



GMINA MIEJSKA KRAKÓW
Plac Wszystkich Świętych 3-4
31-004 Kraków

STUDIUM WYKONALNOŚCI BUDOWY
SZYBKIEGO, BEZKOLIZYJNEGO
TRANSPORTU SZYNOWEGO
W KRAKOWIE

SYNTEZA OPRACOWANIA ORAZ WNIOSKI
Z PRZEPROWADZONEJ ANALIZY

18.05.2021

ILF CONSULTING ENGINEERS
Polska Sp. z o.o.



ul. Osmańska 12 02-823 Warszawa, Polska
telefon: 22 430 26 00
faks: 22 430 26 01
e-mail: info.waw@ilf.com
Internet: www.poland.ilf.com

SPIS TREŚCI

1	UWARUNKOWANIA	5
1.1	Wstęp	5
1.1.1	Informacja o historii budowy metra w Krakowie	5
1.1.2	Studium – cele i zakres	5
1.2	Podstawowe dane społeczno-gospodarcze	6
1.2.1	Informacja demograficzna	6
1.2.2	Obszar analizy przez który przebiegają opracowane warianty	6
1.3	Uwarunkowania konserwatorskie	8
1.3.1	Zabytkowa tkanka miasta	8
2	ANALIZY TECHNICZNE	8
2.1	Charakterystyka istniejącego układu transportowego	8
2.2	Informacja o głównych generatorach ruchu	10
2.3	Charakterystyka analizowanych wariantów	12
2.4	Podsumowanie analiz ruchowych	19
2.5	Preselekcja wariantów i wybór trzech wariantów rekomendowanych do dalszych analiz	21
2.6	Rozwiązania techniczne	22
2.6.1	Ogólna informacja o sposobie prowadzenia inwestycji, drażenia tuneli i stosowanych technologiach	22
2.6.2	Odcinki naziemne, nadziemne i podziemne	23
2.6.3	Przykładowe rysunki rozwiązań dla wariantów metra i premetra szybkiego tramwaju	30
2.6.4	Analiza taboru	34
2.6.5	Etapowanie realizacji budowy	35
2.7	Badania geologiczne	36
2.8	Analizy środowiskowe	41
2.8.1	Podstawowe informacje	41
2.8.2	Newralgiczne obszary cenne przyrodniczo	42
2.9	Koszty inwestycji i utrzymania oraz modele realizacji inwestycji	43
2.9.1	Nakłady inwestycyjne	43
2.9.2	Koszty operacyjne	44
2.9.3	Modele realizacji inwestycji	44
2.10	Analizy ekonomiczno-finansowe	45
2.10.1	Analiza społeczno-ekonomiczna	45
2.10.2	Analiza finansowa	46

2.10.3	Analiza wrażliwości	46
2.10.4	Analiza ryzyka	47
2.10.5	Analiza trwałości finansowej	47
3	PODSUMOWANIE I REKOMENDACJE	48

TABELE

Tabela 1	Przykładowe wyniki analiz ruchowych	19
Tabela 2	Zestawienie obiektów stacyjnych i STP na trasie wariantu metra M5D	25
Tabela 3	Zestawienie obiektów stacyjnych i STP na trasie wariantu 6d metra	27
Tabela 4	Zestawienie przystanków wariantu premetra szybkiego tramwaju T6D	30
Tabela 5	Zestawienie podstawowych parametrów poszczególnych wariantów	30
Tabela 6	Etapowanie budowy wariantów metra	35
Tabela 7	Etapowanie budowy wariantu T6D	36
Tabela 8	Koszty poszczególnych wariantów, wartości zł netto i brutto	43
Tabela 9	Zestawienie różnicowych kosztów utrzymania dla poszczególnych wariantów, od zakończenia inwestycji do końca okresu odniesienia, tj. w latach 2038-2058 (wartości w tys. zł netto)	44
Tabela 10	Zestawienie wskaźników efektywności ekonomicznej poszczególnych wariantów w okresie 2029-2058	45
Tabela 11	Wyniki analizy finansowej [tys. PLN]	46
Tabela 12	Przedstawienie sposobu realizacji celów projektu dla wariantu rekomendowanego	50

RYSUNKI

Rysunek 1	Uwarunkowania rozmieszczenia skupisk ludności, obiektów biurowych i handlowych	11
Rysunek 2	Przebieg wariantu 1	12
Rysunek 3	Przebieg wariantu 2	13
Rysunek 4	Przebieg wariantu 3	14
Rysunek 5	Przebieg wariantu 4	15
Rysunek 6	Przebieg wariantu 5	16
Rysunek 7	Przebieg wariantu 6	17
Rysunek 8	Przebieg wariantu 7	18
Rysunek 9	Potoki pasażerskie wariant premetra szybkiego tramwaju T6D dla roku 2058	20
Rysunek 10	Potoki pasażerskie wariantu metra M6D dla roku 2058	20
Rysunek 11	Potoki pasażerskie wariantu metra M5D dla roku 2058	21
Rysunek 12	Wybór trzech wariantów rekomendowanych do dalszych analiz	22
Rysunek 13	Schemat wariantu metra M5D	24
Rysunek 14	Schemat wariantu metra M6D	26
Rysunek 15	Schemat wariantu premetra szybkiego tramwaju T6D	28
Rysunek 16	Tunele dla wariantów metra	30
Rysunek 17	Przekroje tunelu dla wariantu premetra szybkiego tramwaju wykonywanego zmechanizowaną tarczą wiertniczą oraz wykopem otwartym w obudowie ścian szczelinowych	31

Rysunek 18 Przykładowy przekrój poprzeczny dla stacji metra	31
Rysunek 19 Przykładowy przekrój poprzeczny dla przystanku podziemnego premetra szybkiego tramwaju	32
Rysunek 20 Przykładowy przekrój podłużny stacji metra	32
Rysunek 21 Fragment projektu zagospodarowania terenu dla przystanku premetra szybkiego tramwaju T6D Dworzec Główny C5	33
Rysunek 22 Lokalizacja przystanku podziemnego Dworzec Główny C5 wariantu T6D model 3D	33
Rysunek 23 Wizualizacja przystanku podziemnego Rondo Mogiłskie C4 wariantu T6D	34
Rysunek 24 Przykładowy przekrój w obrębie odcinka od stacji Rondo Mogiłskie – Dworzec Główny – odcinek tunelowy do stacji Stare Miasto dla wariantu T6D tramwaju ukazujący lokalizację wychodni utworów starszych (jurajsko - kredowych).	37

FOTOGRAFIE

Fotografia 1 Wiercenie świdrem ślimakowym w rurach osłonowych, otwór OW-78	39
Fotografia 2 Wiercenie rdzeniowane w rurach osłonowych, otwór OW-41.	40
Fotografia 3 Zdjęcie rdzenia z wiercenia OW-18a (rejon Plant Krakowskich) ukazujące warstwę wapieni jurajskich z głębokości 43-45m p.p.t.	40
Fotografia 4 Zdjęcia pobranych i zabezpieczonych rdzeni wiertniczych.	41

1 UWARUNKOWANIA

1.1 Wstęp

1.1.1 Informacja o historii budowy metra w Krakowie

Temat budowy szybkiego, bezkolizyjnego transportu szynowego w Krakowie sięga lat 60., gdy peryferyjnie położona Nowa Huta i zespoły wielkich osiedli wznoszone początkowo na północy miasta zaczęły generować coraz większe potoki ruchu na kierunku W-Z. Kolejne działania w drugiej połowie XX wieku stopniowo przybliżały wizję budowy metra w Krakowie.

Na decyzję o intensyfikacji prac nad metrem w Krakowie w 2014 roku wpłynęła poprawa koniunktury i ukończenie wielkich inwestycji komunalnych (Centrum Kongresowe, Kraków Arena, Zakład Termicznego Przetwarzania Odpadów). Władze miasta dostrzegły szansę na finansowanie budowy z budżetu państwa i Unii Europejskiej w kontekście organizacji Zimowych Igrzysk Olimpijskich w 2022 roku. W kwietniu 2014 roku Rada Miasta Krakowa podjęła decyzję, że zarówno ubieganie się Krakowa o organizację Igrzysk Olimpijskich, jak i budowa metra to tematy wielkiej wagi, o których powinni współdecydować mieszkańcy. Mając to na uwadze, dnia 25 maja 2014 r. zorganizowano referendum lokalne, w którym drugie pytanie brzmiało „Czy jest Pani/Pan za budową metra w Krakowie?”. Krakowianie w większości opowiedzieli się za taką inwestycją (55.11%). Chociaż przewaga głosów za budową metra nie była znacząca, referendum stało się podstawowym uwarunkowaniem społecznym dla dalszych prac nad nowym środkiem transportu zbiorowego w Krakowie.

Krokiem poprzedzającym sporządzenie Studium wykonalności było ogłoszenie przetargu na „Studium rozwoju systemu transportu Miasta Krakowa w tym budowy metra” w 2015 roku. Na początku 2016 roku opracowanie autorstwa pracowni BIT było gotowe. Zawarto w nim możliwe warianty tras metra, z uwzględnieniem wspomagających podsystemów transportu takich jak szybki tramwaj i metrobus. Opracowanie skupiło się na wielu wariantach przekształceń całego podsystemu transportu zbiorowego w różnych horyzontach czasowych. Jako wariant rekomendowany wskazano jedną linię metra na kierunku wschód-zachód, wspomaganą rozbudowaną siecią metrobusu oraz szybkiego tramwaju.

W październiku 2017 roku Prezydent Miasta Krakowa podpisał umowę na dofinansowanie opracowania niniejszego Studium wykonalności w ramach programu UE „Łącząc Europę”. Przetarg ogłoszono w kwietniu 2018 roku, zaś jego rozstrzygnięcie nastąpiło w sierpniu 2018 roku. Umowa z Wykonawcą została zawarta 10 września 2018 r.

1.1.2 Studium – cele i zakres

Studium ma na celu uszczegółowienie sformułowanych w dokumentach planistycznych kierunków rozwoju, tj. rozwoju infrastruktury szybkiego, bezkolizyjnego transportu szynowego, jego technologii, parametrów techniczno-funkcjonalnych i wynikających z tego niezbędnych na jego realizację i późniejszą eksploatację nakładów finansowych. Rozwiązanie powinno zapewniać wysoką zdolność przewozową w rejonie występowania „wąskich gardeł” na sieci tramwajowej w centrum miasta.

W szczególności wymaga się, aby opracowanie dało odpowiedź na pytanie, jaka forma bezkolizyjnego transportu szynowego (przy współdziałaniu z innymi systemami transportu) zapewni uzyskanie oczekiwanych celów w zakresie jakości i standardów obsługi komunikacyjnej miasta i aglomeracji, zwłaszcza przy użyciu komunikacji zbiorowej. Najistotniejsze cele szczegółowe to:

- eliminacja „wąskich gardeł” na sieci tramwajowej,
- zwiększenie udziału transportu zbiorowego w podróżach w celu zapewnienia wysokiej jakości życia mieszkańców Krakowa,
- zwiększenie zdolności przewozowej komunikacji zbiorowej,
- skrócenie czasu podróży komunikacją zbiorową,

- podniesienie komfortu podróżowania środkami transportu zbiorowego,
- wykształcenie wygodnych i wydajnych, zintegrowanych węzłów przesiadkowych,
- uzyskanie wysokosprawnego systemu transportu dla znaczącego rozwoju społeczno-gospodarczego.

Studium ma na celu wskazanie najbardziej efektywnego, niezawodnego, zasobooszczędnego i realnego finansowo wariantu bezkolizyjnego transportu szynowego. Rozpatrywane będą trzy podsystemy transportu zbiorowego (metro, premetro „wahadło”, premetro szybki tramwaj) w różnych wariantach przebiegu, obsługujące północną część miasta na kierunku wschód-zachód. Opracowanie określa dalsze działania związane z realizacją Projektu bezkolizyjnego transportu szynowego.

1.2 Podstawowe dane społeczno-gospodarcze

1.2.1 Informacja demograficzna

Kraków jest drugim co do wielkości miastem w Polsce. Dotyczy to zarówno liczby mieszkańców, jak i powierzchni. Kraków zajmuje powierzchnię 326,88 km² i jest podzielony na 18 dzielnic. Rozciągłość miasta z południa na północ wynosi 18 km, a z zachodu na wschód – 31 km.

Gęstość zaludnienia Krakowa wynosi 2 389 os./km². Liczba mieszkańców Krakowa według danych GUS w 2020 r. wynosiła 780 981 osób. Zgodnie z przeprowadzoną przez autorów prognozą demograficzną, w 2050 r. liczba mieszkańców wzrośnie do 920 tys.

Kraków stanowi drugi co do wielkości ośrodek akademicki w kraju (ok. 130 tys. studentów w roku akademickim 2019/2020¹) oraz jest najczęściej odwiedzanym przez turystów miastem w Polsce (dane sprzed pandemii koronawirusa). Z turystycznych obiektów noclegowych w Krakowie w 2019 r. skorzystało 2 727,2 tys. osób, natomiast w związku z wybuchem pandemii, w 2020 r. odnotowano spadek o 70% (818,2 tys. osób).

Według stanu na koniec grudnia 2020 r. w Krakowie do rejestru REGON wpisanych było 152,8 tys.² podmiotów gospodarki narodowej (bez osób prowadzących gospodarstwa indywidualne w rolnictwie), czyli o 4% więcej niż na koniec 2019 r.

Rynek powierzchni biurowych w Krakowie stale rośnie, w 2019 roku oddano do użytkowania obiekty biurowe o łącznej powierzchni użytkowej 160 tys. m²

W 2019 r. w Krakowie było 402 538 mieszkań o łącznej powierzchni ponad 23,1 mln m². W kolejnym roku do użytkowania oddano łącznie 10 074 mieszkań o łącznej powierzchni prawie 600 tys. m².

Największy udział w pracujących ogółem miały osoby z sektorów: pozostałe usługi oraz handel, naprawa pojazdów samochodowych, transport i gospodarka magazynowa, zakwaterowanie i gastronomia, informacja i komunikacja.

Kraków posiada bardzo dobre uwarunkowania do wszechstronnego rozwoju. Miasto ma pozycję regionalnego lidera nowoczesnych usług dla biznesu, co wiąże się z przekształceniami przestrzennymi (powstanie parków biurowych) oraz wzrostem liczby mieszkańców i użytkowników. Takie miejsca wymagają sprawnego systemu transportowego.

1.2.2 Obszar analizy przez który przebiegają opracowane warianty

W celu podsumowania analiz uwarunkowań społeczno-gospodarczych, skupiono się na dzielnicach Krakowa, które zostały objęte rozpatrywanymi wariantami, tj.:

- 1) Dzielnicą I Stare Miasto,
- 2) Dzielnicą II Grzegórzki,

¹ Biuletyn statystyczny miasta Krakowa, IV kwartał 2020 r.

² Dane Głównego Urzędu Statystycznego

- 3) Dzielnica III Prądnik Czerwony,
- 4) Dzielnica IV Prądnik Biały,
- 5) Dzielnica V Krowodrza,
- 6) Dzielnica VI Bronowice,
- 7) Dzielnica XIV Czyżyny,
- 8) Dzielnica XV Mistrzejowice,
- 9) Dzielnica XVI Bieńczyce,
- 10) Dzielnica XVII Wzgórza Krzesławickie,
- 11) Dzielnica XVIII Nowa Huta.

Poniżej przedstawiono podsumowanie uwarunkowań: społecznych, gospodarczych i urbanistycznych, dotyczące każdej z dzielnic.

Dzielnica I Stare Miasto jako historyczne centrum Krakowa posiada najwyższą gęstość funkcji i zabudowy. To właśnie przez dzielnicę I odbywa się znaczna część podróży międzydzielnicowych w Krakowie, co powoduje przeciążenie systemu transportu zbiorowego.

Dzielnica II Grzegórzki to wschodnia część śródmieścia Krakowa skupiająca największą liczbę obiektów użyteczności publicznej, po dzielnicy Stare Miasto. Rozwój jej centralnej części jest możliwy dzięki rozbudowanej sieci tramwajowej, w tym istniejącej linii Krakowskiego Szybkiego Tramwaju (KST) północ-południe.

Dzielnica III Prądnik Czerwony łączy cechy dzielnic południowych i osiedli Nowej Huty - z jednej strony posiada na swoim obszarze osiedla blokowe zamieszkiwane głównie przez starzejących się mieszkańców, przeznaczone wg Studium Uwarunkowań i Kierunków Zagospodarowania Przestrzennego (SUIKZP) do rewitalizacji. Z drugiej strony dzielnica ze względu na napływ nowych inwestycji w rejonie koncentracji usług stanowi drugi największy park biurowy w Krakowie.

Rozległy obszar Dzielnicy IV Prądnik Biały utrudnia jednoznaczną klasyfikację. Znajdują się tu zarówno stare osiedla blokowe wymagające wg SUIKZP rehabilitacji, jak i dynamicznie rozwijający się rejon koncentracji usług – okolica Ronda Ofiar Katynia. Nowe osiedla w rejonie Żabińca i Azorów są niedostatecznie skomunikowane, a główny ciąg ulic Conrada i Opolskiej jest przecięziony i stanowi barierę przestrzenną.

Dzielnica V Krowodrza w centralnym i północnym obszarze to gęsto zaludniona dzielnica z licznymi funkcjami typowymi dla śródmieścia.

Dzielnica VI Bronowice jest gęsto zaludniona jedynie w zachodniej części. To również tam skupiają się nowe inwestycje i większość funkcji gospodarczych.

Dzielnica XIV Czyżyny jest „strefą buforową” między śródmieściem Krakowa a osiedlami Nowej Huty, co oznacza, że od lat 90. XX w. jest obszarem największych przekształceń przestrzennych na terenie Krakowa. Na terenie dzielnicy znajduje się pas startowy dawnego lotniska, który integruje strefę biurową, nowe osiedla Avia i Orlińskiego oraz CH Czyżyny.

Dzielnica XV Mistrzejowice skupia znaczną część osiedli blokowych budowanych dla pracowników kombinatu hutniczego oraz wschodni fragment rejonu koncentracji usług przy ul. Dobrego Pasterza, w tym wiele centrów handlowych.

Dzielnica XVI Bieńczyce jest jedną z mniejszych dzielnic i w większości składa się z osiedli blokowych budowanych dla pracowników kombinatu hutniczego.

Dzielnice XVII Wzgórza Krzesławickie i XVIII Nowa Huta charakteryzują się dużym potencjałem rozwojowym, z uwagi m.in. na planowaną realizację projektu Nowa Huta Przyszłości oraz poprzez wzrost podróży wywołany prognozowanym wzrostem liczby mieszkańców okolicznych gmin. .

