich podstawie model terenu (b). Rysunek na fasadach budynków powstał w wyniku mapowania zdjęć wysokiej rozdzielczości pochodzących z tego samego nalotu, który był planowany dla uzyskania takich efektów. (Courtesy University of Wisconsin-Madison, Campus Mapping Project w „Remote Sensing and Image Interpretation” op. cit. s. 178)

Aspekty związane z tworzeniem cyfrowego modelu terenu w oparciu o lotnicze zdjęcia stereoskopowe opisane są w rozdziale „Basic Principles of Photogrametry”<sup>18</sup>. Przytoczone są tu wzory stosowane do wyznaczania współrzędnych punktów, paralaksy<sup>ii</sup> stereoskopii, metody planowania nalotów, zasady uwzględniania wysokości obiektów pokrycia i rzeźby terenu. Odpowiednio oprogramowane stacje robocze wspomagają koordynację zdjęć przy uwzględnieniu różnych paralaks, automatyzują wszystkie obliczenia i generują model terenu wraz z pokryciem a także mapują<sup>iii</sup> siatki zdjęciami lotniczymi.

Technika lotnicza i satelitarna wykorzystująca skanery wielospektralne pozwala na nasycenie bazy danych przestrzennych w informacje wszelkiego typu. W rozdziale „Multispectral, Thermal, and Hyperspectral Sensing”<sup>19</sup> przedstawione są aspekty badania

<sup>i</sup> Stacja robocza – komputer, zaprojektowany i oprogramowany dla konkretnych zastosowań. Posiada on dedykowane urządzenia peryferyjne i z reguły większe moce obliczeniowe.

<sup>ii</sup> Paralaksa – kątowa zależność między dwoma obrazami fotografii stereoskopowej wynikająca z różnej pozycji punktów ogniskowania. Paralaksa ma zasadnicze znaczenie przy wyznaczaniu współrzędnych punktów powierzchni terenu i wysokości elementów pokrycia.

<sup>iii</sup> Mapowanie – dopasowanie mapy bitowej do geometrycznego obiektu cyfrowego, dla nadania faktury, wzoru, koloru pochodzącego z tej mapy.

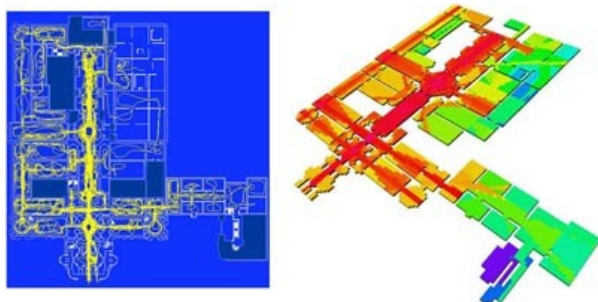


krajobrazu na odległość. Poszczególne materiały, budujące powierzchnię terenu a także pokrywające teren mają specyficzne cechy rozpraszające i odbijające fale elektromagnetyczne. Dzięki temu możliwe jest wykonanie zdjęć tematycznych budowy geologicznej, ukształtowania powierzchni czy organicznego pokrycia. Techniki te stały się w ostatnich latach dostępne dzięki zakończeniu „zimnej wojny” i nasyceniu rynku w firmy pełniące te usługi.

We wszystkich krajach Europy budowane są Systemy Informacji Przestrzennej (SIP lub GIS – Geographic Information System)<sup>20</sup>, które integrują dane o terenie pochodzące z różnych źródeł, pozyskiwane przy pomocy różnych metod i dotyczące różnych dziedzin. Systemy te powinny być źródłem danych dla generowania modeli terenu w analizach krajobrazowych. **Polskie Towarzystwo Informacji Przestrzennej** organizuje corocznie konferencję **Systemy Informacji Przestrzennej**, na której przedstawiane są raporty na temat budowy tych systemów w Polsce<sup>21</sup>, wymieniane doświadczenia z innymi krajami, przedstawiane są trendy rozwojowe i technologie. Charakterystykę i budowę współczesnych systemów informacji przestrzennej przedstawiają **Bielecka** i **Jankowski** w referacie „**Architektura współczesnych systemów informacji przestrzennej**”<sup>22</sup>.

Pakiety obsługujące SIP posiadają wiele narzędzi wspomagających pracę przy analizach krajobrazowych. Wśród nich oprogramowanie generujące siatki terenu, obliczające spływy wód, ekspozycję nachyleń a także wyznaczające obszary widoczności. Standardowe algorytmy wyznaczające obszary widoczności bazują na zasadzie kąta pionowego i tworzą obrys obszaru na mapie ortogonalnej<sup>23</sup>. Specyficzne potrzeby analiz wymagają indywidualnego podejścia.

Wykresy widoczności w analizach pola widoku stosowane są przez **VR Centre for the Built Environment** (od 1997 roku działające przy University College London)<sup>24</sup>. Technika ta polega na wyborze punktów w przestrzeni i tworzeniu osi wykresów pomiędzy tymi punktami, jeżeli są obustronnie widoczne, aby uformować wykres widoczności. Bazuje na geometrii analitycznej i badaniu punktu i jego zawierania się w obszarze. Isovist<sup>i</sup> punktu stanowi obszar badania. Wykresy widoczności generowane są w oparciu o sieć osi rozciągniętych między punktami w kilku kluczowych miejscach. **O'Sullivan** i **Turner** poszerzyli metodę przez wprowadzenie siatki tysięcy punktów i określili ją jako „Visibility Graph Analysis Integration” (integracyjna analiza wykresu widoczności), czyli „VGA Integration”.



**Ilustracja 3.9.** Porównanie analizy dróg eksploracji galerii z wykresem widoczności generowanym metodą „VGA Integration”.

Metoda posiada szerokie zastosowanie w wyznaczaniu optymalnych dróg eksploracji galerii, wystaw i dużych sklepów. Oprogramowana została w postaci pakietu Spatialist pracującego w środowisku Microstation. Program generuje obszary isovist dla każdego punktu. Obszary nachodzą na siebie i zawierają wewnątrz inne punkty. Im więcej punktów zawiera się w obszarze tym wyższa wartość jest nadawana, co na obrazie wykresu odzwierciedla się

<sup>i</sup> Isovist – wielokąt zamknięty zawierający obszar widoczny z jednego punktu w promieniu 360°.

kolorem. Właściwości tych wykresów widoczności pozostają w ścisłej relacji do takich aspektów percepcji przestrzeni jak odnajdowanie drogi, ruch i użytkowanie przestrzeni.

## 4. POJĘCIA PODSTAWOWE

W modelu komputerowym krajobrazu można symulować niektóre elementy percepcji. W oparciu o jego geometrię można badać zagadnienia widokowe, ustawiając różne punkty i kierunki patrzenia. Dla symulacji percepcji optycznej oprócz modelu geometrycznego potrzebne są dodatkowe informacje na temat potoków ruchu, w których obserwatorzy eksplorują krajobraz. Dzięki nim ustawia się konkretne punkty widokowe, którym można przyporządkować wagi wynikające z częstości ich odwiedzania. W oparciu o te elementy definiuje się cyfrowe środowisko symulacji widokowej, którego podstawowym elementem jest scena symulacji.

**4.1.** *Sceną symulacji widokowej określany jest w niniejszej pracy cyfrowy model przestrzeni wykonany w granicach istotnych dla analizy z określonymi parametrami elementów geometrycznych, oświetlenia i środowiska, na które składają się model przezroczystości powietrza, modele światła i barwa tła.*

Podstawową informacją, potrzebną do analiz krajobrazowych, jest określenie elementów widocznych z danego punktu. Oznaczenie w modelu tych elementów może posłużyć do tworzenia rysunków zbierających te informacje. Suma informacji o widocznych elementach z różnych istotnych punktów widokowych daje kompletny materiał do analiz krajobrazowych wykonywanych pod kątem widoczności. Informacja ta może być zawarta na wielu różnych obrazach przedstawiających pojedyncze ujęcia jak również na rysunkach zbiorczych. Szczególnie interesujący dla opracowań interdyscyplinarnych może być obraz wygenerowany na podstawie rzutu równoległego, ortogonalnego, z góry, czyli planu. Pozwala on na zestawianie z rysunkami, rzutami i mapami zawierającymi informacje na inne tematy.

### 4.2. Wykresy widoczności

Najczęściej tworzy się wizualizacje przedstawiające widoki perspektywiczne z danego punktu w określonym kierunku. Pozwala to na ocenę jedynie pojedynczego punktu widokowego i nie daje możliwości zestawiania z innymi. Dzięki oznaczeniu w modelu cyfrowym elementów widocznych z różnych punktów widokowych można przeprowadzać analizę porównawczą. Staje się to możliwe w wyniku dobrania parametrów rzutowania dla widoku najlepiej przedstawiającego model a następnie wygenerowania wizualizacji przedstawiających elementy widoczne z poszczególnych punktów widokowych.

**4.2.** *Wykresem widoczności nazywany jest w niniejszej pracy obraz, powstały przy określonych parametrach rzutu, przedstawiający graficznie elementy sceny symulacji widokowej widoczne z danego punktu lub miejsca widoczności danego punktu.*

Wykresy widoczności mogą być zatem wykonywane na potrzeby określenia elementów widocznych z konkretnego punktu widokowego jak i miejsc, z których widoczny jest punkt ważny krajobrazowo. Dobrym przykładem punktu łączącego oba te aspekty jest Kopiec Kościuszki. Istotnym wymaganiem w stosunku do wykresu jest

to by na nim zaznaczone były wszystkie elementy ważne w analizie. Dlatego możliwe jest by w skład jednego wykresu wchodziło wiele obrazów rzutów sceny, wykonanych z różnych stron.

Widok perspektywiczny z danego punktu widokowego przedstawia tylko elementy widoczne z tego punktu. Zatem wykres widoczności powinien być raczej generowany w oparciu o parametry rzutowania innego widoku, w którym będą oznaczone powierzchnie widoczne jak i niewidoczne. To rozumienie wykresu widoczności jest związane z jego trójwymiarowością. Ukazywane są na nim zarówno powierzchnie poziome jak i pionowe. Zależy to od parametrów rzutowania (por. 4.3.3).

#### 4.2.2. Isovist a wykres widoczności

W analizach pola widoku obszar wewnątrz planu widoczny z punktu widokowego nazywany jest Isovist'em<sup>25</sup>. Jednakże w wielu pracach dotyczących technik komputerowych pojęcie to zawężane jest do wielokąta zamykającego obszar widoczny w promieniu 360°<sup>26</sup>. Powodem tego jest częste stosowanie określenia do przestrzeni wewnątrz ograniczonych ścianami (por. 3.2).

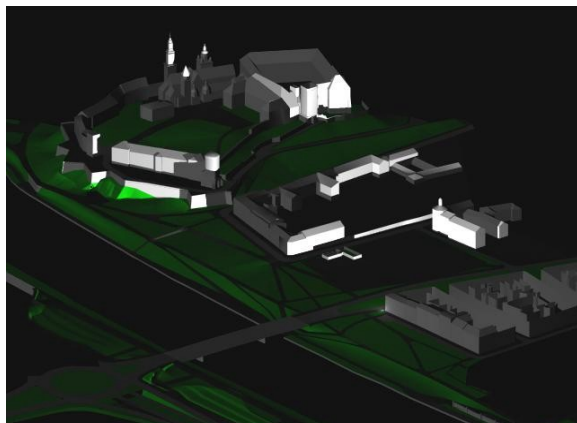
W przypadku analiz krajobrazowych pole widoku składa się z wielu obszarów poprzerzywanych cieniami widokowymi pochodzącymi od różnych przeszkód. Pojęcie isovist'u stosowanego do analiz krajobrazowych winno być rozumiane w tym duchu, jako obszar w środowisku przestrzennym, który jest widzialny wprost z zadanego punktu. Wiąże się to z punktem widokowym, z którego jest wyznaczany, określanym często jako baza isovist'u. Ponadto obszar rozumiany jest dwuwymiarowo, terytorialnie, w kontekście planu.

Wykres widoczności z definicji 4.2 pokrywa się z isovist'em tylko w przypadku rzutu ortogonalnego (por. 4.3.3). Rozszerza to pojęcie o trzeci wymiar, ponieważ wprowadza dowolność rzutowania obrazu. Możliwe są wykresy powstałe w oparciu o rzut równoległy – aksonometrię, środkowy – perspektywę i plan. Ponadto generuje się je także dla ekspozycji biernej (por. 4.2.3). Definicja 4.2 wprowadza zawężenie do obiektu lub ograniczonego obszaru poddawanego analizie, zawierającego się w granicach sceny symulacji, podczas gdy isovist obejmuje całość pola widzenia w promieniu 360°. Ponadto isovist jest pojęciem przestrzennym natomiast wykres jest obrazem, czyli zapisem informacji.

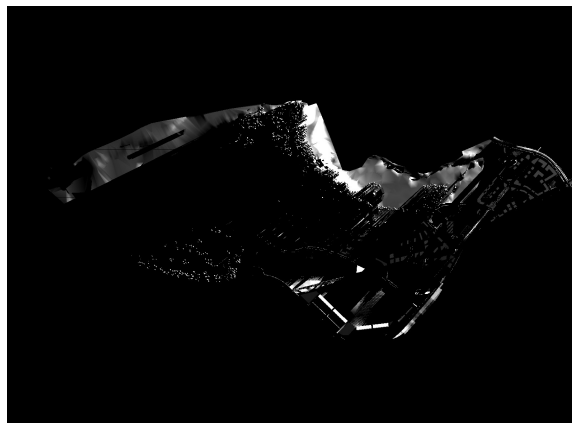
#### 4.2.3. Ekspozycja czynna i bierna

Krajobraz, szczególnie zróżnicowany, nasycony jest punktami, z których roztacza się atrakcyjny widok (ekspozycja czynna) i obiektami atrakcyjnymi widokowo (ekspozycja bierna). W zależności od tematu analizy wykonuje się badania elementów widocznych z danego punktu i miejsc, z których widać ważny dla analizy obiekt. W przypadku ekspertyz oddziaływania na krajobraz nowych inwestycji powinno się zbadać, z których miejsc projektowany obiekt będzie widoczny a następnie jak będzie widoczny z tych miejsc. W oparciu o to założenie konieczne jest przeprowadzenie dwóch rodzajów symulacji widokowych. Można je przeprowadzić generując różne wykresy widoczności. W tym kontekście dokonuje się następującego rozróżnienia logicznego wykresów:

- wykres widoczności ekspozycji czynnej
- wykres widoczności ekspozycji biernej



**Ilustracja 4.2.** Wykres widoczności ekspozycji czynnej. Jaśniejsze powierzchnie są widoczne z punktu widokowego zaznaczonego punktem światła.



**Ilustracja 4.3.** Wykres ekspozycji biernej. Źródło światła umieszczono w miejscu odpowiadającym Wawelowi. Jaśniejsze powierzchnie pokazują miejsca na terenie III Kampusu UJ z których widać Wawel.

Na podstawie wykresu ekspozycji biernej możliwe jest wskazanie punktów ekspozycji czynnej. Ocena oddziaływania na krajobraz polega na stwierdzeniu, w jakim zakresie nowa inwestycja go wzbogaca i jak zmienia się percepcja istniejących elementów krajobrazu. Wykresy widoczności szeregu punktów ekspozycji czynnej mogą wspomóc tę ocenę dzięki porównaniu elementów widocznych przed i po inwestycji.

#### 4.2.4. Barwa wykresu

Ważnym nośnikiem danych jest barwa. W zależności od przyjętego modelu barw ilość informacji przypisana punktowi na płaszczyźnie rzutowania może być różna. W obrazach czarno-białych mamy do dyspozycji dwa bity, w których zapisana informacja może tylko potwierdzać lub negować. W kolorowych różne dane można przypisywać odcieniowi, nasyceniu i jasności. Każdą składową koloru można mierzyć, dzięki czemu informacja może być skalowana. W obrazie renderingu barwa jest pochodną światła i koloru obiektu, którego rzutem jest dany piksel. Poszczególne składowe barwy konkretnego piksela mogą nieść informacje zarówno o świetle jakie oświetla dany punkt jak również o wadze obiektu, która może być wyskalowana gradacją jasności. Wykres sporządzony dla punktu widokowego może zawierać zatem informacje waloryzujące. Obiekty mało ciekawe pod względem krajobrazowym mogą być ciemniejsze a interesujące można wyeksponować jaskrawą barwą.

Istotnym problemem są modele barw, występujące w grafice komputerowej, możliwe do wykorzystania w generowaniu wykresów widoczności. Ze względu na nie konieczne jest wprowadzenie kolejnej klasyfikacji wykresów. Najczęściej wykorzystywane są obrazy dwubitowe, ośmiobitowe, dwudziestoczerobitowe<sup>i</sup>. Każdy

<sup>i</sup> W obrazach dwubitowych pikselowi przypisywane są wartości 0 lub 1, w ośmiobitowych przyporządkowane są wartości od 0 do 255 (ilość liczb wraz z 0  $256 - 2^8$ ), w dwudziestoczerobitowych

z nich daje inne możliwości zapisu informacji w ramach opisu piksela. Wyróżniono zatem następujące wykresy ze względu na rodzaj obrazu jako nośnika danych:

- binarne – wykorzystujące obrazy dwubitowe jako nośnik danych, pozwalające zapisać jedynie informację o widoczności lub niewidoczności,
- achromatyczne – obrazy ośmiobitowe, umożliwiające liniową gradację w ramach jednego piksela,
- chromatyczne – obrazy dwudziestoczyterobitowe, dające duże możliwości zapisu danych w ramach kombinacji trzech liczb ośmiobitowych.

W dotychczasowych przypadkach generowania wykresów widoczności w ramach opisywanej metody najczęściej stosowane były wykresy achromatyczne. Pozwalają one na łatwe zestawianie w mapy (por. 4.3). mogą zawierać także informacje binarną. Chromatyczne wykresy były stosowane jedynie do wygenerowania map o obrazach dwudziestoczyterobitowych.

W związku z barwą pozostają rozróżnienia części wykresu. Przy definiowaniu parametrów sceny symulacji widokowej określa się barwę tła, światła a także elementów ważnych i nieważnych w przedmiocie analizy. Elementy te obrazowane są na wykresie i stanowią podstawowy jego podział. Dla potrzeb analizy należy wyróżnić **pozytywne pole wykresu**, które powinno odpowiadać zobrazowaniom elementów widocznych a zarazem istotnych sceny w wykresach ekspozycji czynnej i miejsc widoczności punktu ekspozycji biernej. Odwrotnością jest **pole negatywne wykresu** odpowiadające zobrazowaniom tła, elementów nieistotnych lub niewidocznych w wykresach ekspozycji czynnej i miejsc braku widoczności punktu ekspozycji biernej. W przypadku wykresów dwubitowych pozytywne pole wykresu będzie miało kolor biały a negatywne czarny. W wykresach o większej ilości kolorów w ramach obu tych pól mogą występować rozróżnienia dotyczące waloryzacji.

### 4.3. Mapy widoczności

Termin „mapa” jest używany w wielu dziedzinach nauki jako synonim modelu, przedstawiający strukturę zjawisk. Można ją więc traktować jako system informacji przestrzennej, który można wykorzystać do uzyskania odpowiedzi na wiele pytań odnoszących się do obrazowanego zjawiska. Tworzenie mapy nie polega zatem wyłącznie na odtwarzaniu, ale także na pozyskiwaniu nowej wiedzy o mapowanych problemach. Ostatnio w literaturze amerykańskiej mówi się o mapach jako o wizualizacji naukowej<sup>27</sup>. Wizualizacja ma na celu analizowanie informacji o różnego typu relacjach za pomocą grafiki. Pojęcia mapy jak i wizualizacji są zatem nierozdzielnie związane z obrazem graficznym. W zagadnieniach związanych z architekturą krajobrazu problemy mapowania<sup>i</sup> skupiają się na uwidacznianiu relacji przestrzennych.

W studiach krajobrazowych analizuje się często widoki z wielu punktów. Istnieje zatem potrzeba opracowania mapy widoczności, na której zebrana byłaby informacja o wszystkich istotnych pod tym względem elementach terenu. Mapa taka powinna nie tylko wyróżniać elementy widoczne, ale także dawać możliwość gradacji w zależności

---

– trzy liczby o wartościach od 0 do 255 (16777216 kombinacji).

<sup>i</sup> Mapowanie – tu, tworzenie mapy.

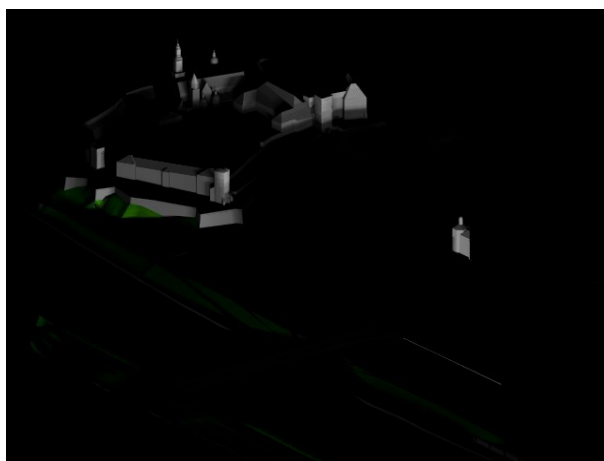
od częstości oglądanych obiektów. Wykonanie mapy w rzucie ortogonalnym z góry pozwolić może na kompilację danych tego typu z innymi, które najczęściej dokumentuje się na dwuwymiarowych rysunkach.

Mapy widoczności będą pozyskiwane z wykresów widoczności. Dlatego klasyfikacja ze względu na ekspozycję będzie tu obowiązywała również. Nieco odmienna sytuacja będzie natomiast w przypadku klasyfikacji ze względu na barwę. Z samej idei mapy jako zbioru danych zebranych z wielu wykresów wynika, że nie możliwa jest mapa binarna. Pozostałe rozróżnienia w ramach tej klasyfikacji mają zastosowanie.

#### 4.3.1. Mapa widoczności dla grupy punktów

Uzyskanie obrazu z sumą wykresów widoczności dla kilku różnych punktów i korzyści wynikające z tak komplementarnego źródła danych wydają się najlepszym uzasadnieniem dla generowania map widoczności. Dla zaznaczenia częstości oglądanego widoku z danego punktu odpowiedniemu wykresowi można nadać współczynnik wagi, przez który jego piksele będą przemnażane. Dzięki temu powierzchnie częściej widziane będą wyróżniały się jasnością. Obiekty widoczne z konkretnego punktu mogą być zaznaczone jednym kolorem, dzięki czemu można będzie stwierdzić, z którego punktu są one widoczne.

W przypadku mapy jednowarstwowej istnieją ograniczenia wynikające z przyjętego modelu barw. Ilość kolorów znaczących w wykresach nie może być zbyt duża dla czytelności obrazu. Rozwiązaniem mogą być mapy wielowarstwowe, w których na różnych warstwach będą różne wykresy. W zależności od potrzeb można włączać warstwy i kompilować znajdujące się na nich obrazy. W takim przypadku wykresy winny być ograniczone do jednorodnej i prostej struktury (np. dwubitowe), dzięki czemu łatwo można zmieniać ich parametry wyświetlania.



**Ilustracja 4.4.** Mapa widoczności dla drogi. Uśredniony obraz składający się ze 100 klatek animacji przeprowadzonej wzdłuż ul. Dietla.

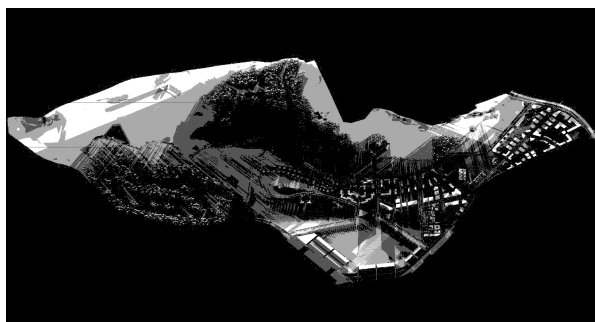
#### 4.3.2. Mapa widoczności dla drogi

Często istnieje potrzeba dokonania studiów krajobrazowych dla widoków roztaczających się z odcinka drogi. W takim przypadku można zasymulować ruch obserwatora dzięki technikom animacyjnym. Efektem ich zastosowania jest zbiór statycznych obrazów (klatek) ułożonych sekwencyjnie, które są wizualizacjami sceny zmieniającej się w czasie. W tym przypadku zmieniają się punkty widokowe wzdłuż drogi. Punkty te mogą być rozmieszczone równomiernie, ale także miejscami zagęszczone lub rozrzedzone w zależności od prędkości poruszania się obserwatora.

Dla każdego z tych punktów może być wykonany wykres widoczności a uśredniony ich obraz stanowić może szczególny rodzaj mapy widoczności. W przypadku dużej ilości klatek zadeklarowanych na początku animacji w praktyce niewykonalne może być przeprowadzanie analizy na podstawie wykresów. Mapa taka jest wówczas jedynym materiałem do wykorzystania.

### 4.3.3. Podział map widoczności w zależności od parametrów rzutowania

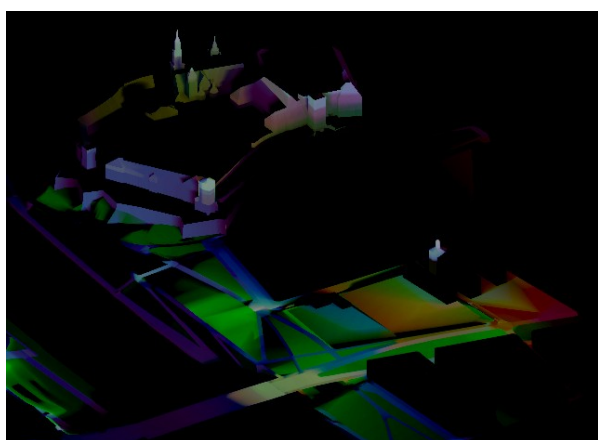
Informacja zbiorcza znajdująca się na mapach może być zestawiana z innymi rysunkami, interpretowana przez analizatora lub przez aplikacje automatycznie tworzące zestawienia. W zależności od późniejszego sposobu wykorzystania można dobrać zasady zestawiania wykresów w mapy a w szczególności parametry rzutowania. Całkowita swoboda przy doborze płaszczyzny i kierunków rzutowania daje możliwość wygenerowania reprezentatywnych obrazów. Można wyróżnić trzy zasadnicze rodzaje map w zależności od sposobu rzutowania:



Ilustracja 4.5. Mapa widoku z góry. Mapa przedstawia widoczność istotnych obiektów w otoczeniu Pychowic.

**4.3 Mapa rzutu ortogonalnego** – wszystkie wykresy, z których kompilowana jest mapa wykonane są na zasadzie rzutu równoległego w kierunku równoległym do osi „Z” i odwrotnym zwrocie. Jest to najbardziej przystający do potocznego rozumienia rodzaj mapy. Daje się ona doskonale zestawiać z mapami zawierającymi inne dane przestrzenne wykonywane przez kartografów i planistów. W przypadku modelu terenu powstałego na podstawie danych SIP mapa nie wymaga kalibrowania

do koordynat geodezyjnych. Wadą tego typu rzutów jest brak na nich płaszczyzn pionowych, które znacznie wpływają na wygląd krajobrazu szczególnie w punktach znajdujących się na niskich wysokościach i w terenach miejskich.



Ilustracja 4.6. Mapa rzutu reprezentatywnego. Rzut sparametryzowany dla najlepszego przedstawienia widoczności.

**4.4. Mapa rzutu reprezentatywnego** – dobór parametrów rzutowania odbywa się tak by obraz w jak największym stopniu eksponował informacje. Może to być w oparciu o rzut aksonometryczny jak i perspektywiczny. Mapa taka może składać się z dwóch lub większej ilości rzutów, byleby w sumie posiadały reprezentacje wszystkich istotnych elementów. Stosuje się go często w celach prezentacyjnych jako obraz poglądowy.





**Ilustracja 4.7.** Mapa zbiorcza. Widok Wawelu z ul. Dietla. Obraz uśredniony ze wszystkich klatek animacji wykonanej wzdłuż ulicy.

**4.5.** *Mapa zbiorcza (aplikacyjna, bezwzględna) – generowana pod kątem wykorzystania przez aplikacje analityczne. Wygląd obrazu jest w tym przypadku nie istotny. Mapa ma zbierać wartości poszczególnych wykresów w ramach standardu zrozumiałego dla aplikacji.*

Mapy widoczności są pochodną wykresów widoczności, zatem wykresy mogą mieć cechy rzutu ortogonalnego i reprezentatywnego. Mapa zbiorcza jest zestawiana z pojedynczych wykresów będących wizualizacjami perspektywicznymi generowanymi w oparciu o parametry rzutu środkowego. Oś rzutu w tym przypadku znajduje się pomiędzy punktem widokowym a obiektem celu. Dane w niej zawarte stanowią najbardziej wiarygodne informacje na temat zakresu widoczności.

## 5. PROCES GENEROWANIA MAP WIDOCZNOŚCI (METODA)

Cyfrowy model trójwymiarowy jest reprezentacją tych wszystkich elementów przestrzeni, które mają znaczenie dla przeprowadzanej analizy w środowisku programu komputerowego. Reprezentatywność tych elementów może być dostosowana do potrzeb z zakresie symboliczności, szczegółowości i liczby. Drobnowymiarowe obiekty w dużym obszarze mogą być przedstawiane jako symbole, lub piktogramy, las może nie zawierać reprezentacji wszystkich drzew. Model może być zatem traktowany w sposób otwarty i wykonany w zakresie niezbędnym dla przeprowadzenia analizy.

Fotografia jest podstawowym materiałem wykorzystywanym w analizach krajobrazu. W przypadku dysponowania modelem cyfrowym krajobrazu wykonuje się wizualizacje (renderingi), które można porównać do fotografii wykonywanych wirtualną kamerą. Operator systemu komputerowego dysponuje możliwościami pełnej ingerencji w model i decyduje o wyglądzie poszczególnych jego elementów, sposobie zaznaczania się ich na obrazie wizualizacji, filtrowaniu grup elementów mających różne znaczenie.

### **5.1. Scena renderingu** – cyfrowy model trójwymiarowy reprezentujący przestrzeń przygotowany zgodnie z wymogami analizy do wizualizacji.

Scena może być wizualizowana przy specjalnie dobranych światłach i kolorach przyporządkowanych obiektom. Zgodnie z wymogami analizy mogą być dobrane parametry wirtualnej kamery, czyli zasady rzutowania. Istnieje w tym przypadku pełna swoboda doboru parametrów. Trójwymiarowy model zostaje w wyniku wizualizacji spłaszczony do dwuwymiarowych, rastrowych obrazów - renderingów.

### **5.2. Rasteryzacja** – proces polegający na definiowaniu barwy piksela renderingu na podstawie cech prymitywów<sup>i</sup>, warunków oświetlenia i środowiska wizualizowanej sceny.

Na podstawie odpowiednio zdefiniowanych parametrów sceny określana jest barwa piksela. Barwa, związana ze specjalnie dobranymi pod kątem potrzeb analizy cechami prymitywu sceny a nie z realistycznym wyglądem wizualizacji, zawiera konkretne informacje. Poszczególnym zakresom barw podnosi się kontrastowość, inne odfiltrowuje dzięki temu otrzymywane są obrazy będące wykresami określonych danych. Podobne wykresy zestawiane są ze sobą i innymi danymi przestrzennymi dostarczany w postaci obrazów rastrowych.