1.3 Uwarunkowania konserwatorskie

1.3.1 Zabytkowa tkanka miasta

Kontekst historycznej zabudowy jest kluczowym uwarunkowaniem wpływającym na lokalizację oraz architektoniczną formę wejść do stacji, wind i czerpniowyrzutni. To te obiekty, które są niezbędnym wyposażeniem odcinków podziemnych transportu szynowego, najbardziej ingerują w układ urbanistyczny i oddziałują na odbiór zabytkowej zabudowy. Projektowana inwestycja, przebiegając na kierunku wschód-zachód, przecina obszar zabytkowego Starego Miasta. Ochroną konserwatorską są objęte m.in.:

- układ urbanistyczny Starego Miasta w obrębie Plant, wpisanego do rejestru zabytków pod numerem A-1 i na Listę Światowego Dziedzictwa Kulturalnego i Naturalnego UNESCO,
- układ urbanistyczny Kleparza wpisanego do rejestru zabytków pod numerem A-648,
- układ urbanistyczny oraz zespół zabudowy IV dzielnicy katastralnej miasta Krakowa „Piasek” wpisanego do rejestru zabytków pod numerem A-1446/M.

Konieczność połączenia funkcji transportowych z ochroną zabytkowej tkanki miasta oraz optymalizacją dostępności najbardziej interesujących obiektów śródmieścia Krakowa stanowiła nie lada wyzwanie, które wymagało przeprowadzenia szczegółowych uzgodnień z urzędami odpowiedzialnymi za ochronę zabytków.

Jednym z interesujących pod względem archeologicznym obszarów Starego Miasta jest m.in. jurydyka Garbary, powstała na gruntach Piasku (zwanym także Na Piasku). Nazwa ta dotyczy nie tylko otoczenia kościoła pw. Nawiedzenia Najświętszej Marii Panny (Karmelitów Trzewickich), ale również terenów położonych na zachód od Bramy Szewskiej. Przybliżona lokalizacja obszaru zawiera się w obrębie terenu odciętego ulicami: Podwale, Straszewskiego, Piłsudskiego, al. Mickiewicza, Kochanowskiego, Grabowskiego, Karmelicka, Batorego, Łobzowska, Dunajewskiego. Na podstawie dotychczasowych wyników badań można przypuszczać, że zabytki archeologiczne mogą występować do co najmniej 2 m poniżej powierzchni terenu i będą pochodzić z okresu późnośredniowiecznego osadnictwa. Badania archeologiczne w tym rejonie z całą pewnością będą jednymi z największych tego typu przedsięwzięć w Krakowie.

Innym obszarem wymagającym uwzględnienia kwestii ochrony zabytków jest okolica Ronda Mogińskiego. W obrębie Ronda Mogińskiego znajdują się pozostałości Bastionu nr V „Lubicz”, wchodzącego w skład dawnej Twierdzy Kraków. Bastion nr V powstał w drugiej połowie XIX w., a swoją funkcję militarną pełnił do początków XX w. W 1950 roku, podczas przebudowy układu komunikacyjnego prowadzącego do powstającej Nowej Huty, bastion został wyburzony, a na jego miejscu znajduje się obecnie Rondo Mogińskie. Znaczna część bastionu w dalszym ciągu znajduje się pod ziemią na południowy-zachód od Ronda Mogińskiego. Podczas przebudowy ronda w latach 2004-2008 dokonano dalszej poważnej ingerencji w pozostałości bastionu. Wypracowanie rozwiązań umożliwiających ochronę i wyeksponowanie relikwów fortu wymagało zaangażowania rzeczoznawcy ds. fortyfikacji Twierdzy Kraków. W sporządzonej niezależnej opinii zawarte zostały zalecenia w jaki sposób należy podkreślić dawny charakter bastionu oraz nakreślono kierunki zagospodarowania terenu po wybudowaniu stacji.

Podczas projektowania przebiegów tras w dzielnicy Nowa Huta rozwiązania architektoniczne części nadziemnych stacji musiały zostać dostosowane do zabytkowego układu urbanistycznego dzielnicy.

2 ANALIZY TECHNICZNE

2.1 Charakterystyka istniejącego układu transportowego

Obecnie usługi przewozowe w ramach publicznego transportu zbiorowego na terenie Krakowa świadczy dwóch przewoźników: Miejskie Przedsiębiorstwo Komunikacyjne S.A. (MPK S.A.) oraz Mobilis Sp. z o.o., którzy funkcjonują w ramach Komunikacji Miejskiej w Krakowie

na podstawie umów zawartych z Gminą Miejską Kraków. Rolę organizatora transportu publicznego sprawuje Zarząd Transportu Publicznego w Krakowie.

Na terenie miasta Krakowa zlokalizowanych jest ok. 1 895 przystanków komunikacyjnych i dworców. Łączna długość sieci tramwajowej wynosi ok. 97 km toru podwójnego.

W latach 2017-2020 stan infrastruktury tramwajowej uległ poprawie, co jest efektem przeprowadzonych inwestycji jak i prac serwisowych w ramach bieżącego utrzymania. Przy tym należy zwrócić uwagę, że około 20 km toru pojedynczego wymaga pilnego remontu, a około 31 km toru pojedynczego jest przeznaczone do przyszłych prac remontowych.

Obserwuje się wzrost liczby przewiezionych pasażerów, który w latach 2009-2019 przyniósł zwiększenie o 26% (416 mln pasażerów w roku 2019). Potrzeby transportowe Krakowa będą systematycznie rosnąć ze względu na migracje ludności i dalszy wzrost liczby mieszkańców, co jest dobrym uwarunkowaniem do rozwoju podsystemu transportu zbiorowego. Niemniej jednak widoczny jest spadek udziału komunikacji zbiorowej w podziale zadań przewozowych. Zauważa się przyrost ogólnej liczby podróży w Krakowie – jednak wzrost ten ma w znacznej mierze miejsce w komunikacji indywidualnej.

Utrzymująca się tendencja wzrostu pracy przewozowej i ilości przewożonych osób, stanowi o potrzebie ciągłego rozwoju komunikacji miejskiej, zarówno w ujęciu ilościowym, jak i jakościowym. Rozwój ten musi jednak uwzględniać uwarunkowania środowiskowe, a w szczególności ograniczenia zanieczyszczenia powietrza. Dlatego w perspektywie kolejnych lat należy szukać rozwiązań alternatywnych, które pozwolą z jednej strony rozwijać komunikację zbiorową, a z drugiej strony spełniać coraz ostrzejsze normy środowiskowe.

Sieć drogowo-uliczna śródmieścia Krakowa jest odzwierciedleniem zabytkowej zabudowy miasta. Nowa infrastruktura drogowa powstawała przede wszystkim w osiedlach Nowej Huty, a po roku 1989 największe inwestycje drogowe miały miejsce w południowej części miasta. W Krakowie występuje znaczny niedobór miejsc postojowych, ale warto zaznaczyć, że z punktu widzenia zrównoważonej mobilności jest to pozytywna cecha podsystemu – zniechęca ona bowiem kierowców do wyboru samochodu jako środka transportu, a więc jest korzystny dla transportu zbiorowego. Jako posiadające negatywny wpływ na transport zbiorowy i w ogóle system transportowy miasta należy ocenić rozbudowę tras wlotowych, które mogą obniżyć konkurencyjność transportu zbiorowego i powodować wzrost liczby samochodów wjeżdżających do miasta z gmin ościennych. W dalszej konsekwencji powoduje to spadek bezpieczeństwa pieszych, wzrost zanieczyszczenia powietrza i większe natężenie efektu tzw. miejskiej wyspy ciepła w upalne dni.

W ostatnich latach wprowadzono wiele ułatwień dla osób korzystających z rowerów w codziennych podróżach w mieście. Usprawnienia te polegały na otwieraniu kolejnych ulic jednokierunkowych dla dwukierunkowego ruchu rowerowego (tzw. kontraruch) lub budowie kolejnych odcinków dróg dla rowerów. Zmiany te sprawiają, że Kraków ma szansę dołączyć do grona liderów w Polsce jeśli chodzi o liczbę ulic z wprowadzonym kontraruchem rowerowym lub wyznaczonymi kontrapasami. Łączna długość dróg dla rowerów, ciągów pieszo-rowerowych, chodników z dopuszczonym ruchem rowerowym, pasów rowerowych oraz kontrapasów i ulic z wprowadzonym kontraruchem wynosi ok. 235 km (dane na 30 czerwca 2020 r.). Niemniej jednak w przeciwieństwie do kontrapasów i kontraruchu w śródmieściu, krakowska sieć wydzielonych dróg dla rowerów w skali całego miasta jest wciąż niespójna i wymaga realizacji szeregu inwestycji.

Oceniając podsystem pieszy należy zwrócić uwagę na znaczne dysproporcje w rozwoju infrastruktury i natężeniu ruchu pieszego w granicach Krakowa. Najlepsze uwarunkowania dla ruchu i jego największe natężenie występuje w głównych ciągach i placach historycznego centrum Krakowa. Równocześnie rejony dużych generatorów ruchu poza śródmieściem – w szczególności nowych centrów handlowych i osiedli mieszkaniowych – cechuje niedostateczna ilość i jakość ciągów pieszych. Wprowadzenie bezkolizyjnej komunikacji szynowej może łagodzić część problemów infrastruktury pieszej i zwiększyć spójności sieci ciągów pieszych.

Dowodzą tego projekty takich systemów w Lozannie, Porto lub Genui, w których dobre rozwiązania projektowe stacji stworzyły dostępną i spójną sieć ciągów pieszych i przestrzeni publicznych.

Przeprowadzona analiza wykazała, że w Krakowie znajduje się 20 rejonów problematycznych pod względem transportowym, z czego, aż 18 znajduje się w północnych dzielnicach miasta. Problemy te w większości powodowane są brakiem dostępności linii tramwajowych. Bezpośrednie sąsiedztwo rejonów posiadających problemy komunikacyjne w dzielnicach północnych przemawia za wyznaczeniem wariantów tras szybkiego, bezkolizyjnego transportu szynowego na kierunku wschód-zachód na północ od linii rzeki Wisły. Rejony na południu są rozmieszczone w sposób wyspowy – brak jest również wystarczającej ciągłości obszarów o sprzyjających uwarunkowaniach urbanistycznych i społeczno-gospodarczych, by rozważyć poprowadzenie tras na kierunku północ-południe lub południowy zachód – północny wschód. Konieczne jest wzmocnienie skoordynowanego rozwoju wszystkich podsystemów dla realizacji celów strategicznych, a w szczególności zwiększenia udziału komunikacji zbiorowej w przewozach i w konsekwencji zmniejszenia ruchu samochodowego, zwłaszcza na obszarze śródmieścia.

2.2 Informacja o głównych generatorach ruchu

Wszystkie warianty tras przebiegały zarówno przez obszary dynamicznie się rozwijające, rozwinięte oraz potencjalnego rozwoju. Taka trasa szybkiej, bezkolizyjnej komunikacji szynowej pozwoli zadbać o zrównoważenie rozwoju Krakowa.

Ze względu na charakterystykę kontekstu urbanistycznego i społeczno-gospodarczego, w którym przebiegają wszystkie analizowane warianty tras można podzielić na odcinki:

I. Obszary rozwinięte i rozwijające się – wprowadzenie transportu szynowego do ciągu ulic Czarnowiejska – Nawojki – Armii Krajowej lub Reymonta–Piastowska pozwoli wystarczająco obsłużyć usytuowany tu największy w Krakowie zespół obiektów akademickich (Akademia Górniczo-Hutnicza, Uniwersytet Jagielloński, Uniwersytet Rolniczy, Uniwersytet Pedagogiczny).

II. Obszary rozwinięte – ma przebieg średnicowy pod Starym Miastem i zapewnia dogodny przesiadki na Dworcu Głównym lub przystanku kolejowym Kraków Grzegórzki. Odcinek centralny charakteryzuje się znacznym potencjałem rozwoju ruchu pasażerskiego ze względu na obecność urzędów, punktów usługowych i Krakowskiego Centrum Komunikacyjnego. W obrębie odcinka centralnego koncentruje się również znaczny ruch turystyczny.

III. Obszary dynamicznego rozwoju – odcinek ten, obok odcinka centralnego, posiada największy potencjał ruchu pasażerskiego z racji dużej dynamiki rozwoju i największych w mieście generatorów ruchu (parki biurowe w Czyżynach i Prądniku Czerwonym, centra handlowe przy Alei Bora-Komorowskiego). Odcinki wariantów na tym obszarze mogą także przyczynić się do rozwiązania problemu niedostatecznej obsługi transportem szynowym.

IV. Obszary potencjalnego rozwoju – prowadzenie wszystkich wariantów na tym odcinku jest uzasadnione możliwością dogodnej lokalizacji Stacji Techniczno-Postojowej w rejonie kombinatu hutniczego, dużym potencjałem rozwojowym terenów przemysłowych (Projekt KRK NH2 oraz Nowa Huta Przyszłości) oraz wysoką gęstością zaludnienia osiedli Nowej Huty. Lepsze skomunikowanie odległych od centrum osiedli może być ważnym czynnikiem rewitalizacji, który pozwoli przyciągnąć nowych mieszkańców i nowe inwestycje do dzielnicy, która od dłuższego czasu jest pogrążona w stagnacji.

W bardziej szczegółowym ujęciu przebieg tras został dopasowany do rozmieszczenia większych skupisk ludności w mieście oraz największych generatorów ruchu. Spośród generatorów warto zwrócić szczególną uwagę na te powstałe w ciągu ostatnich 25 lat – nowoczesne obiekty handlowe i biura. Cechują się one największym oddziaływaniem i dynamiką rozwoju.

Poniższy schemat przedstawia rozmieszczenie skupisk ludności, obiektów biurowych i handlowych.:



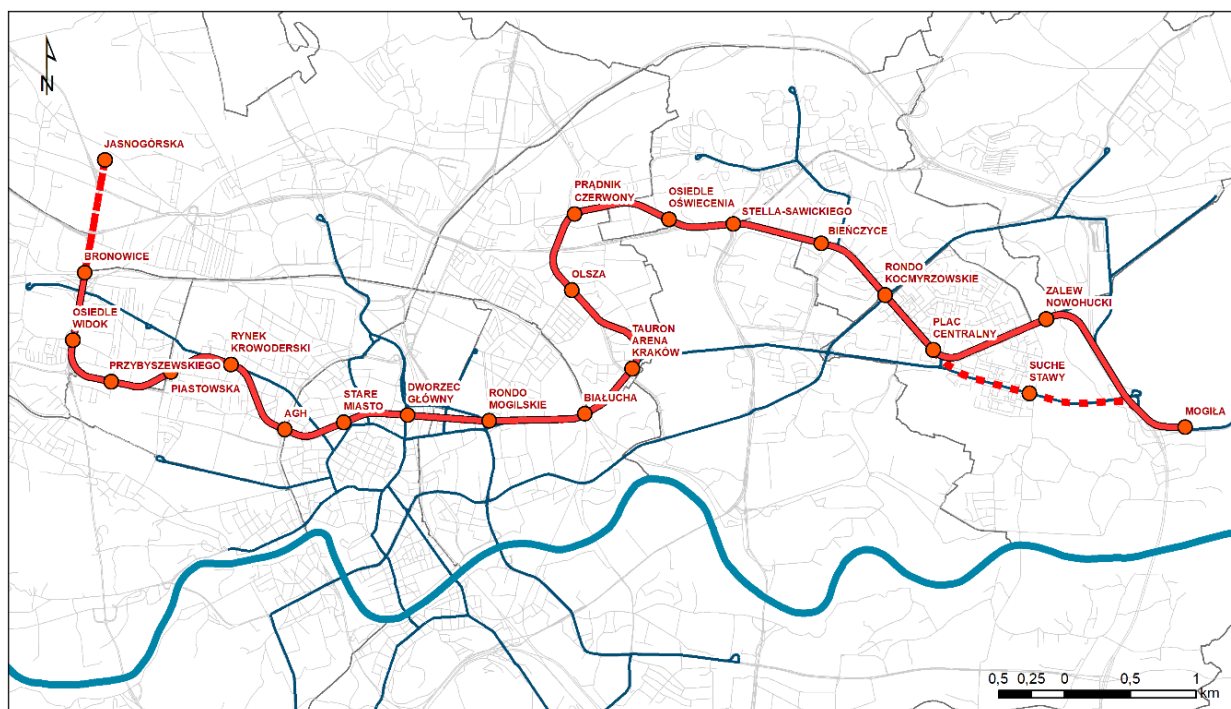
Rysunek 1 Uwarunkowania rozmieszczenia skupisk ludności, obiektów biurowych i handlowych

2.3 Charakterystyka analizowanych wariantów

Do analiz wybrano siedem wariantów (oznaczonych numerami od 1 do 7) tras bezkolizyjnej komunikacji szynowej. Każdy z nich posiada cztery podwarianty przebiegu, co łącznie daje 28 tras objętych analizą z zastosowaniem modeli ruchu i uwzględnieniem uwarunkowań planistycznych oraz społeczno-gospodarczych.

Wariant 1

Jest to najdłuższy wariant rozważany w niniejszym Studium. Jego przebieg jest zgodny z przebiegiem wariantu A linii metra z opracowania „Wstępna analiza możliwości budowy I linii metra w Krakowie na kierunku wschód-zachód”.