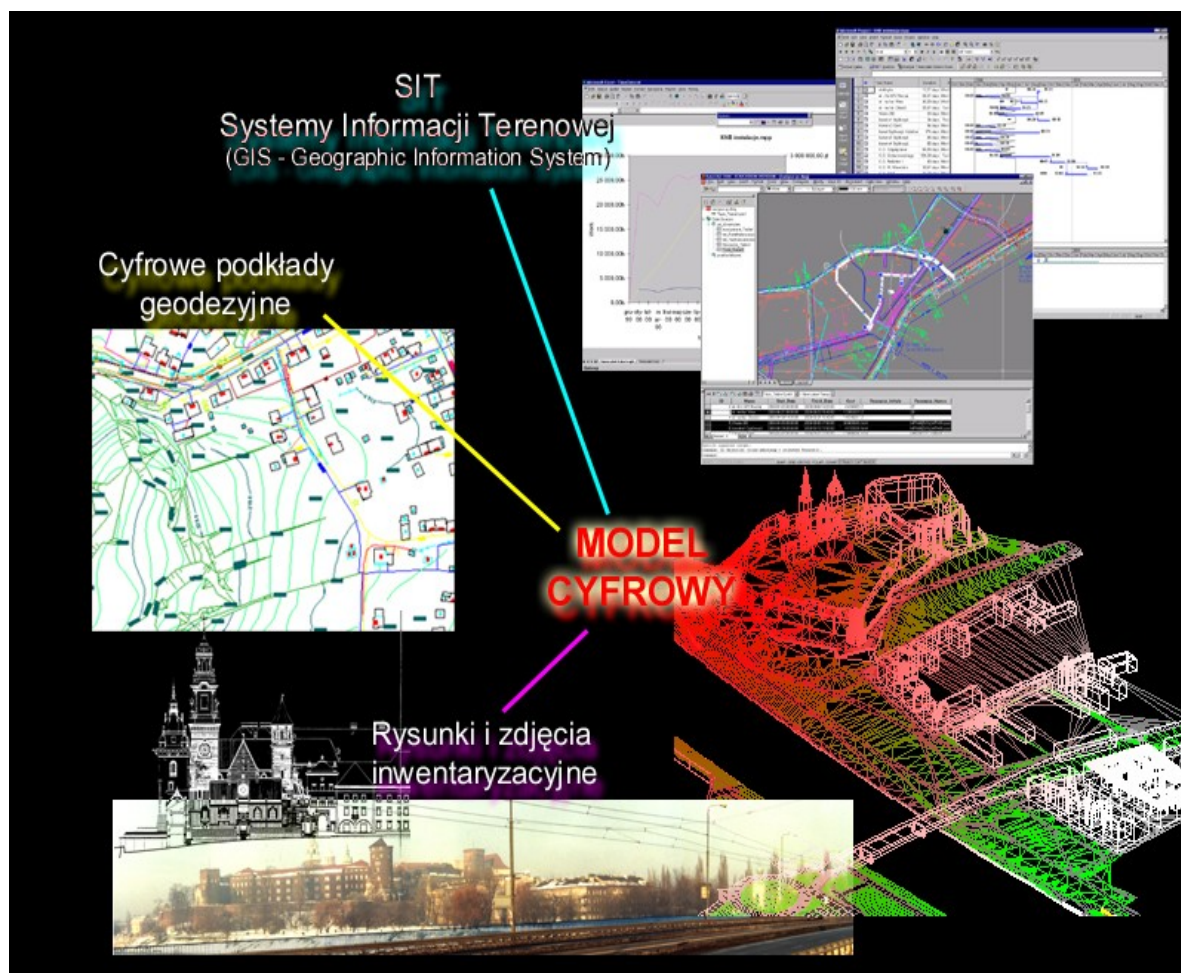
## 5.2. Modelowanie trójwymiarowe

Coraz więcej podkładów geodezyjnych dostępnych jest w wersji cyfrowej. W takim przypadku są to rysunki, które mogą stanowić kanwę Systemu Informacji

---

<sup>i</sup> Prymityw – obiekt podstawowy cyfrowego rysunku trójwymiarowego, jednorodnych cechach i właściwościach. Z prymitywów składa się model geometryczny.

Przestrzennej. Na ich podstawie stosunkowo łatwo, przy wykorzystaniu odpowiednich programów można wygenerować model rzeźby terenu. Podkład stanowi składnik SIP wraz z bazą danych, która może zawierać informacje dodatkowe, pozwalające na automatyczne modelowanie terenu wraz z pokryciem. Szczegółowość takiego modelu zależy od komplementarności bazy i od właściwego powiązania zawartych w niej informacji z elementami podkładu i programami interpretującymi dane<sup>28</sup>. W przypadku braku dobrze zorganizowanego SIP, który na podstawie danych zapisanych w bazie mógłby wygenerować trójwymiarowy model terenu, podkład można wykorzystać dodając trzeci wymiar.



Ilustracja 5.2. Schemat pozyskiwania danych do tworzenia modeli cyfrowych.

### 5.2.2. Automatyzacja generowania modelu

Powiązanie elementów rysunkowych z rozszerzającymi informacjami w bazie danych jest bardzo istotne. Cyfrowe podkłady geodezyjne są rysunkami wektorowymi<sup>1</sup>, których elementy przynależą do warstw merytorycznych. Poszczególne

<sup>1</sup> Rysunek wektorowy – zbiór elementów (prymitywów) geometrycznych, definiowanych w oparciu o geometrię analityczną, umieszczonych w przestrzeni euklidesowej. W przeciwieństwie do obrazu rastrowego zorganizowany jest w formie bazy danych, która odczytywana jest przez edytor graficzny. Interpretuje on parametry obiektu zapisane w bazie i wyświetla na ekranie. Posiada także narzędzia do tworzenia (rysowania) nowych elementów.

obiekty symbolizujące elementy pokrycia terenu mają skodyfikowane nazwy. Dzięki takiej organizacji możliwa jest automatyczna interpretacja danych rysunkowych przeprowadzana przez aplikacje w jakie wyposażony jest SIP. Rozwarstwienie rysunku ułatwia wiązanie informacji rozszerzających z poszczególnymi obiektami i dodawanie ich do części bazodanowej. Logiczna struktura rysunku jest zatem warunkiem dla efektywnego działania aplikacji automatyzujących kompletowanie projektu SIP.

Dla modelowania terenu najistotniejsze informacje rozszerzające dotyczą trzeciego wymiaru. Dobrze wykonany podkład geodezyjny zawiera opisane poziomice, pikiety terenowe, ilość kondygnacji w budynkach. Wystarczy zatem aplikacja interpretująca te dane by automatycznie wygenerować model terenu. Dane rozszerzające zawarte w bazie mogą dotyczyć gatunkowości, zwartości i wysokości pokrycia biologicznego jak również szczególnych elementów brył obiektów budowlanych (charakterystycznych dachów, wierz, konstrukcji inżynierskich). Od struktury bazy danych i efektywności aplikacji z nich korzystających zależy stopień zautomatyzowania modelowania.

Aplikacje generują model na podstawie informacji przestrzennych zawartych w rysunku podkładu i rozszerzających w bazie danych. Efekt ich pracy jest tylko taki jakimi danymi dysponują. Ewentualne błędy powstają w miejscach nieciągłości lub błędnych danych i są często trudne do znalezienia. Istnieje potrzeba poprawienia lub rozbudowania części modelu przez operatora. Ilość ingerencji operatora w proces generowania modelu może być na tyle duża, że automatyzacja przestaje być efektywna.

W przypadku danych nie właściwie uporządkowanych nie możliwa jest automatyzacja. Operator wykonuje model na podstawie dostępnych informacji w sposób swobodny. Może wykorzystać zdjęcia i rysunki inwentaryzacyjne utrwalone w formatach tradycyjnych jak również teksty opisowe i własną wiedzę. Nie jest konieczna digitalizacja wstępna tych danych gdyż następuje ona poprzez tworzenie modelu. Proces powstawania modelu w takim przypadku podlega w całym przebiegu kontroli operatora jednak trwa niepomiaralnie dłużej.

### 5.2.3. Problemy skali i szczegółowości

Na etapie modelowania cyfrowej sceny należy zdecydować o szczegółowości. Jej stopień powinien być dobrany do wielkości badanego krajobrazu. Ograniczenia wynikające z mocy obliczeniowych sprzętu pokrywają się w zasadzie z możliwościami zbierania i digitalizowania informacji o terenie. Elementy pokrycia są zaznaczane na podkładach geodezyjnych w stopniu szczegółowości determinowanym przez skalę. Także zdjęcia orto-foto<sup>i</sup> rejestrują szczegóły w adekwatny sposób do zakresu obejmowanego obszaru<sup>29</sup>. Zasada zastosowana w tych materiałach może być przeniesiona do modelu trójwymiarowego. Jest ona wystarczająca jeśli wykonywane są analizy, których wyniki mają być konsumowane przez specjalistów.

W przypadku konieczności wykonywania symulacji widokowych o realistycznym wyglądzie jednorodne nasycenie szczegółami całej sceny jest niewłaściwe. Może się

---

<sup>i</sup> Zdjęcia orto-foto lub ortofotomapa – zdjęcia lotnicze wykonane w kierunku pionowym, z ustaloną skalą dokładności, dopasowane do koordynat geodezyjnych, wyprostowaną zniekształceniami optycznymi. Może stanowić podkład wielu analiz przestrzennych.

okazać niewystarczające w bezpośredniej bliskości punktu widokowego. Dużemu uszczegółowieniu całego modelu może nie poddać system komputerowy. W tym przypadku dobrym wyznacznikiem stopnia szczegółowości mogą być tradycyjne zdjęcia krajobrazowe wykonywane w konkretnych ujęciach. Pokazują one szczegóły odwrotnie proporcjonalnie do odległości i obejmowanego zakresu przez co narzucają skalę.

### 5.3. Rendering modelu trójwymiarowego

Odpowiedź na pytanie czy dany obiekt jest widoczny z danego punktu jest zapisywana liczbą dwubitową (tak, nie). Przeważająca większość ekspertów krajobrazowych określających stopień oddziaływania na środowisko polega na odpowiadaniu na to pytanie. Rendering będący dwubitową bitmapą<sup>i</sup>, w której jednym kolorem pokazane są elementy widoczne a drugim niewidoczne zajmuje niewiele pamięci i nie potrzebuje dużej mocy obliczeniowych do policzenia. Parametry procesu wizualizującego nie są w takim przypadku skomplikowane i może być przeprowadzony przy wykorzystaniu prostych algorytmów. Mała ilość informacji na pojedynczym obrazie stwarza potrzebę większej ilości ujęć, które w kolejnych etapach będą musiały być zinterpretowane.

Problem rozrasta się kiedy kolorem piksela zapisywane są informacje złożone. Wówczas potrzebna jest większa liczba do ich zapisania. Kolor zapisywany liczbą 24-bitową może nieść skalowalne informacje na trzech różnych poziomach. Ograniczeniem są nie tyle możliwości systemu komputerowego ile problemy z przygotowaniem sceny do wydobywania takiej ilości danych. Dzięki skalowalności informacji zapisanej w obrazie kolorowym można otrzymywać informacje, które łatwiej daje się porównać. Pozwala to na większą obiektywność.

Algorytmy badające widoczność elementów sceny należą do najprostszych i najbardziej podstawowych. Potrzeba wygenerowania rastrowych obrazów jako wykresów widoczności powoduje wykluczenie wszystkich procedur, których efektem działania są rysunki wektorowe. Algorytm pracujący na zasadzie śledzenia promienia jest najbardziej przystający do potrzeb analizy krajobrazowej. Można go zastosować w dwóch ujęciach. Pozwala on w sposób bardzo precyzyjny wyznaczyć widoczne powierzchnie na płaszczyźnie rzutowania renderingu jak również wszystkie plamy światła i cienia w scenie.

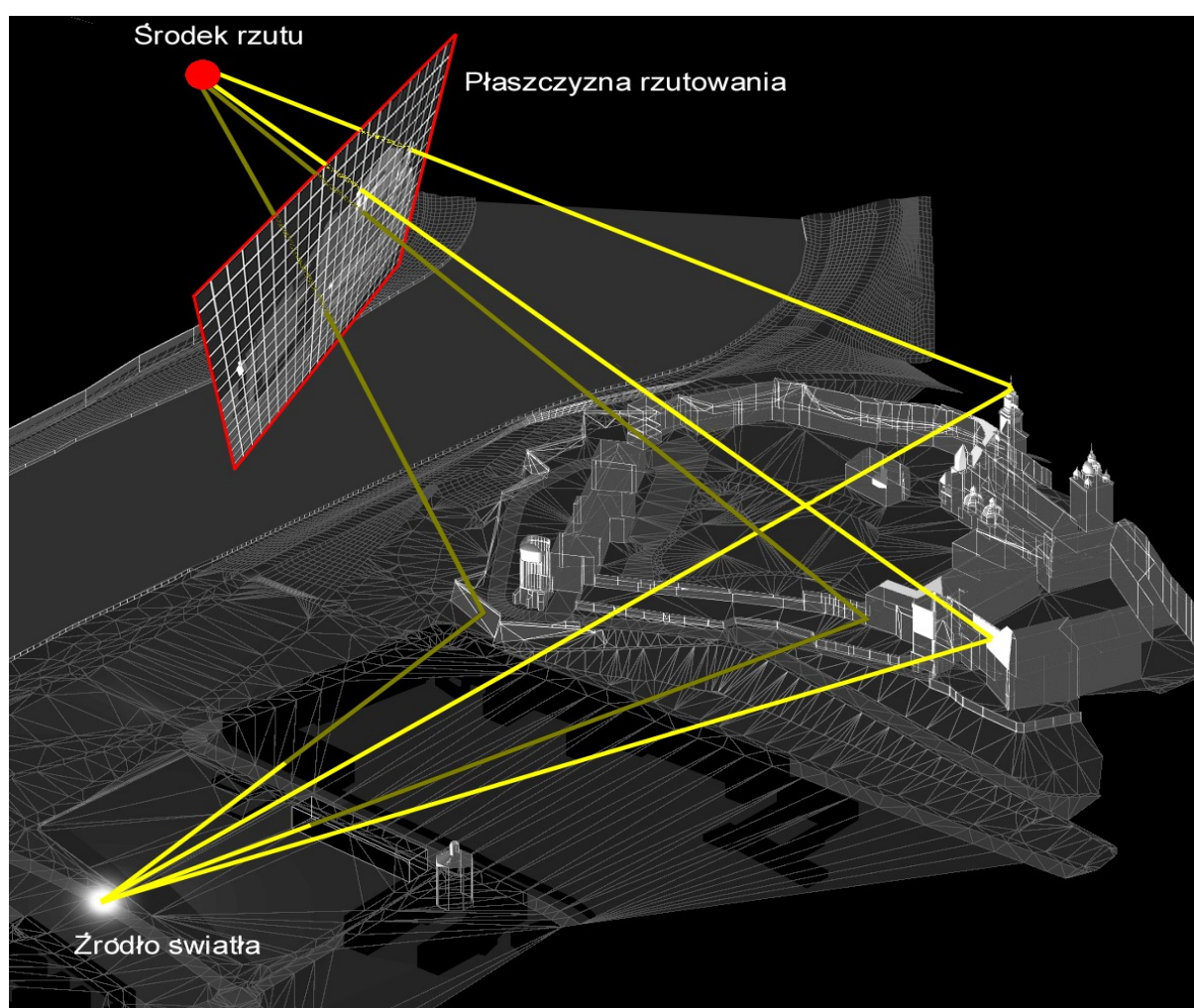
#### 5.3.1. Model światła lokalnego

Swoiste możliwości daje modelowanie światła w cyfrowej scenie reprezentującej krajobraz. Model światła umożliwia wyznaczenie barwy w danym punkcie w zależności od koloru światła, jego natężenia i definicji materiału powierzchni, na którą pada. Problem zaznaczania elementów widocznych z danego punktu może być rozwiązany w oparciu o tę zasadę. Algorytm śledzenia promieni światła działa na podobnej zasadzie jak wyznaczający elementy widoczne. Można zatem oświetlić scenę światłem punktowym usytuowanym w miejscu punktu widokowego. Promienie oświetlając elementy widoczne barwią je na określony kolor i tym samym wyróżniają.

<sup>i</sup> Bitmapa lub mapa bitowa – obraz rastrowy. W środowisku grafików komputerowych określenie bitmapa częściej jest stosowane do obrazów dwubitowych.

Tak zdefiniowaną scenę można oglądać z różnych stron, stosując rozmaite rzuty nie koniecznie perspektywy z punktu widokowego.

Definicja modelu światła lokalnego pozwala na takie rozumowanie, ponieważ w przeciwieństwie do światła ogólnego oświetla tylko płaszczyzny, na które pada bezpośrednio, czyli tylko te które są widoczne. Algorytm śledzenia promieni<sup>30</sup> pracuje z rozdzielczością obrazu to znaczy, że precyzję wyznaczanych cieni narzuca rozdzielczość renderingu. Działa on na zasadzie śledzenia umownych promieni światła od oka obserwatora poprzez piksel obrazu do pierwszego napotkanego obiektu sceny. Tyle wystarczy dla określenia powierzchni widocznych. W przypadku badania cieni dodatkowy promień jest wysyłany od obiektu w stronę źródła światła. Jeśli po drodze zostanie napotkana powierzchnia zasłaniająca piksel barwiony jest kolorem cienia. Rozszerzony algorytm pozwala na symulowanie powierzchni przezroczystych. W wyniku napotkania takiej przeszkody promień otrzymuje cechy zmodyfikowane przez charakterystykę zdefiniowanego dla niej materiału. Może zatem być osłabiony lub zabarwiony (np. przy symulacji szkła barwnego).



Ilustracja 5.3. Schemat algorytmu śledzenia promieni.

Dalsze etapy generowania map widoczności wymagają obrazów rastrowych. Uzasadnia to zastosowanie algorytmów o precyzji obrazu. Dokładność materiałów wyprodukowanych w tym etapie może być dostosowana do potrzeb poprzez dobranie odpowiedniej rozdzielczości renderingów. W zależności od niej pozostaje ilość umownych promieni i co za tym idzie czas generowania renderingu. Istnienie specjalnych obiektów w scenie takich jak półprzepuszczalne przegrody również ma wpływ na czas obliczania koloru piksela.

### 5.3.2. Wizualizacje dwubitowe

W popularnych programach do renderingu komputerowego w zasadzie nie istnieją proste algorytmy. Są one zestawiane w procedury, których działanie ma na celu osiągnięcie realistycznych obrazów. Algorytm śledzenia promieni jest zestawiany z modelami cieniowania powierzchni i światła otoczenia. Powoduje to różne natężenie jasności w zależności od kąta nachylenia powierzchni do kierunku padania promieni światła czyli ekspozycji. Im mniejszy jest kąt między kierunkiem promieni a normalną powierzchnią tym jest ona jaśniejsza. Powierzchnia minimalnie nachylona do promieni będzie oświetlona bardzo słabo. Taka sytuacja uniemożliwia wygenerowanie renderingu dającego dwubiegunową informację o widoczności.

Analiza dwubitowa wymaga zatem specjalnie przygotowanej sceny i parametrów światła. Jeśli światło otoczenia zostanie całkowicie zredukowane to każdy punkt, który nie jest czarny można traktować jako oświetlony promieniem pochodzącym z ustawionego w punkcie widokowym źródła światła a tym samym jako widoczny. Można zatem przyporządkować mu wartość pozytywną. Obraz powstały w wyniku renderowania takiej sceny będzie przynajmniej 8-mio bitowy, czyli każdy piksel może mieć 256 możliwych wartości. Piksele obrazujące elementy nieoświetlone będą miały wartość 0. Proste przekształcenie obrazu rastrowego może doprowadzić do postaci dwubitowej przyporządkowując pikselom o wartości różnej od zera wartość 255 a następnie zredukowanie obrazu do postaci mapy dwubitowej.

### 5.3.3. Wizualizacje kolorowe

Kolor na wszelkiego rodzaju wykresach pełni funkcję informacyjną. W obrazach rastrowych barwa piksela wyraża się liczbą bitową, której wartość może nieść istotne informacje. W przypadku obrazów 8-mio bitowych, achromatycznych, skala 256-ciu odcieni umożliwia dość szerokie wartościowanie w ramach jednego kryterium. Jasność piksela może być zatem funkcją odległości punktu, którego rzutem jest dany piksel, od źródła światła lub zależeć od ilości punktów, z których jest widoczny. Obiekt może odbijać promienie światła w zależności od atrakcyjności dla widoku. Można zatem dokonywać waloryzacji poszczególnych elementów krajobrazu w scenie i tego odbicie znajdzie się na renderingach. W wykresach 8-mio bitowych zastosowanie wielu kryteriów waloryzujących może być uzasadnione dla analiz, w których nie istnieje potrzeba wyróżniania parametru wpływającego na obraz, ponieważ wszystkie modyfikują jeden tylko wymiar: jasność.

Wielość kryteriów może zostać uczytelniona w przypadku zastosowania obrazów 24-ro bitowych. Addytywny model koloru RGB<sup>31</sup>, wykorzystywany najczęściej w grafice rastrowej przyporządkowuje po 8 bitów trzem składowym barwy. Czerwony (red), zielony (green) i niebieski (blue) mieszane addytywnie składają się na kolor

piksela. Każdej ze składowych można zatem przyporządkować odrębne kryterium waloryzacyjne. Możliwości te można wykorzystywać na wiele sposobów. Składowa może reprezentować widoczność z określonego punktu, w którym ustawiono światło o tym kolorze, może także informować o zasłanianiu przez obiekty, których materiał zdefiniowano jako szkło barwiące promień. Dla czytelności wykresu ilość kryteriów trzeba jednak ograniczyć do trzech. Wynika to z trójwymiarowości 24-bitowego modelu barw.

#### 5.3.4. Rendering – wykres widoczności

W wyniku poddania trójwymiarowej, cyfrowej sceny koncepcyjnemu potokowi renderingu generowany jest obraz rastrowy będący wizualizacją sceny. Odbywa się to poprzez ustalenie parametrów rzutu czyli definicję płaszczyzny rzutowania o określonej rozdzielczości i środka lub kierunku rzutowania. Każdy piksel na płaszczyźnie jest obrazem punktu w scenie, jego kolor (wartość) wynika z procesu rasteryzacji. Wartość piksela zależy zatem od parametrów materiału odpowiadającego mu punktu i oświetlenia. **Obraz cyfrowej sceny ze światłem sparametryzowanym zgodnie z warunkami widoczności, ustawionym w punkcie widokowym i elementami geometrycznymi w określony sposób je odbijającymi, wygenerowany w oparciu o algorytm śledzenia promienia może być wykresem widoczności dla tego punktu.** Liczba przyporządkowana pikselowi, będącemu rzutem obiektu sceny, jest wówczas odzwierciedleniem widoczności obiektu z punktu widokowego.

### 5.4. Obraz rastrowy – obraz wyników symulacji

Pojedynczy rendering obrazujący widoczność z jednego punktu jest wykresem, który można wykorzystać do tworzenia map zestawiających informację o widoczności z wielu punktów. W scenie można jednak zdefiniować więcej światła ustawionych w punktach widokowych. W wyniku wizualizacji takiej sceny będziemy mieli do czynienia z *mapą widoczności*. Parametryzacja punktów świetlnych może dotyczyć ich natężenia i koloru. Wartość piksela będzie pochodną ekspozycji powierzchni względem światła i natężenia sumy światła. Informację w niej zawartą trudno jednoznacznie zinterpretować z powodu różnej ekspozycji poszczególnych oświetlonych płaszczyzn. Generowanie map widoczności przy wykorzystaniu operacji na obrazach rastrowych daje większe możliwości interpretacyjne.

#### 5.4.1. Uporządkowana suma i średnia wykresów widoczności

Pojedyncze wykresy zawierają informację o widoczności z jednego punktu widokowego. Percepcja krajobrazu rzadko odbywa się z jednego punktu. Obrazami zbierającymi informację z wielu wykresów są mapy widoczności. Mapy widoku ortogonalnego i rzutu reprezentatywnego mają ściśle określone parametry rzutowania. Odpowiednie piksele wykresów widoczności generowanych na potrzeby tych map są obrazami tych samych elementów sceny. Suma informacji zebranej z pikseli położonych w tym samym miejscu każdego wykresu jest zatem pełną



informacją o widoczności punktu, którego rzutem jest dany piksel. Nałożenie wszystkich wykresów w postaci warstw i dodanie liczb przyporządkowanych pikselom doprowadzi do wygenerowania mapy widoczności.

Ze specyfiki obrazów rastrowych wynikają konsekwencje uniemożliwiające proste dodanie wartości uporządkowanych pikseli dla osiągnięcia w wyniku obrazu rastrowego. Pod pewnymi warunkami obrazy niższego standardu można uporządkowanie sumować, jednak w wyniku musi być obraz standardu wyższego. Np. piksele obrazów dwubitowych można dodawać pod warunkiem, że nie będzie ich więcej niż 256 i wynikiem będzie obraz 8-mio bitowy. W obrazach 24-ro bitowych każdej składowej koloru przyporządkowane jest po 8 bitów. Obraz taki może być wynikiem uporządkowanego sumowania pikseli najwyżej 3-ech obrazów 8-mio bitowych. Uporządkowana suma pikseli może posłużyć do kompilowania specyficznych map widoczności. Dodanie na tej zasadzie wykresów trzech różnych punktów widokowych doprowadzi do powstania kolorowej mapy, wyraźnie pokazującej, z którego punktu widoczny jest element. Operacja ta nie może jednak polegać na algebraicznym dodawaniu wartości pikseli tylko na wzbogacaniu o kolejne kanały kolorystyczne. Pierwszy wykres będzie kanałem czerwonym, drugi zielonym a trzeci niebieskim.

Ograniczenia wynikające ze specyfiki zapisu obrazów rastrowych mogą być pokonane przez zastąpienie uporządkowanej sumy średnią arytmetyczną odpowiednich pikseli. Po zsumowaniu wartości odpowiednich pikseli otrzymaną liczbę dzieli się przez ilość obrazów i zaokrągla do jedności. Uśredniony w ten sposób uporządkowany zbiór liczb może być obrazem rastrowym tego samego standardu co składające się na niego wykresy. Nie można jednak uśredniać wykresów zapisanych w różnych standardach.

#### 5.4.2. Uśrednianie numeryczne

Wiele programów służących do obróbki obrazów rastrowych operuje warstwami i procedurami mieszającymi obrazy. Kolejne wykresy widoczności można by zatem poumieszczać na poszczególnych warstwach z ustawionymi parametrami wagowymi dla nich odpowiednimi. Obraz powstały w wyniku takiej kompilacji mógłby być zatem uśrednioną mapą widoczności zbierającą informacje ze wszystkich wykresów. Popularne programy mają jednak ograniczenie, które dyskwalifikuje ich użycie do tego celu. Kolejne warstwy nakładane są na zasadzie modyfikacji tła. Nałożenie na piksel o kolorze czarnym piksela białego z wagą 20% tylko za pierwszym razem osłabi nasycenie czerni do 80%. Kolejny biały piksel osłabi nasycenie do 64%. Mamy tu do czynienia z efektem procentu składanego. Nieobojętna jest w tym przypadku kolejność nakładanych warstw.

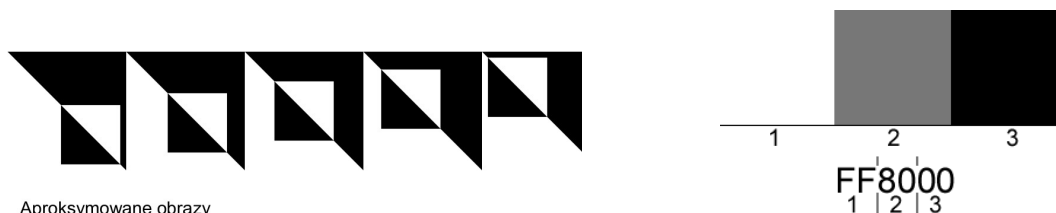
Wobec braku specjalistycznego oprogramowania zdecydowano o wykonaniu procedury w sposób uporządkowany uśredniającej piksele obrazów rastrowych. Program powinien spełniać następujące warunki:

- Operować na plikach jednakowej rozdzielczości i formatu graficznego obrazów rastrowych.
- Liczyć średnią arytmetyczną z wartości pobieranych z opisów pikseli znajdujących się w tej samej pozycji w kolejnych obrazach rastrowych.
- Wyniki średnich arytmetycznych zapisywać do pliku o takim samym formacie i rozdzielczości w niezmiennych pozycjach.

- Umożliwić uśrednianie dużych plików rastrowych podanych w dużej ilości.

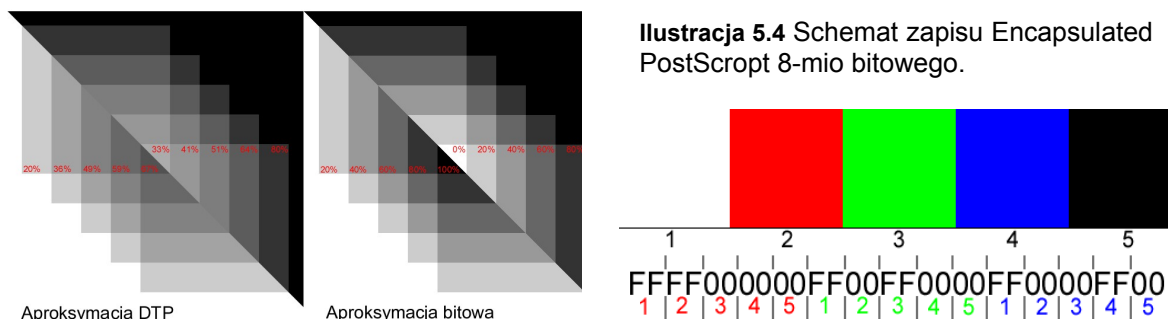
Procedurę wykonano jako samodzielną aplikację która pobiera dane z plików znajdujących się w jednej kartotece o zadanym wzorcu nazwy (Załącznik 1). Powyższe warunki wymusiły strukturę operującą na liczbach zmiennoprzecinkowych, z dynamicznie przyporządkowywaną pamięcią. Jako format danych wybrano zapis obrazów rastrowych w standardzie Encapsulated PostScript<sup>32</sup>. Ograniczono jednak format danych do obrazów 8-mio i 24-ro bitowych.

Format graficzny Encapsulated PostScript jest formatem wektorowym. Mimo tego łatwo można przeprowadzić proces uśredniania pikseli, dzięki prostej, tekstowej zasadzie zapisu. Obrazy rastrowe są wpisywane w jego strukturę w sposób czytelny i łatwy do wyodrębnienia. W obrazach 8-mio bitowych każdemu pikselowi przyporządkowane jest dwie cyfry w układzie heksadecymalnym. Wartość FF, czyli maksymalna (255) odpowiada kolorowi białemu a 00 czarnemu. Wszystkie odcienie szarości przyjmują wartości pośrednie. W rozwinięciu pliku piksele uporządkowane są w ciągu liniowym. Zatem piksel znajdujący się w 30 wierszu i 251 kolumnie ma opis w tym samym miejscu co piksel tak samo położony w pliku wykonanym dla innego wykresu o tym samym rozmiarze. Dzięki takiej właściwości można liczyć średnią arytmetyczną piksel po pikselu między różnymi wykresami. Warunkiem jest to, że wykresy muszą mieć tę samą rozdzielczość.



Aproksymowane obrazy

**Ilustracja 5.4** Schemat zapisu Encapsulated PostScript 8-mio bitowego.



Aproksymacja DTP

Aproksymacja bitowa

**Ilustracja 5.5.** Różnica w nakładaniu obrazów w popularnych programach graficznych i własnego programu.

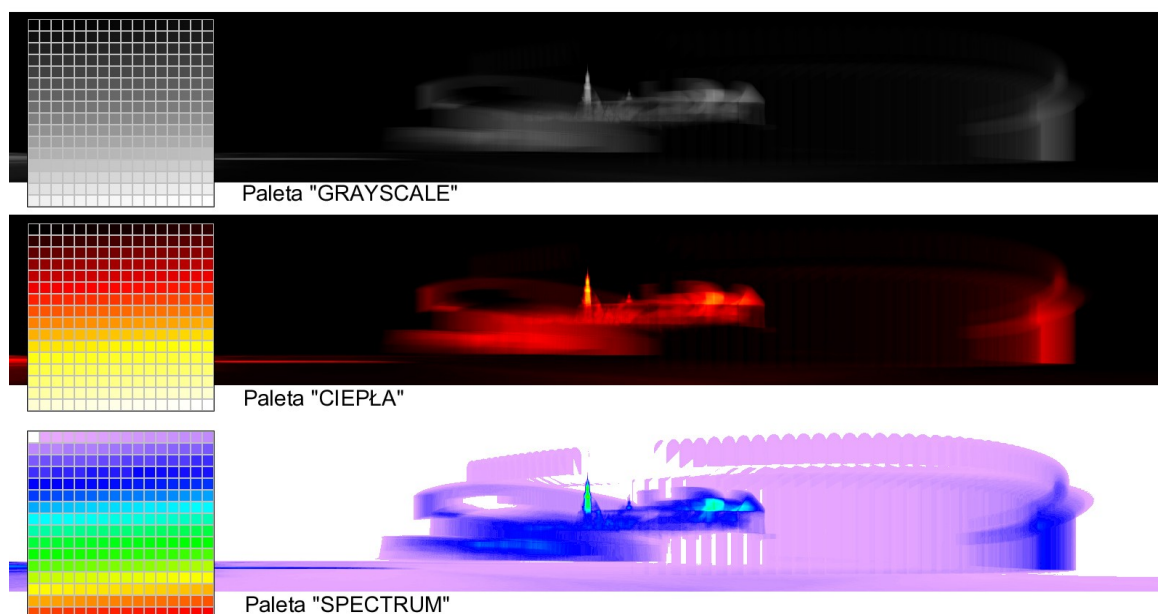
**Ilustracja 5.6.** Schemat zapisu Encapsulated PostScript 24-ro bitowego.

Zasada obliczania wartości piksela w obrazach 24-ro bitowych jest taka sama. Na kolor składają się trzy liczby 8-mio bitowe zapisane w kodzie heksadecymalnym. Każda liczba opisuje jeden kanał. Pogrupowane są w ciągi liniowe kanałami. Na początku pisane są wartości odpowiadające składowej czerwonej dla kolejnych pikseli, następnie zielonej i niebieskiej. Poszczególne kanały kolorystyczne kolejnych pikseli mają przyporządkowane 8-mio bitowe liczby uszeregowane w ciągu liniowym. Ta sama procedura przeliczająca 8-mio bitowe wyrażenia może być zastosowana z tą różnicą, że będzie ona przeliczać odpowiednie kanały piksela a nie całe wartości.

### 5.4.3. Filtrowanie barw

Popularne programy dla grafiki rastrowej, mogą być zastosowane do obróbki wyników zapisanych w formie map widoczności. Pozwalają one na filtrowanie zakresów barw, podają procentowy ich udział, liczą średnią jasność obrazu, rysują histogramy zarówno całego obrazu jak i poszczególnych kanałów kolorystycznych. Wszystkie te właściwości można wykorzystać do interpretowania map. Dzięki porównaniu jasności map widoczności wykonanych przed i po inwestycji można stwierdzić w jakim zakresie będzie ona zasłaniała widok. Innym przykładem wykorzystania tych możliwości może być badanie w obrazie mapy nasycenia koloru czerwonego, którym zostały zaznaczone obiekty najwyższej wartości kulturowej, poprzez wyciąg kanału czerwonego i zbudowanie dla niego histogramu.

Często wykresy jak i mapy widoczności są czytelne tylko w warstwie cyfrowej. Porównanie map, na których zaznaczone zostały niewielkie zmiany w rozległym krajobrazie może być nie możliwe na podstawie obserwacji obrazów. Różnice te można wylapać poprzez budowanie histogramów lub obliczenia średniej jasności obrazu. Innym sposobem jest podnoszenie kontrastu lub powiększanie wybranych fragmentów. Dla uwypuklenia różnicy można stosować przekształcenia polegające na zmianie palety barw. W obrazach achromatycznych poszczególnym wartościom piksela można przyporządkować kolory ze specjalnie opracowanej palety. Wartość piksela może być potraktowana jako indeks koloru w paletcie. W ten sposób znacznie podnosi się czytelność, ponieważ podobne do siebie odcienie szarości zastępuje się bardziej zróżnicowanym spektrum.



Ilustracja 5.7. Zastosowanie różnych palet koloru indeksowanego.

Zastosowanie koloru indeksowanego nie zmienia jednak standardu graficznego jako nośnika danych. Mimo iż wykres wygląda kolorowo w swej strukturze jest nadal achromatyczny.

## **6. OPIS PRZYPADKU – HOTEL NA BOISKU KS „NADWIŚLAN”**

Boisko Klubu Sportowego „Nadwiślan” (w dwudziestoleciu międzywojennym Klubu Sportowego „Maccabi”) nigdy nie było zabudowane. Teren ten jest wysoce atrakcyjnym miejscem dla potencjalnych inwestorów głównie ze względu lokalizacji w ścisłym centrum Krakowa, w bezpośrednim sąsiedztwie Wisły i Wawelu. Plan Zagospodarowania Przestrzennego dopuszcza w tym miejscu ograniczoną zabudowę, stąd narodził się pomysł wybudowania hotelu. Oczywistym jest, że w tak atrakcyjnym miejscu istnieją uwarunkowania wynikające z potrzeby ochrony krajobrazu. Inwestycja musi jak najmniej ingerować w istniejące widoki charakterystycznych obiektów i formą swoją podwyższać atrakcyjność miejsca.

Z zapisów lokalnego prawa wynika potrzeba przeprowadzenia oceny oddziaływania na środowisko dla tej inwestycji w tym także ekspertyzy krajobrazowej. Wobec dopuszczalnej w tym miejscu inwestycji należało zbadać jak powinien być ustawiony planowany budynek, by w jak najmniejszym stopniu ingerować w krajobraz i jak najlepiej podwyższać jego atrakcyjność. Ekspertyza wykonana została w Instytucie Architektury Krajobrazu Politechniki Krakowskiej przez zespół prof. dr hab. Aleksandra Böhma. Analizowane w niej były widoki planu dalekiego, średniego i bliskiego przy czym dla widoków planu bliskiego zastosowana została metoda wyznaczania wykresów widoczności przez autora, który wchodził w skład zespołu.

### **6. 1. Uwarunkowania lokalizacyjne, funkcjonalne i krajobrazowe**

#### **6.1.1 Opis stanu istniejącego**

Teren KS „Nadwiślan” leży w Krakowie pomiędzy ulicami Koletek, Sukienniczą, Dietla i Bulwarem Czerwińskim. Działka jest płaska o narysie czworokąta zbliżonego kształtem do trapezu, ogrodzona metalowym ażurowym ogrodzeniem w kolorze zielonym na podmurówce, w znacznej części przesłoniętym agresywnymi planszami reklamowymi i podzielona ogrodzeniem na dwie części. W zachodniej znajduje się pawilon klubu sportowego, trybuna ziemna i korty tenisowe. Część wschodnią zajmuje boisko trawiaste. Dodatkowym wyodrębnieniem terenu jest przebiegający wewnątrz ogrodzenia od strony ul. Sukienniczej nasyp ziemny o wysokości ok. 1 m. Wzdłuż wszystkich granic teren obsadzony jest zielenią wysoką; od ulic Sukienniczej, Dietla i Bulwaru Czerwieńskiego są to szpalerowe nasadzenia topoli włoskich częściowo podbudowane krzewami, a od ulicy Koletek różnogatunkowe pasmo drzew z przewagą robinii i klonów. Główne wejścia na teren i wjazd na parking znajdują się od strony ulicy Koletek przy budynku klubowym, a dwa wjazdy gospodarcze od ul. Dietla.

Na zachodzie działka sąsiaduje z eksponowanym ciągiem spacerowym wzdłuż poszerzonego w tym miejscu bulwaru wiślanego na przedłużeniu ulicy Smoczej. Przyległy odcinek bulwaru akcentowany jest od strony północnej

czterokondygnacyjnym narożnikiem ulicy Smoczej i Kołek, a od strony południowej również czterokondygnacyjnym narożnikiem ulic Dietla i św. Stanisława. Południową granicę stanowi ruchliwa dwupasmowa arteria ulicy Dietla, rozdzielona pasmem zieleni z torowiskiem tramwajowym wewnątrz. Od wschodu teren ogranicza wąska ul. Sukiennicza, której pierzeję w części północnej tworzą zabudowania zespołu dawnego Towarzystwa Dobroczynności z dominantą w postaci narożnej kaplicy a w części południowej ażurowe ogrodzenie. Od północy, wzdłuż ulicy Kołek, w jej części zachodniej znajdują się cztery kamienice czterokondygnacyjne, a mur w części wschodniej oddziela ulicę od ogrodu klasztoru oo. Bernardynów.



Ilustracja 6.1. Panoramy boiska K.S. Nadwiślan w kontekście miejskim.

### 6.1.2. Interpretacja obowiązującego Miejscowego Planu Ogólnego Zagospodarowania Przestrzennego Miasta Krakowa

Przedmiotowy teren leży w całości na obszarze sportu ZS.

Równocześnie tereny KS Nadwiślan położone są w następujących strefach polityki przestrzennej:

3 - Strefa rewaloryzacji wysokich wartości kulturowych - §39,

4 - Strefa zachowania ogólnomiejskich warunków równowagi ekologicznej - §40

18 - Strefa intensywności wielkomiejskiej - §54.

Zapis planu dot. obszaru sportu ZS pozwala na lokalizację usług komercyjnych, w tym także hotelu, jako przeznaczenia uzupełniającego na 20% powierzchni działki (§ 31 ust. 2 pkt. 1 i ust. 3 pkt. 2).

W strefie 3 działaniami podstawowymi są integracja i dopełnienie układu urbanistycznego oraz ochrona i konserwacja zabytkowej substancji (§ 39 ust. 2)

W strefie 3 zabronione jest dokonywanie zmian linii zabudowy i gabarytów budynków

W strefie 4 ustala się udział powierzchni zabudowy do powierzchni obszaru o danym przeznaczeniu na 20% a minimalną szerokość działki na 20 m.

W strefie 4 dopuszcza się budowę obiektów z uwzględnieniem przepisu § 59 ust. 1 obowiązującego do wykonania ocen oddziaływania na środowisko.

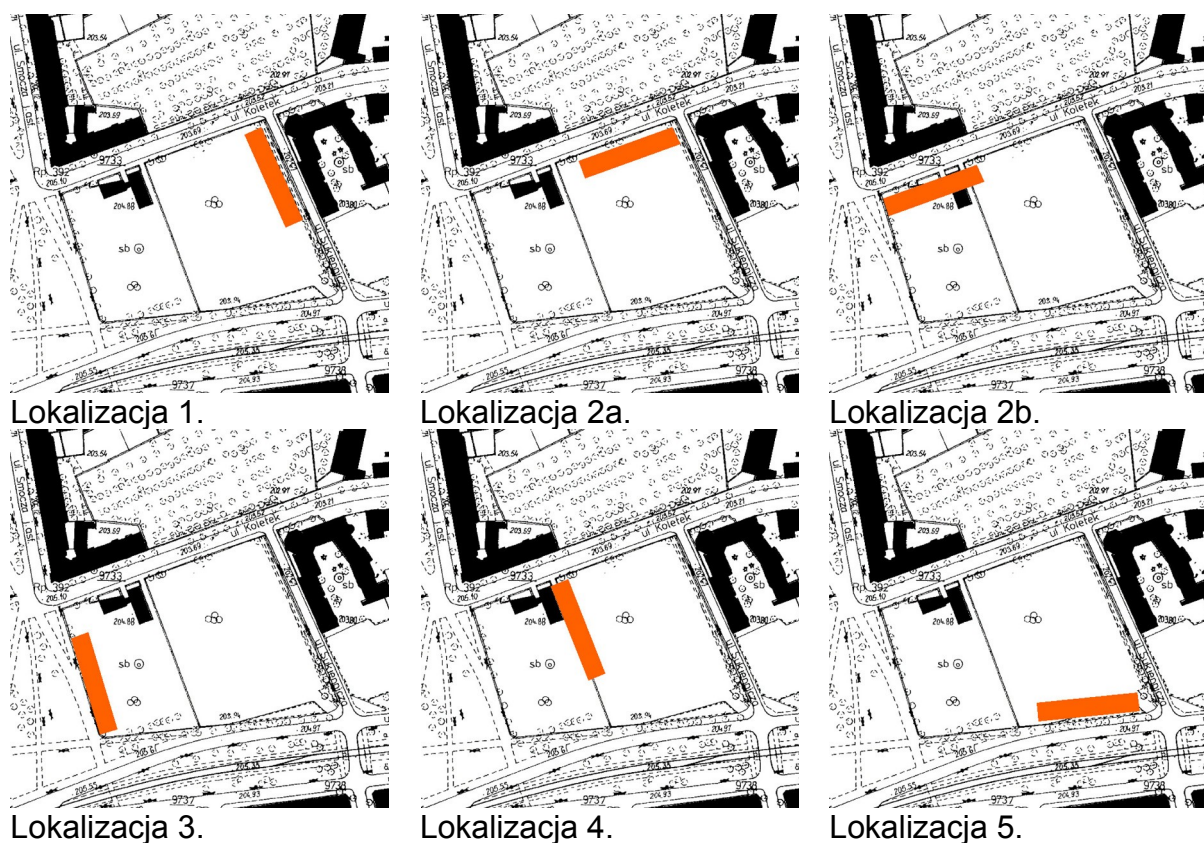
W strefie 18 dla pojedynczych obiektów zespołów lokalizowanych w części nie zabudowanego obszaru inwestor obowiązany jest przygotować koncepcję integracji z sąsiadującymi obszarami (§ 54 ust. 2 pkt. 9b)

### 6.1.3. Wstępny wybór potencjalnych lokalizacji budynku hotelu i jego gabarytu

Na podstawie analizy wyżej cytowanych zapisów Miejscowego Planu Ogólnego Zagospodarowania Przestrzennego Miasta Krakowa i pozostałych materiałów wyjściowych, do analizy zostało wybranych wstępnie 6 możliwych lokalizacji przyszłej inwestycji. Wszystkie one stanowią kontynuację zabudowy kwartałowej i przez to dopełniają istniejący układ urbanistyczny i linie zabudowy. Założono równocześnie, że wprowadzona zabudowa ze względów widokowych będzie niższa o 1,5 m od linii gzymsów istniejącej zabudowy sąsiadującej i wyniesie 13,5 m. Pozwala to na budowę hotelu którego kondygnacja parterowa będzie miała ok. 4.5 wysokości, a powtarzalne 3 kondygnacje nad nią po ok. 3,0 m. Ze względu na długości sąsiadujących pierzei i hotelową funkcję obiektu do analiz przyjęto wstępnie budynek nie przekraczający 70 m długości i 14 m szerokości.

Wybrano wstępnie lokalizacje:

1. wzdłuż ul. Sukienniczej
- 2a. wzdłuż ul. Koletek (wschodnia)
- 2b. wzdłuż ul. Koletek (zachodnia)
3. wzdłuż bulwaru Czerwieńskiego (ul. Smoczej)
4. na przedłużeniu osi ul. Kordeckiego (lokalizacja w środku terenu uzasadniona historycznymi planami podziału bloku na dwie części)
5. wzdłuż ul. Dietla



Rysunek 6.1. Plany lokalizacji inwestycji na działce.

#### 6.1.4. Analiza widoków z poszczególnych dystansów

Przy analizie widoków zbadano relacje proponowanej inwestycji głównie do następujących obiektów:

- |                        |                               |
|------------------------|-------------------------------|
| Plan daleki :          | – panorama miasta             |
| Plan średni i bliski : | – zespół Wzgórza Wawelskiego  |
|                        | – kaplica d. Krakowskiego     |
|                        | – Towarzystwa Dobroczynności  |
|                        | – panorama bulwarów wiślanych |

Klasztor i kościół oo. Paulinów na Skałce oraz Centrum Sztuki i Techniki Japońskiej Manggha są praktycznie z danego terenu niewidoczne, kościół oo. Bernardynów jest zasłonięty przez korony drzew, zaś kościół pw. Św. Piotra i Pawła pojawia się jedynie na krótko w panoramie miasta z okolic hotelu Forum.

Zestawienie ujęć widokowych z poszczególnych dystansów:

- plan daleki (punkty widokowe określone w Miejscowym Planie Ogólnym Zagospodarowania Przestrzennego Miasta Krakowa)
  1. Kopiec Kościuszki (3)
  2. Zakrzówek (2)
  3. Skały Twardowskiego
  4. Krzemionki (5)
  5. Kopiec Krakusa (1)

- plan średni
  1. Most Grunwaldzki (11)
  2. Bulwar Poleski (14a)
  3. Most Dębnicki (10)
  4. ul. Konopnickiej - Hotel Forum
- plan bliski
  1. ul. Dietla na odcinku pomiędzy mostem Grunwaldzkim a ul. Augustiańską
  2. ul. Koletek
  3. ul. Sukiennicza
  4. wloty ul. Kordeckiego i Orzeszkowej do ul. Dietla
  5. Bulwar Czerwieński
  6. Bulwar Inflancki

Na podstawie wstępnych analiz poszczególnych ujęć ustalono, że nowa zabudowa w zdefiniowanych powyżej parametrach nie przekracza gabarytów zabudowy sąsiadującej i nie ma większego wpływu na panoramy dalekiego i średniego planu. Dlatego postanowiono wykonać szczegółowe analizy cyfrowe jedynie dla widoków bliskiego planu.

## **6.2. Zakres opracowania w ramach omawianego przypadku**

W przedmiotowej pracy autor nie zajmuje się samą decyzją lokalizacyjną, jej uzasadnianiem ani oceną. Nie podejmuje także dyskusji na temat obowiązującego prawa dopuszczającego inwestycję na przedmiotowej działce. Opisywany przykład rozważany jest tylko w zakresie generowania danych do podjęcia decyzji i dostarczenia argumentów do jej uzasadnienia. Przedstawione tu są jedynie cyfrowe techniki, jakie zostały zastosowane, bazujące na wykorzystaniu algorytmu śledzenia promienia do wyznaczania wykresów i map widoczności i ich przetwarzania.

Wygenerowane w oparciu o tą metodę dane stanowiły jeden z elementów rozważanych przy wskazaniu lokalizacji najbardziej korzystnej w ekspertyzie opracowanej przez zespół pod kierunkiem prof. A. Böhma.

## **6.3. Parametry analizy cyfrowej bliskiego planu**

Wnioski wynikające z wstępnych badań określały zadanie dla tego etapu jako wyznaczenie najlepszej lokalizacji hotelu na przedmiotowej działce. Dokonano także waloryzacji polegającej na wyróżnieniu w sąsiedztwie obiektów wartościowych, które nie powinny być zasłaniane. Należało zatem wykonać symulacje widoków planu bliskiego dla każdej wersji umiejscowienia planowanego obiektu i porównać na nich stopień w jakim przesłania wartościowe elementy krajobrazu. Wykresy widoczności wykonane dla każdej lokalizacji mogą być materiałem porównawczym wspomagającym podjęcie decyzji.



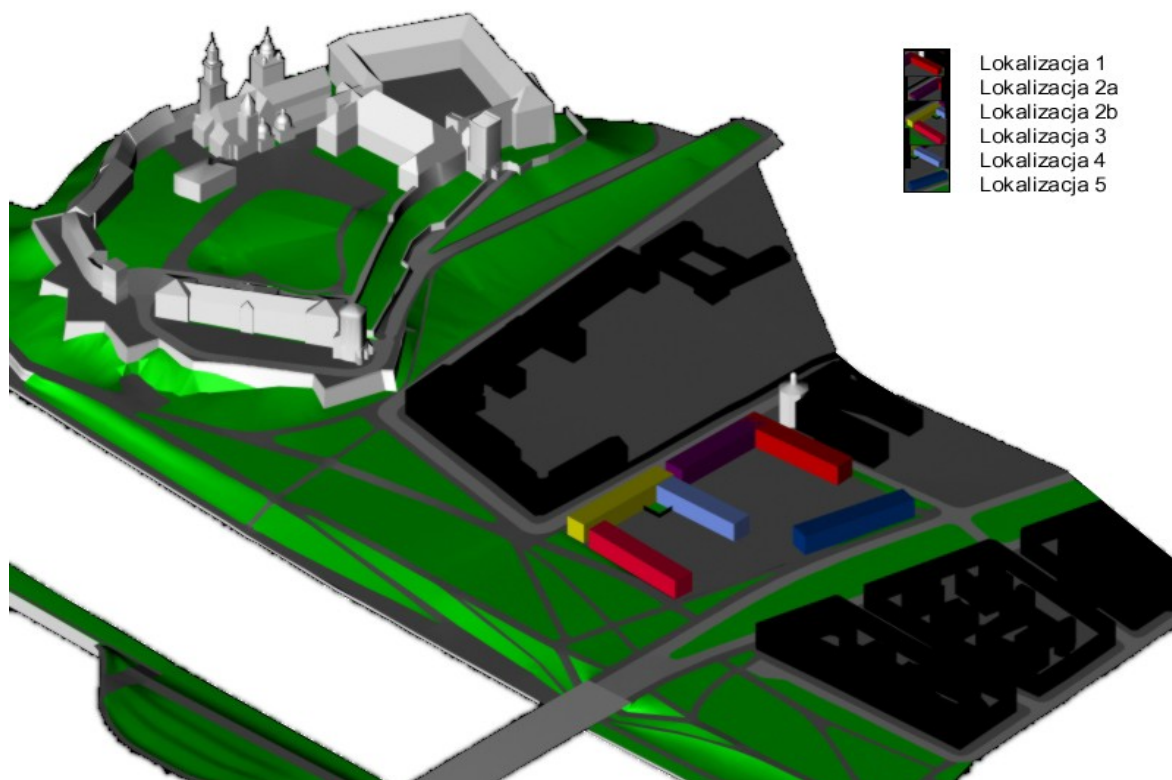
### 6.3.1 Scena symulacji

Podstawowym elementem do przeprowadzenia analizy opartej na algorytmie śledzenia promienia jest cyfrowa scena. Wygenerowanie jej wymaga zdigitalizowania wszystkich dostępnych danych o terenie i obiektach, następnie zbudowania trójwymiarowego modelu. Wobec braku systemu informacji terenowej w tym zakresie jedynie model terenu został wygenerowany automatycznie na podstawie cyfrowych podkładów geodezyjnych. Pokrycie budynkami wykonywane było w oparciu o inwentaryzację dostępną w formie tradycyjnej. Dokładność modelu uwarunkowana była stopniem dokładności podkładu odpowiadającemu skali 1:500. Szczegółowość budynków również została dobrana do skali urbanistycznej.

Wobec waloryzacji dwustopniowej (wartościowy/niewartościowy) budynków, na których widoczność mógł mieć wpływ planowany hotel dla uzyskania kontrastowego obrazu wyników scenę sparametryzowano w następujący sposób:

- Wartościowym krajobrazowo obiektom nadano jednolitą barwę białą.
- Niewartościowym elementom sceny jak również bryle hotelu nadano właściwości pochłaniające światło.
- Zredukowano jasność światła ogólnego (ambient).
- Tłu również przyporządkowano barwę czarną.

Dzięki temu każdy różny od czarnego piksel renderingu wygenerowanego w takiej scenie mógł być interpretowany jako obraz obiektu widocznego i wartościowego.



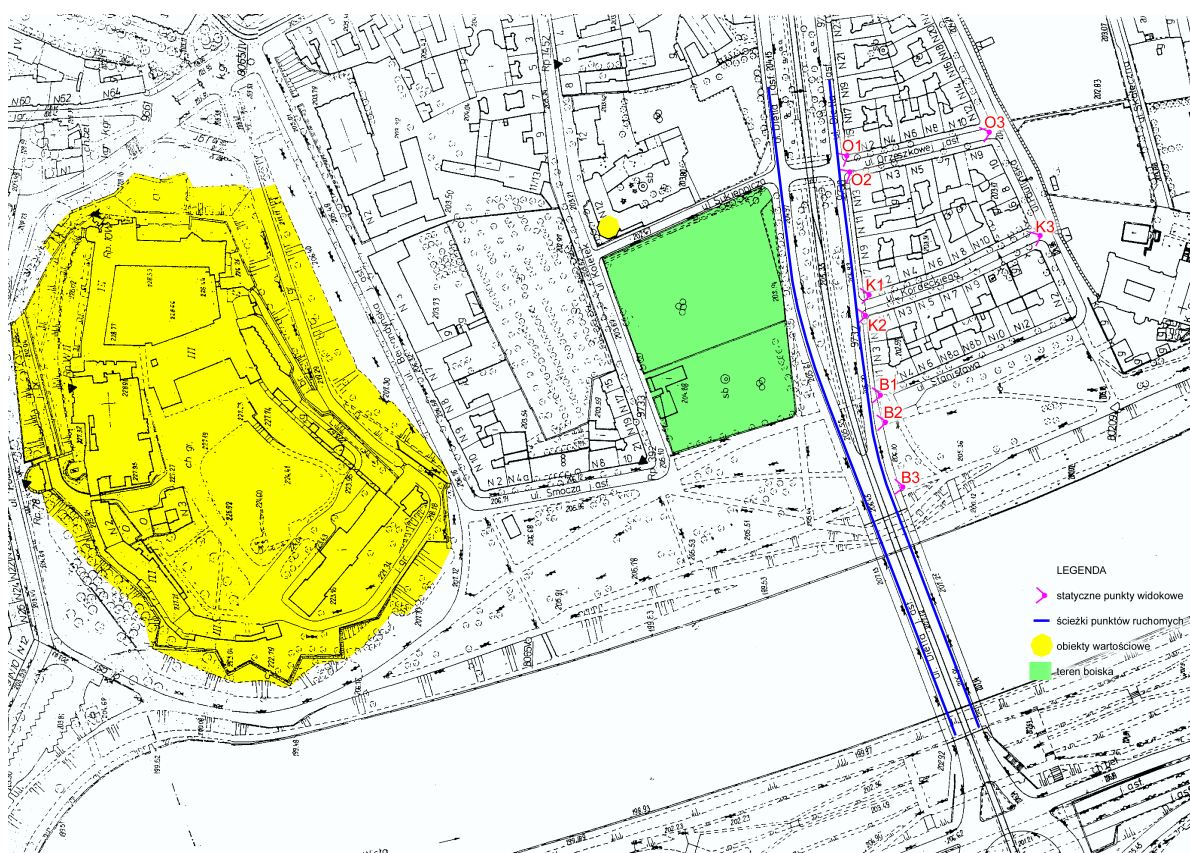
**Ilustracja 6.2.** Wizualizacja poglądowa cyfrowej sceny z bryłami hotelu w poszczególnych lokalizacjach. Niektóre parametry sceny zostały pominięte z powodów prezentacyjnych.

### 6.3.2. Punkty widokowe

Dla zaznaczenia widocznych elementów zastosowano modele światła punktowego wykorzystujące algorytm śledzenia promienia, które ustawiono w wyznaczonych punktach widokowych. Nadano im parametry promieni rozchodzących się we wszystkich kierunkach, ze stałą jasnością, barwy białej. Analiza dotyczyła planu bliskiego, zatem przezroczystość powietrza nie miała znaczenia i nie stosowano żadnych procedur tłumiących.

Obiekty światła dla widoków statycznych ustawiono w następujących miejscach:

- na obydwu narożnikach wlotu ul. Orzeszkowej do ul. Dietla,
- na osi ul. Orzeszkowej przy skrzyżowaniu z ul. Paulińską,
- na obydwu narożnikach wlotu ul. Kordeckiego do ul. Dietla,
- na osi ul. Kordeckiego przy skrzyżowaniu z ul. Paulińską,
- na narożniku ul. Św. Stanisława z ul. Dietla,
- na wlotach alejek Bulwaru Inflanckiego do ul. Dietla,



**Rysunek 6.2.** Plan sceny symulacji z zaznaczonymi punktami widokowymi i ścieżkami punktów ruchomych

Wszystkich analizowanych ujęć statycznych było 9. Punkty umieszczono na wysokości 170 cm nad poziomem terenu dla zasymulowania widoku jaki doznaje osoba dorosła w postawie wyprostowanej.

Dla przeanalizowania widoku z ul. Dietla należało zasymulować punkt ruchomy. Przyjęto dwie ścieżki punktu ruchomego przebiegające po obydwu jezdniach ulicy. Odległość między jezdniami, szczególnie w okolicy ul. Orzeszkowej jest na tyle duża, że różnicuje zakres widoczności między ścieżkami. Zastosowano animację punktu świetlnego, wyznaczając równomierny rozkład klatek po 100 dla każdej relacji ruchu.

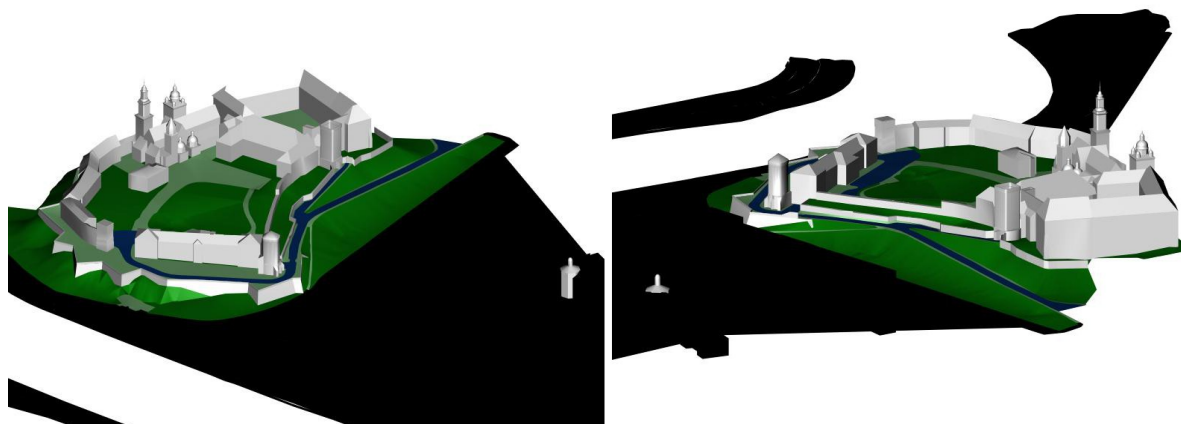
Wysokość ponad jezdnią przyjęto najbardziej niekorzystną, taką jak pasażera samochodu osobowego – 140 cm.

Analiza widoczności dla punktu poruszającego się po jezdniach ul. Dietla jest szczególnie istotna. Częstotliwość ruchu na odcinku między ul. Sukienniczą a rondem Grunwaldzkim wynosi 2885 pu/h szczytu popołudniowego (dane pozyskane z Instytutu Inżynierii Drogowej i Kolejowej Politechniki Krakowskiej). Przewyższają one pięciokrotnie sumę częstotliwości na ulicach wlotowych (Sukiennicza wraz z Koletek, Orzeszkowej, Kordeckiego), zaś ich wartości należą w skali miasta do wysokich.

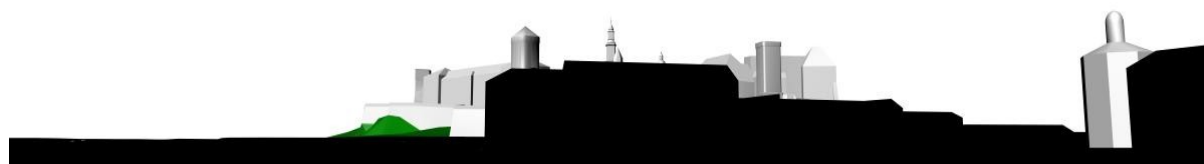
### 6.3.3. Dobór parametrów rzutowania

W omawianym przypadku duże znaczenie miała prezentacja wyników analizy, która miała przekonać do słuszności przyjętej metody. Wygenerowane zostały renderingu składające się na mapę rzutu reprezentatywnego służące prezentacji i mapę zbiorczą, w oparciu o którą wykonywano pomiary metodami cyfrowymi.