Rysunek 2 Przebieg wariantu 1

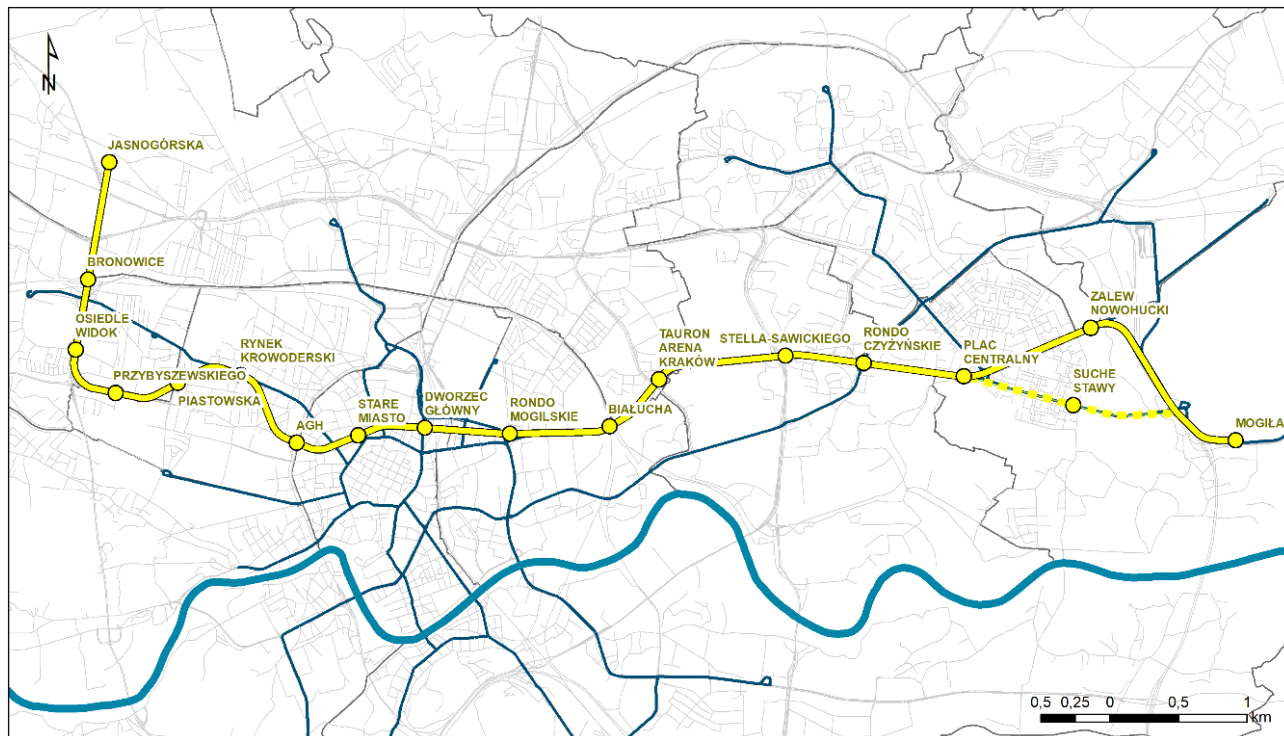
W części zachodniej podwarianty posiadają dodatkową stację Jasnogórska na zachodnim krańcu, która położona jest na niezabudowanej działce w dynamicznie rozwijającym się rejonie koncentracji usług. Stacja znajduje się na skraju strefy miejskiej, w sąsiedztwie wjazdowej arterii – ul. Jasnogórskiej. Po stronie wschodniej część podwariantów posiada stację Zalew Nowohucki, która położona jest między główną bramą do kombinatu (tereny o znacznym potencjale rozwojowym), terenem rekreacyjnym wokół Zalewu Nowohuckiego i zwartą zabudową zabytkowego założenia Nowej Huty. Pozostała część wschodnich podwariantów posiada prostszy przebieg, ze stacją Suche Stawy położoną w sąsiedztwie kompleksu sportowego i zwartej zabudowy Osiedla Wandy.

Węzły przesiadkowe tramwajowe: Bronowice, „Rynek Krowoderski”, Stare Miasto, Dworzec Główny, Rondo Mogiłskie, Bińczyce, Rondo Kocmyrzkowskie, Plac Centralny, Mogiła.

Węzły przesiadkowe kolejowe: Bronowice, Dworzec Główny, Białucha

Wariant 2

Przebieg wariantu jest zgodny z przebiegiem I linii metra wg wariantu IV.3 Metro Metrobus z opracowania Studium rozwoju systemu transportu Miasta Krakowa w tym budowy metra. Głównym założeniem trasy jest uzyskanie niskich czasów przejazdu między Placem Centralnym a Dworcem Głównym – w związku z nim trasa nie przebiega przez Olszę, Prądnik Czerwony i Bieńczyce, ale dubluje przebieg linii tramwajowej wzdłuż ul. Mogiłskiej i al. Jana Pawła II. Na odcinku zachodnim trasa zbacza w kierunku stacji Rynek Krowoderski, by obsłużyć większą liczbę mieszkańców, natomiast na odcinku wschodnim (Rondo Mogiłskie – Plac Centralny) jej przebieg pokrywa się z przebiegiem linii tramwajowej.



Rysunek 3 Przebieg wariantu 2

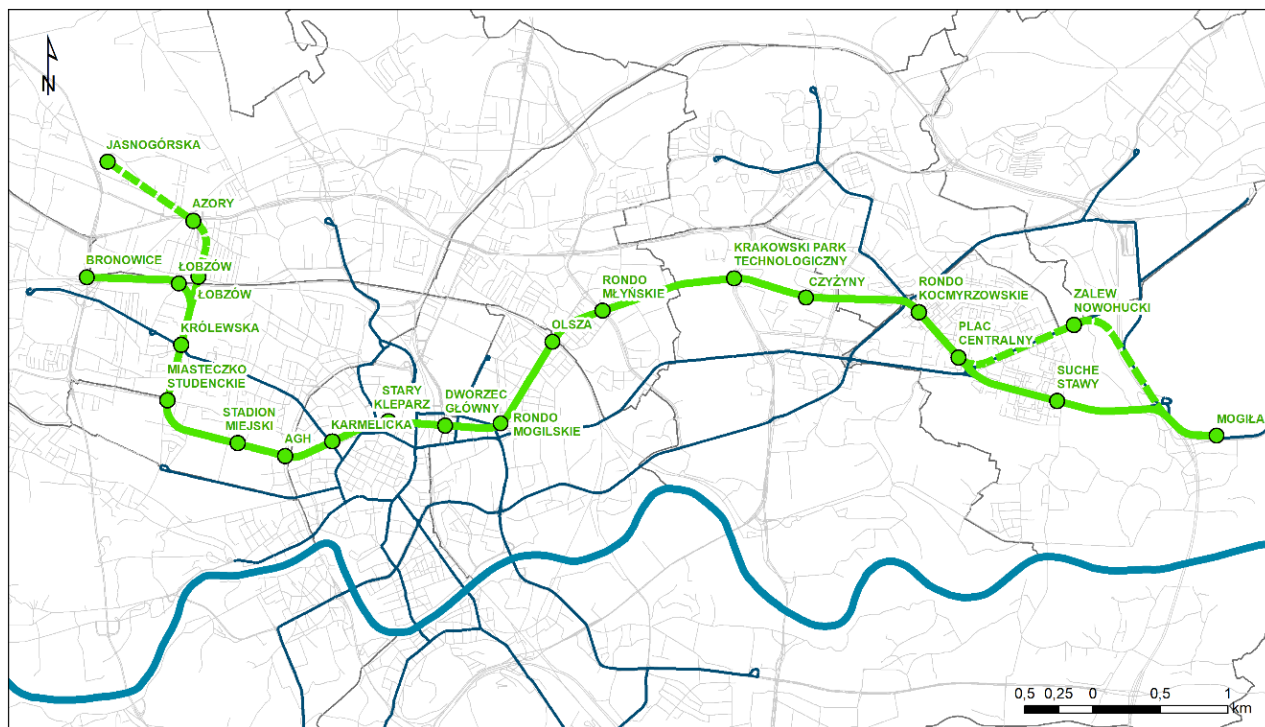
W części zachodniej podwarianty posiadają dodatkową stację Jasnogórska na zachodnim krańcu, która położona jest na niezabudowanej działce w dynamicznie rozwijającym się rejonie koncentracji usług. Stacja znajduje się na skraju strefy miejskiej, w sąsiedztwie wjazdowej arterii – ul. Jasnogórskiej. Po stronie wschodniej część podwariantów posiada stację Zalew Nowohucki, która położona jest między główną bramą do kombinatu (tereny o znacznym potencjale rozwojowym), terenem rekreacyjnym wokół Zalewu Nowohuckiego i zwartą zabudową zabytkowego założenia Nowej Huty. Pozostała część wschodnich podwariantów posiada prostszy przebieg, ze stacją Suche Stawy położoną w sąsiedztwie kompleksu sportowego i zwartej zabudowy Osiedla Wandy.

Węzły przesiadkowe tramwajowe: Bronowice, „Rynek Krowoderski”, Stare Miasto, Dworzec Główny, Rondo Mogiłskie, Rondo Czyżyńskie, Plac Centralny, Mogiła.

Węzły przesiadkowe kolejowe: Bronowice, Dworzec Główny, Białucha.

Wariant 3

Wariant zakłada przebieg na osi wschód-zachód wzdłuż pasa startowego lotniska Kraków Rakowice-Czyżyny. Trasa w swoim założeniu stwarza dogodne połączenie Nowej Huty, Olszy i Czyżyn z Dworcem Głównym oraz poprawia skomunikowanie osiedla Azory i odciąża linię tramwajową z Bronowic do centrum. Trasa omija Tauron Arenę Kraków, ale za to przebiega w sąsiedztwie dwóch innych obiektów sportowo-widowiskowych: stadionu WKS Wawel i Stadionu Miejskiego im. Henryka Reymana. Trasy tego wariantu posiadają największą liczbę stacji na odcinku centralnym (8).



Rysunek 4 Przebieg wariantu 3

Po stronie wschodniej część podwariantów posiada stację Zalew Nowohucki, która położona jest między główną bramą do kombinatu (tereny o znacznym potencjale rozwojowym), terenem rekreacyjnym wokół Zalewu Nowohuckiego i zwartą zabudową zabytkowego założenia Nowej Huty. Pozostałe podwarianty wschodnie posiadają prostszy przebieg, ze stacją Suche Stawy położoną w sąsiedztwie kompleksu sportowego i zwartej zabudowy Osiedla Wandy. Lokalizacja stacji w rejonie osiedla Azory stwarza konieczność wyboru stacji końcowej między stacją Bronowice a Jasnogórską – w przeciwieństwie do wariantów 1, 2, 4, 6 i 7, w których stacja Bronowice następuje po stacji Jasnogórska. Wybrane podwarianty zachodnie posiadają przystanek Jasnogórska (rejon koncentracji usług) oraz Azory (centrum niedostatecznie skomunikowanego osiedla, pętla autobusowa). Stacja Łobzów, wspólna dla obu wariantów położona jest ok. 500 m od stacji kolejowej Kraków Łobzów.

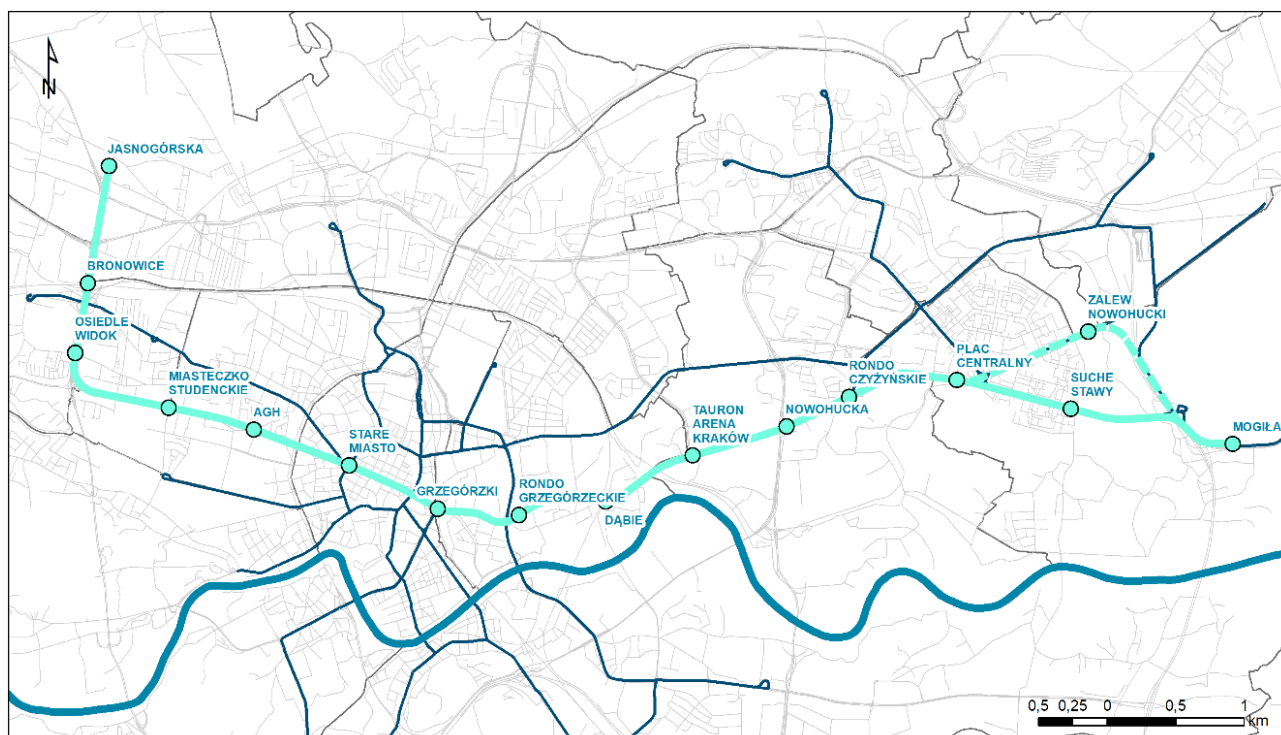
Węzły przesiadkowe tramwajowe: Bronowice, Królewska, Karmelicka, Stare Miasto, Rondo Mogiła, Dworzec Główny, Rondo Kocmyrzkowskie, Plac Centralny, Mogiła.

Węzły przesiadkowe kolejowe: Bronowice, Łobzów, Dworzec Główny, Olsza.

Wariant 4

Opcje tego wariantu są najkrótsze spośród analizowanych oraz posiadają największe średnie odległości między stacjami. Część podwariantów posiada najprostszą trasę o najmniejszej liczbie łuków, która pozwoli uzyskać najkrótszy czas przejazdu z Bronowic do Nowej Huty. Wszystkie opcje wariantu posiadają odcinek tunelowy pod Starym Miastem, w tym pod Rynkiem Głównym, a także zapewniają powiązanie z przystankiem kolejowym Kraków Grzegórzki. Trasa na odcinku wschodnim

(Rondo Grzegórzeckie – Plac Centralny) pokrywa się z istniejącą linią tramwajową wzdłuż Alei Pokoju. Prowadzi tym samym przez rejony o stosunkowo niskiej gęstości zaludnienia, ale z dużym potencjałem rozwojowym i obiektami wielkopowierzchniowego handlu oraz targów (M1, Cracovia Outlet Center, Expo Kraków).



Rysunek 5 Przebieg wariantu 4

Po stronie zachodniej część podwariantów posiada dodatkową stację Jasnogórska, która położona jest na niezabudowanej działce w dynamicznie rozwijającym się rejonie koncentracji usług. Stacja znajduje się na skraju strefy miejskiej, w sąsiedztwie wjazdowej arterii – ul. Jasnogórskiej.

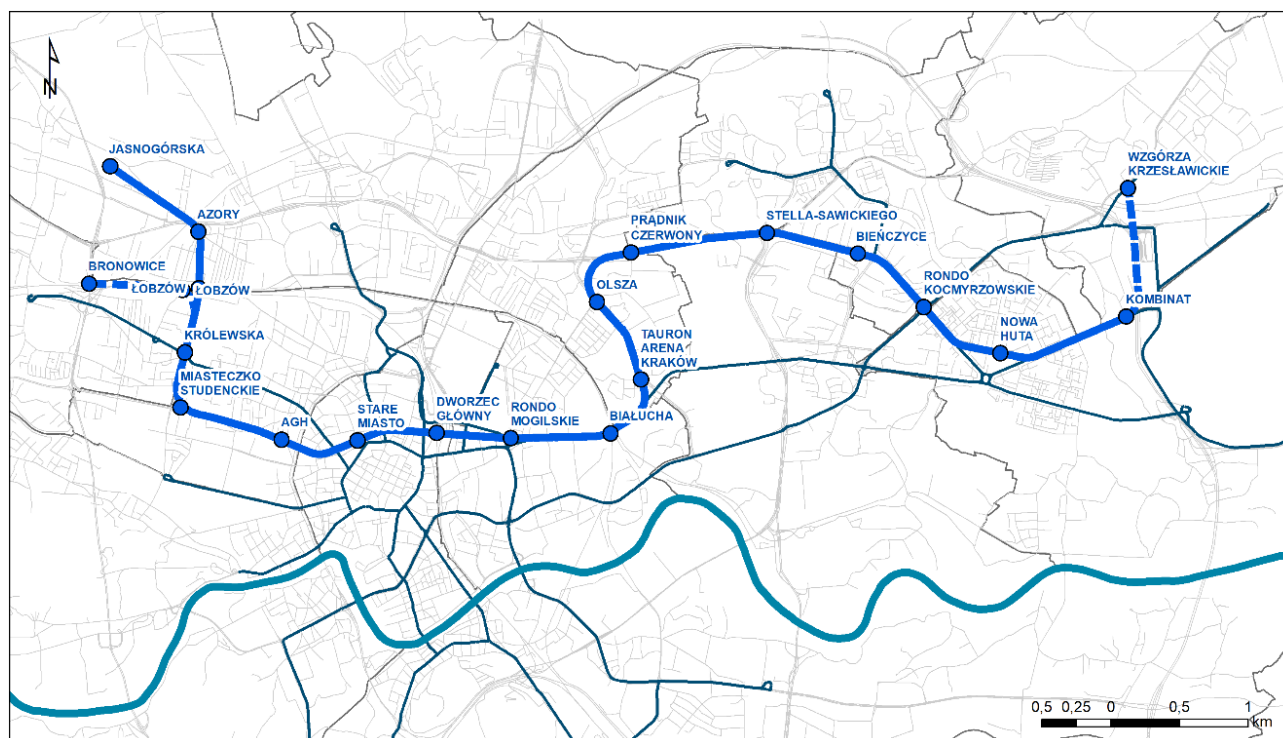
Część wariantów po stronie wschodniej posiada stację Zalew Nowohucki, która położona jest między główną bramą do kombinatu (tereny o znacznym potencjale rozwojowym), terenem rekreacyjnym wokół Zalewu Nowohuckiego i zwartą zabudową zabytkowego założenia Nowej Huty. Pozostałe podwarianty po stronie wschodniej posiadają prostszy przebieg, ze stacją Suche Stawy położoną w sąsiedztwie kompleksu sportowego i zwartej zabudowy Osiedla Wandy.

Węzły przesiadkowe tramwajowe: Bronowice, Stare Miasto, Grzegórzki, Rondo Grzegórzeckie, Plac Centralny, Mogiła.

Węzły przesiadkowe kolejowe: Bronowice, Grzegórzki, Dąbie.

Wariant 5

Trasa wariantu posiada przebieg autorski, którego priorytetem jest dogodne połączenie z dworcem kolejowym Kraków Główny. Jest to jedyny wariant, którego trasy nie przebiegają bezpośrednio przez Plac Centralny – stacja Nowa Huta położona jest przy Alei Przyjaźni, co umożliwia dogodne dojście większej liczbie mieszkańców i powiązanie z przestrzenią publiczną Alei Róż, choć utrudnia przesiadkę na linie tramwajowe. Wariant 5 jest także jedynym, który umożliwia połączenie zarówno osiedla Azory, jak i Prądnika Czerwonego z Dworcem Głównym.



Rysunek 6 Przebieg wariantu 5

Po stronie wschodniej część podwariantów przewiduje dodatkową stację Wzgórze Krzesławickie. W sąsiedztwie stacji znajduje się najdalej położone od centrum Krakowa: dzielnica Wzgórze Krzesławickie, cmentarz Grębałów oraz pętla tramwajowa. Lokalizacja stacji na skraju strefy miejskiej, przy wjazdowej ulicy Kocmyrżowskiej stwarza potencjał do budowy parkingu P+R.

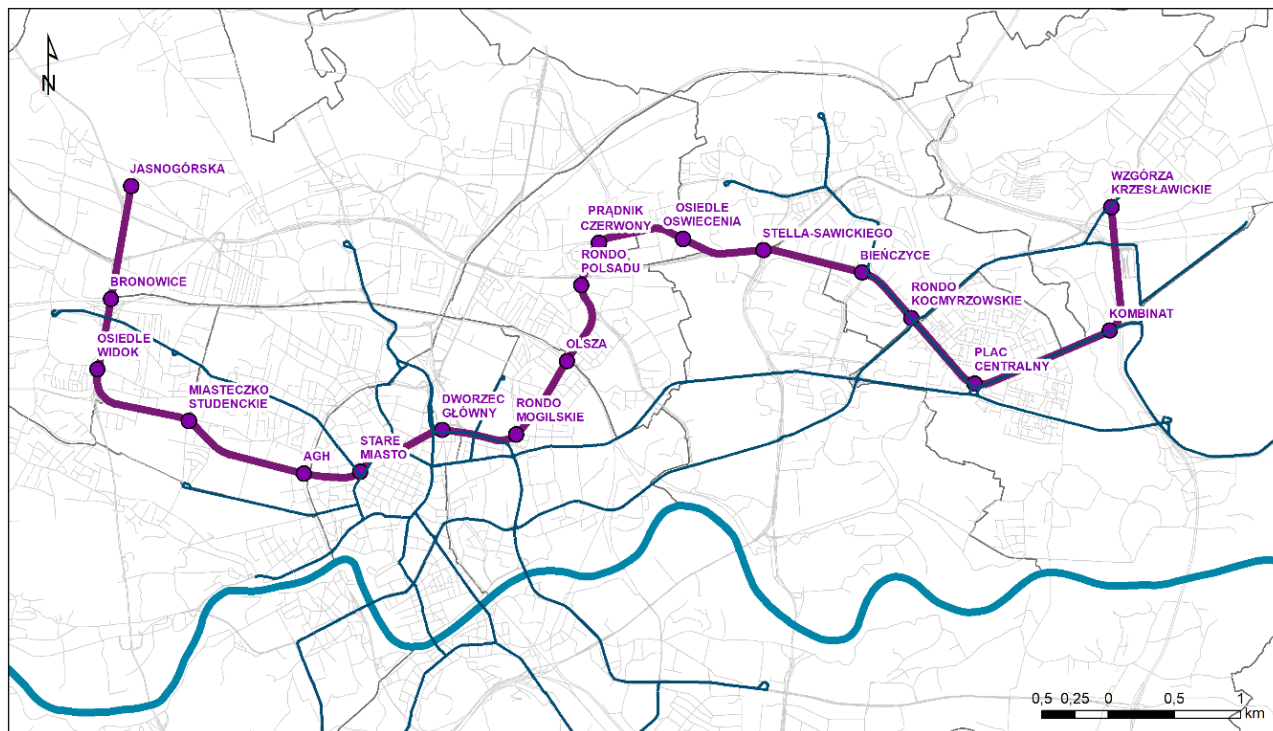
Lokalizacja stacji w rejonie osiedla Azory stwarza konieczność wyboru stacji końcowej między stacją Bronowice a Jasnogórską – w przeciwieństwie do wariantów 1, 2, 4, 6 i 7, w których stacja Jasnogórska występuje razem ze stacją Bronowice. Część podwariantów zachodnich posiada przystanek Jasnogórska (rejon koncentracji usług) oraz Azory (centrum niedostatecznie skomunikowanego osiedla, pętla autobusowa). Stacja Łobzów, wspólna dla obu wariantów położona jest ok. 500 m od stacji kolejowej Kraków Łobzów.

Węzły przesiadkowe tramwajowe: Bronowice, Królewska, Stare Miasto, Dworzec Główny, Rondo Mogiłskie, Bieńczyce, Rondo Kocmyrżowskie, Nowa Huta, Wzgórze Krzesławickie.

Węzły przesiadkowe kolejowe: Bronowice, Łobzów, Dworzec Główny, Białucha, Wzgórze Krzesławickie.

Wariant 6

Głównym założeniem autorskiego wariantu 6 jest szybkie i bezpośrednie połączenie osiedli Prądnika Czerwonego i Bieńczy z Dworcem Głównym. Trasa przebiega przez obszar Olszy z zabudową jednorodzinną Osiedla Oficerskiego – uzyskano lepsze czasy przejazdu i trasę niepokrywającą się z linią tramwajową na ul. Mogiłskiej lub Alei Pokoju.



Rysunek 7 Przebieg wariantu 6

Po stronie zachodniej część podwariantów posiada dodatkową stację Jasnogórska, która położona jest na niezabudowanej działce w dynamicznie rozwijającym się rejonie koncentracji usług. Stacja znajduje się na skraju strefy miejskiej, w sąsiedztwie wlotowej arterii – ul. Jasnogórskiej.

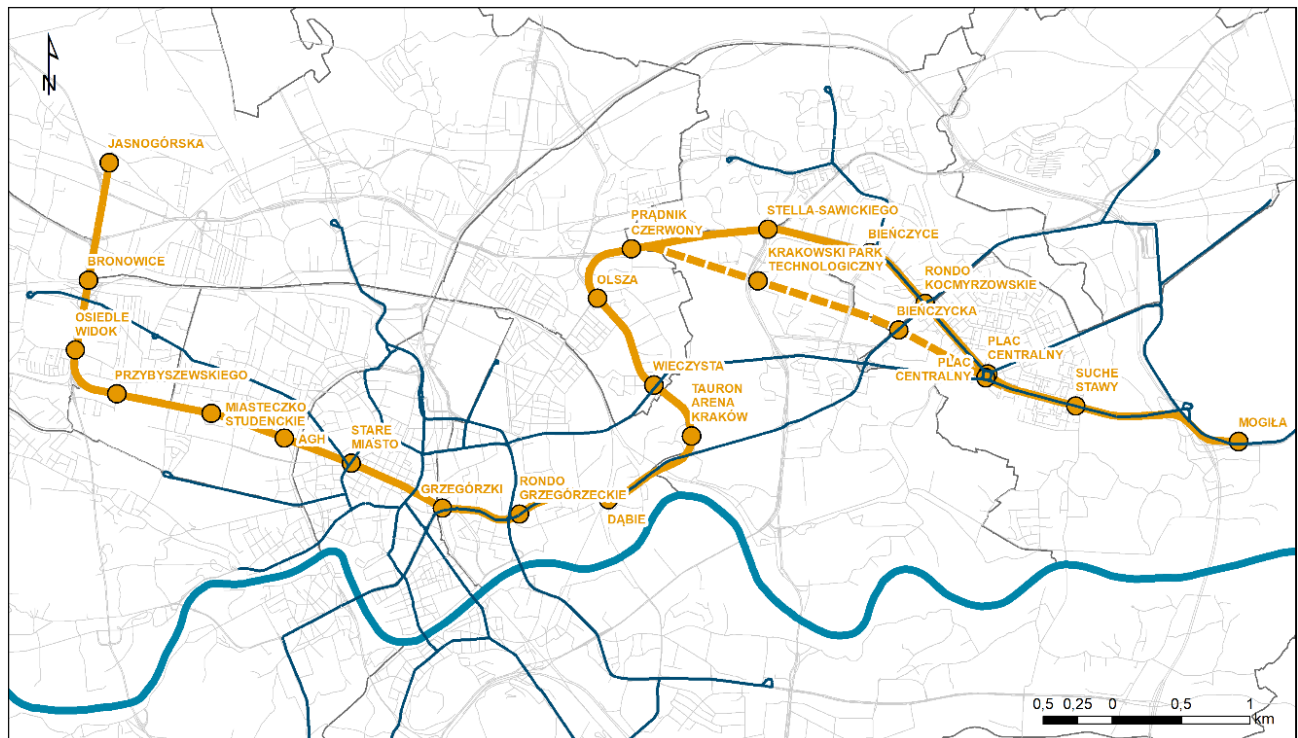
Po stronie wschodniej część podwariantów przewiduje dodatkową stację Wzgórze Krzesławickie. W sąsiedztwie stacji znajduje się najdalej położone od centrum Krakowa: dzielnica Wzgórze Krzesławickie, cmentarz Grębałów oraz pętla tramwajowa.

Węzły przesiadkowe tramwajowe: Bronowice, Stare Miasto, Dworzec Główny, Rondo Mogiłskie, Bieńczyce, Rondo Kocmyrzowskie, Plac Centralny, Wzgórze Krzesławickie.

Węzły przesiadkowe kolejowe: Bronowice, Dworzec Główny, Olsza, Wzgórze Krzesławickie.

Wariant 7

Jest to wariant autorski, który posiada możliwie prosty przebieg na odcinku centralnym (Miasteczko Studenckie – Rondo Grzegórzeckie) wraz z dogodnym połączeniem z przystankiem kolejowym Kraków Grzegórzki. Wariant 7 jako jedyny przebiega zarówno przez obszar Prądnika Czerwonego, Grzegózek i Dąbia, co skutkuje drugimi co do długości trasami (po wariantcie 1), ale i większą liczbą mieszkańców i użytkowników w zasięgu stacji.



Rysunek 8 Przebieg wariantu 7

Po stronie zachodniej część podwariantów posiada dodatkową stację Jasnogórska, która położona jest na niezabudowanej działce w dynamicznie rozwijającym się rejonie koncentracji usług. Stacja znajduje się na skraju strefy miejskiej, w sąsiedztwie wlotowej arterii – ul. Jasnogórskiej.

Pozostałe podwarianty wschodnie zakładają prowadzenie tunelu pod pasem startowym byłego lotniska Kraków Rakowice-Czyżyny. Pozwala to na prostszy przebieg i skrócenie trasy z Bronowic do Nowej Huty, a przy tym dogodną lokalizację przystanku Krakowski Park Technologiczny, który może obsłużyć obszary o utrudnionym dostępie do linii tramwajowych: rozwijający się park biurowy oraz nowe osiedla Avia i Orlińskiego. Podwarianty te umożliwiają obsługę większej liczby mieszkańców osiedli Mistrzejowic i Bieńczyc i znaczne skrócenie czasu dojazdu z tych rejonów do centrum. Punkty wspólne wschodnich podwariantów na tym odcinku przypadają na stacje Plac Centralny i Prądnik Czerwony.

Węzły przesiadkowe tramwajowe: Bronowice, Stare Miasto, Grzegórzki, Rondo Grzegórzeckie, Wieczysta, Rondo Czyżyńskie, Plac Centralny, Mogiła.

Węzły przesiadkowe kolejowe: Bronowice, Grzegórzki, Dąbie.

2.4 Podsumowanie analiz ruchowych

Analizy ruchowe przeprowadzono na podstawie modelu ruchu, będącego w dyspozycji Gminy Miejskiej Kraków. Obliczenia były prowadzone osobno dla godziny szczytu porannego i popołudniowego. Analizy ruchowe dla przebiegów tras wykonano dla 7 horyzontów czasowych. W prognozach ujęto przyszłe zmiany wynikające z nowych inwestycji drogowych, tramwajowych i kolejowych, parkingów P+R, zmiany stref płatnego parkowania, jak również zaproponowano nowe inwestycje tramwajowe, których wykonanie usprawni system transportowy miasta. W celu aktualizacji modelu ruchu dokonano rekalkulacji modelu dla pozyskanych wyników pomiarów ruchu. Uwzględniając różne przebiegi tras, różne środki transportu oraz różne horyzonty czasowe łącznie wykonano ponad 300 kombinacji obliczeń.

Optymalizacja systemu tramwajowego i autobusowego została przeprowadzona w celu maksymalizacji potencjału przewozowego analizowanych rozwiązań. Linie tramwajowe mają w tym przypadku pełnić rolę systemu komplementarnego do głównej osi transportowej ustanowionej przez nowy system, jednocześnie będąc głównym środkiem transportu poza obszarem oddziaływania szybkiego, bezkolizyjnego transportu.

Linie autobusowe w wariantach inwestycyjnych pełnić będą rolę głównie dowozową do nowego środka transportu tak, aby maksymalizować jego wykorzystanie oraz optymalizować koszt funkcjonowania transportu zbiorowego.

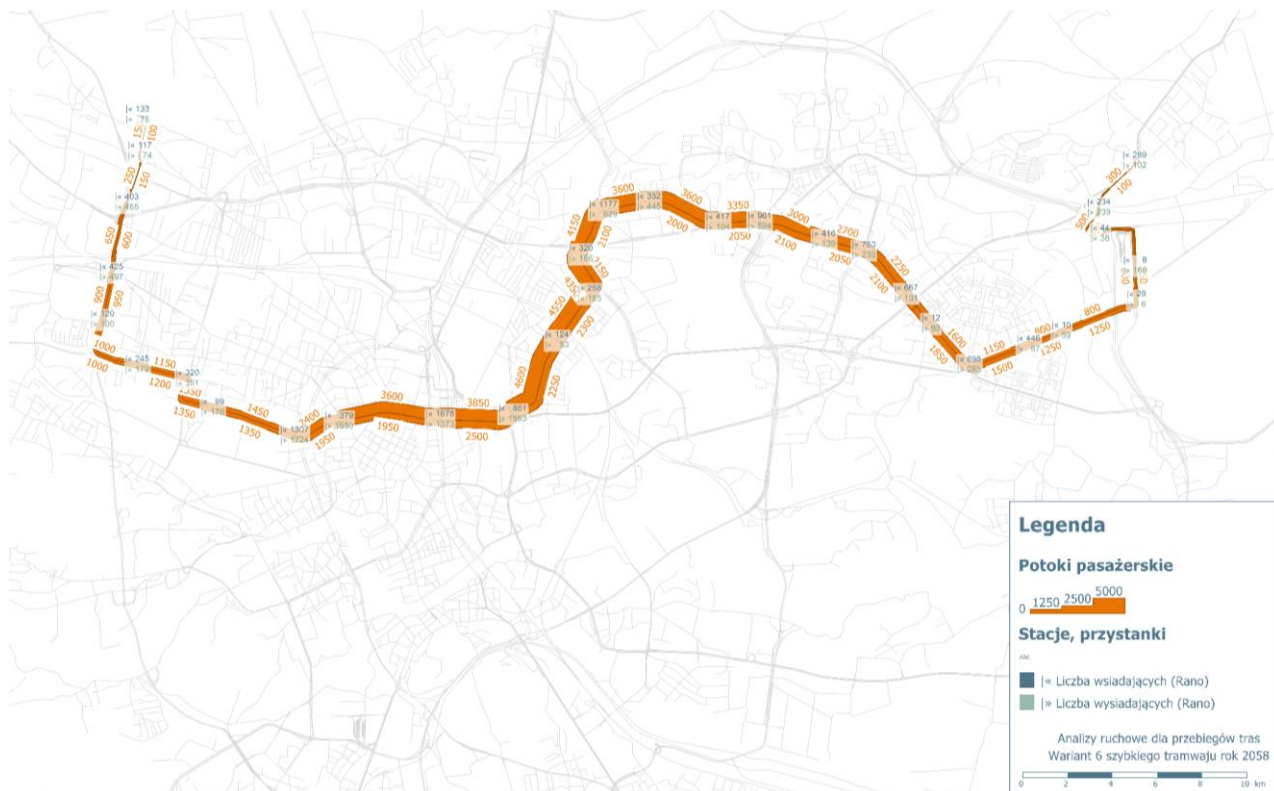
W poniższej tabeli zestawiono przykładowe wyniki analiz ruchowych.

Wariant	Czas przejazdu [h]	Długość trasy [km]	Liczba przystanków w/ stacji [szt.]	Średnia prędkość [km/h]	Maksymalna liczba pasażerów na danym odcinku relacji w godzinie szczytu	Liczba pasażerów w godzinie szczytu na całej linii
M5D	00:33:16	20,47	21	37,0	6500	20601
M6D	00:32:29	20,44	20	38,0	7350	21624
T6D	00:46:54	21,84	32	28,2	4600	14099

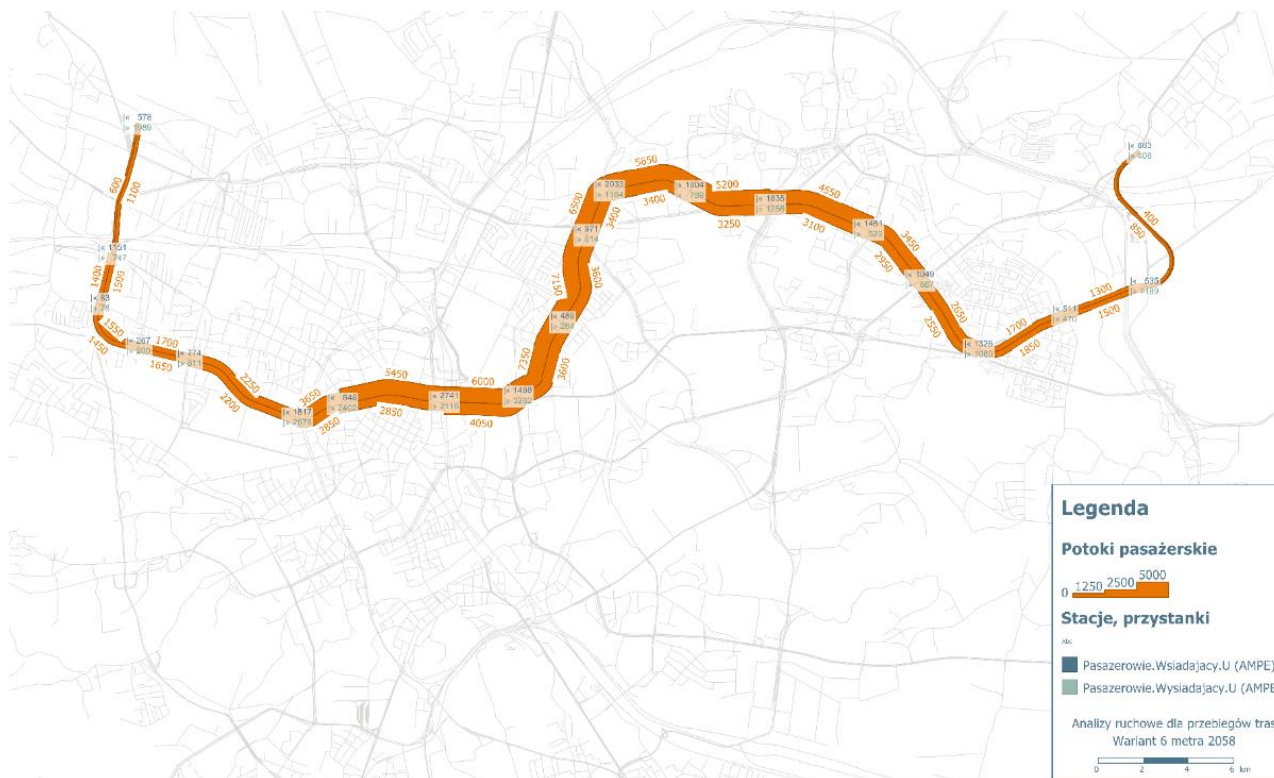
Tabela 1 Przykładowe wyniki analiz ruchowych

W trakcie analiz stwierdzono, że w godzinie okresu szczytowego w wariantach metra odbywa się ok. 20 tys. unikalnych podróży. Po przeliczeniu godzin szczytowych na dobę daje to ok. 320 tys. pasażerów metra obsługiwanych dziennie. W przypadku wariantu T6D w godzinie okresu szczytowego obsługiwanych jest około 14 tys. pasażerów, a w ciągu całego dnia liczba podróży wynosi około 225 tys. Dla porównania liczba ta dla linii Metra Warszawskiego wynosi odpowiednio ok. 540 tys. na linii M1.