Widok reprezentatywny został stworzony na podstawie dwóch rzutów dobranych tak by znalazły się na nich reprezentacje wszystkich płaszczyzn, dla których było prawdopodobne, że są widoczne z któregośkolwiek punktu widokowego. Wszystkie rozważane lokalizacje hotelu są na południu i zachodzie od wartościowych obiektów, dlatego można było ograniczyć się tylko do rzutów z południowego wschodu i południowego zachodu. Kąt względem płaszczyzny poziomej dla rzutu z południowego zachodu przyjęto  $30^\circ$  a z południowego wschodu  $25^\circ$ . Te parametry rzutowania służyły dla prezentacji elementów widocznych zarówno dla punktów statycznych jak i ruchomych. Dzięki nim można było dokonać wzrokowej analizy i waloryzacji wyników.



Ilustracja 6.3. Poglądowe renderingu wykonane o oparciu o parametry rzutu reprezentatywnego.



Ilustracja 6.4. Rendering rzutu środkowego ze środkiem w punkcie widokowym B1.

Renderingi dla mapy zbiorczej wykonane zostały w oparciu o rzut środkowy ze środkiem ustawionym w punktach widokowych. Pokrywały się one w tym przypadku z punktami światła. Kierunek rzutu w każdym widoku ustawiony był na wieżę Zegarową. Pozwoliły one zbadać faktyczną widoczność. W przypadku punktu ruchomego animowany był razem ze światłem środek rzutu. Obrazy te złożyły się na mapy widoczności poddane analizie cyfrowej, ale także pozwoliły na wzrokowe prześledzenie widoku wzdłuż całej ścieżki ruchu.

#### **6.4. Wykresy i mapy widoczności wykonane dla hotelu**

Wszystkie renderingi wykonane w oparciu o opisane parametry rzutowania zostały zapisane w oddzielnych plikach w 8-mio bitowym formacie Encapsulated Postscript (EPS). Format ten został wybrany z następujących powodów:

- Tekstowy zapis obrazu, w którym każdy piksel reprezentowany jest dwiema cyframi heksadecymalnymi. Dawało to łatwość przetwarzania programowego.
- 8-mio bitowy format pozwolił na obrazy w paletce 256 odcieni szarości. Dzięki temu płaszczyzny widoczne, ale tworzące mały kąt z kierunkiem padania promieni znaczyły się na rzutni pikselami o wartości różnej od zera.

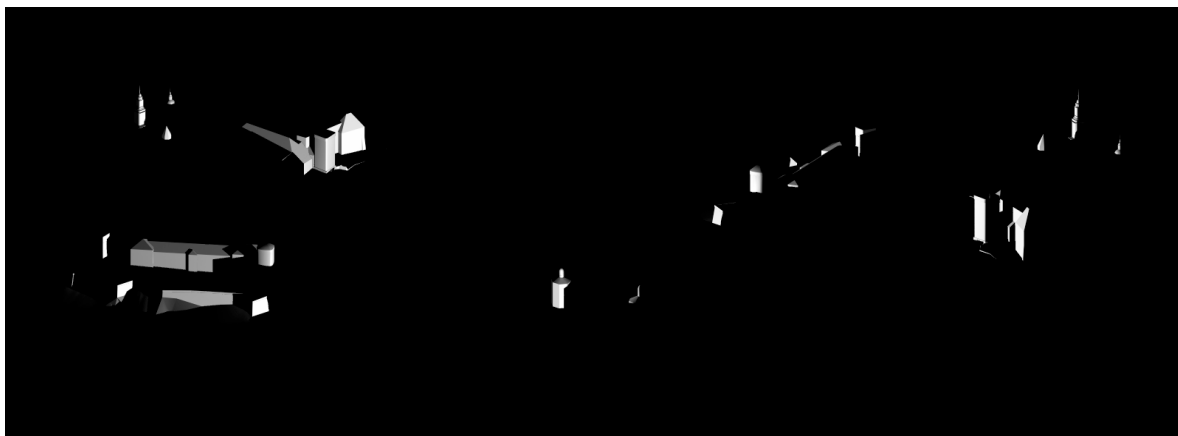
Każdy rendering wygenerowany w oparciu o powyższe parametry może być traktowany jako wykres widoczności. Jednakże na wykresie zapisywana powinna być informacja ograniczona do zasad logiki klasycznej (prawda/fałsz – widoczne/niewidoczne). Wygenerowanie renderingów dwubitowych (czarno-białych) spowodowałoby utratę informacji o obiektach widocznych, ale z powodu kąta padania promieni ciemniejszych od wartości 128 (80 w zapisie EPS). W takim przypadku piksele miałyby na obrazach dwubitowych kolor czarny.

Dla uzyskania „klasycznych” wykresów widoczności z renderingów wykonano procedurę polegającą na maksymalizacji wszystkich pikseli o wartości różnej od zera. Obraz 8-mio bitowy, na którym piksele mają wartości tylko 0 i 255 (w zapisie EPS odpowiednio 00 i FF) może być przekonwertowany do 2-u bitowego bez niebezpieczeństwa utraty danych.

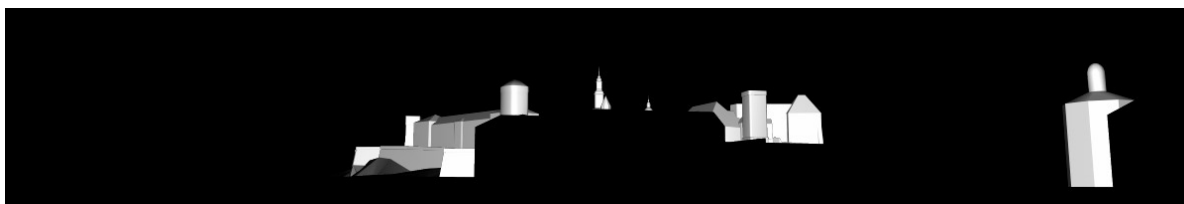
Częstotliwość obserwacji krajobrazu z ul. Dietla jest duża, jednocześnie nie mniej ważne są punkty na bulwarach z powodu motywacji obserwatorów tam stojących. Z tej przyczyny należało oddzielnie badać widoczność dla punktów statycznych i ruchomych. Analizowano zatem punkty statyczne głównie na podstawie wykresów, ponieważ ich ilość była nieduża. Dla widoków z ul. Dietla wykonano mapy widoczności. Ilość ujęć będących wynikiem działania procesu animacji dla każdej lokalizacji wynosiła 200. Mapa zbiera całą informację o widoczności wartościowych obiektów wzdłuż wyznaczonych ścieżek.

##### **6.4.1. Badanie punktów statycznych**

Renderingi dla statycznych punktów widokowych wykonane zostały przy parametrach rzutu reprezentatywnego i rzutu ze środkiem w punkcie widokowym, czyli perspektywy widoku. Do analizy podstawowej wykorzystano perspektywę. Wyniki jej można było sprawdzić powtarzając badanie na rzutach reprezentatywnych.



Ilustracja 6.5. Rendering widoku reprezentatywnego wykonany dla punktu B1 (stan obecny).



Ilustracja 6.6. Rendering widoku perspektywnego wykonany dla punktu B1 (stan obecny).



Ilustracja 6.7. Wykres widoczności widoku perspektywnego punktu B1 (stan obecny). Rendering z ilustracji 5.6 został poddany maksymalizacji pikseli różnyh od czarnego.

Po maksymalizacji pikseli różnyh od czarnego zbadano średnią jasność każdego wykresu. Bryła planowanego hotelu miała właściwości pochłaniające światło, dlatego jasność obrazów, na których zasłaniała wartościowy obiekt, mający barwę białą, była mniejsza od jasności średniej wykresu wykonanego dla stanu sprzed inwestycji. Porównanie jasności wykresów wykonanych dla jednego punktu i wszystkich lokalizacji hotelu pozwoliło wskazać miejsce, w którym jego bryła najmniej będzie zasłaniać krajobraz widoczny z tego punktu widokowego. Po wykonaniu procedury dla wszystkich punktów widokowych można było utworzyć listę rankingową lokalizacji.

Punkt	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3	Suma
Lokalizacja	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[Σ%]
St. obecny	1.938	2.424	0.614	4.537	4.529	0.213	4.828	5.432	5.529	30,044
	1,1597	1,2760	0,3809	1,4054	1,3690	0,1719	1,3076	1,4274	1,680	10,1793
1	1.587	1.821	0.577	3.743	3.713	0.213	3.923	4.504	4.735	24,816
	0,9198	0,9182	0,3540	1,3648	1,3375	0,1719	1,2751	1,3936	1,6461	9,3813
2a	1.380	1.790	0.614	3.478	3.578	0.213	4.645	5.432	5.494	26,624
	0,8167	0,9051	0,3809	1,0454	1,0552	0,1719	1,2437	1,4275	1,6795	8,7264

2b	1.938	2.424	0.614	4.495	4.440	0.213	4.438	5.047	5.529	29,138
	1,1598	1,2761	0,3809	1,3763	1,3302	0,1719	1,1932	1,3098	1,6809	9,8794
3	1.938	2.424	0.614	4.537	4.529	0.213	4.429	4.789	5.451	28,924
	1,1597	1,2761	0,3809	1,4054	1,3690	0,1719	1,1303	1,1373	1,6415	9,6725
4	1.938	2.424	0.614	4.204	3.742	0.213	4.108	5.142	4.389	26,774
	1,1597	1,2760	0,3809	1,2122	0,9272	0,1719	1,0853	1,3342	1,6305	9,1783
5	0.930	0.827	0.560	1.645	2.819	0.213	4.828	5.432	5.529	22,783
	0,5659	0,3049	0,3426	0,8188	1,1891	0,1719	1,3076	1,4274	1,6808	7,8096

1.938 Średnie jasności z obrazów perspektyw

1,1597 Średnie jasności z obrazów rzutu reprezentatywnego

**Tabela 1.1.** Zestawienie średnich jasności wykresów widoczności statycznych punktów widokowych.

W tabeli wpisano średnie jasności obrazów perspektywy widoku (wyżej) i rzutu reprezentatywnego (niżej). Najwyższa wartość w kolumnie „suma” wskazuje najkorzystniejszą lokalizację pod względem widoczności ze wszystkich analizowanych punktów widokowych. Jednak zestawienie to pozwala wskazać także najlepsze miejsce dla każdego punktu z osobna.

Średnią jasność wykresów można zbadać dzięki programom Desk Top Publishing, które z reguły mają służące do tego polecenia. Jednak w tym przypadku zastosowano program „Aprocwer” napisany w języku C++, którego listing prezentowany jest w załączniku. Program ten sumuje wartości pikseli zapisane w formacie Encapsulated PostScript i dzieli je przez ilość. Wartości zapisane są liczbami heksadecymalnymi, dlatego następnie wynikowa liczba przeliczana jest na wartość procentową. W tabeli 5.1 ostatnia kolumna zawiera sumy wartości z jednego wiersza.

Podobne rezultaty można osiągnąć generując mapę widoczności dla wszystkich punktów statycznych. Dla porównania zasłaniania przez bryły hotelu ustawione w różnych lokalizacjach wygenerowano dla każdej z nich osobne mapy zbierające wykresy wszystkich punktów.



**Ilustracja 6.8.** Przykład obrazu mapy widoczności punktów statycznych wygenerowanej dla stanu obecnego.

*W tabeli 5.2 zaprezentowano mapy widoczności punktów statycznych wszystkich lokalizacji. Dla wydobycia różnic między nimi i łatwiejszego wzrokowego ich porównania podmieniono skalę szarości, w której mapy zostały wygenerowane na paletę koloru indeksowanego „SPEKTRUM”. Zagadnienia dotyczące palet koloru indeksowanego opisane są w podrozdziale 6.5.1 Palety kontrastujące.*

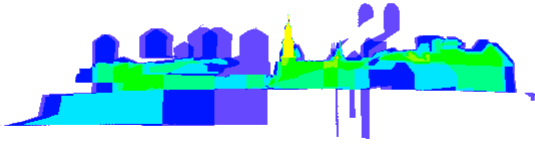
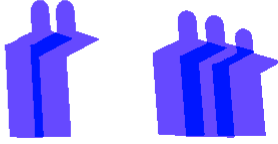
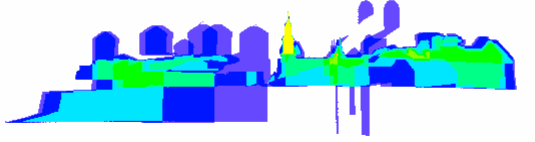

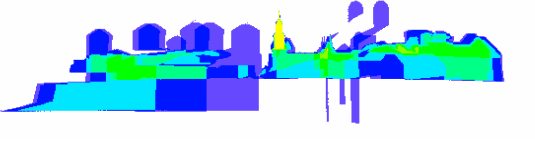
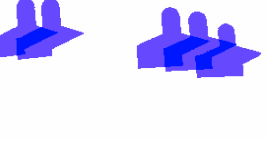
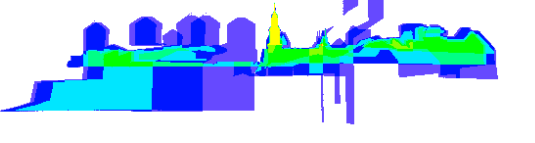
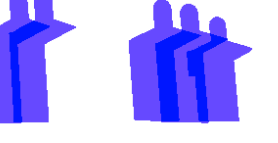
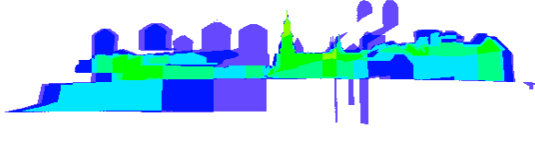
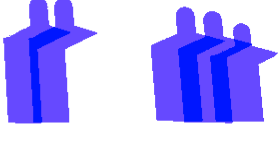
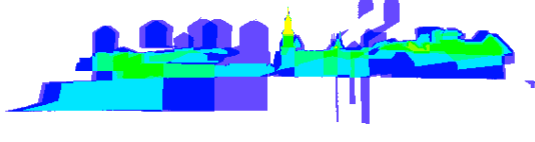
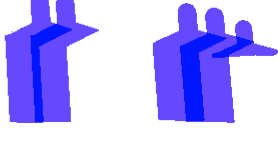
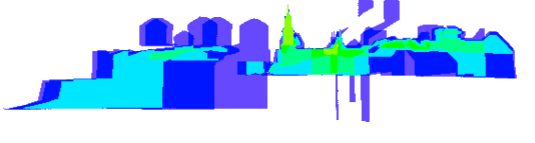

Lokalizacja	Nazwa pliku mapy	Jasność średnia
		
Stan obecny	MAP_ZC0.EPS	4.73955729%
		
1	MAP_ZC1.EPS	4.01712077%
		
2a	MAP_ZC2A.EPS	4.28786947%
		
2b	MAP_ZC2B.EPS	4.61734375%
		
3	MAP_ZC3.EPS	4.55596354%
		
4	MAP_ZC4.EPS	4.30297689%
		
5	MAP_ZC5.EPS	3.67954915%

Tabela 6.2. Zestawienie map zbiorczych widoczności punktów statycznych.

Do wygenerowania map widoczności zastosowano program „Aprocbit” napisany również w C++ i prezentowany w załączniku 1. W tym przypadku wykorzystywanie programów DTP nie było możliwe. Nakładanie obrazów w tych programach odbywa się na zasadzie modyfikacji tła. Program „Aprocbit” traktuje rendering jako macierz o rozmiarach zgodnych z rozdzielczością danych obrazów. Następnie dodaje macierze do siebie i dzieli przez ich ilość. W wyniku dana jest macierz liczb rzeczywistych (real), które dla przekształcenia macierzy w mapę bitową zaokrąglane są do liczb całkowitych (integer). Zaokrąglanie niestety może powodować utratę znikomej ilości danych, które jednak nie mają znaczenia dla analiz krajobrazowych. W przypadku zestawiania map widoczności z 9-ciu wykresów problem utraty danych nie występuje.

Zarówno przy analizie opartej na wykresach jak i na mapach widoczności wyniki pomiarów jasności obrazów pokryły się. Można zatem zestawić kolejność od najlepszej do najgorszej lokalizacji hotelu pod względem widoczności z wyznaczonych punktów statycznych.

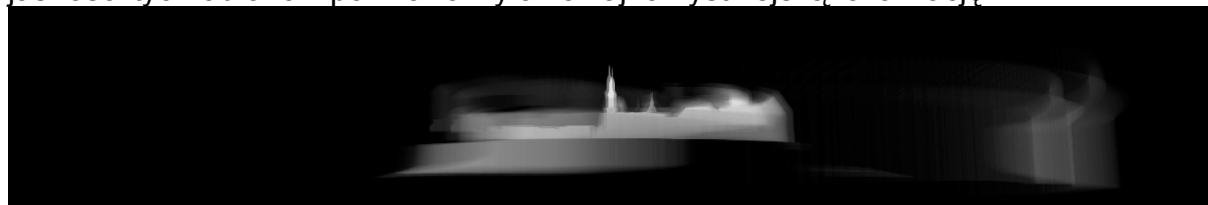
1. Lokalizacja 2b
2. Lokalizacja 3
3. Lokalizacja 4
4. Lokalizacja 2a
5. Lokalizacja 1
6. Lokalizacja 5

#### 6.4.2. Badanie punktów ruchomych

Podobnie jak dla punktów statycznych wykonano analizę w oparciu o mapy widoku reprezentatywnego i mapy zbiorcze. Jednakże ilość wykresów widoczności wygenerowanych dla punktów ruchomych była zbyt duża (200 dla każdej lokalizacji) by na nich opierać badanie. Z uwagi na charakter obserwacji prowadzonej z jadącego samochodu można potraktować w jednakowy sposób każdy odcinek wyznaczonej drogi i badać sumę wrażeń jaka zapisana może być w mapie widoczności.

Wykresy widoczności generowano dla każdej klatki i zapisywano w oddzielnych plikach. Stworzono tym samym możliwość przeanalizowania każdego miejsca na ścieżce poruszającego się punktu. Dla wygodniejszego badania wzrokowego poszczególnych odcinków wykresy widoczności połączono w filmy ruchome (animacje). Miały one także znaczenie prezentacyjne.

Podstawowe zadanie polegało jednak na zbadaniu wpływu poszczególnych lokalizacji hotelu na widoczność wartościowych obiektów z całego odcinka ul. Dietla w obydwu relacjach. Klatki animacji rozmieszczono równomiernie na obydwu ścieżkach, co dało w wyniku wykresy widoczności co 4,7 m. Stanowiły one materiał do wygenerowania map dla każdego wariantu lokalizacji hotelu. Zmierzenie średniej jasności tych obrazów pozwoliło wyłonić najkorzystniejszą lokalizację.



Ilustracja 6.9. Przykład obrazu mapy widoczności punktów ruchomych wygenerowanej dla stanu obecnego.



W tabeli 5.3 zaprezentowano mapy widoczności punktów ruchomych wszystkich lokalizacji. Dla wydobycia różnic między nimi i łatwiejszego wzrokowego ich porównania podmieniono skalę szarości, w której mapy zostały wygenerowane na paletę koloru indeksowanego „SPEKTRUM”. Zagadnienia dotyczące palet koloru indeksowanego opisane są w podrozdziale 6.5.1 Palety kontrastujące.

Lokalizacja	Nazwa pliku mapy	Jasność średnia
Stan obecny	MAP_ZC0.EPS	4.67105599%
1	MAP_ZC1.EPS	3.77102214%
2a	MAP_ZC2A.EPS	4.15308073%
2b	MAP_ZC2B.EPS	4.55624609%
3	MAP_ZC3.EPS	4.22621354%
4	MAP_ZC4.EPS	3.95962240%
5	MAP_ZC5.EPS	3.78876562%

Tabela 1.1. Zestawienie map zbiorczych widoczności punktów ruchomych.

## 6.5. Analiza poszczególnych obiektów

W prezentowanym przykładzie nie dokonano przed przystąpieniem do analizy cyfrowej głębszej waloryzacji poszczególnych obiektów pod względem atrakcyjności widokowej. Jednak nie zrezygnowano z analizy widoczności konkretnych fragmentów Wawelu. Możliwe jest obserwowanie poszczególnych elementów sceny na wykresach jednak z powodu ich ilości jest to zajęcie żmudne. Możliwe jest również modyfikowanie sceny i wykonywanie całego procesu generowania wykresów i map widoczności dla pojedynczych wyróżnianych na biało brył. Oczywiście pomnaża to ilość pracy. Te sposoby można zastąpić do pewnego stopnia szczegółową analizą wygenerowanego do tej pory materiału.

Mapy widoczności widoku reprezentatywnego rejestrują widoczność poszczególnych obiektów. Parametry rzutowania dla tego widoku dobierane są tak by reprezentowane na nim były wszystkie płaszczyzny mające znaczenie dla analizy. Jasność ich rzutów jest proporcjonalna do ilości punktów, z których są widoczne. Dla widoku w ul. Dietla istotna była długość obserwacji wartościowego elementu sceny w czasie poruszania, a zatem ilość punktów na ścieżce animacji. Mapa tego typu zawiera niezbędne informacje do dokonania pomiarów. Programy Desk Top Publishing mają narzędzia mierzące jasność poszczególnych pikseli obrazu. Można zatem używać ich w czasie przeprowadzania analizy jednak trudno przy ich pomocy dokumentować wyniki. Pozostanie przy próbnikach z tych programów wymagałoby każdorazowego uruchamiania ich na każdym szczeblu decyzyjnym a raczej rzadko są dostępne. Nie możliwe było by także podejmowanie decyzji na podstawie wydruków.

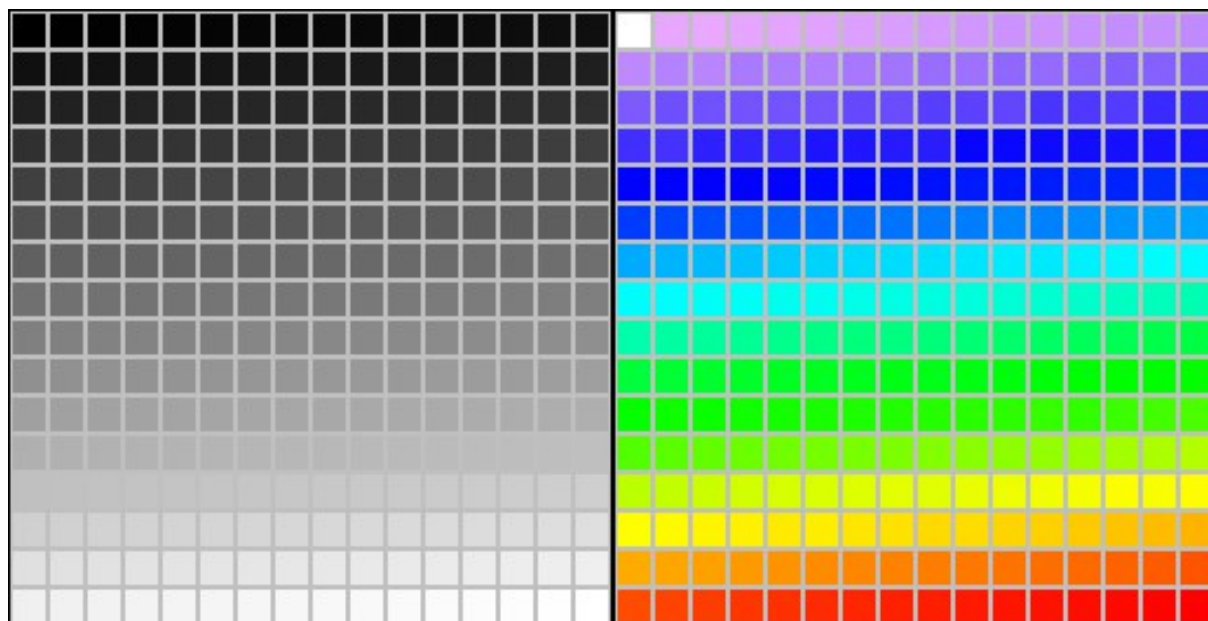
### 6.5.1. Palety kontrastujące



**Ilustracja 6.10.** Mapa widoku reprezentatywnego wzgórza Wawelskiego dla punktu ruchomego. Miejsca jaśniejsze reprezentują płaszczyzny dłużej widoczne w czasie ruchu oboma relacjami ul. Dietla.

Jak widać na zaprezentowanych przykładach obrazy map widoczności są mało kontrastowe i tylko cyfrowe narzędzie może zmierzyć wartość danego piksela i podać jego procentową jasność. Jednak dzięki wprowadzeniu palet kontrastujących można wydobyć różnicę jasności zamieniając skalę szarości na paletę barwną. Obrazy map mają postać 8-mio bitową – 256 odcieni szarości. Każdemu odcieniowi można przyporządkować kolor indeksowany wyróżniając tym samym konkretne zakresy widoczności. Wartość piksela staje się indeksem w tabeli, w której do każdego indeksu przyporządkowana jest definicja koloru. Najczęściej definicja ta opisuje kolor poprzez określenie wartości trzech składowych – czerwonego, zielonego i niebieskiego (RGB). Na mapie widoczności jasność oznacza długość obserwacji.

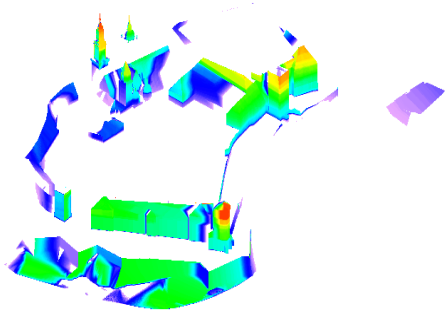
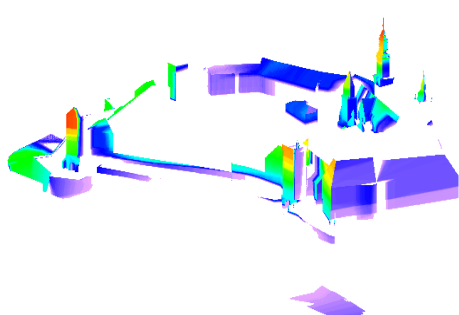
Po zastosowaniu koloru indeksowanego w rozważanym przypadku kolory oznaczają ilość punktów, z których widać obiekt zaznaczony danym kolorem.

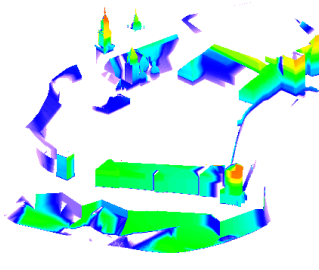
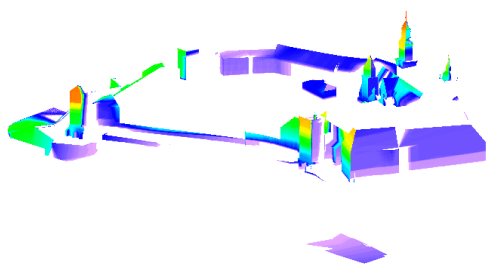
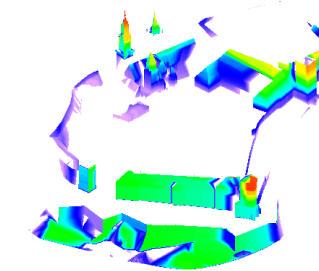
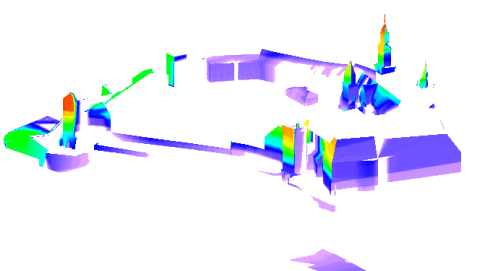
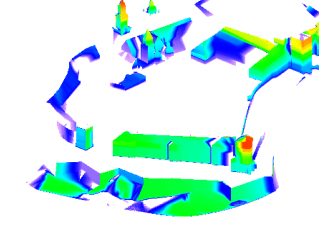
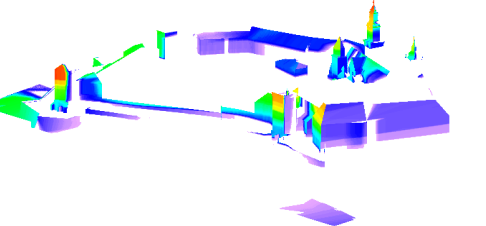
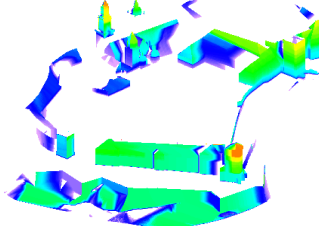
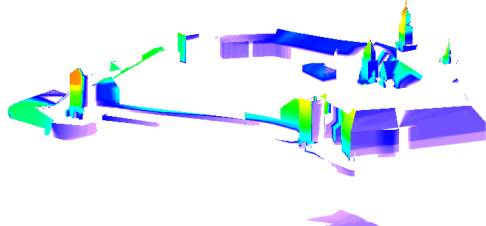
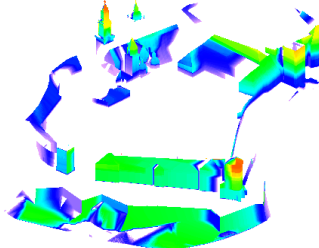
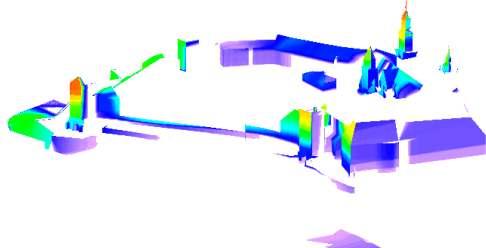


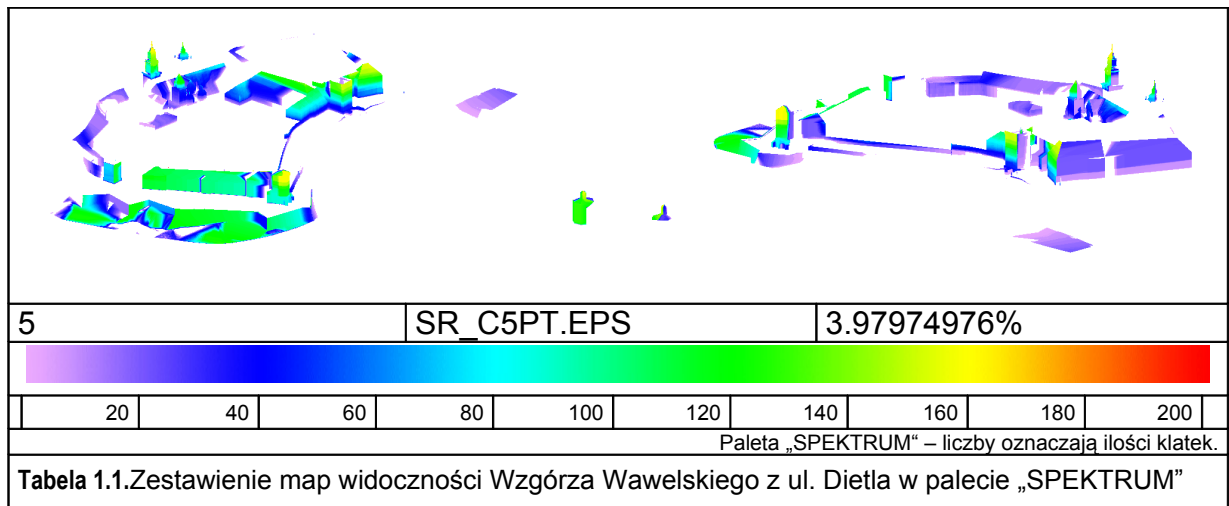
**Ilustracja 6.11.** Paleta 256-ciu odcieni szarości i paleta „SPEKTRUM”, w której pierwszemu polu odpowiadającemu wartości 00 przyporządkowano kolor biały.