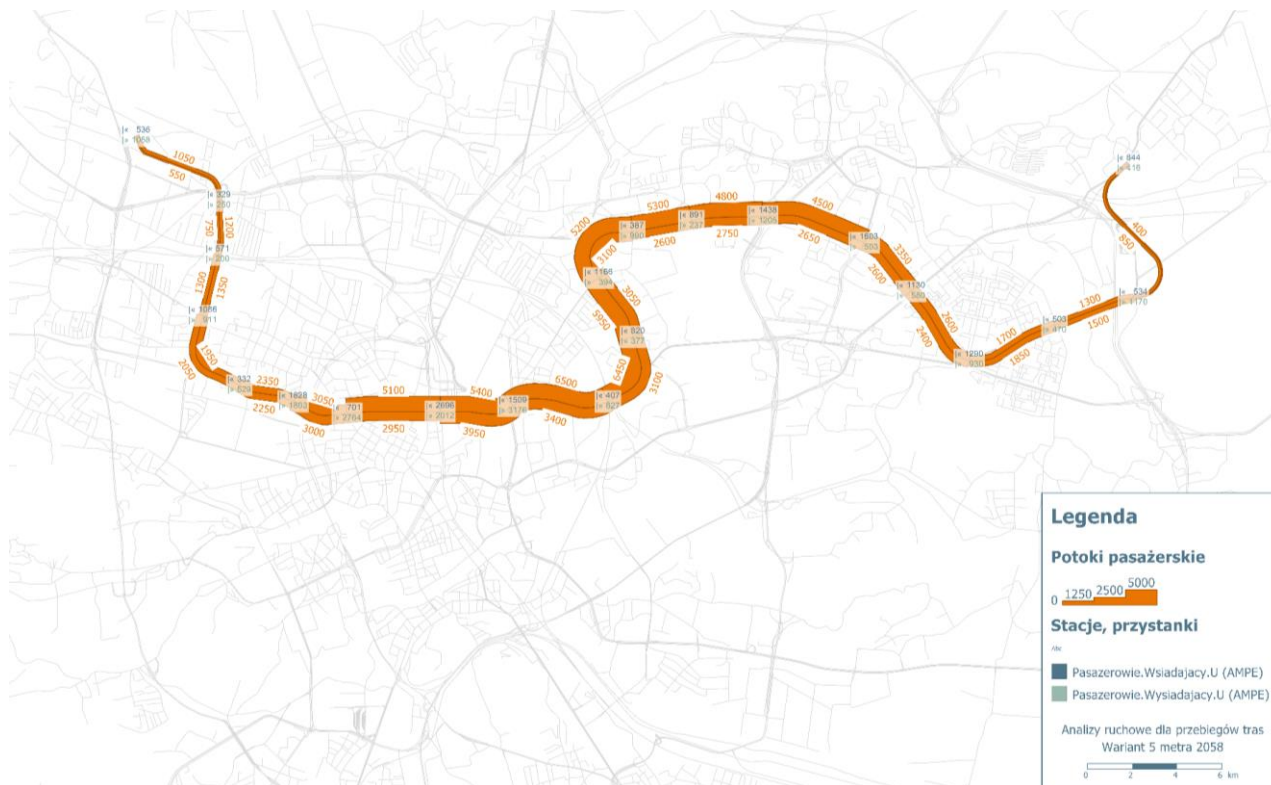
Na poniższym rysunku przedstawiono wyniki symulacji potoków pasażerskich dla trzech wariantów:



Rysunek 9 Potoki pasażerskie wariant premetra szybkiego tramwaju T6D dla roku 2058



Rysunek 10 Potoki pasażerskie wariantu metra M6D dla roku 2058



Rysunek 11 Potoki pasażerskie wariantu metra M5D dla roku 2058

2.5 Preselekcja wariantów i wybór trzech wariantów rekomendowanych do dalszych analiz

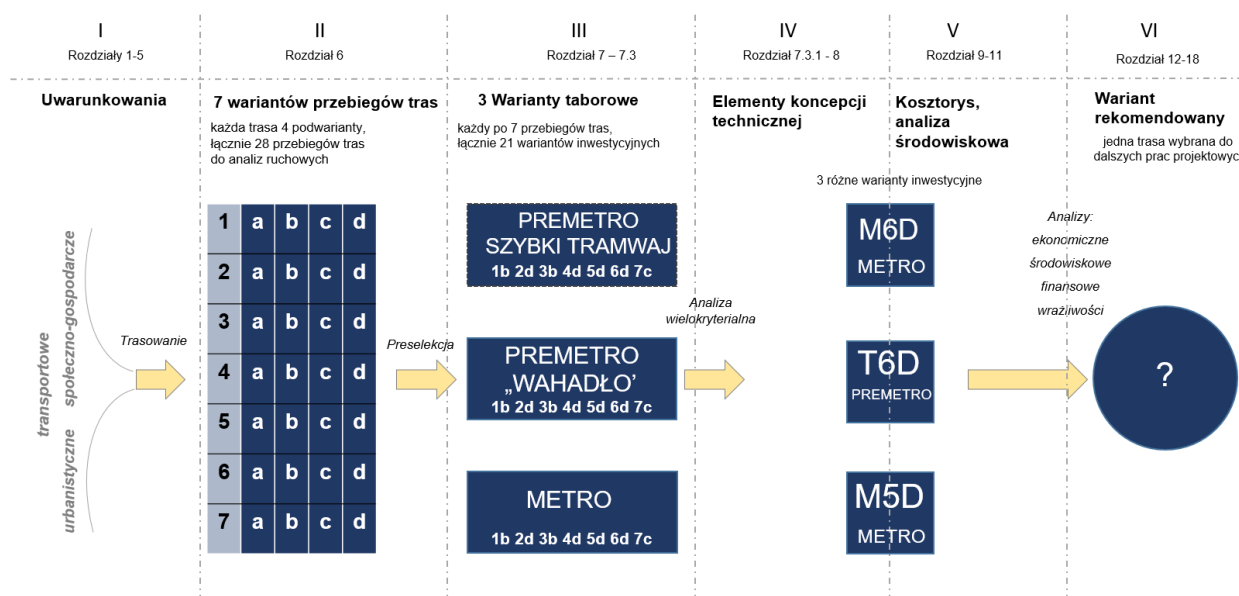
Na podstawie preselekcji z 28 możliwych podwariantów tras wybrano po jednym optymalnym przebiegu na dany wariant.

W kolejnym kroku każdy z przebiegów został poddany analizie z wykorzystaniem modeli ruchu i weryfikacji zastosowania różnego rodzaju środka transportu (metro, premetro szybki tramwaj, premetro „wahadło”). Przełożyło się to na 21 wariantów inwestycyjnych (każda z 7 tras analizowana dla 3 różnych środków transportu). Warianty inwestycyjne metra zakładają stworzenie w pełni bezkolizyjnego transportu szynowego na całej trasie wariantu. Planowane jest wykorzystanie nowego dedykowanego taboru. Warianty inwestycyjne premetra „wahadła” zakładają, że odcinek centralny funkcjonuje niezależnie od systemu tramwajowego i jest obsługiwany nowym, dwukierunkowym taborem. Stacje i tunele premetra „wahadła” będą posiadać parametry i rozwiązania techniczne dedykowane metru – możliwa będzie zatem rozbudowa bez wyłączania z ruchu na długi okres odcinka centralnego. Nowy tabor może posiadać większą pojemność niż tabor tramwajowy i będzie kursował na zasadzie „wahadła” – zmieniając kierunek jazdy na stacji końcowej odcinka centralnego. Warianty inwestycyjne premetra szybkiego tramwaju zakładają wykorzystanie taboru tramwajowego oraz zastosowanie dla odcinka centralnego bezkolizyjnych rozwiązań. Na pozostałych odcinkach wariant ten wykorzystuje istniejące trasy tramwajowe lub przewiduje stworzenie nowych torowisk. Na wszystkich skrzyżowaniach naziemnych wariant ten posiada bezwzględny priorytet i pierwszeństwo przejazdu.

Otrzymane wyniki dla 21 wariantów inwestycyjnych zostały zestawione w macierzy do analizy wielokryterialnej, dzięki czemu możliwe było wskazanie 3 wariantów inwestycyjnych, rekomendowanych do dalszych analiz technicznych. Dla oceny poszczególnych wariantów inwestycyjnych zdecydowano się wykorzystać m.in. następujące kryteria: liczba pasażerów,

czas podróży komunikacją zbiorową, orientacyjny koszt przewiezienia jednego pasażera oraz uwarunkowania konserwatorskie.

Proponowane kryteria pozwoliły sprawdzić jak poszczególne warianty inwestycyjne wpisują się w zakładane cele Studium. W oparciu o wyniki końcowe matrycy analizy wielokryterialnej do dalszych prac projektowych wybrano warianty premetra szybkiego tramwaju T6D oraz metra M5D i M6D. Na poniższym rysunku przedstawiono proces wyboru trzech wariantów rekomendowanych do dalszych analiz technicznych.



Rysunek 12 Wybór trzech wariantów rekomendowanych do dalszych analiz

2.6 Rozwiązania techniczne

2.6.1 Ogólna informacja o sposobie prowadzenia inwestycji, drążenia tuneli i stosowanych technologiach

Optymalną i rekomendowaną technologią wykonania tuneli zarówno dla wariantów metra jak i premetra dla bezkolizyjnego transportu szynowego w Krakowie jest technologia tarcz zmechanizowanych typu zamkniętego (TBM - Tunneling Boring Machine). Metoda tarczowa zapewnia bezpieczne drążenie tuneli w praktycznie każdych warunkach gruntowo-wodnych, dokładny profil wyłomu, wysoki poziom bezpieczeństwa załóg tunelowych, ochronę środowiska (brak konieczności obniżania zwierciadła wody gruntowej), ochronę istniejącej zabudowy (nieznaczne przemieszczania gruntu) i wysoki postęp robót. W technologii drążenia zmechanizowanymi tarczami stosuje się wysokiej jakości, ekonomiczną betonową segmentową obudowę tuneli.

W przypadku wariantu metra zakłada się wykonanie dwóch równoległych tuneli jednotorowych o średnicy zewnętrznej 6,0 m drążonych w technologii zmechanizowanych tarcz typu zamkniętego. Rozstaw tuneli metra będzie wynosił średnio 14 m. Grubość obudowy tunelu będzie wynosiła 0,3 m. Dla wariantu premetra ok. 85% odcinków tunelowych będzie wykonanych jako pojedynczy tunel dwutorowy o średnicy zewnętrznej około 9,6 m, drążony w technologii zmechanizowanych tarcz typu zamkniętego. Grubość obudowy tunelu będzie wynosiła 0,4 m. Pozostałe odcinki tunelowe premetra będą wykonane metodą wykopu otwartego w technologii ścian szczelinowych.

Założono, że średni postęp drążenia tuneli wynosić będzie 10-15 m/dobę. Zagłębienie tunelu będzie wynosiło około 10-15 m poniżej poziomu terenu.

W przypadku budowy stacji i przystanków podziemnych rekomendowaną metodą budowy jest zastosowanie metody podstropowej (tzw. metoda mediolańska) w obudowie ze ścian szczelinowych. Dzięki tej metodzie jest możliwe szybkie przywrócenie ruchu ulicznego po wykonaniu ścian szczelinowych i stropu górnego na gruncie oraz ograniczenie źródła zapylenia i hałasu poprzez wykonywanie znacznej części robót pod stropem w poziomie terenu. Dodatkowo rozparcie ścian obudowy wykopu sztywnymi stropami podczas głębień minimalizuje osiadanie sąsiednich budynków, co jest niezwykle istotne ze względu na realizację większości stacji w gęstej zabudowie miejskiej.

Z uwagi na brak miejsca na przebudowę ciasno ułożonej infrastruktury podziemnej, stacje metra w większości projektowane są jako dwunawowe, wykonywane metodą odkrywkową w technologii stropowej, w obudowie wykopu głębokiego ścianami szczelinowymi. Szerokość korpusu stacji wynosi ok. 25 m, długość ok. 142 m, rozstaw tuneli osiowo ok. 14 m; przeciętne zagłębienie stacji wynosi ok. 15 m. Wymiary przystanków podziemnych premetra będą wynosić w większości ok. 120 m, szerokość ok. 25 m i będą wykonywane w tej samej technologii co stacje metra.

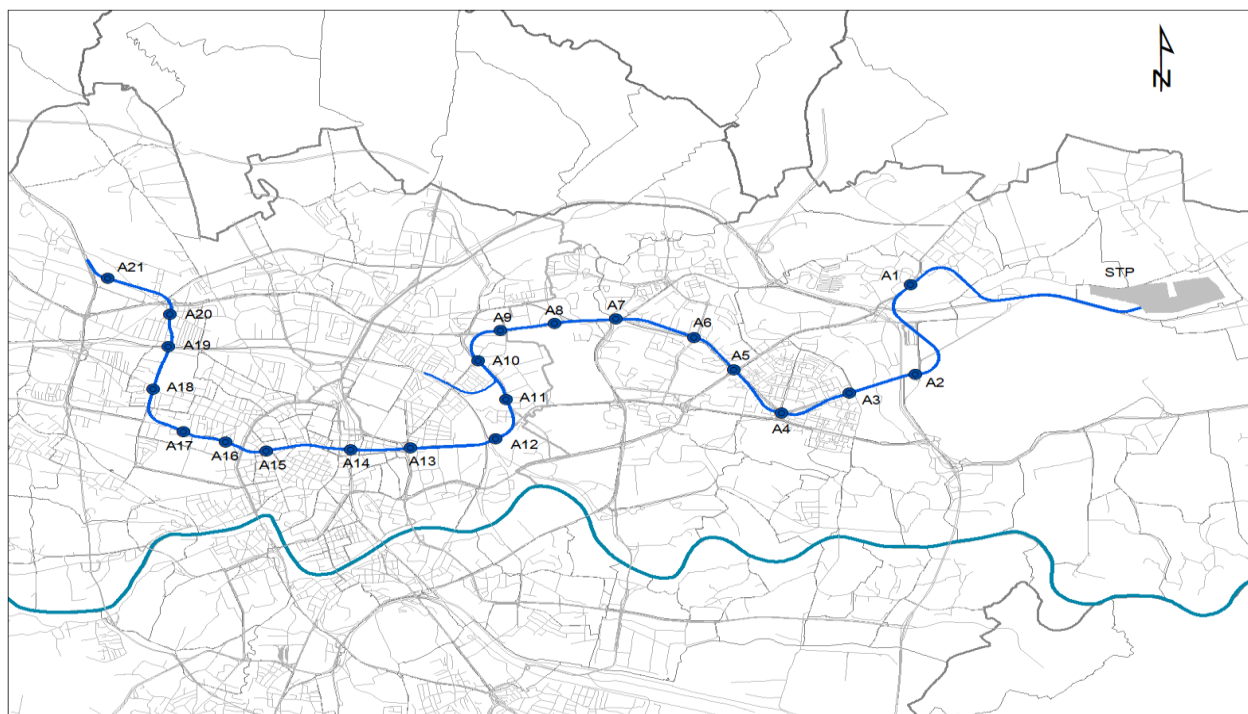
Przestrzeń podstropowa obiektów technologicznych, takich jak tory odstawcze czy komory rozjazdów, może zostać zagospodarowana na inne cele, na przykład jako podziemny parking dla samochodów osobowych, podziemny parking rowerowy itp. Sposób zagospodarowania niewykorzystanej przestrzeni podstropowej będzie wymagał uzgodnień z właściwymi interesariuszami na etapie opracowania koncepcji architektonicznej w ramach następnego etapu projektowego po Studium.

2.6.2 Odcinki naziemne, nadziemne i podziemne

Wariant metra M5D

Wariant metra M5D o długości ok. 24,85 km posiada 21 stacji i w pełni tunelowy przebieg. Stacja Techniczno-Postojowa (STP) jest projektowana w rejonie ul. Wadowskiej i Wielkich Pieców na terenie dzielnicy Wzgórza Krzesławickie, na osiedlu Wadów, przy bocznicach kolejowych - na stacji towarowej Kraków Nowa Huta. Połączenie stacji początkowej z STP liczy ok. 3,56 km długości i stanowi zarówno odcinek naziemny, jak i podziemny.

Na poniższym rysunku przedstawiono schemat przebiegu trasy wariantu metra M5D.



Rysunek 13 Schemat wariantu metra M5D

Trasa linii metra przebiega od Wzgórz Krzesławickich (ul. Kocmyrzowska) na zachód, przez dzielnice: Nowa Huta (Al. Solidarności i Al. gen. Wł. Andersa), Bieńczyce (Al. gen. Wł. Andersa, rondo gen. Maczka), Czyżyny (Al. Gen. T. Bora-Komorowskiego), Prądnik Czerwony (ul. Młyńska, Meissnera), Grzegórzki (ul. Mogilska, Lubicz), Stare Miasto (ul. Basztowa, Czarnowiejska), Krowodrza (ul. Czarnowiejska, Nawojki Piastowska, Głowackiego), Bronowice (ul. Piastowska, Głowackiego) oraz Prądnik Biały (ul. Weissa, Stawowa), gdzie znajduje się stacja końcowa Jasnogórska.

Poniższa tabela przedstawia zestawienie obiektów stacyjnych i STP na trasie wariantu metra M5D:

Nr	Nazwa	Kilometraż	Metoda budowy
STP	Wadów	0	uprzemysłowiona
A1	Wzgórza Krzesławickie	3+878	podstropowa/ odkrywkowa
A2	Kombinat	6+075	podstropowa/ odkrywkowa
A3	Zalew Nowohucki	7+104	podstropowa/ odkrywkowa
A4	Plac Centralny	8+237	podstropowa/ odkrywkowa
A5	Rondo Kocmyrzowskie	9+363	podstropowa/ odkrywkowa
A6	Bieńczyce	10+198	podstropowa/ odkrywkowa
A7	Stella-Sawickiego	11+395	podstropowa/ odkrywkowa
A8	Małopolskie Centrum Nauki	12+363	podstropowa/ odkrywkowa
A9	Prądnik Czerwony	13+186	podstropowa/ odkrywkowa
A10	Olsza	14+104	podstropowa/ odkrywkowa
	łąącznica	14+472	częściowo bezwykopowa / częściowo odkrywkowa
A11	Tauron Arena Kraków	15+004	podstropowa/ odkrywkowa
A12	Białucha	15+806	podstropowa/ odkrywkowa

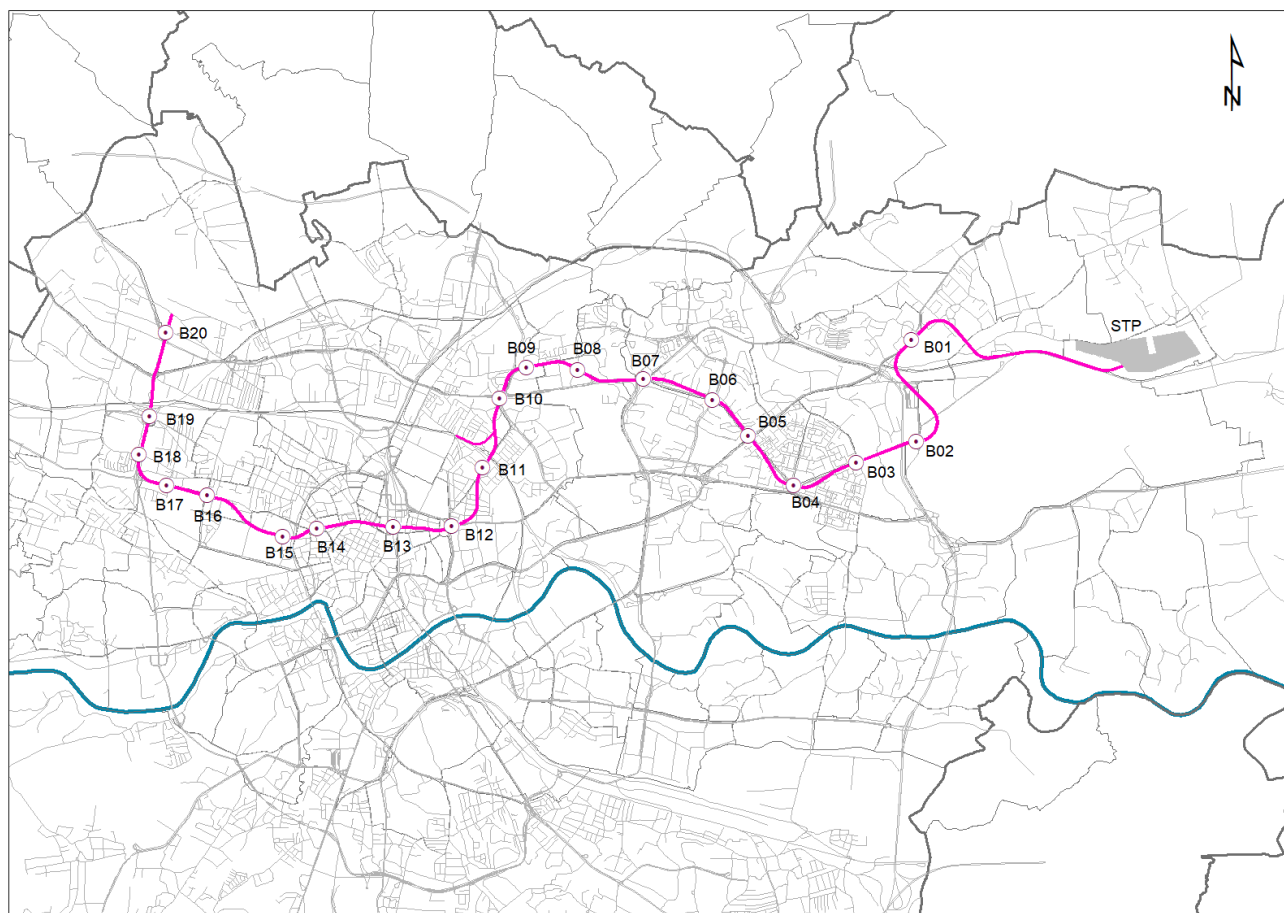
Nr	Nazwa	Kilometraż	Metoda budowy
A13	Rondo Mogiłskie	17+053	podstropowa/ częściowo górnicza
A14	Dworzec Główny	17+995	podstropowa/ częściowo górnicza
A15	Stare Miasto	19+302	podstropowa/ częściowo górnicza
A16	AGH	19+919	podstropowa/ odkrywkowa
A17	Miasteczko Studenckie	20+546	podstropowa/ odkrywkowa
A18	Królewska	21+656	podstropowa/ odkrywkowa
A19	Łobzów	22+459	podstropowa/ odkrywkowa
A20	Azory	23+062	podstropowa/ odkrywkowa
A21	Jasnogórska	24+350	podstropowa/ odkrywkowa

Tabela 2 Zestawienie obiektów stacyjnych i STP na trasie wariantu metra M5D

Wariant metra M6D

Wariant metra M6D o długości ok. 24,61 km posiada 20 stacji i w pełni tunelowy przebieg. STP jest projektowana w rejonie ul. Wadowskiej i Wielkich Pieców na terenie dzielnicy Wzgórz Krzesławickie, na osiedlu Wadów, przy bocznicach kolejowych – na stacji towarowej Kraków Nowa Huta. Połączenie stacji początkowej z STP liczy ok. 3,56 km długości i stanowi odcinek zarówno naziemny, jak i podziemny.

Na poniższym rysunku przedstawiono schemat przebiegu trasy wariantu metra M6D.



Rysunek 14 Schemat wariantu metra M6D

Trasa linii metra przebiega od Wzgórz Krzesławickich (ul. Kocmyrzowska) na zachód, przez dzielnice: Nowa Huta (Al. Solidarności i Al. gen. Wł. Andersa), Bieńczyce (Al. gen. Wł. Andersa, rondo gen. Maczka), Czyżyny (Al. gen. T. Bora-Komorowskiego), Mistrzejowice (ul. Dobrego Pasterza), Prądnik Czerwony (ul. Młyńska, Pilotów), Grzegórzki (ul. Olsza, Brodowicza, Lubicz), Stare Miasto (ul. Basztowa, Rajska, Czysta), Krowodrza (ul. Reymonta, Piastowska, Armii Krajowej), Bronowice (ul. Armii Krajowej) oraz Prądnik Biały (ul. Jasnogórska), gdzie znajduje się stacja końcowa Jasnogórska.

Poniższa tabela przedstawia zestawienie obiektów stacyjnych i STP na trasie wariantu 6d metra:

Nr	Nazwa	Kilometraż	Metoda budowy
STP	Wadów	0	uprzemysłowiona
B1	Wzgórza Krzesławickie	3+878	podstropowa/ odkrywkowa
B2	Kombinat	6+075	podstropowa/ odkrywkowa
B3	Zalew Nowohucki	7+104	podstropowa/ odkrywkowa
B4	Plac Centralny	8+237	podstropowa/ odkrywkowa
B5	Rondo Kocmyrzowskie	9+363	podstropowa/ odkrywkowa
B6	Bieńczyce	10+198	podstropowa/ odkrywkowa
B7	Stella-Sawickiego	11+395	podstropowa/ odkrywkowa
B8	Osiedle Oświecenia	12+499	podstropowa/ odkrywkowa
B9	Prądnik Czerwony	13+382	podstropowa/ odkrywkowa
B10	Rondo Polsadu	14+109	podstropowa/ odkrywkowa
	łąącznica	14+639	częściowo bezwykopowa / częściowo odkrywkowa
B11	Olsza	15+318	podstropowa/ odkrywkowa
B12	Rondo Mogiłskie	16+493	podstropowa/ częściowo górnicza
B13	Dworzec Główny	17+443	podstropowa/ częściowo górnicza
B14	Stare Miasto	18+751	podstropowa/ częściowo górnicza
B15	AGH	19+352	podstropowa/ odkrywkowa
B16	Miasteczko Studenckie	20+776	podstropowa/ odkrywkowa
B17	Przybyszewskiego	21+469	podstropowa/ odkrywkowa
B18	Osiedle Widok	22+280	podstropowa/ odkrywkowa
B19	Bronowice	22+901	podstropowa/ odkrywkowa
B20	Jasnogórska	24+318	podstropowa/ odkrywkowa

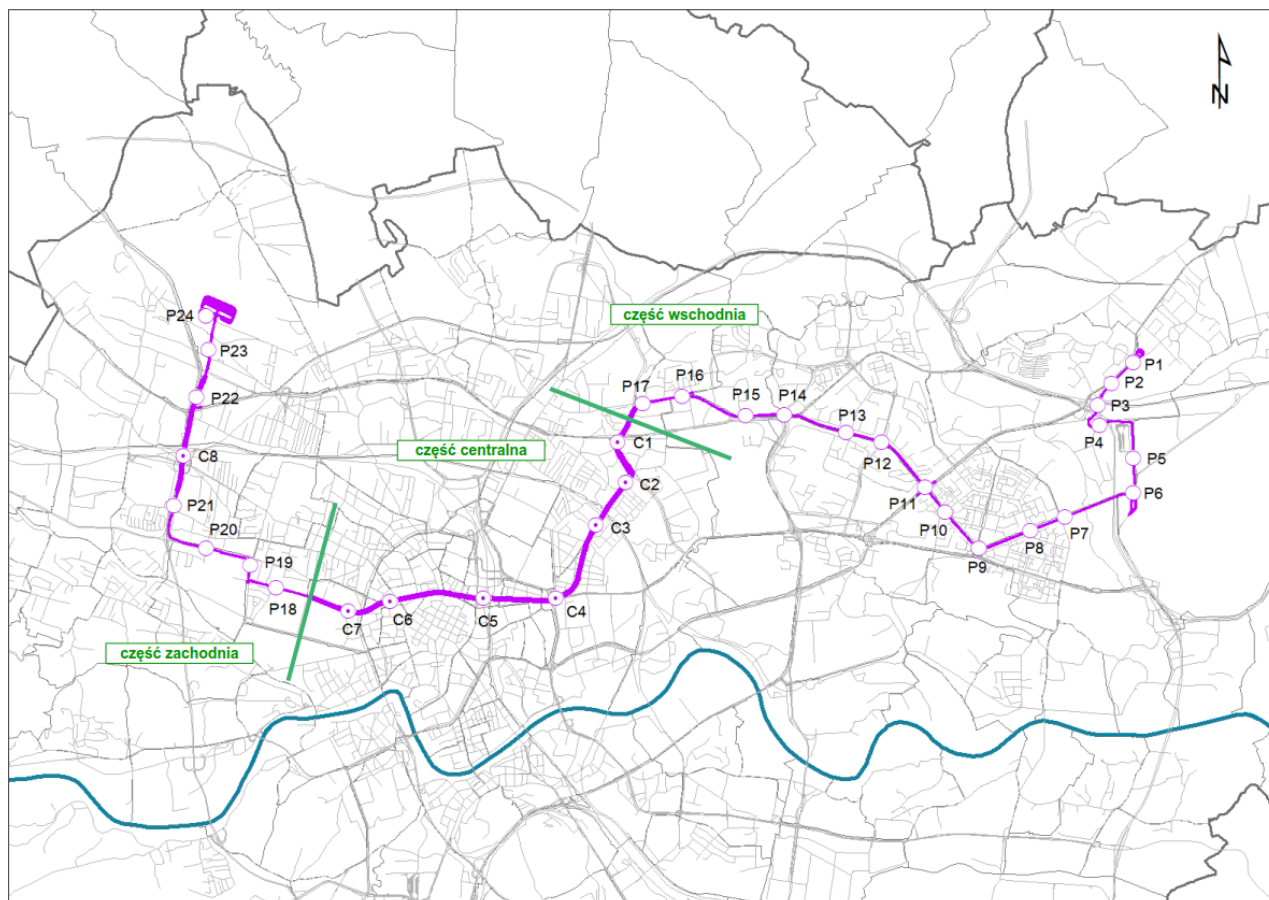
Tabela 3 Zestawienie obiektów stacyjnych i STP na trasie wariantu 6d metra

Wariant premetra szybkiego tramwaju T6D

Planowana trasa premetra szybkiego tramwaju T6D ma łączną długość ok. 21,8 km z 32 przystankami, w tym:

- dwa podziemne odcinki linii: centralny o długości 5,59 km z 7 przystankami podziemnymi C1-C7 oraz tunelowy fragment w części zachodniej o długości 1,01 km z 1 przystankiem podziemnym C8,
- jeden nadziemny odcinek w części wschodniej o długości 1,37 km z 2 przystankami nadziemnymi (P14-P15)

Na poniższym rysunku przedstawiono schemat przebiegu trasy wariantu premetra szybkiego tramwaju T6D.



Rysunek 15 Schemat wariantu premetra szybkiego tramwaju T6D

Wariant T6D składa się z następujących odcinków:

- część wschodnia – od pętli Wzgórz Krzesławickie do ul. Lublańskiej, przystanki P1 – P17,
- część centralna, tunelowa – od ul. Lublańskiej do ul. Reymonta, przystanki C1-C7,
- część zachodnia – od ul. Reymonta do nowoprojektowanej zajezdni Stelmachów, przystanki P18 – P24.

Cała trasa wariantu T6D będzie biegła od Wzgórz Krzesławickich (ul. Kocmyrzowska, Łowińskiego, Ujastek) na zachód, przez Nową Hutę (Al. Solidarności i Al. gen. Wł. Andersa), Bieńczyce (Al. gen. Wł. Andersa), Mistrzejowice (Al. gen. T. Bora-Komorowskiego oraz ul. Dobrego Pasterza), Prądnik Czerwony (ul. Lublańska, Młyńska, Pilotów), Grzegórzki (ul. Olszyny, Brodowicza, Lubicz), Stare Miasto (ul. Basztowa, Rajska, Czysta),

Krowodrzę (ul. Reymonta, Armii Krajowej), Bronowice (ul. Armii Krajowej) oraz Prądnik Biały (ul. Jasnogórska), do zajezdni w rejonie ul. Jasnogórskiej (ostateczna lokalizacja zajezdni może ulec zmianie). Wariant T6D – posiada przebieg w pełni bezkolizyjny na odcinku centralnym, w którym trasa przebiega w tunelu (od ul. Lublańskiej do ul. Reymonta), na fragmencie odcinka zachodniego (tunel od ul. Zarzecze do ul. Conrada) oraz na fragmencie odcinka wschodniego (estakada od ul. Józefa Bogusza do ul. Krzesławickiej).

Na odcinku centralnym w części tunelowej przewidziano zastosowanie rozjazdów, umożliwiających zmiany relacji kursowania w sytuacjach awaryjnych oraz objazdów.

Poniższa tabela zawiera zestawienie przystanków naziemnych i nadziemnych (P) oraz podziemnych (C) wariantu T6D:

Nr	Nazwa przystanku	Kilometraż	Rodzaj przystanku
P1	Wzgórza Krzesławickie	-0+097	naziemny
P2	Jarzębiny	0+299	naziemny
P3	Kocmyrzowska	0+635	naziemny
P4	Elektromontaż	1+102	naziemny
P5	Nowa Huta	1+999	naziemny
P6	Pętla Kombinat	2+454	naziemny
P7	Bulwarowa	3+427	naziemny
P8	Struga	3+907	naziemny
P9	Plac Centralny	4+632	naziemny
P10	Os. Zgody	5+296	naziemny
P11	Rondo Kocmyrzowskie	5+714	naziemny
P12	DH Wanda	6+557	naziemny
P13	Os. Na Lotnisku	7+036	naziemny
P14	Wiślicka	7+885	nadziemny
P15	Os. Oświecenia	8+398	nadziemny
P16	Park Wodny	9+297	naziemny
P17	Rondo Barei	9+822	naziemny
C1	Rondo Polsadu	10+296	podziemny
C2	Rondo Młyńskie	11+053	podziemny
C3	Olsza	11+746	podziemny
C4	Rondo Mogiłskie	12+842	podziemny
C5	Dworzec Główny	13+850	podziemny
C6	Stare Miasto	15+092	podziemny
C7	AGH	15+681	podziemny
P18	Stadion Miejski	16+675	naziemny
P19	Miasteczko Studenckie	17+254	naziemny
P20	Przybyszewskiego	17+941	naziemny
P21	Osiedle Widok	18+859	naziemny
C8	Bronowice	19+527	podziemny
P22	Rondo Ofiar Katynia	20+326	naziemny

Nr	Nazwa przystanku	Kilometraż	Rodzaj przystanku
P23	Jasnogórska	20+992	naziemny
P24	Zajezdnia Stelmachów *	21+749	naziemny

* ostateczna lokalizacja przystanku P24 może ulec zmianie

Tabela 4 Zestawienie przystanków wariantu premetra szybkiego tramwaju T6D

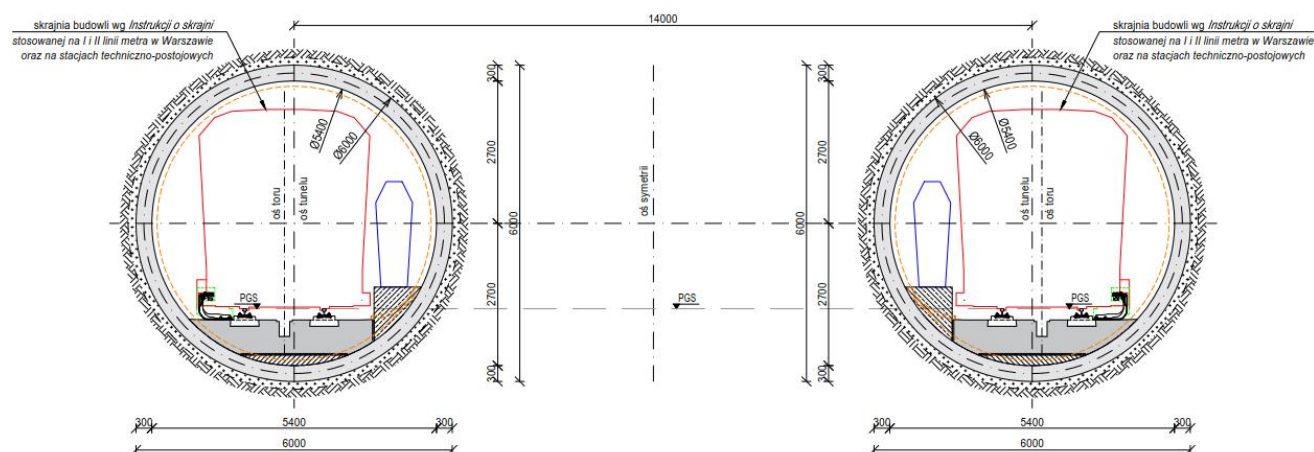
W poniższej tabeli zestawiono podstawowe parametry poszczególnych wariantów.