Ta technika pozwala także na odfiltrowywanie pewnych zakresów poprzez przyporządkowanie im barwy białej. Na prezentowanych mapach tło i obiekty znajdujące się w cieniu posiadają kolor czarny. Jest to korzystne w obrazach cyfrowych oglądanych na monitorze komputera jednak powoduje pewne kłopoty przy wydruku. Paleta może być dobrana specjalnie do wydruku przy uwzględnieniu parametrów drukarki. W wyniku zamiany odcieni szarości na barwy chromatyczne możliwe staje się odfiltrowanie pełnego cienia.

Dla wyróżnienia wszystkich odcieni w opisywanym przypadku zastosowano paletę spektrum. Posiada ona gradację kolorów w pełnym zakresie widzialnym przez co najmocniej kontrastuje wszystkie subtelnosci mapy. Ponadto wartości 00 obrazu rastrowego mapy przyporządkowano kolor biały, odfiltrowując tym samym reprezentacje obiektów w całkowitym cieniu i tło.

Lokalizacja	Nazwa pliku mapy	Jasność średnia
		
Stan obecny	SR_C0PT.EPS	4.69869934%

		
1	SR_C1PT.EPS	4.37362061%
		
2a	SR_C2APT.EPS	4.12713440%
		
2b	SR_C2BPT.EPS	4.59507935%
		
3	SR_C3PT.EPS	4.50377014%
		
4	SR_C4PT.EPS	4.43512512%



Dzięki temu zabiegowi możliwe stało się przeanalizowanie widoczności poszczególnych fragmentów Wawelu. Jednak z powodu szerokiej gamy barwnej trudne jest wyróżnienie pewnych zakresów. Między innymi w dalszym ciągu trudne jest uzasadnienie małej stosunkowo reprezentacji barw ciepłych w mapie 3, która miała drugą w rankingu jasność średnią. Zaszła zatem potrzeba zastosowania bardziej kontrastowej palety, dzięki której wydobyte byłyby zakresy silniej reprezentowane w tej mapie.

### 6.5.2. Analiza zakresów widoczności

Należało sprawdzić jakie zakresy widoczności silniej reprezentowane są w mapie 3 i ich wpływ na jasność średnią. Aby to osiągnąć trzeba było wygenerować obrazy, na których wyróżnione byłyby dane zakresy a piksele nieznajdujące się pomiędzy ich granicami odfiltrowane. Następnie należało zbadać średnią jasność tych obrazów i wyniki dla jednego zakresu porównać z wynikami innych map. Najmocniej reprezentowane zakresy w mapie 3 powinny się wyróżnić na wszystkich mapach stosując odpowiednią kontrastową paletę umożliwiając tym samym porównanie wzrokowe i przeanalizowanie obiektów widocznych w tych zakresach.

Analizę przeprowadzono już tylko dla czterech najlepszych, według rankingu lokalizacji. Wyróżniono 16 zakresów ilości klatek, z których widoczne są obiekty: od 1 do 12, od 13 do 24, od 25 do 38 itd., znacznie ograniczając w ten sposób ilość obrazów. Zastosowano paletę czarno-białą – najbardziej kontrastową, w której zakres analizowany przyjmował barwę białą. Przeprowadzono analizę dwiema drogami postępowania. Pierwsza polegała na dobieraniu biało-czarnych palet koloru indeksowanego w ośmiobitowych obrazach map. Druga na maksymalizacji i minimalizacji wartości pikseli w plikach EPS.

Ośmiobitowym obrazom map pochodzącym z poprzedniej analizy można było od razu podmienić paletę „SPEKTRUM” na palety, w których kolor biały przyporządkowano wszystkim wartościom pikseli znajdującym się w badanym zakresie a czarny wszystkim pozostałym. Otrzymano po 16 obrazów dla każdej lokalizacji, na których białymi plamami znaczyły się te elementy, które były widoczne z ilości klatek odpowiadającej zakresowi. Obraz koloru indeksowanego zachowuje początkowe wartości pikseli, dlatego można stale podmieniać im palety. Aby zbadać jasność średnią powstałych obrazów należało je zamienić na format 256-ciu odcieni szarości aby piksele przyjęły wartości odpowiadające ich aktualnym kolorom.

Obiekty widoczne z od 189 do 200 punktów na ścieżce ruchu. Mapa 3 w tym zakresie jest czarna poza dwoma pikselami niewidocznymi w wydruku.		
Obiekty widoczne z od 163 do 174 punktów na ścieżce ruchu.		
Obiekty widoczne z od 101 do 112 punktów na ścieżce ruchu. Mapa 3 w tym zakresie posiada najwięcej plam białych.		

Tabela 6.5. Przykłady palet i obrazów mapy 3 w zakresach 189-200, 163-174, 101-112.

Następnie przy pomocy programu „aprocwer” zbadano ich średnią jasność a wyniki umieszczono w tabeli. Po porównaniu wyników można było wyróżnić 5 zakresów, w których mapa 3 jest najjaśniejsza. Jasności map w tych zakresach należały do wysokich a tych 5 zakresów należy również do liczniejszych co dało ich duży udział w jasności średniej. W wyniku tej analizy można stwierdzić, że druga pozycja w rankingu mapy 3 jest uzasadniona.

Lokalizacje	1	2b	3	4	Średnia
Zakresy ilości klatek					
189-200	0,0226888	0,11206055	0,00027669	0,07747396	0,06488444
175-188	0,29689128	0,31570638	0,13765462	0,17334798	0,248221028
163-174	0,2638265	0,33369141	0,22356771	0,24888509	0,280621746
151-162	0,28762207	0,17127279	0,46913249	0,33977865	0,297638348
139-150	0,30339355	0,39857585	0,51451009	0,28430176	0,405161132
125-138	1,45830892	1,01490885	0,37312012	1,3415446	1,098387044
113-124	1,27029622	1,54505208	1,8632487	1,30031738	1,47189453
101-112	1,11258138	1,20043132	1,68588867	1,03635254	1,24694336
89-100	0,78719076	0,89952799	1,09611816	0,73738607	0,908492838
75-88	0,8879069	0,88735352	0,67250163	0,87421061	0,79648763
63-74	0,75163574	1,08795573	1,00909831	0,98931478	0,96347168
51-62	0,94186198	1,34541829	1,29561361	1,82354329	1,340714518
39-50	1,23294271	0,72618001	0,7094401	0,74859212	0,826121418
25-38	1,20983887	1,23792318	1,2406901	1,26918945	1,235958658
13-24	2,11171875	1,91955566	1,91291504	1,93214518	1,95953776
1-12	1,52263997	1,45097656	1,44737956	1,46287435	1,465558268

Tabela 6.6. Średnie jasności wyróżnionych map w poszczególnych zakresach. Kolorem żółtym zaznaczono wartości najwyższe.

Dla przeprowadzenia analizy drugą metodą zmodyfikowano program „aprocbit” tak by możliwe stało się maksymalizowanie wartości pikseli większych od dolnej granicy i mniejszych od górnej granicy zakresu. Natomiast piksele o wartościach niespełniających tych warunków program po modyfikacji minimalizował. W wyniku jego działania zapisywany był nowy plik, który nie zawierał już całej informacji jaką

zawierała mapa widoczności tak samo jak mapy po zamianie na format 256-ciu odcieni szarości. Po poddaniu tego pliku działaniu programu „aprocwer” otrzymano wynik średniej jasności obrazu, który był jednocześnie informacją o udziale pikseli danego zakresu w całości obrazu. Ten sam efekt osiągnięto modyfikując w podobny sposób program „aprocwer”. Jednak w tym przypadku nie był generowany plik tylko podawana sama wartość. Wartości średnich jasności poszczególnych obrazów osiągnane za pomocą każdej z opisanych metod były identyczne.

Dla wizualizacji wyników zawartych w tabeli 5.6. wykonano paletę koloru indeksowanego, w której zaznaczono zakresy 89-124 i 139-162, najlepsze w mapie 3 na jednolitą barwę niebieską. Pozostałe zakresy miały gradację barw ciepłych od jasnożółtego do brązowego. Piksele należące do nich wyraźnie odróżniały się i można było w przybliżeniu określić ich widoczność. Dzięki temu można było sprawdzić i przeanalizować obiekty, których widoczność znajdowała się w badanych zakresach.

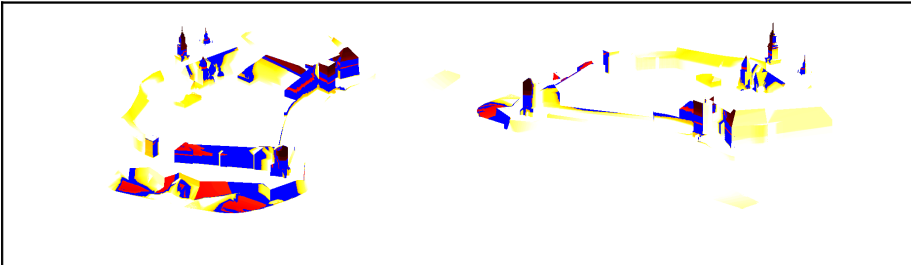
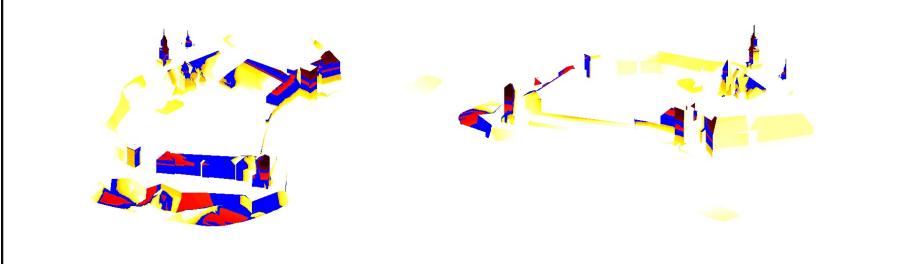
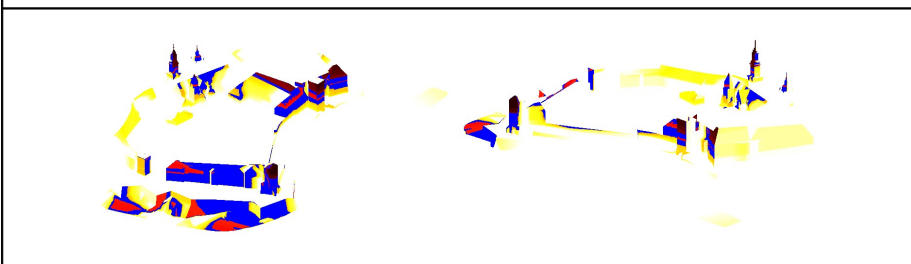
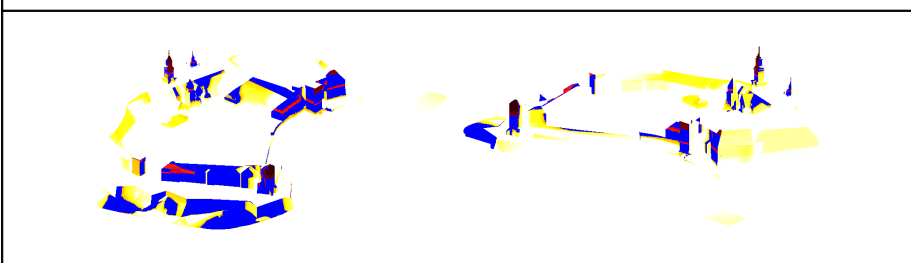
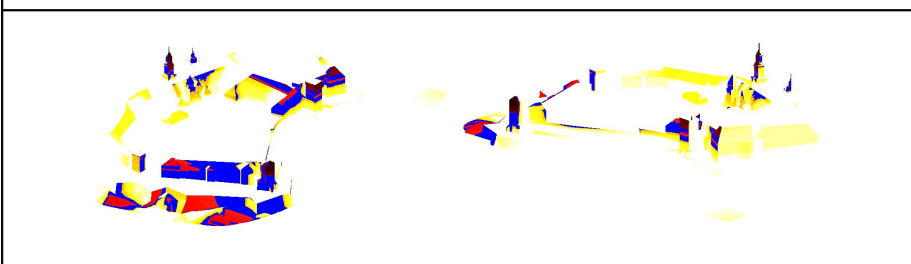

	Stan obecny
	1
	2b
	3
	4
	paleta

Tabela 6.7. Wizualizacja wyników zawartych w tabeli 5.6.

Mapy przygotowane jak powyżej, z wyróżnionymi interesującymi zakresami mogą być pomocne przy wartościowaniu widoczności poszczególnych miejsc i obiektów sceny analizy. Za pomocą palet kontrastujących można wydobywać konkretne elementy analizy z całościowej informacji zapisanej w mapie widoczności bez przeprowadzania oddzielnych procedur dla pojedynczych obiektów. Przytoczony tu jeden przypadek wątpliwości jaka dotyczyła mapy 3 obrazuje szerokie możliwości związane z różnym indeksowaniem wartości pikseli zapisanych w mapach widoczności.

Program „aprocwer” po modyfikacji pozwolił zbadać całkowity zakres widoczności wartościowych obiektów. Daje on możliwość określenia dowolnych granic zakresu a następnie maksymalizuje wartości pikseli wewnątrz granic i minimalizuje wartości spoza granic. Ustawienie dolnej granicy na wartości 01 (1) i górnej na FF (255) pozwala zbadać, przy której lokalizacji widać najwięcej niezależnie od długości obserwacji. Innymi słowy jeśli jakiś piksel jest różny od 0 to jest to reprezentacja punktu widocznego choćby przez moment i jest on traktowany jako pozytywny. Po uruchomieniu programu z tak określonymi parametrami na wszystkich mapach widoczności punktu ruchomego zmieniła się kolejność listy rankingowej:

1. Stan obecny	-	13.09053955%
2. Lokalizacja 3	-	13.08960571%
3. Lokalizacja 2b	-	13.08727112%
4. Lokalizacja 4	-	13.08135681%
5. Lokalizacja 5	-	12.93085327%
6. Lokalizacja 1	-	12.91248779%
7. Lokalizacja 2a	-	12.69677124%

Program podał procentowy udział jakkolwiek długo widocznych obiektów w mapach widoczności. Wyniki wskazują, że lokalizacja 3 daje możliwość ujrzenia największej ilości wartościowych elementów sceny.

## 6.6. Podsumowanie przypadku

Parametry sceny symulacji były określone w sposób dostosowany do analizy porównawczej, mającej na celu wyłonienie lokalizacji hotelu najmniej zasłaniającej wartościowe obiekty krajobrazu. Wszystkie przeprowadzone procedury również były zoptymalizowane na generowanie danych porównawczych. Trywialnym jest twierdzenie, że każda lokalizacja hotelu wpływa niekorzystnie na widoczność Wawelu i kaplicy. Wybrane lokalizacje wynikały z uwarunkowań urbanistycznych i historycznych miejsca. W toku przeprowadzonych symulacji nie znaleziono całkowicie neutralnej.

Kolejne wyniki przeprowadzanych analiz dały dane zarówno ogólne na temat widoczności przekształcanego krajobrazu w zakresie wszystkich wyróżnionych jako wartościowe obiektów jak i szczegółowe, pozwalające na analizę konkretnych zagadnień. Pojedyncze wykresy widoczności, generowane dla konkretnych punktów widokowych są materiałem szczegółowym. Pozwoliły na przeanalizowanie



zagadnienia w odniesieniu do statycznych punktów widokowych. Umożliwiły również wzrokowe prześledzenie widoczność punktów ruchomych.

Mapy widoczności, będące zbiorem informacji o widoczności miejsca stanowią dość efektywny materiał analityczny. Ich obraz uśrednieniu z wielu wykresów widoczności zawiera ślad każdego widocznego punktu. Pozwoliły zatem na odpowiedzi na temat ogólnej widoczności z odcinka ul. Dietla dzięki badaniu ich jasności średniej jak również szczegółowe analizy zakresów długości obserwacji. Mapa widoczności rzutu reprezentatywnego daje także informacje o długości możliwej obserwacji poszczególnych obiektów sceny.

Dzięki konwersji plików map na format koloru indeksowanego możliwe stało się tworzenie kontrastowych obrazów, nadających się do porównań wzrokowych. Niemniejszą zaletą tej metody jest możliwość drukowania map i ich publikowania, dzięki czemu niekonieczne jest wykorzystywanie komputera na każdym etapie decyzyjnym. Odpowiednio dobrane palety dały także możliwość filtrowania zakresów i tła, co mogło być wykorzystane do analizy zakresów.

Wyniki tych wszystkich badań dały kompletne dane porównawcze w zakresie określonych parametrów, bez wielokrotnego odwiedzania miejsca. Możliwe było przeprowadzenie w każdej chwili analizy dodatkowej odpowiadającej na szczegółowe pytanie. Dały trudne do podważenia argumenty podejmującym decyzję lokalizacyjną charakteryzujące się liczbą.

## **6.7. Możliwości metody niewykorzystane w przypadku**

Ze wstępnej, poza cyfrowej części ekspertyzy, wynikały konkretne uwarunkowania dotyczące waloryzacji. Jednocześnie zespół nie dysponował danymi na temat struktury ruchu na ul. Dietla, intensywności ruchu pieszego na bulwarach, ani na chodnikach przy ulicach Dietla, Orzeszkowej i Kordeckiego. Nie istnieją także dane na temat preferencji krajobrazowych osób spacerujących po bulwarach Wisły, których prawdopodobnie powinno się potraktować specjalnie w ekspertyzie. W okresie badania nic nie wiadomo było jeszcze o architekturze hotelu, czy będzie podwyższać wartości krajobrazowe miejsca czy nie. Jednakże gdyby zaszła taka potrzeba wszystkie te elementy można uwzględnić w analizach opartych o opisane metody.

### **6.7.1. Symulowanie struktury ruchu**

Ul. Dietla należy do najruchliwszych w Krakowie. Stanowi ona część drugiej obwodnicy miasta. Oczywiście ruch ten jest niejednostajny, sterowany sygnalizacją świetlną i różny w zależności od pory dnia. Najbardziej istotnym czynnikiem wpływającym na percepcję krajobrazu przejeżdżających tą ulicą jest sygnalizacja świetlna na skrzyżowaniu z ul. Sukienniczą i Orzeszkowej, które kumuluje ruch w tym miejscu w różny sposób dla każdej relacji.

Informacja na temat częstotliwości zapalania się czerwonego światła dla jadących ul. Dietla pozwoliłaby na określenie algorytmu rozkładającego klatki animacji w funkcji czasu i drogi. Nastąpiłoby zagęszczenie klatek przed skrzyżowaniem.

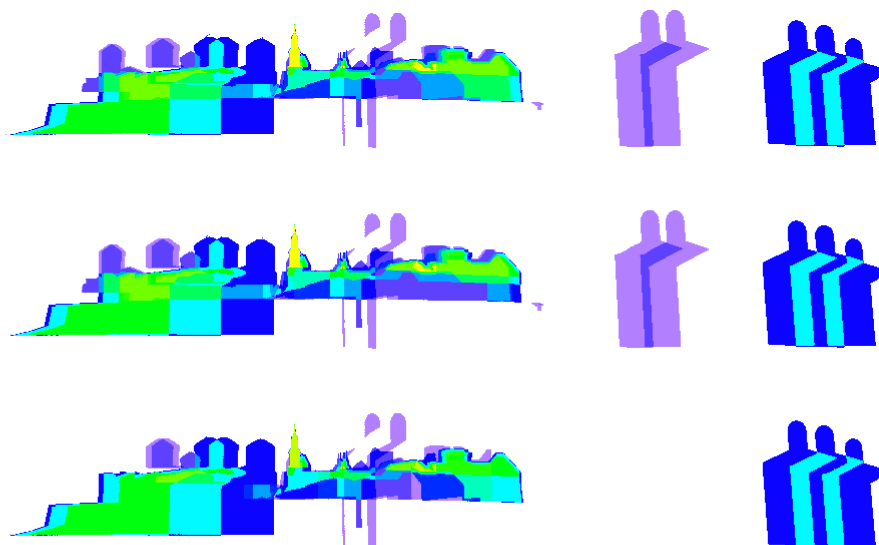
Przy opracowywaniu algorytmu należałoby uwzględnić także teorię przepływów ruchu co pozwoliłoby określić odcinek zagęszczania, który w przypadku relacji od mostu do ul. Orzeszkowej w całości znajdowałby się w interesującym zakresie.

Przeprowadzenie animacji wszystkich możliwych relacji ruchu nie tylko wzdłuż ulic, ale także wzdłuż bulwarów pozwoliłoby na wygenerowanie całościowych map widoczności. Należałoby w tym przypadku wykonać osobne mapy dla wszystkich relacji. Następnie na ich podstawie mapy ogólne z przyporządkowaniem odpowiednich wag, wynikających z badań częstotliwości ruchu tych relacji. Mapę zbierającą informacje ze wszystkich możliwych punktów można wygenerować za pomocą programu „aprocbit”, problem wag rozwiązując poprzez kopiowanie w odpowiedniej ilości map poszczególnych relacji.

### 6.7.2. Waloryzacja ekspozycji czynnej i biernej

W przypadku przeprowadzenia bardziej rozbudowanej waloryzacji obiektów atrakcyjnych widokowo należałoby przyporządkować różne parametry odbijania światła elementom sceny symulacji. Możliwe jest stopniowanie jasności poszczególnych płaszczyzn i brył cyfrowego modelu. W takim przypadku wykresy widoczności nie stanowiłyby obrazów dwubitowych, odpowiadających logice klasycznej. Nie powinno się maksymalizować pikseli różnych od czarnego, ponieważ traciłoby się założenia waloryzacji. Zatem niemożliwe byłoby zlikwidowanie szarości na płaszczyznach ustawionych pod kątem różnym od  $90^\circ$  do promieni światła. Średnia jasność obliczana na podstawie tych obrazów stanowiłaby wartość porównawczą, jednakże utrudnione stałoby się badanie zakresów długości widoczności jakie wykonano dla mapy 3.

Problemy te można pokonać wykonując procedury dla każdego stopnia waloryzacji oddzielnie. Wynikowym mapom widoczności można przyporządkować wagi odpowiednie do stopnia i na nich przeprowadzić uśrednienie. Efektem będzie mapa widoczności uwzględniająca we właściwy sposób atrakcyjność krajobrazową poszczególnych fragmentów.



**Ilustracja 6.1.2** Przykłady zbiorczych map widoczności punktów statycznych stanu obecnego, lokalizacji 2b i 5. Mapy wykonane z przyporządkowaniem wagi 1 punktom O1, O2, K1, K2, wagi 2 punktom O3, K3 i wagi 3 punktom B1, B2, B3.

W dość podobny sposób można postąpić przy różnicowaniu punktów widokowych. Jeśli zaistniała by potrzeba przyporządkowania wag poszczególnym punktom widokowym, ich wykresy należałoby skopiować w ilości odpowiadającej wagom i również dokonać uśrednienia za pomocą programu „aprocwer”.

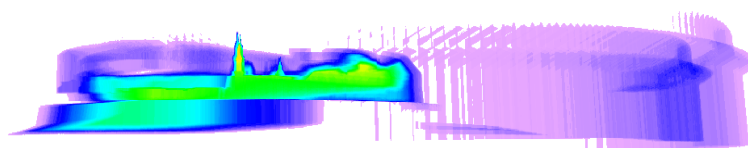
Przyporządkowanie wag w każdym z opisanych powyżej zagadnień zależy musiałoby od przeprowadzonych badań historycznych, socjologicznych i struktury ruchu. Nietrudno zauważyć, że badania te w znacznym stopniu przekroczyłyby budżet ekspertyzy.

### 6.7.3. Przykład symulacji podnoszenia wartości krajobrazowych przez nowy obiekt

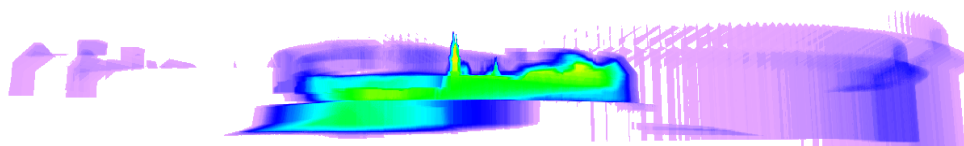
Istnieje wiele przykładów stosowania lustrzanych elewacji w nowoczesnych budynkach, lokalizowanych w historycznych centrach miast dla podniesienia wartości krajobrazowych miejsca. Zastosowany w renderingu algorytm śledzenia promienia nadaje się do symulowania wszelkiego rodzaju odbić od powierzchni lustrzanych. Śledzi on promień w przestrzeni cyfrowej barwiąc go w zależności od napotykanym parametrów płaszczyzn takich jak barwa, faktura czy przezroczystość w procesie rasteryzacji. Definicje materiałów poszczególnych obiektów można określić w każdym programie służącym do wizualizacji komputerowej.

Dzięki temu możliwe jest przeprowadzenie symulacji, w której bryle hotelu przyporządkowuje się cechy lustra i bada w jaki sposób wpłynie to na widoczność obiektów wartościowych. Po wykonaniu symulacji i wygenerowaniu map widoczności można porównać je z danymi z poprzednich analiz.

Na podstawie wstępnego rozeznania wybrano do przykładu lokalizację 3. W hotelu z lustrzaną wschodnią elewacją umieszczonym w tym miejscu prawdopodobnie najwięcej się odbije Wawelu w widoku z ul. Dietla. Doskonale nadaje się do zaprezentowania tej możliwości, która jednak nie była wykorzystana w ekspertyzie. Wobec braku informacji na temat architektury hotelu wybrano najprostsze warunki, w których całej bryle przyporządkowane zostały właściwości lustra. Można było zatem zbadać maksymalne możliwości wynikające z zastosowania takiego rozwiązania.



**Ilustracja 6.13.** Mapa zbiorcza punktu ruchomego wykonana dla lokalizacji 3 hotelu, prezentowana dla porównania. Jasność średnia: 4.22621354%



**Ilustracja 6.14** Mapa zbiorcza punktu ruchomego wykonana dla lokalizacji 3 hotelu przy zastosowaniu refleksyjnej elewacji. Jasność średnia: 4.37160026%

## **7. OPIS PRZYPADKU – PSYCHOWICE**

Uniwersytet Jagielloński przystępując do budowy III Kampusu zlecił opracowanie planu koordynacyjnego<sup>33</sup> dla terenów przeznaczonych pod kampus i po pewnym czasie uzupełnienie tego opracowania o otaczające nieurządzone tereny otwarte, które mają przyjąć postać Parku Jagiellońskiego<sup>34</sup>. Zlecenia realizowane były pod kierunkiem prof. dr hab. Aleksandra Böhma w Instytucie Architektury Krajobrazu i Instytucie Modelowania Komputerowego Politechniki Krakowskiej.

Nowe budynki uniwersyteckie miały powstać na terenie nieurbanizowanym i w żadnym stopniu nieuzbrojonym. Powstała zatem idea połączenia funkcji akademickiej z parkiem technologicznym o charakterze komercyjnym. Pozwoliłoby to na szybsze zaktywizowanie terenu i podział kosztów związanych z budową infrastruktury. Dodatkowymi celami osiągniętymi przez taką strukturę funkcjonalną miało być stworzenie zaplecza badawczego przez zastosowanie wysokich technologii i możliwość zatrudniania absolwentów.

Założenie Parku Jagiellońskiego opierało się na koncepcji łączenia rekreacji z popularyzacją nauki i selektywnym programem o charakterze komercyjnym. Jej realizacji sprzyja wyjątkowa lokalizacja przyszłego parku, położonego w najbardziej atrakcyjnej części systemu zieleni miejskiej – Zespołu Jurajskich Parków Krajobrazowych - a zarazem w sąsiedztwie kompleksu akademickiego, parku technologicznego i rozległych posiadłości UJ - Polanki Hallera – w odległości ok. 8 km.

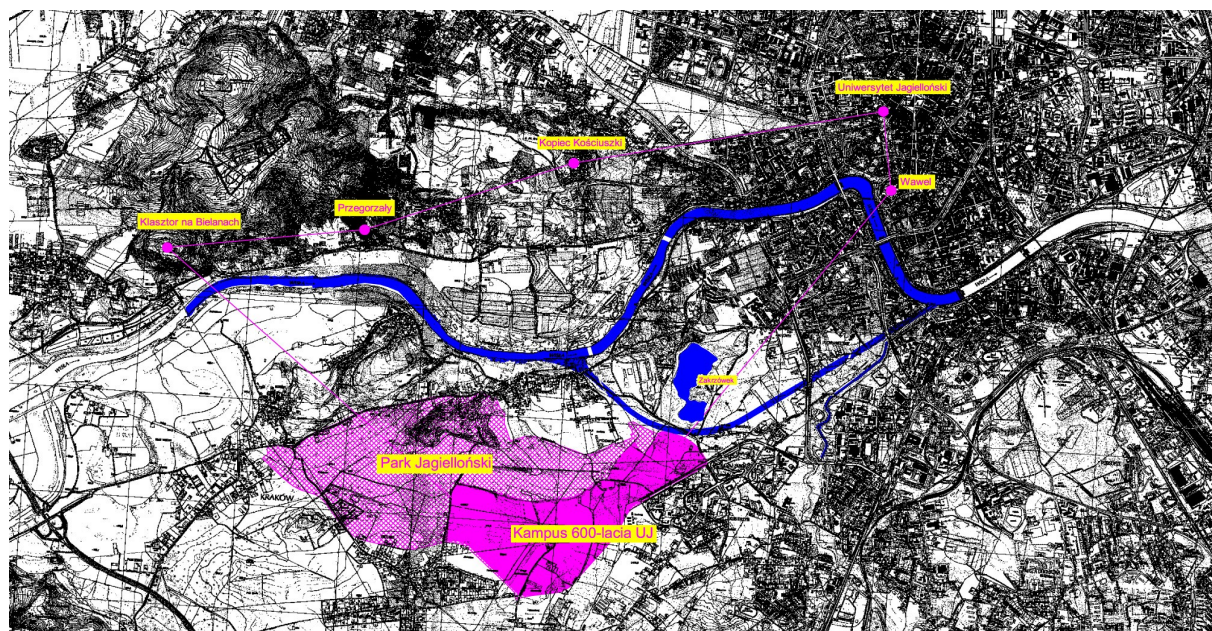
### **7.1. Plany koordynacyjne – krótki opis**

#### **7.1.1. Warunki naturalne miejsca**

Teren III Kampusu UJ i Parku Jagiellońskiego położony jest w obszarze tzw. "kliny zachodniego" będącego tradycyjnie najbardziej atrakcyjną częścią Krakowa z powodu swoich walorów krajobrazowych. Jest to teren najwyższej ceniony jako miejsce zamieszkania, oraz bardzo popularny, jako rejon ogólnomiejskiej rekreacji. Najbardziej eksponowana i wartościowa jest tu seria widoków na północny-zachód, północ i północny-wschód. W tej szerokiej panoramie na naturalnym tle Lasu Wolskiego, dominantami są kolejno: klasztor na Bielanach, zespół pałacowych rezydencji w Przegorzalch, Kopiec Kościuszki, a dalej wieże Starego Miasta i Wawel. Obiekty te znajdują się w odległości ok. 3 - 4 km w linii prostej od terenu Kampusu. Równocześnie samo miejsce przyszłego Kampusu jest eksponowane w widokach z otoczenia, jako atrakcyjny, lekko sfalowany teren otwarty, praktycznie bez zabudowy, z nieznaczną ilością zieleni wysokiej.

Obszar III Kampusu UJ i Parku Technologicznego znajduje się w odległości ok. 4 km na zachód od centrum Krakowa. Położony jest na skraju Zespołu Jurajskich Parków Krajobrazowych, po zewnętrznej stronie ich otuliny (strefy krajobrazu chronionego), stanowiąc tym samym fragment jej południowego przedpoła. Od wschodu naturalną granicą terenu jest wzniesienie Skał Twardowskiego (235 m npm)

z bardzo atrakcyjnym zbiornikiem wodnym - zalewem poeksploatacyjnym - wewnątrz. Granicę południowo-wschodnią stanowi wysoka zabudowa osiedla mieszkaniowego Ruczaj-Zaborze oraz tereny przeznaczone pod budownictwo mieszkaniowe. Od południa i południowo-zachodu znajduje się zabudowa mieszkaniowa o niskiej intensywności, za którą widoczne są sfalowane tereny Pogórza Wielickiego.



Ilustracja 7.1. III Kampus UJ i Park Jagielloński w kontekście Krakowa.

Teren o powierzchni ok. 130 ha ma kształt nieregularny, wydłużony równolegle do doliny Wisły, w odległości około 1200 m od jej koryta. Ukształtowanie naturalne terenu jest lekko faliste, o różnicy wysokości pomiędzy 209.00 a 230.00 npm. Najwyższe wzniesienie znajduje się w południowo-zachodniej części terenu opadającego w stronę Wisły, do najniższego poziomu położonego wzdłuż północnej i północno-wschodniej jego granicy.

Na istniejące pokrycie terenu składają się pola uprawne, resztki sadów, łąki i nieużytki, z niewielkim udziałem zieleni łąkowej towarzyszącej rowom melioracyjnym. Teren jest w zasadzie wolny od zabudowy, poza czterema kilkoma obiektowymi zespołami zabudowy zagrodowej - przeznaczonymi do etapowego usunięcia.

Projektowany park położony jest w rejonie Zespołu Jurajskich Parków Krajobrazowych. Jest to cenna enklawa krajobrazu naturalnego w urbanistycznej tkance Krakowa<sup>35</sup>. Mieści ona w swoich granicach m.in. niezwykle formy przyrody nieożywionej, rzadkie zbiorowiska roślinne, oraz miejsca występowania zagrożonych wyginięciem gatunków ptaków, które w opracowanej koncepcji Parku Jagiellońskiego objęte zostały ochroną rezerwatową.

Na terenie opracowania dominują tereny łąk, znajduje się kilka niewielkich zespołów leśnych<sup>36</sup>, pojedyncze drzewa, krzewy i smugi wzdłuż cieków wodnych i rowów melioracyjnych.

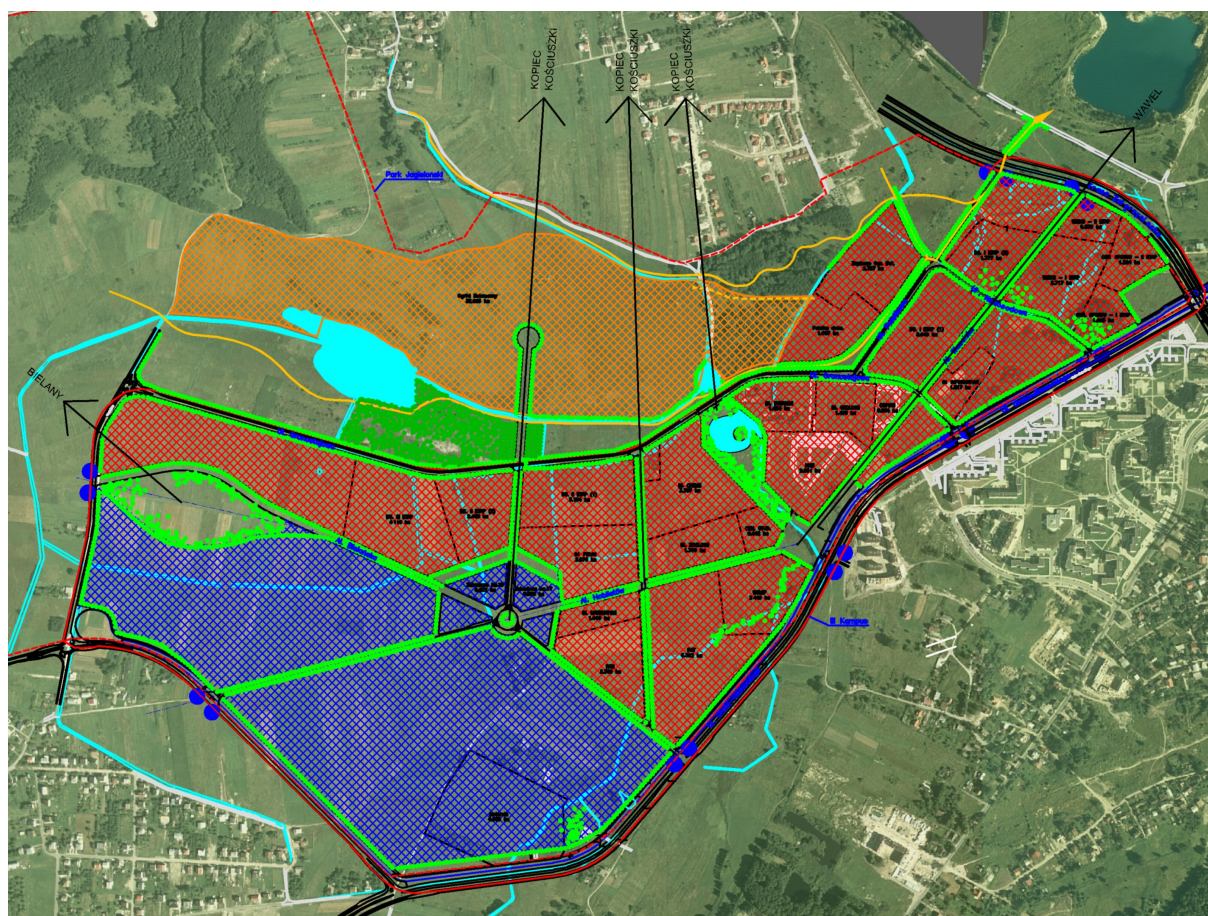
### 7.1.2. Założenia programowo-przestrzenne

Obydwa opracowania traktowały przedmiot na zasadzie planowania procesu, a niezamkniętej całości. Wynika to również z wielkości zamierzenia inwestycyjnego (obszar kampusu niemal dwukrotnie większy od Starego Miasta w obrębie Plant). Drugim istotnym elementem było przyjęcie zasady, że podobnie jak w Starym Mieście, w jego dzielnicy uniwersyteckiej strukturę urbanistyczną definiuje się poprzez sieć przestrzeni publicznych (ulice, aleje, place) a nie budynki.

Proces rozwoju Kampusu winien być na tyle otwarty i elastyczny, by zapewnić możliwość projektowania poszczególnych obiektów zgodnie z wymogami danego etapu, a zarazem na tyle konkretny by zapewnić harmonijną i spójną całość układu w każdej fazie rozwoju. W procesie tym każdy z kolejno dodawanych elementów powinien wzbogacać i ulepszać stan już istniejący.

Istotnym elementem planu jest - wymagane w tym wypadku również przez przepisy lokalnego prawa - podporządkowanie koncepcji uwarunkowaniom środowiska i walorom krajobrazu. Układ oparto na strukturze urbanistycznej - wyznaczonej alejowymi pasmami - a nie na strukturze funkcjonalnej, która z natury rzeczy jest zmienna.

### 7.1.3. Kompozycja przestrzenna kampusu i parku technologicznego



Ilustracja 7.2. III Kampus UJ – kompozycja przestrzenna.

Kompozycja przestrzenna wynika z warunków naturalnych miejsca oraz jego położenia w stosunku do otaczającej zabudowy i głównych elementów krystalizujących kształt przestrzenny Krakowa. Uwarunkowania te w dużym stopniu posiadają status przepisów prawa lokalnego.

Z tego powodu obowiązujący Plan zagospodarowania przestrzennego Krakowa wprowadza w tym terenie stosowne strefy ochrony krajobrazu otwartego, ustalając zarazem obowiązującą - stosunkowo wysoką - intensywność zabudowy.

W konsekwencji podstawowym problemem kompozycji przestrzennej planowanej inwestycji, jest takie zagospodarowanie terenu, aby wprowadzona zabudowa, nie spowodowała degradacji istniejących wartości miejsca i jego otoczenia.

Pierwszym krokiem zmierzającym do tego celu jest podniesienie tzw. chłonności widokowej miejsca. Oznacza to, że w niemal płaskim i pozbawionym zieleni terenie należy wprowadzić pasma zadrzewień, o charakterze alei parkowych. Ich przebieg z jednej strony winien akcentować główne atrakcje widokowe okolicy, z drugiej, stanowić kulisy dla wyznaczonych tym sposobem kwartałów inwestycyjnych. Ponadto do układu zieleni włączono wszystkie większe zespoły zieleni istniejące na tym terenie. Dzięki temu, wieloetapowa inwestycja, podzielona zostanie na części, a kolejne place budowy będą mniej widoczne i mniej uciążliwe dla otoczenia, w tym także dla funkcjonowania już oddanych do użytku obiektów. Równocześnie wyznaczone tym sposobem alejowe pasma przestrzeni publicznych stworzą możliwość bezkolizyjnego tranzytu dla wspomnianych wyżej funkcji rekreacyjnych - podkreślając zarazem - zgodnie z nazwą - parkowy charakter całego założenia. Pasma te wyznaczają zarazem trasy hierarchicznej komunikacji wewnętrznej i przebiegi infrastruktury technicznej obsługującej kwartały inwestycyjne. W przypadku ulic przyjęto stosowne normatywne szerokości w liniach rozgraniczających 20 m. Tą samą szerokość przyjęto dla ciągów pieszo-jezdnych komunikacji wewnętrznej, co wynika z wymaganych odległości pomiędzy poszczególnymi rodzajami sieci infrastruktury technicznej, oraz z faktu, że nie mogą one przebiegać (z wyjątkiem kanalizacji) pod trwałą nawierzchnią. Cały teren pod względem użytkowym dzieli się na część akademicką (UJ, PAN, PAT) i Park Technologiczny. Ośrodkiem pierwszej części jest forum położone pośrodku zespołu, na skrzyżowaniu głównych osi kompozycyjnych i pasma zieleni rekreacyjnej - Parku Kampusu. Ośrodkiem drugiego zespołu jest Centrum Konferencyjno-Wystawiennicze.

Podstawowy szkielet kompozycyjny składa się z dwu osi alejowych wyprowadzonych z forum kampusu. Pierwsza z nich (wschodnia "wawelska") biegnie w kierunku północno-wschodnim i zamknięta jest widokiem na Wawel. Druga aleja ("Noblistów") skierowana jest na zachód i prowadzi do drugiego, obok forum kampusu, placu (rondo) z wymienionym wcześniej centrum konferencyjno-wystawienniczym, które łączy funkcjonalnie i kompozycyjnie część akademicką kampusu z parkiem technologicznym. Z placu (rondo) bierze swój początek trzecia szkieletowa aleja (zachodnia "Bielańska") skierowana na zachód z widokiem na Bielany.

Dominantą całego założenia będzie akcent wysokościowy zlokalizowany w obrębie forum, na skrzyżowaniu głównych osi kompozycyjnych i osi parku kampusu, a zarazem na zamknięciu perspektywicznym ul. St. Grota-Roweckiego - głównej drogi

doprowadzającej z centrum miasta do Kampusu. Ma on służyć lepszej orientacji i pełnić rolę symbolu identyfikującego całe założenie.

Dla regulacji wysokości zabudowy wprowadzono trzy strefy. Strefa A obejmuje południową część parku technologicznego. Wysokość zabudowy w tej strefie jest pochodną ustalenia obowiązującego planu zagospodarowania przestrzennego, które narzuca minimalną wysokość 12 m wzdłuż ul. Grota-Roweckiego i jej przedłużenia do ul. Skotnickiej i ukształtowania terenu. Wysokość rzędnych bezwzględnych wzdłuż wymienionego pasa, powiększona o 12 m, przenoszona jest na pozostały obszar strefy, gdzie dzięki obniżeniu, wysokość zabudowy może być do 17 m. W obrębie tej strefy wprowadzono podstrefę A1 - w rejonie centrum konferencyjno-wystawienniczego - gdzie wymagane są dodatkowe ustalenia dotyczące wysokości zabudowy - na podstawie studium widokowego - w fazie rozpatrywania indywidualnych projektów koncepcyjnych. Strefa B, gdzie obowiązuje wysokość zabudowy nie przekraczająca 12 m obejmuje większość pozostałego terenu kampusu. Strefa C to teren po północnej stronie wzgórza na terenie parku technologicznego. Samo wzgórze wyłączone jest w zasadzie z możliwości zabudowy ze względów krajobrazowych natomiast na jego północnym zboczu zabudowa nie może przekraczać wysokości 8 m, liczonej od rzędnej ulicy Gronostajowej, na odcinku jej przebiegu u stóp wzgórza.

Wytyczne w odniesieniu do formy zagospodarowania terenu i zabudowy w poszczególnych kwartałach inwestycyjnych są ponadto zróżnicowane w zależności od kontekstu kompozycyjnego. Oznacza to wskazane architektoniczne wyróżnienie uprzywilejowanych miejsc i elewacji z powodu sąsiedztwa przestrzeni publicznych (pasm alejowych lub placów). Ponadto, wyróżnione w skali całego założenia jest pasmo graniczne, wzdłuż północnej granicy Kampusu, dzielące jego teren od strefy krajobrazu chronionego Zespołu Jurajskich Parków Krajobrazowych i ich otuliny. W ramach tego pasma komunikacja zewnętrzna ma charakter parkway'u.

Zabudowa III Kampusu UJ i Parku Technologicznego podporządkowana jest kwartałom inwestycyjnym. Przestrzeń pomiędzy kwartałami ukształtowana jest jako przestrzeń publiczna. Do przestrzeni publicznej należą również dwa zespoły zieleni parkowej (Park Kampusu i wzgórze widokowe na terenie Parku Technologicznego). Dla uzyskania zharmonizowanego wyrazu architektonicznego całego terenu inwestycji oraz współczesnego nawiązania nowego kampusu do charakteru architektury Uniwersytetu Jagiellońskiego w Starym Mieście, ustalono szczegółowe zasady kształtowania zabudowy i zagospodarowania terenu.

#### 7.1.4. Kompozycja przestrzenna Parku Jagiellońskiego

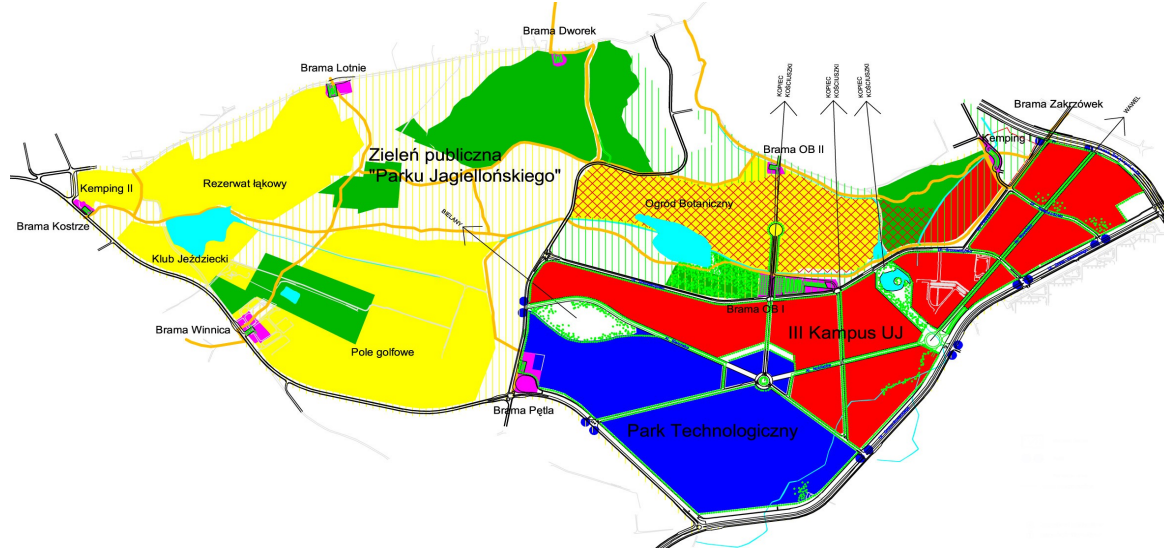
Program zagospodarowania Parku Jagiellońskiego obejmujący powierzchnię ok. 200 ha podzielony został na obszary zagospodarowania odpowiadające kwartałom inwestycyjnym wyznaczonym w obrębie III Kampusu UJ.

Program wyodrębnionych obszarów zagospodarowania terenu Parku Jagiellońskiego różni od opracowywanych w I etapie kwartałów, co wynika z jednej strony z innego statusu planistycznego obszaru Parku (znaczne ograniczenia budowlane) oraz sposobu inwestowania i określania programu użytkowego. Program ten został sformułowany jedynie w stosunku do ogrodu botanicznego, jako obszaru wyraźnie związanego z Inwestorem III Kampusu, oraz częściowo dla rezerwatu łąkowego. Pozostałe elementy umieszczone są w obrębie terenów zieleni parkowej



publicznie dostępnej i stanowią jej potencjalne uzupełnienie o nieokreślonym jeszcze sposobie inwestowania. Zatem traktować je należy jako propozycje programowe najlepiej odpowiadające warunkom miejsca. Wyznaczono następujące obszary zagospodarowania:

- ogród botaniczny
- rezerwat łąkowy wraz z użytkiem ekologicznym
- pole golfowe
- ośrodek jeździecki
- kemping
- tereny zieleni publicznie dostępnej (obszar „tłowy”)



Ilustracja 7.3. III Kampus UJ i Park Jagielloński – kompozycja przestrzenna.

Istotnym składnikiem koncepcji zagospodarowania Parku Jagiellońskiego są obszary węzłowe zlokalizowane na początku głównych ciągów spacerowych, w miejscach połączeń z terenami otaczającymi, mieszczącymi istniejące lub potencjalne atrakcje turystyczne i rekreacyjne. Zostały one wyodrębnione jako „bramy”- jako kolejne, następujące obszary zagospodarowania:

- „Zakrzówek”,
- „Ogród Botaniczny I”,
- „Ogród Botaniczny II”,
- „Pętla”,
- „Winnica”,
- „Kostrze”
- „Lotnie”,
- „Dworek”.

Rozległość oraz położenie - w paśmie otaczających miasto terenów otwartych - wymaga przeprowadzenia przez wnętrze Parku Jagiellońskiego „parkway’u” (dla ograniczonego ruchu samochodowego), a także szlaków turystyki pieszej, rowerowej i konnej. Ich układ opiera się na dwu głównych ciągach wschód - zachód, przeciętych trzema poprzecznymi trasami północ – południe. Trasy spacerowe, turystyki kwalifikowanej, ścieżki zdrowia a także szlaki dla amatorów (np. dawnych fortyfikacji), o różnym charakterze i stopniu trudności, stwarzają bogatą ofertę dla różnych grup użytkowników. Rozległe widoki (Wawel, panorama Starego Miasta, Kopiec

Kościuszki, Bielany, Tyniec, Beskidy, Tatry) zaakcentowane są lokalizację punktów widokowych i belwederów. W rejonach bram wprowadzających w obszar Parku Jagiellońskiego umieszczono parkingi i przystanki komunikacji zbiorczej. Miejsca odległe od przystanków komunikacji zbiorowej, związane z węzłami szlaków pieszych i polanami piknikowymi, wyposażono w niezbędne urządzenia (deszczochrony, wypożyczalnie sprzętu, bufety). W najbardziej wysuniętej na zachód części zespołu, przewiduje się zgrupowanie funkcji komercyjnych (pole golfowe, klub jeździecki, klub wędkarski). Nieliczne istniejące na terenie parku zagrody i budynki podmiejskie, mogą być adaptowane dla potrzeb agroturystyki.

## **7.2. Zakres badań cyfrowych i materiały wyjściowe**

Przepisy lokalnego prawa obowiązującego na analizowanym terenie a w szczególności Planu Ogólnego Zagospodarowania Przestrzennego m. Krakowa z 1994 r.<sup>37</sup> wymagają szczególnego traktowania aspektów krajobrazowych przy projektowaniu jakichkolwiek funkcji.

Część przeznaczona pod zabudowę Kampusu i Parku Technologicznego z punktu widzenia użytkowania terenu w całości należy do Obszaru Usług Publicznych. Ponadto w ramach polityki przestrzennej przewidziana jest tu intensywność zabudowy miejskiej. Jednocześnie cały obszar leży w zasięgu stref widokowych - Strefy ochrony i kształtowania przedpola widoku i Strefy ochrony i kształtowania bliskiego planu widoku. Wynika z tego sprzeczność równoczesnej ochrony krajobrazu z udostępnianiem terenu w wysokiej intensywności miejskiej.

Park Jagielloński planowany jest na terenach należących do Obszaru Miejskiej Zieleni Publicznej (ZP) i Obszaru Leśnego (LR). Wysokie wartości przyrodnicze i krajobrazowe spowodowały, że z punktu widzenia zasad polityki przestrzennej na obszarze Parku Jagiellońskiego występują następujące strefy:

- strefa ochrony szczególnych wartości przyrodniczych,
- strefa zachowania ogólnomiejskich warunków równowagi ekologicznej,
- strefa rekultywacji wartości krajobrazu naturalnego,
- strefa ochrony i kształtowania przedpola widoku,
- strefa ochrony i kształtowania bliskiego planu widoku,
- strefa intensywności podmiejskiej.

Wartości krajobrazowe i wytyczne Planu Ogólnego Zagospodarowania Przestrzennego wymagają od projektantów działających na tym obszarze analiz krajobrazowych projektowanych koncepcji. Metody oparte na algorytmach śledzenia promienia zostały wykorzystane przy tworzeniu planów koordynacyjnych. Jednak wprowadzono je dopiero przy wykonywaniu drugiego, rozszerzającego zlecenia. Posłużyły, zatem do weryfikacji koncepcji krajobrazowych zawartych w planie koordynacyjnym III Kampusu UJ i Parku Technologicznego i wspomogły wytworzenie danych do projektowania Parku Jagiellońskiego.

### **7.2.1. Zakres badań krajobrazowych**

Wysoka wartość krajobrazowa przyszłego parku polega w głównej mierze na szerokiej panoramie w kierunku północnym, zachodnim i wschodnim. Panorama ta

akcentowana jest dominantami, które stanowią najbardziej atrakcyjne elementy krajobrazu. Widok nie jest jednakowy na całej powierzchni opracowywanego obszaru. Istnieją naturalne przeszkody zasłaniające zarówno w granicach opracowania jak i w bezpośrednim sąsiedztwie.

W ramach projektu urbanistycznego planu koordynacyjnego wprowadzane są dodatkowe przeszkody takie jak zieleń i linie zabudowy kwartałów inwestycyjnych. Należało dokonać analizy w trzech wariantach:

- Wariant 1 - przed wprowadzeniem projektowanej zieleni i zabudowy. Sytuacja odpowiada stanowi przed inwestycjami kampusu i parku.
- Wariant 2 - z projektowaną zielenią, która stanowiła obligatoryjny element projektu.
- Wariant 3 - z projektowaną zielenią i liniami zabudowy, którym nadano wysokość w dopuszczalnych gabarytach ustalonych dla poszczególnych kwartałów inwestycyjnych.

Na etapie planów nie była określana szczegółowo struktura zabudowy a tylko charakter „pensjonatowy” i dopuszczalne gabaryty. Nie możliwe było wygenerowanie danych określających rzeczywistą widoczność po wypełnieniu się wszystkich kwartałów inwestycyjnych zabudową. Jednak warianty drugi i trzeci mogą pomóc w analizie, ponieważ stan finalny będzie sytuacją pośrednią między nimi.

Zadanie wygenerowania mapy miejsc, z których widoczne są dominanty krajobrazowe przydzielono metodzie wykorzystującej algorytm śledzenia promienia. Przykład ten przedstawia możliwości generowania map rzutu ortogonalnego i wykresów widoczności ekspozycji biernej. Ponadto uwidacznia zalety wykorzystania rzutu ortogonalnego w projektach opartych na technologii SIP.

### 7.2.2. Materiały

Plany koordynacyjne były wykonywane metodami cyfrowymi jako System Informacji Przestrzennej. Większość materiałów i danych wykorzystywanych przy ich opracowywaniu dostarczona była w postaci cyfrowej. Nieliczne informacje nie będące w postaci cyfrowej bez większych problemów można było wprowadzić do systemu komputerowego. Decyzja o wykonaniu opracowania w postaci Systemu Informacji Przestrzennej nie podlegała, zatem dyskusjom.

Podstawowym źródłem danych do wielu elementów projektu był rysunek wektorowy geodezyjnego podkładu sytuacyjno-wysokościowego w skali dokładności 1:2000. Dzięki niemu możliwe było generowanie trójwymiarowego modelu całego terenu. Ponadto zespół autorski dysponował danymi przestrzennymi w postaci lotniczych zdjęć orto-foto w skali dokładności 1:5000, skanowanych map Krakowa w skali 1:10 000 i 1:50 000 i cyfrowej wersji Planu Ogólnego Zagospodarowania Przestrzennego w postaci rysunku wektorowego i części bazy danych, pochodzącej z Miejskiego Systemu Informacji Przestrzennej.

Dzięki tym danym możliwe było szczegółowe odtworzenie pokrycia terenu. Zdjęcia orto-foto w tej skali po właściwym skalibrowaniu pozwalają zlokalizować każdy obiekt, którego wielkość ma znaczenie dla analizy krajobrazowej. Kompletny rysunek wektorowy Planu z punktami koordynacji i zaznaczonymi granicami poszczególnych sekcji mapy zasadniczej pozwolił na precyzyjne skalibrowanie map skanowanych i w oparciu o nie odwzorowanie położenia dominant względem modelu.

### 7.2.3. Model cyfrowy terenu z pokryciem

Geodezyjne podkłady cyfrowe są dużym ułatwieniem przy generowaniu modelu. Są one wykonywane według instrukcji Głównego Geodety Kraju K-1<sup>38</sup>. Jednak mimo zawartych w niej wytycznych wykonywania cyfrowej wersji mapy zasadniczej nie wykorzystują w pełni możliwości tego typu danych. Często traktują rysunek cyfrowy jako narzędzie do drukowania wersji konwencjonalnej. W przypadku ustalenia i stosowania się do odpowiednich standardów zapisu atrybutów, nazewnictwa warstw, mogłyby być podstawą do całkowicie automatycznego generowania modelu terenu. Podkłady dostępne w tej pracy nie były w ten sposób standaryzowane.

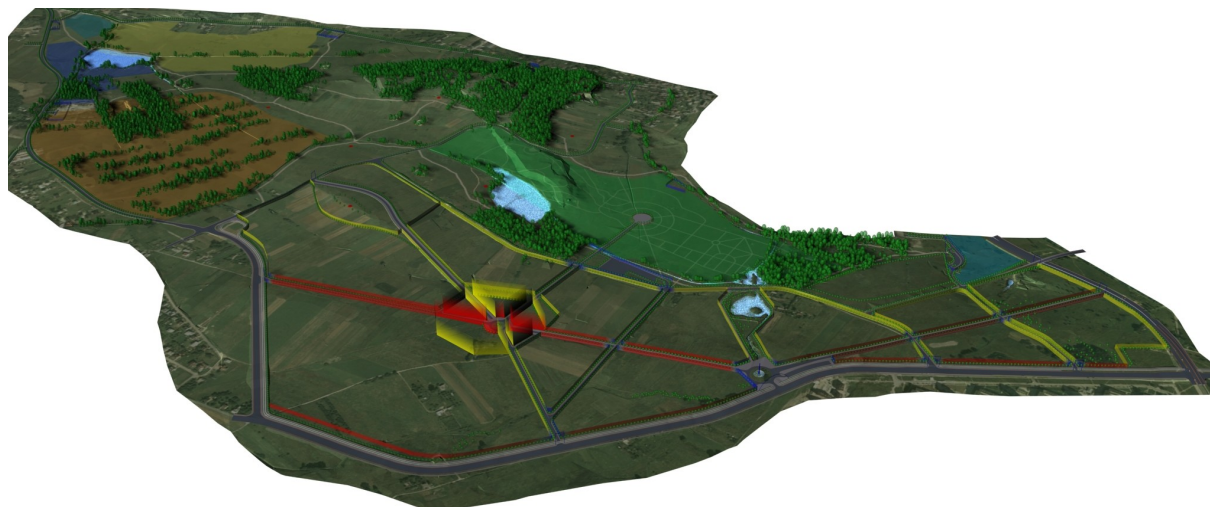
Moduł do modelowania terenu w pakiecie Land Development Desktop wymaga trójwymiarowych punktów rzeźby. Pikiety terenowe znajdujące się na rysunku wektorowym podkładu można było w sposób automatyczny dostosować do wymagań programu przez wygenerowanie listy punktów. Jednak warstwie wymagały podniesienia na właściwy im poziom i połączenia w miejscach przystąpienia atrybutów. Krawędzie skarp należało przerysować zadając im indywidualne wysokości przy każdym punkcie końca i załamania. Dane w ten sposób przetworzone stanowiły uprawnioną podstawę do generowania siatki terenu. Program łączy punkty pochodzące z listy, końcówki i załamania linii trójkątami opartymi na wyznaczonych liniach skarp i poziomicy. W ten sposób powstał model terenu w skali dokładności określonej przez podkład.

Dominanty krajobrazowe, których widoczność miała być analizowana, zasłaniają się przez wzniesienia znajdujące się w bezpośrednim sąsiedztwie terenu opracowania. Dlatego model został poszerzony o te tereny. Niestety cyfrowe podkłady geodezyjne nie były już dostępne na tym obszarze. Warstwa wysokościowa należy do części fakultatywnej mapy zasadniczej. Wersja cyfrowa nie była do chwili obecnej nasycana tymi danymi. Przeprowadzono, zatem digitalizację na podstawie mapy konwencjonalnej.

Kolejnym elementem zasłaniającym widoczność jest pokrycie terenu roślinnością i zabudowaniami. Dla sprawności i operatywności przeprowadzanej analizy dopuszczono pewne uproszczenia. Zabudowa, która miała znaczenie znajduje się na terenie osiedla Pychowice i składa się z budynków o niedużych kubaturach, jednorodzinnych, zagrodowych i gospodarczych. Cyfrowa wersja mapy zasadniczej powinna zawierać graficzne oznaczenia budynków wyposażone w atrybuty określające ich wysokość. Jednak podkład znajdujący się w dyspozycji nie posiadał powiązania między graficznym oznaczeniem a liczbą kondygnacji, która była odrębnym elementem rysunku. Z tego powodu nie można było uruchomić procedury automatycznie nadającej wysokość. Przyjęto średnią wartość dla tych obiektów 8 m. Linie obrysów budynków z podkładu geodezyjnego zrzutowano na siatkę terenu a następnie nadano im tę samą wysokość.