Parametr	Długość [m] / Liczba		
	M5D	M6D	T6D
Całkowita długość trasy	24 846 m	24 608 m	21 824m
W tym odcinki tunelowe	22 968 m	24 460 m	6 600 m
W tym odcinki nadziemne	nd.	nd.	1 371 m
Długość odcinka naziemnego	3 556 m	3 556 m	13 853 m
Liczba obiektów stacyjnych podziemnych	21	20	8
Liczba przystanków naziemnych	nd.	nd.	22
Liczba przystanków nadziemnych	nd.	nd.	2
Średnia odległość między stacjami	1 023 m	1 075 m	704 m

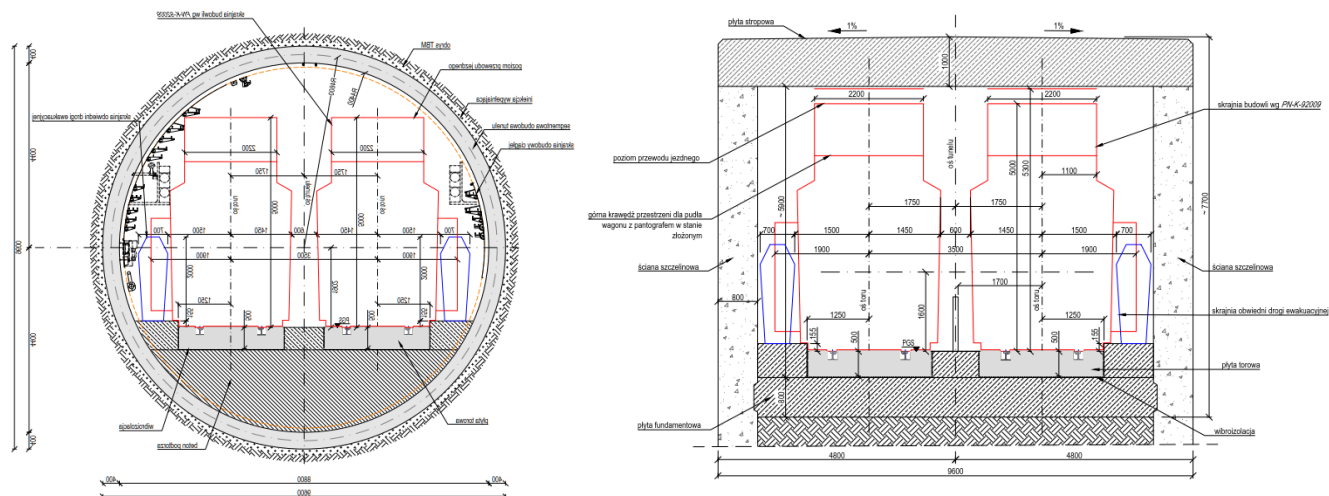
Tabela 5 Zestawienie podstawowych parametrów poszczególnych wariantów

2.6.3 Przykładowe rysunki rozwiązań dla wariantów metra i premetra szybkiego tramwaju

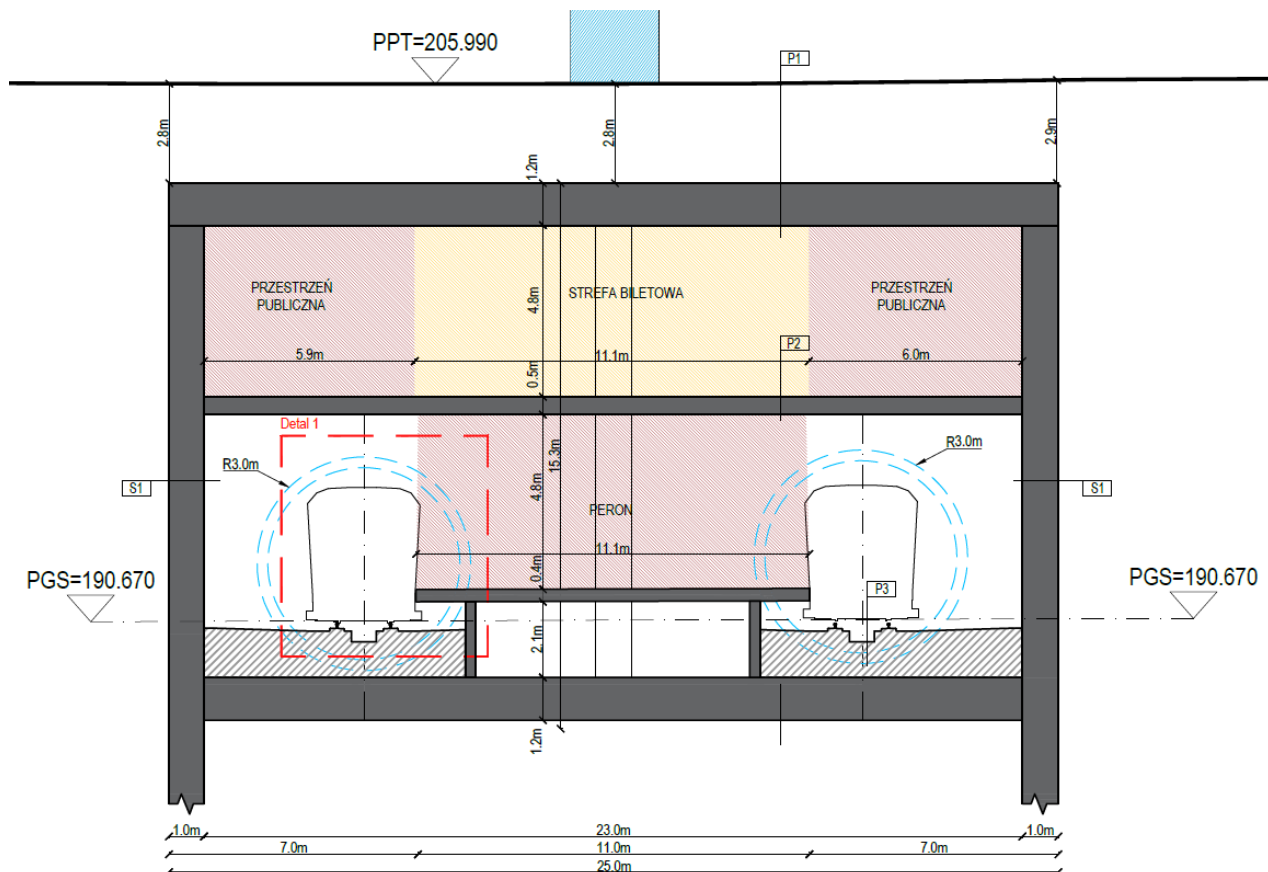
Na poniższych rysunkach przedstawiono podstawowe założenia dla przekrojów poprzecznych tuneli i obiektów:



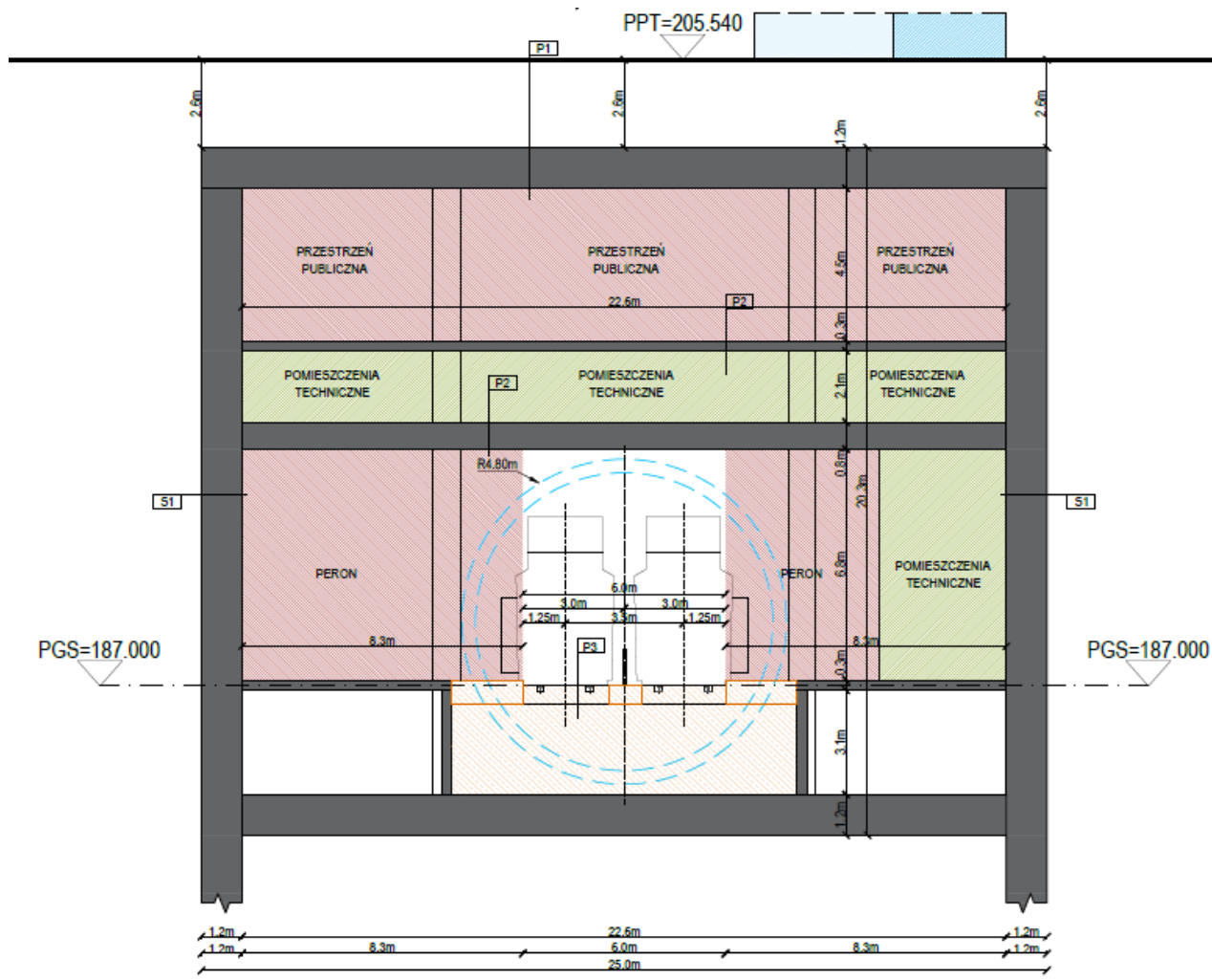
Rysunek 16 Tunele dla wariantów metra



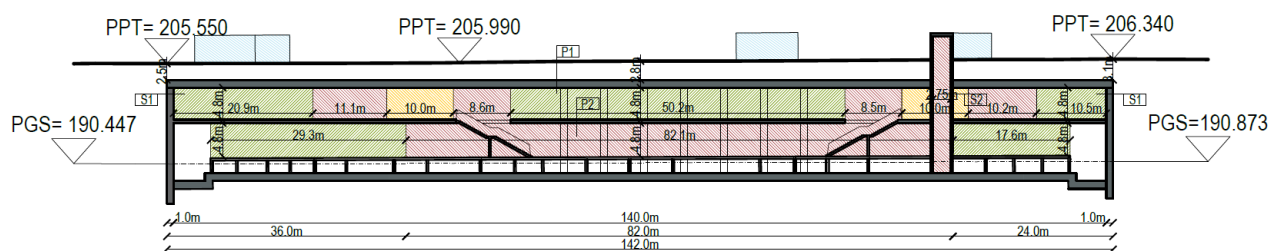
Rysunek 17 Przekroje tunelu dla wariantu premetra szybkiego tramwaju wykonywanego zmechanizowaną tarczą wiertniczą oraz wykopem otwartym w obudowie ścian szczelinowych



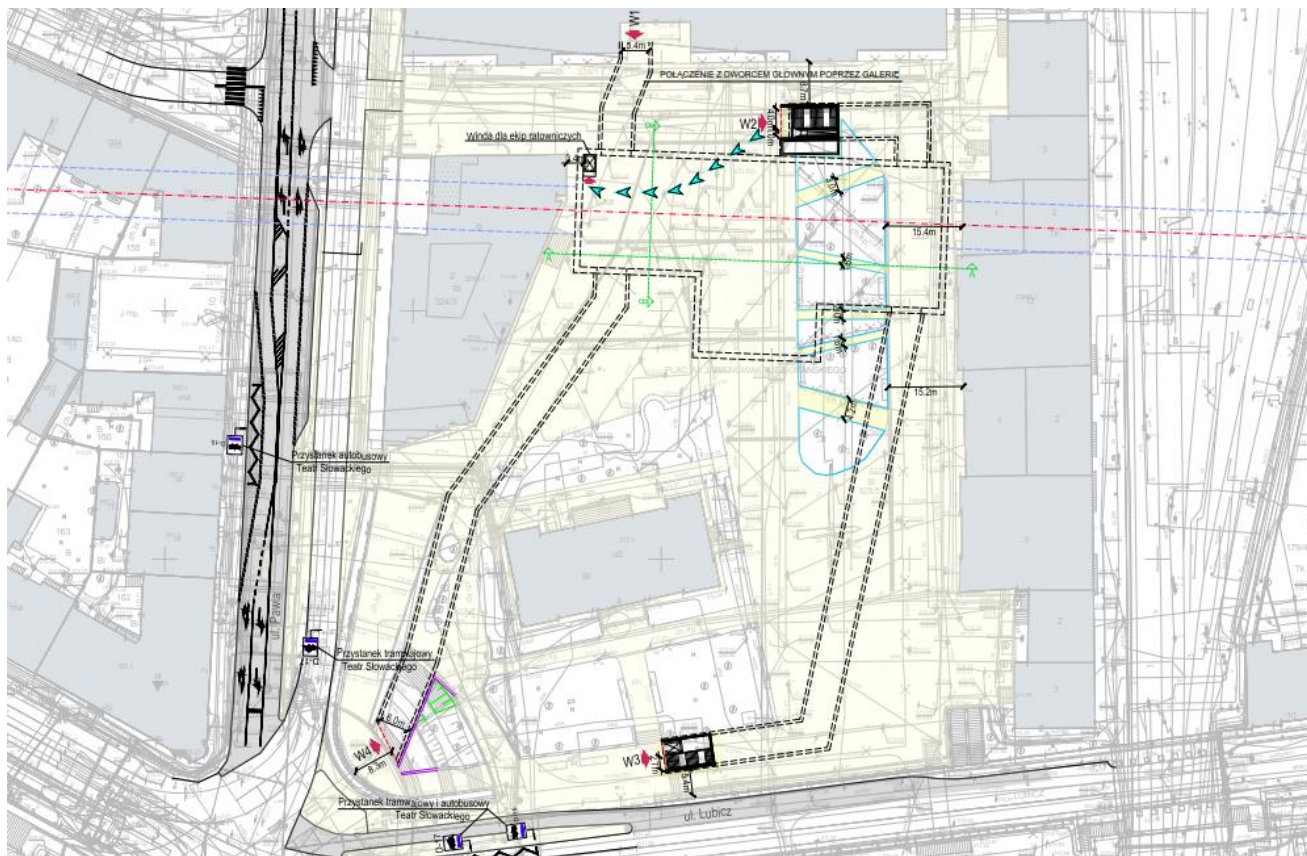
Rysunek 18 Przykładowy przekrój poprzeczny dla stacji metra



Rysunek 19 Przykładowy przekrój poprzeczny dla przystanku podziemnego premetra szybkiego tramwaju

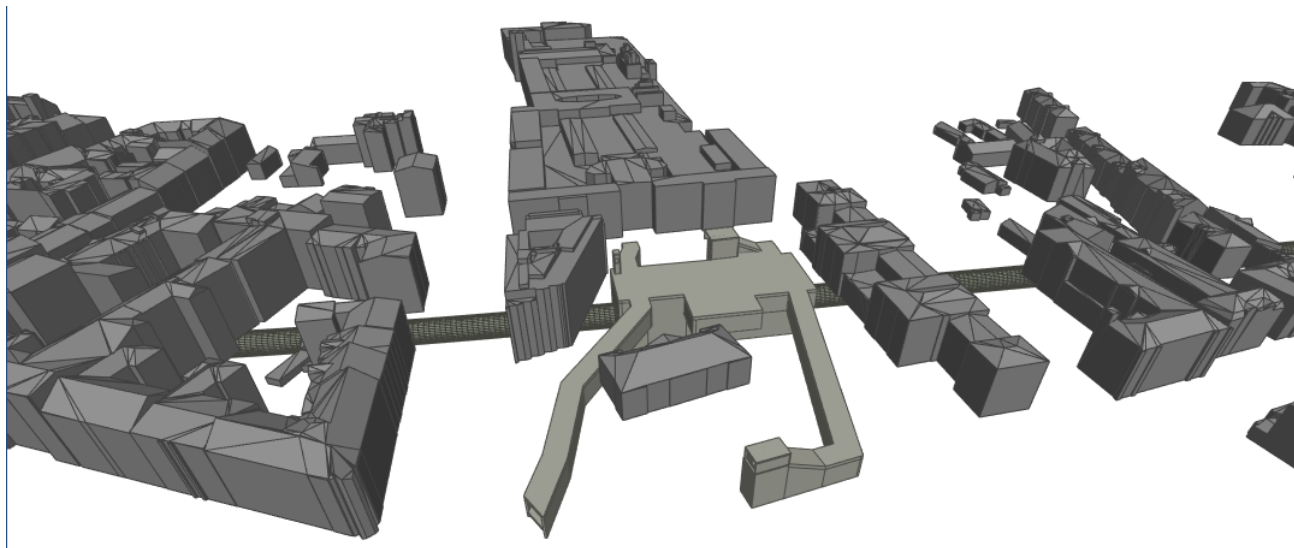


Rysunek 20 Przykładowy przekrój podłużny stacji metra

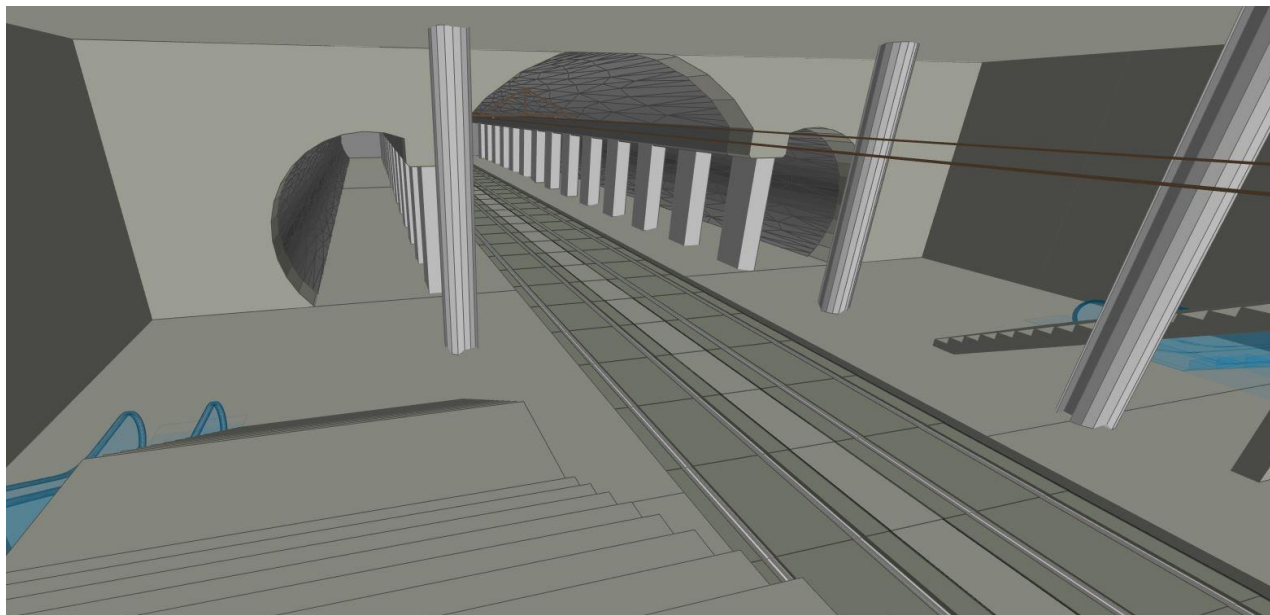


Rysunek 21 Fragment projektu zagospodarowania terenu dla przystanku premetra szybkiego tramwaju T6D Dworzec Główny C5

W trakcie prac nad Studium Wykonalności przygotowano model 3D trzech rekomendowanych wariantów z wykorzystaniem BIM (Building Information Modelling). Na poniższych rysunkach przedstawiono przykładowe modele.