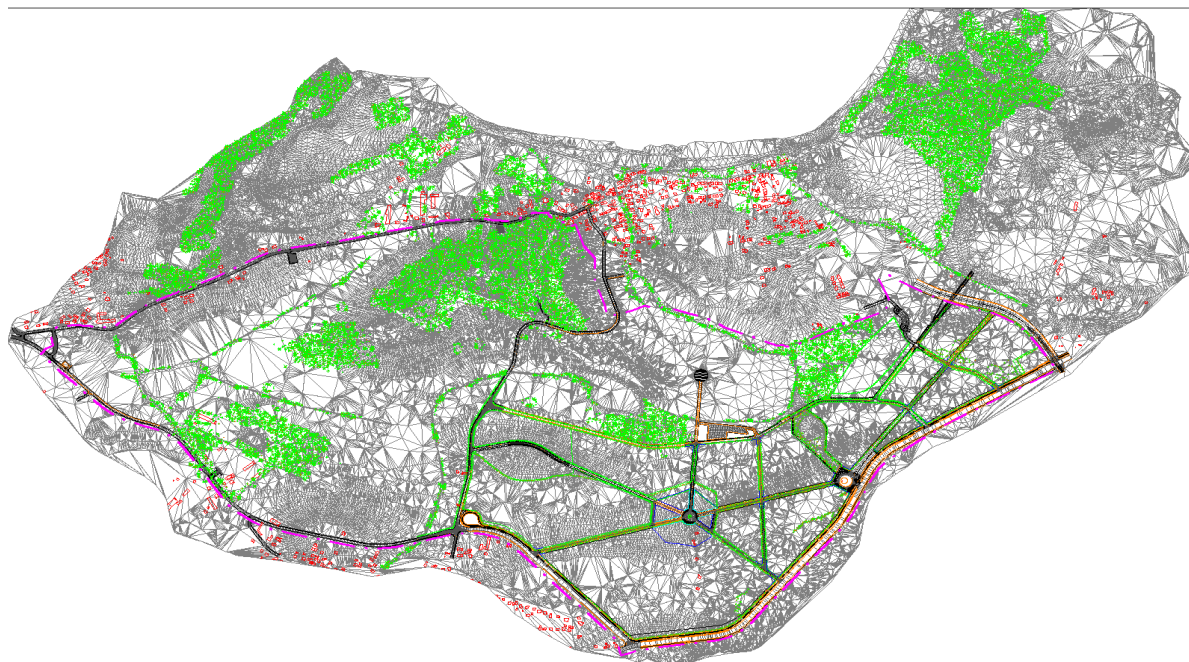
Tereny zapisane w planie ogólnym jako RL potraktowano w analizie jako obszary leśne. Można je było uzupełnić i zweryfikować precyzyjnie dzięki orto-foto mapie, która została zestawiona z rysunkiem podkładu i planu. Pozwoliło to na obwiedzenie tych terenów wielolinią. Obszary wewnątrz zamkniętej wielolinii wypełniono punktami o średniej gęstości 8-10 na 100 m<sup>2</sup>. Ponadto punktami zostały zaznaczone drzewa rosnące wzdłuż dróg i cieków wodnych. Wykorzystując możliwości pakietu LDD punkty zrzutowano na siatkę modelu terenu. Następnie za pomocą aplikacji, specjalnie do tego celu napisanej, wstawiono w miejscach rzutów

bloki prostych drzew w trzech rodzajach. Program losowo wybierał punkty wstawienia bloków w różnych skalach o współczynnikach od 0.6 do 1.8. Dzięki temu powstał model „lasu” z losowo dobranymi drzewami pod względem pokroju i wielkości.



**Ilustracja 7.4.** Poglądowa wizualizacja modelu terenu z elementami projektowymi w granicach opracowania planów koordynacyjnych. Linie zabudowy wyróżnione są kolorami czerwonym, żółtym i niebieskim.

Podobny schemat postępowania zastosowano wobec elementów projektowanych w planach koordynacyjnych. Zieleń pierzei wzdłuż planowanych ciągów publicznych znormalizowano pod względem gabarytów i pokroju, zakładając strzyżenie drzew w kule. Bloki schematycznych drzew wstawiane były wzdłuż krawężników co 10 m. Linie zabudowy wymodelowano zgodnie z warunkami określonymi w planie, nadając im wysokość gabarytową określoną dla każdego kwartału inwestycyjnego. Elementy te zastosowane były w analizach wariantowych, w których nadano im cechy ogólne w zakresie przesłaniania widoku.



**Ilustracja 7.5.** Model terenu z pokryciem poszerzony o sąsiednie obszary zasłaniające. Fioletowa linia oznacza granicę opracowania planów koordynacyjnych. Rzut ortogonalny.

Przy wielkości obszaru ok. 400 ha przyjęte uproszczenia mają marginalne znaczenie dla analizy widokowej. Zawierają się one w zbiorze elementów zmiennych, tereny leśne zmieniają swój obrys i gęstość a budynki podlegają różnym przebudowom. Ponadto w osiedlu Pychowice istnieje dość znaczny ruch budowlany, który w ostatnich latach nasilił się. Zbieranie bardziej szczegółowych informacji i odwzorowywanie ich w modelu uznano za bezzasadne.

### 7.3. Parametry cyfrowej sceny

Celem analizy cyfrowej było wygenerowanie mapy, zawierającej informację o miejscach, z których widoczne są dominanty. Mapa ta miała być materiałem nadającym się do zestawienia z innymi danymi przestrzennymi służącymi do opracowania planów koordynacyjnych. Ponadto informacje zawarte na niej powinny być czytelne i kompletne, aby praca była sprawna i wygodna. Uniknięcie przełączania wykresów sporządzonych dla poszczególnych dominant mogło wpłynąć na jakość podejmowanych decyzji.

Cele te mogły być zrealizowane przez właściwe dobranie parametrów sceny, sposobów rzutowania i rozmiaru mapy. Przyjęto rozwiązanie polegające na mapie widoczności rzutu ortogonalnego. Efekt takiego rzutowania daje się zestawiać z innymi rysunkami i mapami zawierającymi dane przestrzenne. Symulację oparto na wykresach widoczności ekspozycji biernej, które pozwalają na wyznaczenie miejsc widoczności obiektów w terenie.

#### 7.3.1. Źródła światła

Gabaryty dominant w stosunku do odległości nie miały istotnego znaczenia. Można było je sprowadzić do rozmiarów punktu i ustawić w tych miejscach modele światła punktowego wykorzystujące algorytm śledzenia promienia, promieniujące we wszystkich kierunkach z jednakowym natężeniem. Odległości i jej wpływu na tłumienie widoku nie brano pod uwagę, ponieważ nie była ona istotna.

Dominanty znajdowały się poza granicą opracowania a także poza poszerzonym modelem. Miejsca im odpowiadające zostały sprecyzowane na podstawie mapy Krakowa w skali 1:10 000. Wysokość Kopca Kościuszki przyjęto również na podstawie mapy. Odpowiednie wartości rzędnych dla Klasztoru na Bielanych zostały znalezione w literaturze<sup>39</sup> a Wawelu w dokumentacji inwentaryzacyjnej. Źródła światła ustawiono w dwóch trzecich wysokości Kopca i na wysokości hełmów wież. Dla uzyskania największego kontrastu obrazu wszystkim modelom światła nadano barwę białą.

#### 7.3.2. Cechy modelu cyfrowego

Najbardziej istotnym warunkiem dla precyzyjnych symulacji przy wykorzystaniu modelu światła jest zapewnienie dużego kontrastu uzyskiwanego obrazu. Analiza przeprowadzana dla jednej dominanty miała za zadanie zbadać czy w danym miejscu terenu jest ona widoczna czy nie. Światło wysyłane z miejsca dominanty, jeśli nie natrafi na przeszkody zasłaniające, pada na siatkę terenu i zmienia jej barwę. Kąt padania jest niewielki z powodu stosunkowo niedużej wysokości dominant. Dlatego

oprócz najmocniejszego światła należało nadać cechy dużej refleksyjności powierzchni, która miała być podstawą mapy. Siatka terenu winna odbijać światło możliwie najmocniej, zatem nadano jej barwę białą.

Elementy przesłaniające widok dominant można podzielić na dwa rodzaje. Pierwsze to wzniesienia, które należą do siatki terenu. Przeszkody te z jednej strony zasłaniają obiekt z drugiej mogą stanowić punkty widokowe. Powinny, zatem w ramach poprzednio opisanych parametrów stanowić podstawę wykresu. Drugie to wszystkie obiekty należące do pokrycia terenu. Nie mogą one w normalnych warunkach stanowić punktów widokowych, wobec tego powinny mieć cechy, dzięki którym będą zasłaniały światło, natomiast same pozostaną czarne, ponieważ nie są miejscami, z których widoczna jest ekspozycja. Wszystkim odpowiednikom drzew i budynków nadano cechy nieprzeźroczystości i w całości pochłaniające światło.

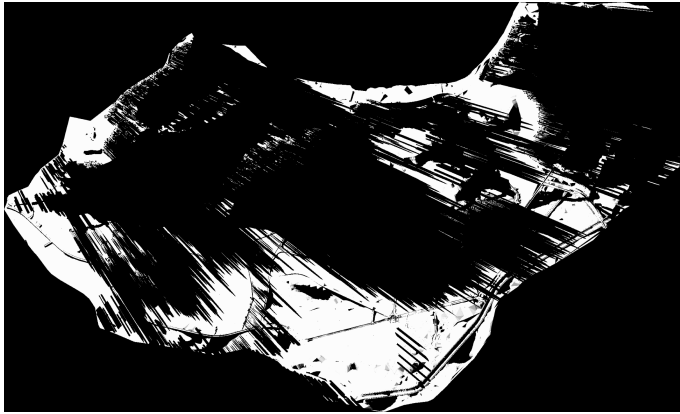
#### **7.4. Materiały uzyskiwane na podstawie modelu cyfrowego**

Obraz renderingu tak przygotowanej sceny z modelem światła w punkcie dominaty składa się z pikseli czarnych, odpowiadających miejscom nie widocznym z dominaty i różnych od czarnego dla miejsc widocznych. Wszędzie gdzie dociera światło widać jego źródło, widać zatem dominantę. Jednakże stosunek rzędnej nad siatką terenu punktu światła do rozległości modelu sprawia, że promienie operują w wielu miejscach pod małym kątem i zmieniają one kolor powierzchni, na którą padają nieznacznie. W efekcie często piksele widoczności różnią się od czarnych w sposób nierozróżnialny dla oka. Z tej przyczyny rendering nie może być potraktowany jako materiał analityczny. Informacja o widoczności jest, zawarta w renderingu, należy ją tylko wydobyć przez wzmocnienie wartości pikseli różnych od czarnego. Wykres powinien zawierać piksele o wartościach wskazujących pozytywnie lub negatywnie. Zatem należało, przetworzyć rendering, nadając maksymalną wartość pikselom różnym od 0.

Wykresy stanowią materiał do generowania map widoczności, w których powinno się zawierać możliwie najwięcej danych o widoczności dominant. Dane te winny być zapisane przejrzystie i jednoznacznie. Już przy trzech dominantach monochromatyczny obraz mapy staje się niewystarczający. Po uśrednieniu wykresów piksele przyjmują wartości zbliżone i również nie rozróżnialne dla oka. W wyniku prostego uśrednienia wykresów stosowanego w przykładzie opisywanym w rozdziale 5 generowana jest mapa niedająca pełni informacji o widoczności dominant. Rozwiązaniem może być przyporządkowanie poszczególnym dominantom kolorów identyfikacyjnych.

##### **7.4.1. Wykresy widoczności poszczególnych dominant**

Wykonano renderingu przygotowanej sceny dla każdej dominaty oddzielnie w trzech wariantach. Renderingi wariantu pierwszego generowane były przy wyłączonych warstwach, na których znajdowały się projektowana zieleń i linie zabudowy. Przy tworzeniu następnych wariantów włączano kolejne warstwy.



**Ilustracja 7.6.** Wykres widoczności ekspozycji biernej dla klasztoru na Bielanach. Wariant I – bez trójwymiarowych elementów projektowych.



**Ilustracja 7.7** Wykres widoczności ekspozycji biernej dla Kopca Kościuszki. Wariant I – bez trójwymiarowych elementów projektowych.



**Ilustracja 7.8** Wykres widoczności ekspozycji biernej dla Wawelu. Wariant I – bez trójwymiarowych elementów projektowych.

Uzyskano 9 renderingów, które można było zestawiać ze sobą zarówno w układzie trzech dominant w jednym wariantcie jak i trzech wariantów dla jednej dominanty.

Aby wyraźnie rozróżnić piksele odpowiadające miejscom widoczności od tych, do których światło, a tym samym widok nie dociera poddano renderingi działaniu programu „aprcbit”, opisanemu w 5.4, maksymalizującemu wartości pikseli nierówne zero. Dzięki temu uzyskano binarne wykresy widoczności dominant. Jednak nośnikiem danych w tym przypadku był obraz ośmiobitowy. Piksele mające wartość maksymalną znajdowały się w miejscach, z których widać się obiekt, dla którego wykonano wykres.

Wykresy te można wstawiać do projektu na kolejne warstwy merytoryczne. Dzięki temu, że renderingi wykonywane były z opcją wyboru obszaru, kalibracja bitmap nie była kłopotliwa. Wystarczyło dobrać ich wielkość i położenie zgodne z obszarem renderingu.

Sposób, w jakim korzystano z danych na wykresach polegał na umieszczeniu każdej bitmapy na oddzielnej warstwie i przełączaniu ich w miarę potrzeb. Metoda ta była mało efektywna. Włączanie warstw wymaga pewnego czasu na regenerację obrazu. Program Land Development Desktop, wykorzystywany do projektowania,

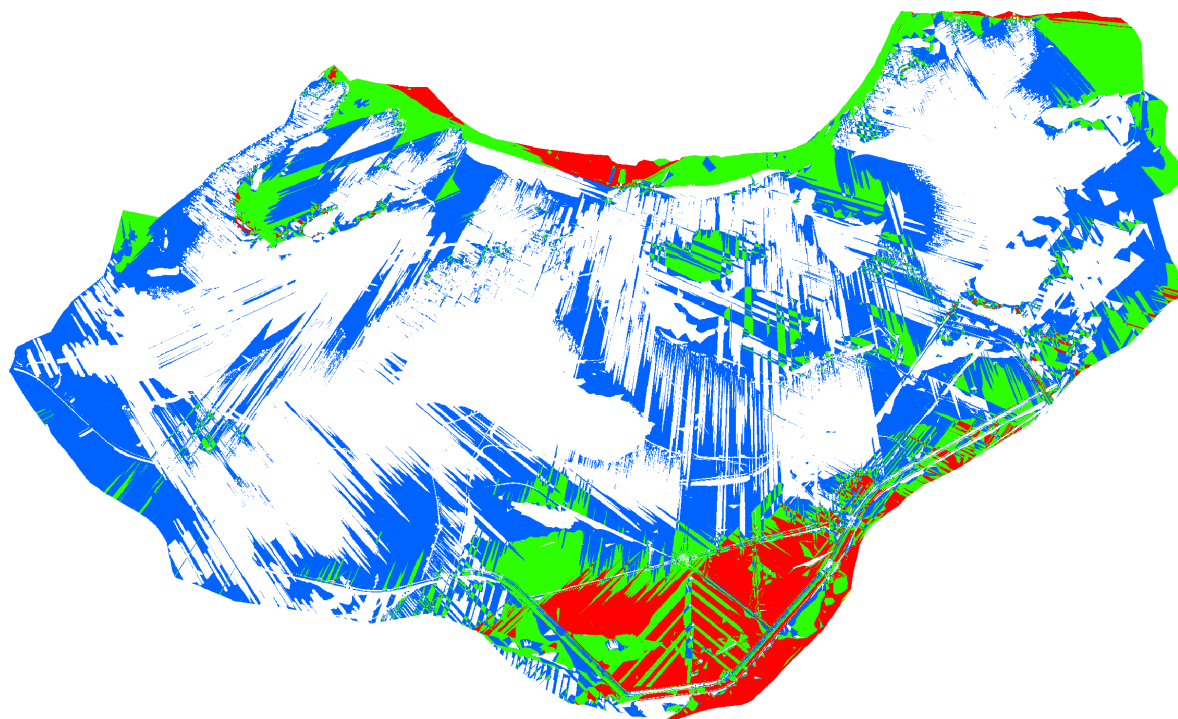
nie zachowuje w pamięci bitmapy i przy każdym wyświetleniu wymagał wczytania jej, co zajmowało dodatkowy czas. Ponadto w danym momencie na ekranie mógł być wyświetlony tylko jeden wykres. Liczba wykresów powodowała potrzebę ciągłego ich przełączania. Zaistniała potrzeba wygenerowania mapy widoczności zbierającej dane z wszystkich wykresów.



## 7.4.2. Uśrednianie wykresów ośmiobitowych

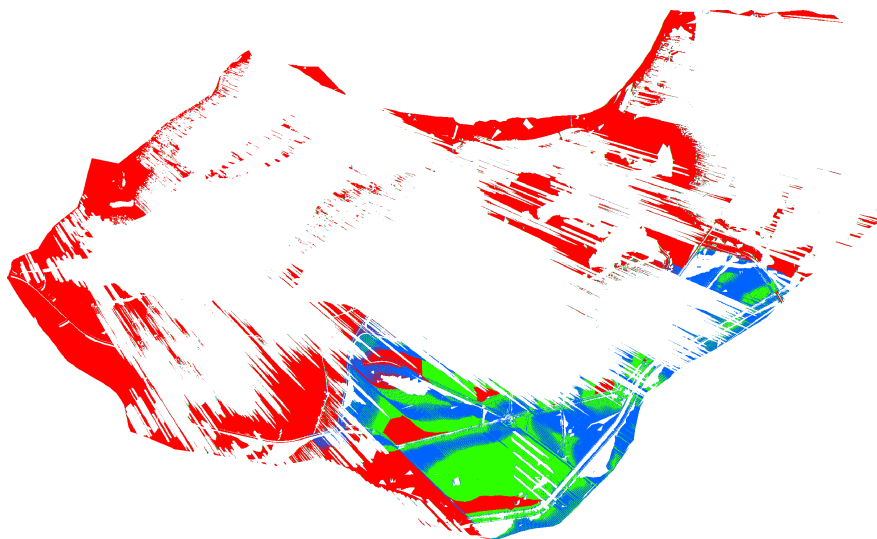
Pierwsza próba uzyskania mapy polegała na uśrednieniu za pomocą programu „aprobit” trzech wykresów dominant pierwszego wariantu, czyli bez projektowanych elementów zasłaniających. W efekcie powstał obraz achromatyczny, ośmiobitowy tak samo jak wykresy. Można było zmienić paletę barw według zasad opisanych w p. 5.5.1. Zastosowano paletę „spektrum” z odfiltrowanym tłem – pikselowi o wartości 00 przyporządkowano kolor biały. Obraz zawierał piksele o czterech wartościach:

- 00 (na Ilustracja 7.9 białe) – piksele reprezentujące miejsca, z których niewidoczne są dominanty,
- 55 (na Ilustracja 7.9 niebieskie) – piksele reprezentujące miejsca, z których widoczna jest jedna dominanta,
- AA (na Ilustracja 7.9 zielone) – piksele reprezentujące miejsca, z których widoczne są dwie dominanty,
- FF (na Ilustracja 7.9. czerwone) – piksele reprezentujące miejsca, z których widoczne są trzy dominanty.

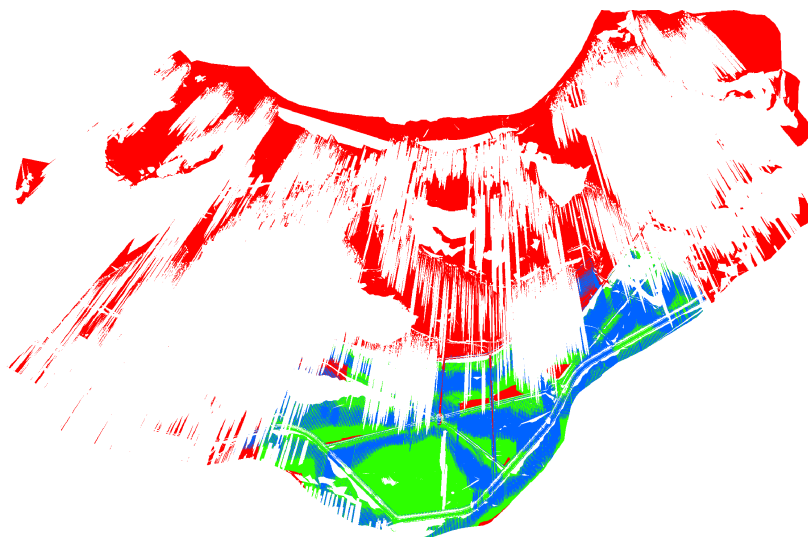


**Ilustracja 7.9.** Mapa widoczności powstała w wyniku uśrednienia wykresów trzech dominant w ramach pierwszego wariantu zasłaniania.

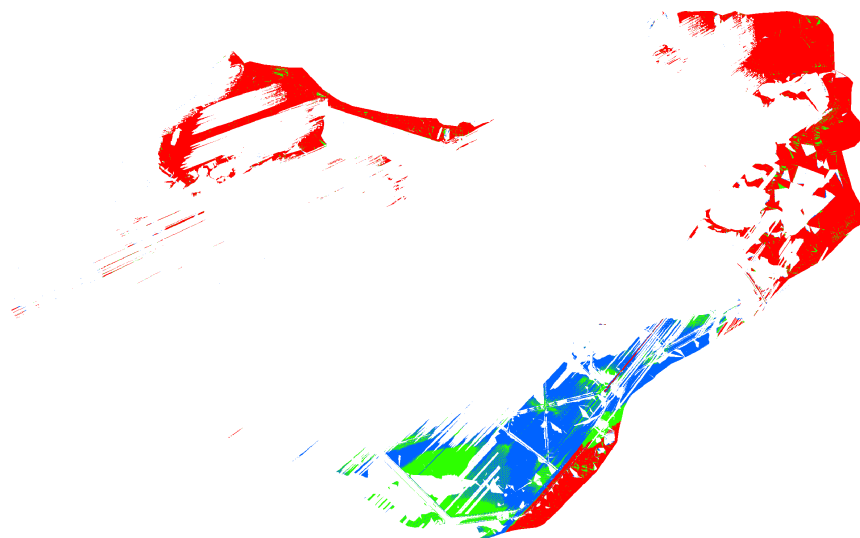
Mapa ta nie zawierała informacji o tym, co widać z danego punktu, jedynie ile dominant jest widocznych. Jednak zastosowanie programu do uśredniania pozwoliło na szybkie i niewymagające nakładu pracy jej wygenerowanie.



**Ilustracja 7.10.** Mapa widoczności powstała w wyniku uśrednienia wykresów trzech wariantów dominanty klasztoru na Bielanach.



**Ilustracja 7.11.** Mapa widoczności powstała w wyniku uśrednienia wykresów trzech wariantów dominanty Kopca Kościuszki.



**Ilustracja 7.12.** Mapa widoczności powstała w wyniku uśrednienia wykresów trzech wariantów dominanty Wawelu.

Następnie poddano uśrednieniu wykresy trzech wariantów dla jednej dominanty. Uzyskano mapy poszerzające informacje zawarte w wykresach. W tym przypadku również zastosowano paletę „spektrum” z odfiltrowanym tłem. Dzięki temu uczynione zostały wszystkie warianty zasłaniania. Miejsca widoczne w każdym wariantcie zaznaczyły się na czerwono, na zielono zaznaczyły się miejsca, z których widać dominanty mimo wprowadzenia drzew wzdłuż pierzei a na niebiesko miejsca, z których widać dominantę tylko przed wprowadzeniem jakichkolwiek przeszkód projektowanych. Białe pozostały piksele odpowiadające miejscom braku widoczności.

W tym przypadku również w całości mapy występowały tylko cztery wartości pikseli – 00, 55, AA, FF. Paleta „spektrum” z odfiltrowanym tłem posiada przyporządkowane dla tych wartości kolory, które odróżniają się wyraźnie i kontrastowo (biały, niebieski, zielony, czerwony). Wpływa to w sposób zasadniczy na czytelność map.

### 7.4.3. Uśrednianie wykresów dwudziestoczerobitowych

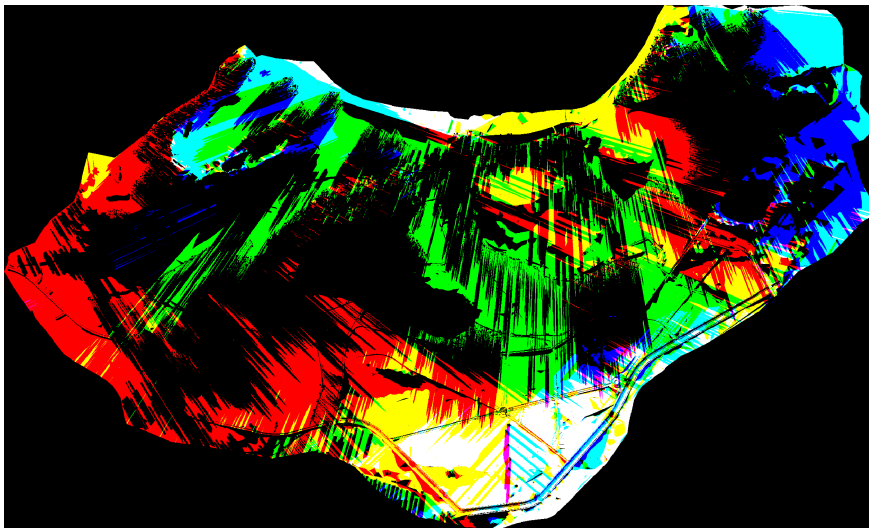
Mapa z Ilustracja 7.9 nie daje jednoznacznej informacji o tym, które dominanty są widoczne z danego punktu (poza przypadkami, kiedy widoczne są wszystkie lub żadna). Wykresy składające się na nią posiadały wartości pikseli zapisane pojedynczymi liczbami heksadecymalnymi, które po dodaniu zatraciły informację o wykresie pochodzenia a tym samym utracona została identyfikacja dominanty. Uśrednienie pikseli pozostawia jedynie możliwość określenia liczby dominant widocznych z danego miejsca.

Problem ten można pokonać nadając wykresom cechy indywidualne w postaci kolorów podstawowych. W tym celu konieczna jest zmiana formatu graficznego na 24-ro bitowy z zapisem pikseli w postaci trzech liczb po jednej dla każdego koloru podstawowego stosowanych w addytywnym modelu barw grafiki 24-ro bitowej<sup>40</sup> (por. 5.4.2). W rozważanym przypadku do analizy zostały wybrane trzy dominanty. Powoduje to korzystną sytuację, w której każdej z nich można przyporządkować jeden z kolorów podstawowych. W procesie uśredniania piksele nie tracą informacji o pochodzeniu.

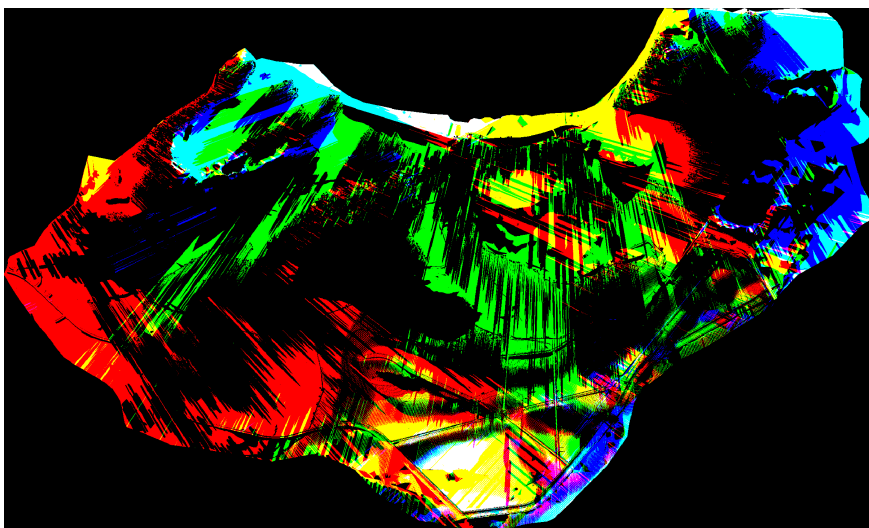
Każdy wykres poddano konwersji z obrazu monochromatycznego 8-mio bitowego na obraz 24-ro bitowy. Następnie przyporządkowano poszczególnym wykresom barwy. Polegało to na wymianie barwy białej pozytywnego pola wykresu na jeden z trzech kolorów podstawowych - czerwony, zielony, niebieski. W ten sposób otrzymano wykresy chromatyczne. Następnie pokolorowane obrazy wykresów poddano działaniu programu „aprobit” i otrzymano obrazy map, w których wykresy mieszały się między sobą nadając pikselom odpowiednie kolory składane.

Na początku wykonano trzy mapy po jednej dla każdego wariantu zasłaniania. Mapy te zawierały piksele o kolorach czarnym, czerwonym, zielonym, niebieskim, żółtym, cyjan, margenta i białym. Wynika to ze sposobu mieszania się fali światła o danej częstotliwości i daje kolory w następujących układach:

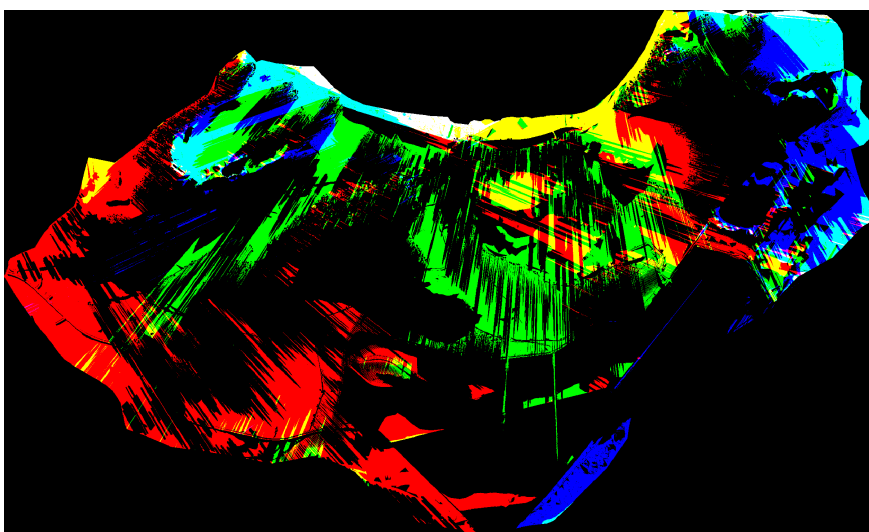
- czerwony + zielony = żółty
- czerwony + niebieski = margenta
- zielona + niebieska = cyjan
- czerwona + niebieska + zielona = biała



**Ilustracja 7.13** Mapa widoczności powstała w wyniku uśredniania wykresów 24-ro bitowych trzech dominant w wariancie I.



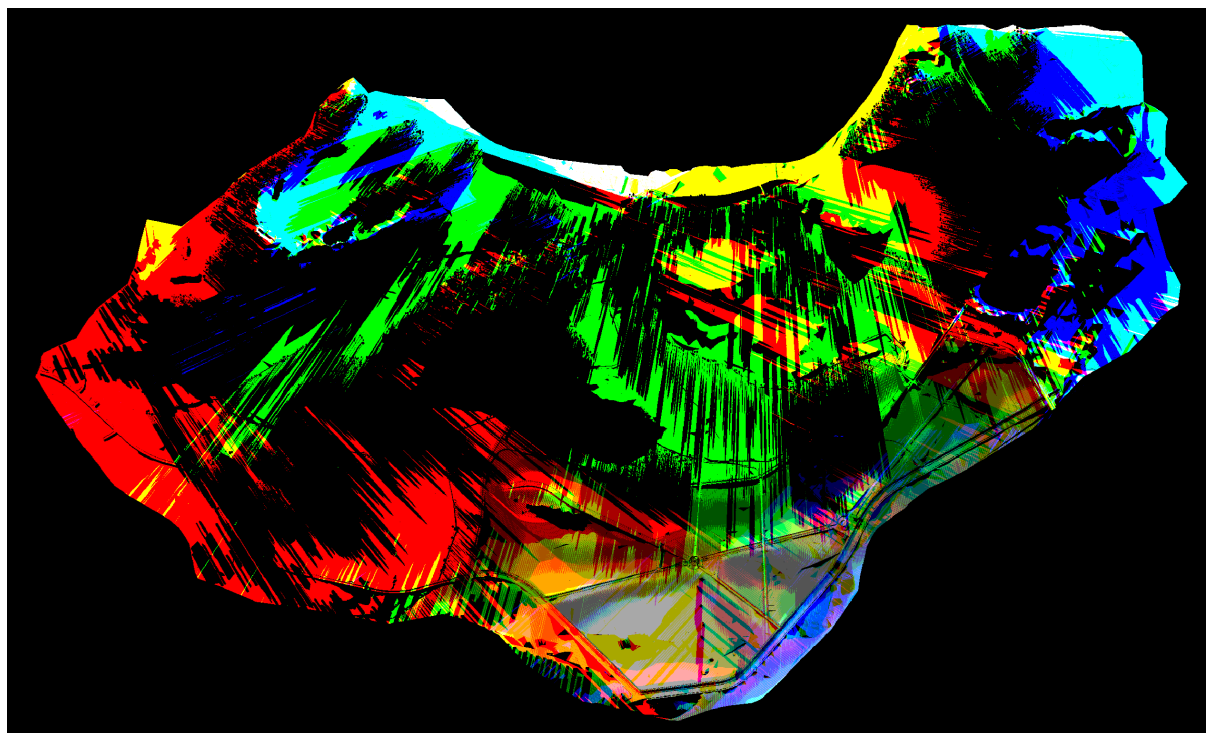
**Ilustracja 7.14** Mapa widoczności powstała w wyniku uśredniania wykresów 24-ro bitowych trzech dominant w wariancie II.



**Ilustracja 7.15** Mapa widoczności powstała w wyniku uśredniania wykresów 24-ro bitowych trzech dominant w wariancie III.

Wykresom klasztoru na Bielanach przyporządkowano kolor czerwony zatem widoczny jest z miejsc oznaczonych na mapie widoczności kolorami czerwonym, żółtym, margenta i białym. Wykresom Kopca Kościuszki przyporządkowano kolor zielony, wobec tego widoczny jest z miejsc zaznaczonych na zielono, żółto, cyjan i białą. Wykresom Wawelu nadano kolor niebieski zatem widziany jest z miejsc oznaczonych na niebiesko, cyjan, margenta i białą.

Kolejnym etapem była próba wykonania mapy zbierającej całą informację dotyczącą zarówno dominant jak i wariantów zasłaniania. W tym celu poddano uśrednieniu wszystkie 9 (trzy warianty dla trzech dominant) wykresów widoczności, pokolorowanych zgodnie z poprzednim schematem. W efekcie powstała mapa zawierająca piksele w większej ilości odcieni.



**Ilustracja 7.16** Mapa widoczności powstała w wyniku uśrednienia wykresów 24-ro bitowych trzech dominant we wszystkich trzech wariantach zasłaniania. Widoczna duża różnorodność odcieni w szczególności w części projektowanego Kampusu i Parku Technologicznego.

Mapa ta nie była już tak dobrze czytelna. Ilość odcieni kolorów podstawowych wymagała bardzo dobrej orientacji od przeprowadzającego analizę lub używania próbnika kolorów, który podawałby wartości składowych poszczególnych pikseli. Jednak w szczegółowych momentach analizy mogła mieć zastosowanie.

## **7.5. Wykorzystanie uzyskanych wykresów i map widoczności.**

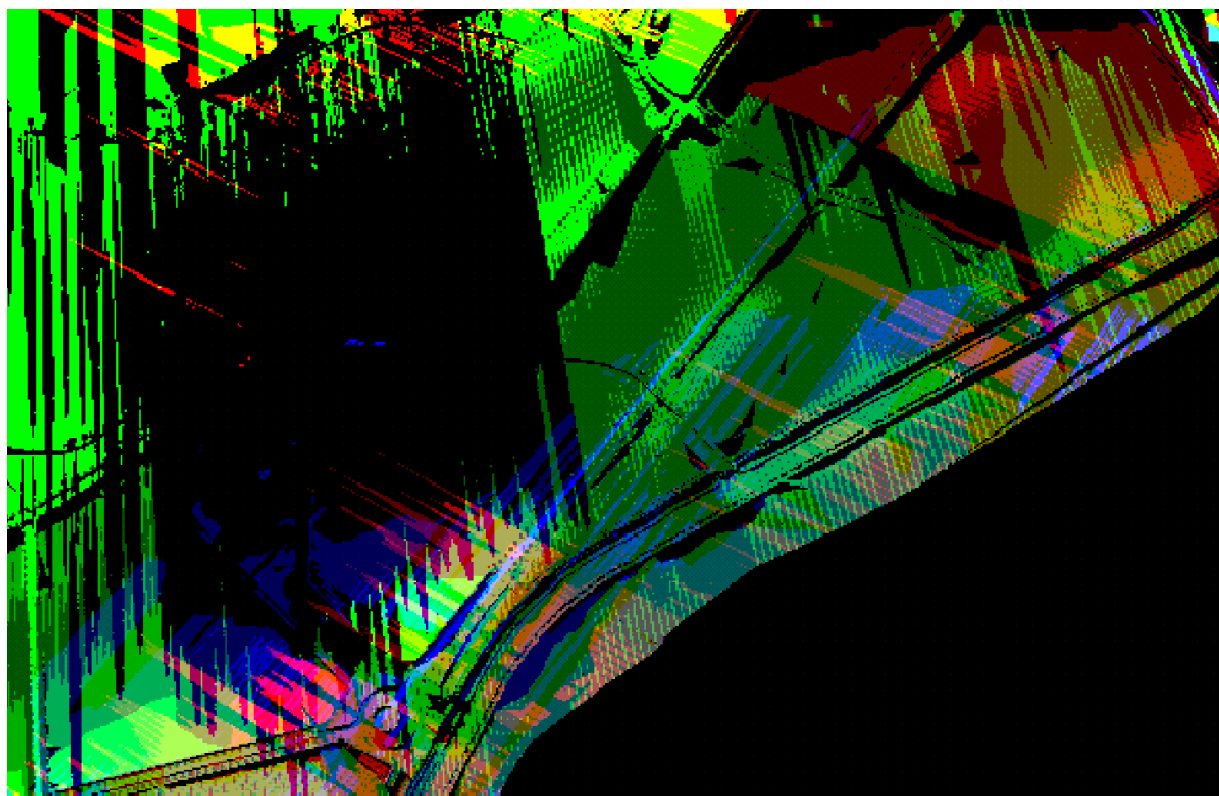
Wygenerowane mapy i wykresy widoczności pozwoliły na weryfikację koncepcji przestrzennej układu urbanistycznego projektowanego w ramach Planu Koordynacyjnego III Kampusu UJ wraz z Parkiem Technologicznym (I etap) i stanowiły podstawę w projektowaniu założeń krajobrazowych Parku Jagiellońskiego

(w II etapie). Korzystano z nich na zasadzie podkładów hybrydowo wyświetlanych w środowisku SIP używanym do projektowania.

### 7.5.1. Sposoby wykorzystania

Początkowo zastosowano czarno białe wykresy widoczności, które następnie zostały zastąpione 8-mio bitowymi mapami pojedynczych dominant w trzech wariantach (ilustracje 7.10, 7.11, 7.12). Dzięki temu zredukowano liczbę bitmap z 9, znajdujących się na tyluż warstwach, do 3, przez co czas tracony na przełączanie warstw wydatnie się skrócił. Mapa zbierająca informacje widokowe na temat jednej dominanty ułatwiała podejmowanie decyzji projektowych dotyczących fragmentów założenia. Szczególnie, jeśli koncepcja krajobrazowo nawiązywała do tej dominanty. Przykładowo, sytuacja taka miała miejsce w momencie opracowywania ciągu przestrzeni publicznej z widokiem skierowanym na nią.

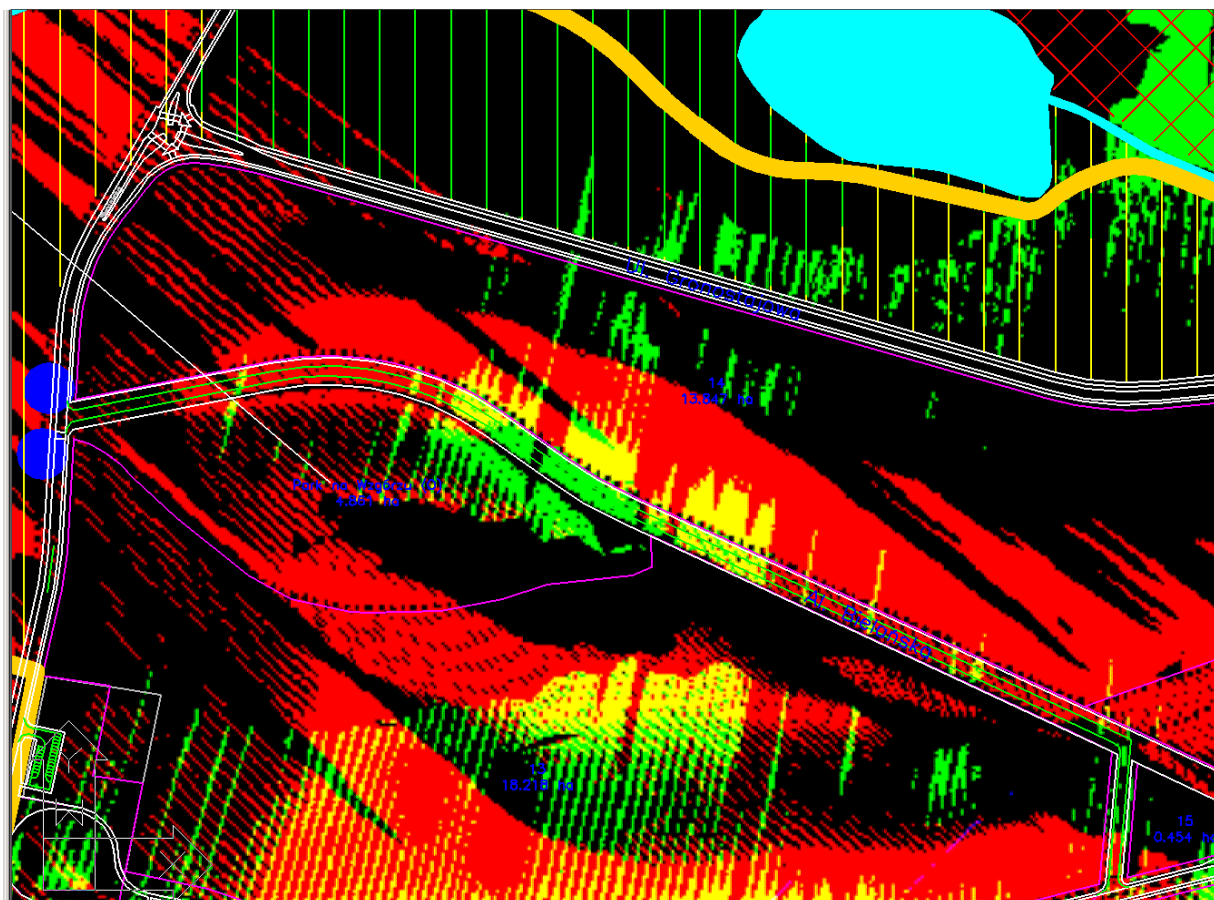
W innych fazach procesu projektowego wyświetlenie podkładu mapy dotyczącej jednej dominanty stawało się niewystarczające i problem przełączania warstw z bitmapami powrócił. Dlatego na odrębnych warstwach zostały umieszczone mapy 24-ro bitowe (ilustracje 7.13, 7.14, 7.15), zbierające informacje o wszystkich dominantach w ramach jednego wariantu zasłaniania. Należy zaznaczyć, że w momencie opracowywania Parku Jagiellońskiego nie było jeszcze żadnych projektowanych przeszkód zasłaniających widok dominant. Dlatego na jego obszarze mapy trzech wariantów w zasadzie nie różnią się między sobą. Z tego powodu stale służyła jedna mapa aktualnie wyświetlona.



**Ilustracja 7.17** Fragment mapy z z „Aleją Wawelską”. Niebieskie odcienie wskazują miejsca widoczności Wawelu.



uczynić inaczej jak tylko przez wykonanie wykresów widoczności wariantu II zasłaniania.

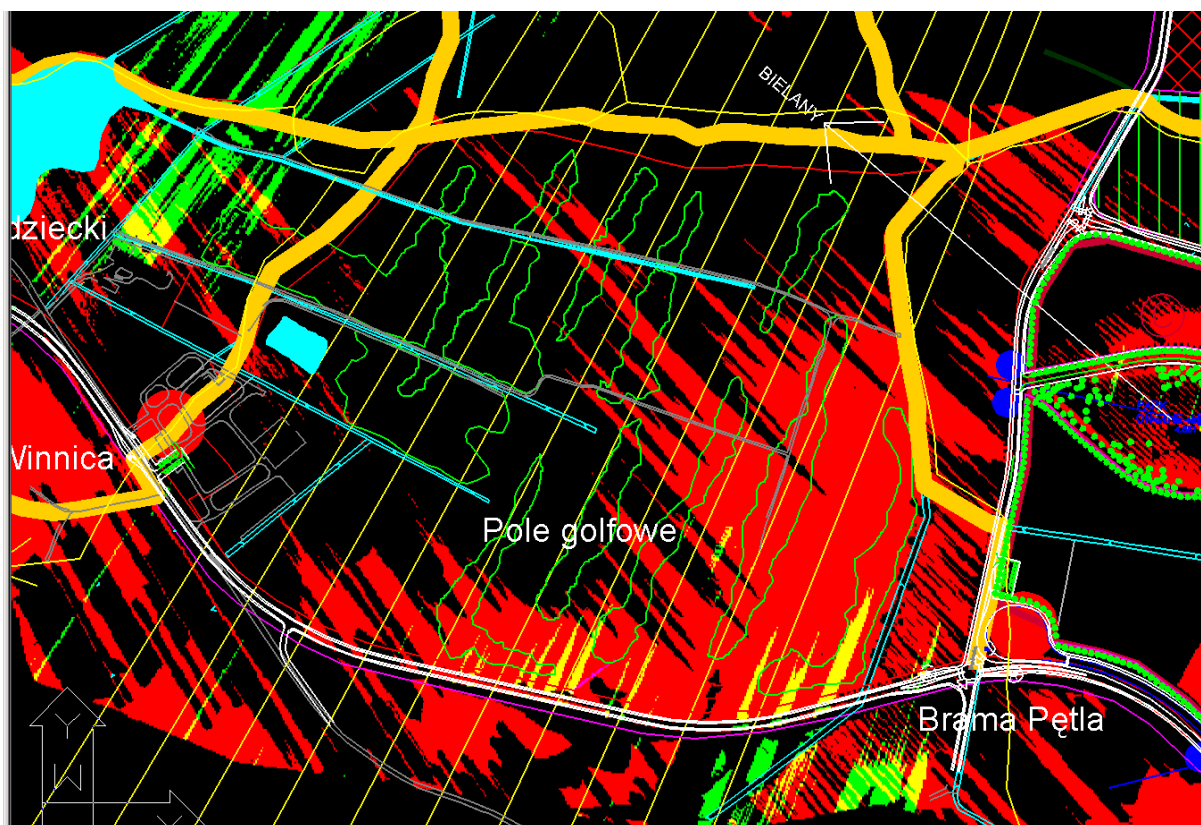


Ilustracja 7.19. Aleja Bielańska na podkładzie mapy widoczności w wariantcie II zasłaniania.

W programie funkcjonalnym Parku Jagiellońskiego znajdowało się pole golfowe, które powinno mieć zieleni możliwie jak w najmniejszym stopniu zasłaniającą południowe oświetlenie. Pozostawało to w zgodzie z ideą wyeksponowania widoku na Kopiec Kościuszki, który znajduje się na północ z nieznacznym przesunięciem na wschód. Wykresy widoczności wprowadziły kolejną korektę, ponieważ wykazały, że prawie na całej powierzchni proponowanej na pole golfowe kopiec jest zasłaniany przez wzgórze znajdujące się na zachód od osiedla Pychowice.

Słuszność decyzji podejmowanych na podstawie map i wykresów widoczności została zweryfikowana na wizjach lokalnych przez opracowującego tę dysertację.





Ilustracja 7.20. Proponowany układ zieleni na polu golfowym na podkładzie mapy widoczności. Kopiec Kościuszki widoczny jest tylko w miejscach zaznaczonych na żółto i zielono.

## 7.6. Podsumowanie przypadku

Przykład prezentuje rozwój metody. Kolejne etapy procesu projektowego wymuszały doskonalenie materiałów analitycznych pozyskiwanych z cyfrowego modelu. W pierwszym etapie opracowywania planów koordynacyjnych polegało jedynie na wiedzy i intuicji doświadczonych projektantów. Nie ustrzeżono się jednak błędów. Wątpliwości przy podejmowaniu decyzji projektowych inspirowały do polepszania materiałów, w wyniku czego, możliwa była weryfikacja zastosowanych koncepcji. Niestety, te opracowania włączane były w tym przypadku zbyt późno.

W procesie doskonalenia zastosowano szereg rozwiązań technicznych, które dostosowywały materiały analityczne do aktualnie występujących potrzeb, wynikających zarówno z warstwy merytorycznej jak i wygody pracy. Dowodzi to dużej elastyczności metody i istnienia niewykorzystanych możliwości, które mogą się ujawnić przy następnym zadaniach.

Podstawową wadą, która wynika z analizy tego przykładu, jest duża trudność w generowaniu cyfrowego modelu. Konsekwencje tego problemu rozciągają się na cały przebieg procesu projektowego. Koszt wykonania modelu spowodował rezygnację z opracowania fragmentów wpływających na widoczność dominant a znajdujących się poza granicą I etapu. Natomiast obszar objęty opracowaniem w II etapie obejmował większość potrzebnego terenu i proporcjonalnie niewielkim nakładem pracy można było wykonać uzupełnienia. Praktycznie, w przypadku tak dużego obszaru opracowania, wykonywanie modelu cyfrowego jest opłacalne, jeżeli

może być wykorzystany także do innych celów. W I etapie model mógł być wykorzystany do projektowania układu komunikacyjnego, urbanistycznego.

## 8. PODSUMOWANIE

Istnienie rzetelnych danych na temat ukształtowania terenu i oprogramowania wspomagającego tworzenie modelu jest podstawowym warunkiem dla powodzenia analiz wykonywanych w oparciu o algorytmy funkcjonujące w środowisku przestrzeni wirtualnej tego modelu. Progres w doskonaleniu Systemów Informacji Przestrzennej wraz z procedurami pozyskiwania danych o terenie budzi uzasadnioną nadzieję na bardzo bliską sytuację, w której pokrycie tymi systemami będzie zupełne. Tworzenie modeli terenu nie będzie stanowiło problemu. Zniknie podstawowe utrudnienie dla analiz krajobrazowych wykonywanych w oparciu o symulację komputerową.

Obecnie tworzenie środowiska wirtualnego dla przeprowadzenia symulacji możliwe jest przy uwzględnieniu pewnych nakładów. Wykorzystywanie zasobów stworzonych do innych celów i adaptowanie ich dla potrzeb architektury krajobrazu jest drogą godną polecenia. Dotyczy to modeli terenu wykonywanych dla innych zastosowań inżynierskich takich jak budowy infrastruktury komunikacyjnej, zbiorników retencyjnych czy inwestycji przemysłowych. Dotyczy to także algorytmów symulacyjnych i modelujących zjawiska przyrodnicze. Wiedza o ich funkcjonalności gwarantuje właściwe zastosowanie. Efekty mogą przerosnąć oczekiwania.

Otwarte traktowanie komputera czyni z niego już nie tylko narzędzie. Efekt zastosowania narzędzia jest przewidywalny i oczekiwany. W toku opracowywania zaprezentowanych przykładów wielokrotnie nie były przewidywane układy barw na poszczególnych wykresach. Zdarzały się również mylne oczekiwania doświadczonych projektantów. Te zastosowania w wydatny sposób poszerzyły możliwości analityczne poprzez dostarczenie rzetelnych danych w postaci wykresów widoczności. Połączenie tej korzyści z niezaprzeczalnymi możliwościami kompilacji różnych informacji, uwypuklaniu i wizualizowaniu poszczególnych zakresów i wreszcie jednoznacznością wyników manifestujących się liczbą czyni z technik komputerowych medium w wydatny sposób wzbogacające cały proces podejmowania decyzji. Nie jest to już wspomaganie przyspieszające lub ułatwiające pracę ale wzbogacanie o nową jakość.

Algorytm śledzenia promienia stanowiący zasadniczy element opisanej metody sprawdził się w tym zastosowaniu. W swojej rozwiniętej formie daje on jeszcze duże możliwości symulowania zjawisk związanych z wpływem atmosfery dzięki modułom załamania światła i wygłuszenia. Nie były one zastosowane w żadnym z przytoczonych przykładów z powodu stosunkowo nierozległych obszarów poddawanych analizie. Możliwe jest wzbogacenie środowiska sceny symulacji o inne modele wirtualne, symulujące wpływ przeszkód na widoczność. Wspomniano o modelowaniu ścieżki animacji w oparciu o dane dotyczące charakteru i częstotliwości ruchu. Wynika z tego, że metoda może być modyfikowana w zależności od potrzeb.

Niemożliwe było przewidzenie wszystkich zadań, które można by rozwiązywać za pomocą tej metody, jednak opisanie jej zastosowania w przytoczonych przykładach daje przepis na wykonywanie ekspertyz krajobrazowych w najbardziej typowych sytuacjach. Temu ma służyć przytoczenie źródeł programów, które wykonane zostały specjalnie dla tej metody. Procedury przetwarzające gotowe wykresy i mapy widoczności ustalane były specjalnie do konkretnych potrzeb.

Stanowią one przykład na dużą elastyczność funkcji tu zastosowanych. Większość z nich dostępna jest w standardowych programach do grafiki rastrowej. Algorytm śledzenia promienia znajduje się także w najbardziej popularnych programach CAD stosowanych przez architektów. Dzięki temu metoda jest tania i możliwa do stosowania powszechnie.

Przykłady, w których zastosowano algorytmy modelujące światło lokalne i rozważania przeprowadzone w niniejszej pracy potwierdzają postawioną na wstępie tezę o możliwości stosowania tych algorytmów w wyznaczaniu elementów widocznych w trójwymiarowym modelu cyfrowym i generowaniu wykresów widoczności.

## 10. PRZYPISY

---

- <sup>1</sup> J.D. Foley, A. van Dam, S. K. Feiner, J. F. Hughes, R. L. Phillips „*Wprowadzenie do grafiki komputerowej*” 1994. s. 524.
- <sup>2</sup> Menno-Jan Kraak, Ferjan Ormeling „*Kartografia – wizualizacja danych przestrzennych*” 1998. s. 135.
- <sup>3</sup> Richard C. Swardon, James F. Palmer, John P. Felleman „*Foundation for Visual Project Analysis*” A Wiley-Interscines Publication JOHN WILEY & SONS. s. 187-199.
- <sup>4</sup> *Ibidem*, s. 49-62.
- <sup>5</sup> L. Flagorowska „*Metoda wyznaczania zakresu widoczności dla potrzeb architektury krajobrazu*”. Zeszyty naukowe Politechniki Krakowskiej. Kraków 1981.
- <sup>6</sup> Richard C. Swardon, James F. Palmer, John P. Felleman „*Foundation for Visual Project Analysis*” op. cit. s. 57.
- <sup>7</sup> J.D. Foley, A. van Dam, S. K. Feiner, J. F. Hughes, R. L. Phillips „*Wprowadzenie do grafiki komputerowej*” Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa 1994. s. 545-650.
- <sup>8</sup> E. Catmull „*A Subdivision Algorithm for Computer Display of Curved Surfaces*” Ph.D. Thesis, Report UTEC-CSc-74-133, Computer Science Department, University of Utah, Salt Lake City, Ut, December 1974.
- <sup>9</sup> C. Wylie, G.W. Romney, D.C. Evans, and A.C. Erdahl, „*Halftone Perspective Drawings by Computer*,” *FJCC* 67, Thompson Books, Washington, DC, 1967, s. 49-58.
- <sup>10</sup> A. Appel „*Some Techniques for Shading Machine Randerings of Solids*” *SJCC*, 1968, s. 37-45.
- <sup>11</sup> T. Whitted „*An Improved Illumination Model for Shaded Display*” *CACM*, 23(6), June 1980, s. 343-349.
- <sup>12</sup> D.S. Kay, „*Transparency, Reflection and Ray Tracing for Computer Synthesized Images*” M.S. Thesis, Program of Computer Graphics, Cornell University, Ithaca, NY, January 1979.
- <sup>13</sup> H. Hiila „*Ray Traceing*” HELSINKI UNIVERSITY OF TECHNOLOGY 3.5.2002, Telecommunications Software and Multimedia Laboratory, Tik-111.500 Seminar on computer graphics, Spring 2002: Advanced Rendering Techniques: [http://www.tml.hut.fi/Opinnot/Tik-111.500/2002/paperit/harri\\_hiila.pdf](http://www.tml.hut.fi/Opinnot/Tik-111.500/2002/paperit/harri_hiila.pdf).
- <sup>14</sup> Menno-Jan Kraak, Ferjan Ormeling „*Kartografia – wizualizacja danych przestrzennych*” 1998. s 131.
- <sup>15</sup> J. Raper, „*Three Dimensional Applications in GIS*”, *Taylor and Francis*, New York - London 1989. A collection of papers on the developing technology of 3D GIS.
- <sup>16</sup> P. Kiciak „*Podstawy modelowania krzywych i powierzchni*” Wydawnictwa Naukowo-Techniczne Warszawa 2000. s. 231-310.



- 
- <sup>17</sup> T.M. Lillesand, R.W. Kiefer „*Remote Sensing and Image Interpretation*” Fourth Edition, John Wiley & Sons, Inc. New York. 2000.
- <sup>18</sup> *Ibidem*, s. 125-189.
- <sup>19</sup> *Ibidem*, s. 309-374.
- <sup>20</sup> Menno-Jan Kraak, Ferjan Ormeling „*Kartografia – wizualizacja danych przestrzennych*” op. cit. s. 11.
- <sup>21</sup> A. Linsenbarth „*Koncepcja krajowego systemu informacji przestrzennej. Stan Prac*” IX Konferencja Naukowo-Techniczna Warszawa, 14-15 września 1999, PTIP, s. 9-12.
- <sup>22</sup> E. Bielecka, R. Jankowski, „*Architektura współczesnych systemów informacji przestrzennej*” *ibidem*, s. 48-62.
- <sup>23</sup> Menno-Jan Kraak, Ferjan Ormeling „*Kartografia – wizualizacja danych przestrzennych*” op. cit. s. 135.
- <sup>24</sup> O'Sullivan, D, and Turner, A, 2001, *Visibility Graphs and Landscape Visibility Analysis*. International Journal of Geographical Information Science, 15(3) 221-237.
- <sup>25</sup> Turner, A and Penn, A, 1999 "Making Isovists Syntactic: Isovist Integration Analysis" In Proceedings 2nd International Symposium on Space Syntax, Universidad de Brasil, Brazil.
- <sup>26</sup> Turner, A, Doxa, M, O'Sullivan, D, and Penn, A, 2001, „*From Isovists to Visibility Graphs: a Methodology for the Analysis Architectural Space*” Environment and Planning B: Planning & Design 28(1) 103—121.
- <sup>27</sup> DiBiase, D. „*Visualization in Earth Science*”. Bulletin of the College of Earth and Mineral Science, The Pennsylvania State University, 59(2), 1990, s. 13-18.
- <sup>28</sup> S. Kostecki, P. Maćkow „*Topograficzna baza danych*” IX Konferencja Naukowo-Techniczna Warszawa, 14-15 września 1999, PTIP, s. 263-270.
- <sup>29</sup> T.M. Lillesand, R.W. Kiefer „*Remote Sensing and Image Interpretation*” op. cit. s. 170-174.
- <sup>30</sup> A. Appel „*Some Techniques for Shading Machine Renderings of Solids*” op. cit. s. 37-45.
- <sup>31</sup> J.D. Foley, A. van Dam. S. K. Feiner, J. F. Hughes, R. L. Phillips „*Wprowadzenie do grafiki komputerowej*” op. cit. s. 507.
- <sup>32</sup> Standard przemysłowy PostScript „*PostScript – Language Reference*” third edition, Adobe System Incorporated, <http://www.adobe.com/products/postscript/pdfs/PLRM.pdf>. s. 288-311.



---

<sup>33</sup> „*Plan Koordynacyjny dla III Kampusu Uniwersytetu Jagiellońskiego wraz z Parkiem Technologicznym oraz materiały do uzyskania WZiZT*”. Kraków 1998.– Opracowanie wykonane pod kierunkiem prof. dr hab. inż. arch. A. Böhma w Instytucie Architektury Krajobrazu i Instytucie Modelowania Komputerowego.

<sup>34</sup> Uaktualnienie i rozszerzenie planu koordynacyjnego dla III Kampusu UJ wraz z Parkiem Technologicznym do wystąpienia o WZiZT, Etap II – rozszerzenie planu o tereny Parku Jagiellońskiego. Kraków 2000. Opracowanie wykonane pod kierunkiem prof. dr hab. inż. arch. A. Böhma w Instytucie Architektury Krajobrazu i Instytucie Modelowania Komputerowego.

<sup>35</sup> Kompleksowy program rozwoju zieleni miejskiej dla Krakowa, cz. II, Zasoby zieleni w mieście w aspekcie przyrodniczym, autorzy: Z.Bednarz, J.Bodziarczyk, J.Szwagrzyk, Kraków 1996, wykonano na zlecenie : Wydziału Strategii i Rozwoju UMK

<sup>36</sup> Ustalenie aktualnego stanu zagrożenia drzewostanów wybranych uroczysk lasów komunalnych miasta Krakowa oraz wskazanie niezbędnych zabiegów hodowlanych i ochronnych, uroczyska: Przy Cmentarzu, Skotniki I oraz Polana Wobra i Polana Malczewskiego w Lesie Wolskim, Studium 3, Kraków 1995, AR Kraków; Ramowy projekt ochrony przeciwpożarowej lasów komunalnych Krakowa cz. I Uroczyska - Graby, Skotniki II, Skotniki III, Skotniki IV, Skotniki V, Kraków 1995, AR; Ocena lasów na terenie kompleksów – Pychowice, Skotniki, Kostrze, Tynec, SITO 1988;

<sup>37</sup> „*Miejscowy Plan Ogólny Zagospodarowania Przestrzennego Miasta Krakowa*”, Kraków 1994,

<sup>38</sup> „*System informacji o terenie, Instrukcja techniczna K-1: PODSTAWOWA MAPA KRAJU*” – Państwowa Służba Geodezyjna i Kartograficzna, Warszawa 1995.

<sup>39</sup> Jerzy Z.Łoziński, *Pomniki sztuki w Polsce, T.I, Małopolska*, Warszawa, Arkady, 1985, s. 413, T.Chrzanowski, M.Kornecki, *Sztuka ziemi krakowskiej*, Kraków, Wydawnictwo Literackie, 1982, s.338, 339

<sup>40</sup> J.D. Foley, A. van Dam. S. K. Feiner, J. F. Hughes, R. L. Phillips „*Wprowadzenie do grafiki komputerowej*” 1994. s. 507.