Rysunek 22 Lokalizacja przystanku podziemnego Dworzec Główny C5 wariantu T6D model 3D



Rysunek 23 Wizualizacja przystanku podziemnego Rondo Mogiłskie C4 wariantu T6D

Technologia BIM pozwala modelować informację o budynkach i innych obiektach budowlanych. Każdy element budowli posiada rzeczywiste parametry i atrybuty. Zastosowane podejście pozwala zoptymalizować proces planowania i projektowania, a w kolejnych fazach usprawnić proces budowania i zarządzania obiektem. W szczególności przyjęte rozwiązania technologiczne umożliwiają wygenerowanie raportów i prowadzenie dogłębnej analizy rozwiązań technicznych, w szczególności wykrywania ewentualnych kolizji elementów.

2.6.4 Analiza taboru

Dla wariantów metra prognozowane, maksymalne potoki pasażerskie w roku 2058 osiągają wartość do 7350 pasażerów przemieszczających się w jednej relacji, na godzinę. Uwzględniając założony cykl kursowania pojazdów metra, który ustalono na 3 minuty w godzinach szczytu, otrzymuje się średnią wartość obciążenia pojedynczego kursu pojazdu wynoszącą 368 pasażerów na pojazd. Przyjęto, że projektowa pojemność pojazdów metra powinna wynosić około 400 pasażerów. Osiągnięta wartość skłania do rekomendowania pojazdu trójczłonowego o długości minimum 60 m. Jednakże doświadczenia ośrodków miejskich, w których funkcjonują obecnie systemy metra pokazują, że zapewnienie wysokich parametrów przewozowych budowanych linii metra przekłada się na dynamiczny wzrost rozwoju dzielnic, przez które przedmiotowe linie przebiegają. Biorąc za przykład wybrane miasta Europy, w tym Warszawę, warto zatem rozważyć możliwość zapewnienia większej rezerwy przewozowej. Mając na uwadze powyższe, w analizie wymagań dla środków transportu proponuje się uwzględnienie dodatkowo wariantu pojazdu czterocłonowego, o długości około 80 m. Przy projektowaniu układu konstrukcyjnego stacji metra przyjęto wykorzystanie taboru metra o długości około 80 m.

Dla wariantu premetra szybkiego tramwaju T6D prognozowane, maksymalne potoki osiągają w roku 2038 wartość 4600 pasażerów przemieszczających się w jednej relacji, na godzinę. Uwzględniając założony cykl kursowania tramwajów, który ustalono na 4 minuty w godzinach szczytu, otrzymuje się średnią wartość obciążenia pojedynczego kursu tramwaju wynoszącą 307 pasażerów na pojazd. Stwierdzono, że konieczne jest aby projektowana, nowa linia premetra szybkiego tramwaju cechowała się pewnym nadwyżką przepustowości, umożliwiającą jej poprawne funkcjonowanie w przypadku dalszego wzrostu potoków pasażerów w przyszłości oraz podniesienia komfortu podróży. Przyjęto, że projektowa pojemność tramwaju powinna wynosić 350 pasażerów. W rozważanym przypadku pojazd o wskazanej pojemności charakteryzowałby się długością rzędu $50 \div 60$ m. Wykorzystanie w okresach międzyszczytowych, tramwajów o długości $50 \div 60$ m, mogłoby okazać się technicznie problematyczne, a ekonomicznie nieuzasadnione.

Na podstawie przeprowadzonych analiz do realizacji przewozów na projektowanej linii premetra szybkiego tramwaju zaproponowano model, który umożliwia elastyczne dostosowywanie pojemności pojazdów do zmieniających się warunków przewozowych.

Model ten zakłada:

1. Wykorzystanie trakcji ukrotnionej (podwójnej) polegającej na eksploatacji dwóch krótkich tramwajów sterowanych ze stanowiska motorniczego zlokalizowanego w przednim pojeździe. Po rozłączeniu składów każdy z pojazdów staje się pełnoprawnym, niezależnym tramwajem.
2. Możliwość eksploatacji tramwajów o zróżnicowanych długościach:
 - pojazd dłuższy cechuje się długością około $32 \div 37$ m oraz pojemnością min 220 pasażerów,
 - pojazd krótszy o długości około $23 \div 28$ m, która jest uzależniona od sumarycznej długości sprzęgniętych ze sobą dwóch pojazdów, pojemność do około 130 pasażerów – łączna długość sprzęgniętych tramwajów nie powinna przekroczyć 60 m.

W godzinach szczytu, kiedy rejestruje się największe potoki pasażerów, tramwaje obsługują projektowaną linię w postaci pociągów, tworzonych przez pary połączonych ze sobą pojazdów, jadących w trakcji ukrotnionej – sterowanie odbywa się z kabiny motorniczego przedniego pojazdu. Gwarantuje to uzyskanie odpowiedniej pojemności przestrzeni pasażerskiej w okresach zwiększonego zapotrzebowania. W okresie międzyszczytowym zakłada się realizowanie przewozów pojazdami w trakcji pojedynczej. Rekomendowany model umożliwia osiągnięcie wysokiej elastyczności w aspekcie zmieniających się w ciągu dnia potoków pasażerów oraz stosunkowo proste dostosowanie środków transportu do zmieniających się warunków przewozowych. W przypadku obsługi okresów pozaszczytowych tramwajami w trakcji pojedynczej, podejście pozwala na ograniczenie kosztu eksploatacji pojazdów. Ponadto zakłada się wykorzystanie nadmiarowych środków transportu (dostępnych po rozdzieleniu pojazdów jeżdżących w trakcji ukrotnionej) na innych liniach, przez co możliwe jest lepsze i równomierne wykorzystanie środków transportu. Przy projektowaniu układu konstrukcyjnego przystanków podziemnych oraz przystanków naziemnych i nadziemnych uwzględniono długość taboru tramwajowego kursującego w godzinach szczytu.

2.6.5 Etapowanie realizacji budowy

Podczas określania sposobu etapowania realizacji wariantu kierowano się przede wszystkim możliwością obsłużenia w pierwszej kolejności centralnego odcinka danej trasy szybkiego, bezkolizyjnego transportu szynowego. W kolejnym kroku weryfikowano techniczną możliwość wydzielenia danego etapu oraz jego przyszłe, niezależne funkcjonowanie do czasu uruchomienia całej linii danego wariantu inwestycyjnego.

W ramach wariantu M5D (stacje od A1 do A21) oraz M6D (stacje od B1 do B20) przyjęto następujący podział na etapy określone w poniższej tabeli.

Lp.	Etap	Odcinek	Planowany termin uruchomienia
1.	Etap I	od Ronda Kocmyrzowskiego (A5 lub B5) do Miasteczka Studenckiego (A17 lub B16)	2033 r.
2.	Etap II	od Wzgórz Krzesławickich (A1 lub B1) do Ronda Kocmyrzowskiego (bez stacji, A5 lub B5)	2037 r.
3.	Etap III	od Miasteczka Studenckiego (bez stacji, A17 lub B16) do Jasnogórskiej (A21 lub B20)	2037 r.

Tabela 6 Etapowanie budowy wariantów metra

W ramach wariantu T6D przyjęto następujący podział na etapy określone w poniższej tabeli (przystanki od P1 do P24).

Lp.	Etap	Odcinek	Planowany termin uruchomienia
1.	Etap I	odcinek centralny połączenie od DH Wanda (P12) do projektowanej linii tramwajowej Piastowska-Głowackiego-Weissa przystanek Miasteczko Studenckie (P19)	2033 r.
2.	Etap II	odcinek wschodni połączenie od pętli Wzgórza Krzesławickie (P1) do DH Wanda (P12)	2037 r.
3.	Etap III	trasa od projektowanej linii tramwajowej Piastowska-Głowackiego-Weissa przystanek Miasteczko Studenckie (P19) do przystanku Jasnogórska (P23) wraz z Zajeżdnią Stelmachów (P24)	2037 r.

Tabela 7 Etapowanie budowy wariantu T6D

2.7 Badania geologiczne

Podczas prac projektowych w pierwszej kolejności pozyskano informacje zawarte w archiwalnych dokumentacjach geologicznych. Szczególną uwagę zwrócono również na materiały archiwalne związane m. in. z poprzednimi koncepcjami budowy metra w Krakowie.

Po wyborze trzech docelowych tras opracowano szczegółowy zakres badań geologiczno-inżynierskich oraz hydrogeologicznych, zaprezentowany w ramach projektów robót geologicznych.

Dla rozpoznania warunków geologicznych terenu badań wykonano otwory wiertnicze, których ilość, lokalizacja oraz głębokość rozpoznania dostarczyła niezbędnych danych do sporządzenia studium geologiczno-inżynierskiego oraz studium hydrogeologicznego. Otwory badawcze dla poszczególnych odcinków zostały rozmieszczone co 300 – 500 m wzdłuż osi tunelu, a w przypadku dużej zmienności warunków geologicznych i geotechnicznych zagęszczono je do 150 – 250 m. W ramach prac terenowych wykonano 140 otworów badawczych o głębokości 7 – 55,0 m p.p.t. o sumarycznym metrażu 4695 mb. W celu doprecyzowania granic warstw litologicznych oraz określenia ich podstawowych parametrów geotechnicznych wykonano 40 sondowań statycznych CPTu (Cone Penetration Test), zaprojektowanych głównie pod obiekty stacyjne oraz pod rejon STP. Archiwalne wyniki badań zostały skonfrontowane z wykonanymi punktami badawczymi w ramach projektowanej inwestycji.

Rozpoznanie dostarczyło informacji na temat rodzaju i genezy gruntów występujących w podłożu. Określono warunki geologiczno – inżynierskie, głębokość występowania poziomów wodonośnych, stany gruntów spoistych, stopnie zagęszczenia gruntów sypkich oraz podzielono podłoże na warstwy geotechniczne. W wyniku przeprowadzonych badań i analiz geologicznych, stwierdzono, że podłoże gruntowe omawianego terenu charakteryzuje się dużą zmiennością litologiczną oraz genetyczną. Poniżej w zwięzły sposób przedstawiono wyniki badań dla analizowanych tras.

Dla wariantu metra M5D wg wykonanego rozpoznania stwierdzono, że tunel od szybu startowego ze stacji STP do stacji Małopolskie Centrum Nauki oraz od stacji Królewska do Stacji Jasnogórska będzie drążony w osadach czwartorzędowych: głównie żwirach i piaskach oraz lokalnie w gruntach gliniastych/pylastych. Na odcinku od stacji Małopolskie Centrum Nauki do stacji Królewska tunele będą drążone głównie na granicy trzeciorzędowych ilów mioceńskich – gruntów o wysokiej spójności i niskiej wodoprzepuszczalności oraz czwartorzędowych żwirów i piasków - gruntów niespoistych, nawodnionych. Lokalnie, tunele będą przecinały strefę wypiętrzonych zrębów skał wapiennych. Tunele na większości trasy będą zagłębione częściowo lub całkowicie poniżej zwierciadła wody gruntowej.

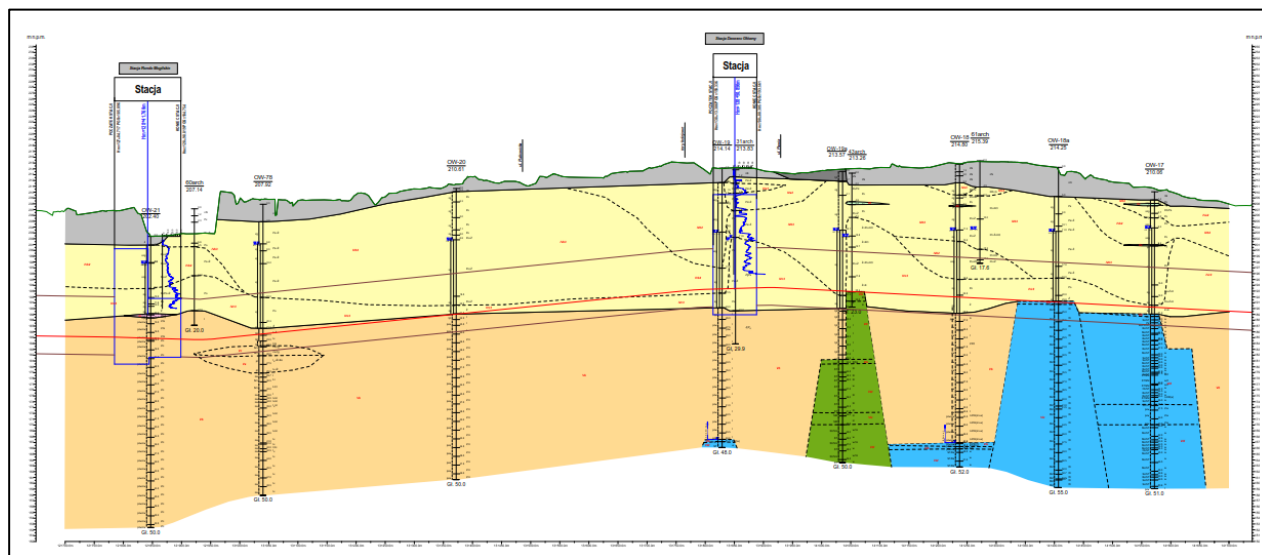
Dla wariantu metra M6D wg wykonanego rozpoznania stwierdzono, że tunel od szybu startowego ze stacji STP do stacji Osiedle Oświecenia oraz od stacji Bronowice do stacji Jasnogórska, będzie drążony w osadach czwartorzędowych: głównie żwirach i piaskach oraz lokalnie w gruntach

gliniastych/pylastych. Na odcinku od stacji Osiedle Oświecenia do stacji Bronowice tunele będą drażone głównie na granicy trzeciorzędowych iłów miocenijskich – gruntów o wysokiej spójności i niskiej wodoprzepuszczalności oraz czwartorzędowych żwirów i piasków - gruntów niespoistych, nawodnionych. Lokalnie, tunele będą przecinały stropową strefę wypiętrzonych zrębów skał wapiennych. Tunele na większości trasy będą zagłębione częściowo lub całkowicie poniżej zwierciadła wody gruntowej.

Dla wariantu T6D wg wykonanego rozpoznania stwierdzono, że tunel będzie drażony głównie na granicy Trzeciorzędowych iłów miocenijskich – gruntów o wysokiej spójności i niskiej wodoprzepuszczalności oraz czwartorzędowych żwirów i piasków - gruntów niespoistych, nawodnionych. Lokalnie, tunel będzie przecinał stropową strefę wypiętrzonych osadów kredowych i jurajskich tworzących strukturę blokowo-zrębową. Tunel na całej trasie będzie zagłębiony częściowo lub całkowicie poniżej zwierciadła wody gruntowej.

W toku badań geologicznych nie stwierdzono występowania warunków, które mogłoby uniemożliwić realizację przedsięwzięcia.

Zostały przygotowane prognozy wpływu prac budowlanych na środowisko gruntowo-wodne oraz wskazano wstępne zalecenia dotyczące monitoringu środowiska gruntowo-wodnego. Omówiono również stopień naturalnej podatności wód podziemnych na zanieczyszczenie. Wskazano odcinki newralgiczne - problemowe, wymagające bardziej szczegółowych badań i analiz. W oparciu o całość zebranych danych oraz dostępne materiały archiwalne opracowano model budowy geologicznej przedstawiony Studium geologiczno – inżynierskim, studium hydrogeologicznym oraz Kartach Informacyjnych Przedsięwzięcia.



Rysunek 24 Przykładowy przekrój w obrębie odcinka od stacji Rondo Mogiłskie – Dworzec Główny – odcinek tunelowy do stacji Stare Miasto dla wariantu T6D tramwaju ukazujący lokalizację wychodni utworów starszych (jurajsko - kredowych).

Mając na uwadze planowaną lokalizację inwestycji, w ramach prac terenowych zidentyfikowano obszary i zagadnienia problematyczne, do których w szczególności zaliczono:

W zakresie budowy podłoża gruntowego:

- w obrębie stacji Osiedle Oświecenia (wariant metro M6D), Małopolskie Centrum Nauki (wariant metro M5D), Prądnik Czerwony (wariant metro M5D i M6D), Miasteczko Studenckie (wariant metro M5D i M6D), Przybyszewskiego (wariant metro M6D) i innych obiektów kubaturowych położonych w rejonie stacji, należy spodziewać się występowania osadów kredowych tworzących strukturę blokowo-zrębową, mogącą powodować utrudnienia podczas wykonywania ścian szczelinowych,

- odcinki przebiegające przez tereny na których udokumentowano występowanie zrębów wapiennych, gipsów w obrębie iłów miocennych, wiąże się z możliwością wystąpienia niekorzystnych zjawisk krasowych (pustki). Obszary te występują w rejonie takich obiektów, jak Centrum handlowe Serenada, obiekty zabytkowe (Stare Miasto), węzły komunikacyjne (rondo Mogiłskie), które mogą wymagać szczegółowego monitoringu.

Drażenie tuneli na granicy warstw gruntów o odmiennych właściwościach urabialności może stanowić pewne utrudnienie w procesie drażenia tuneli i może wymagać szczególnej kontroli parametrów drażenia oraz powodować mniejsze postępy drażenia i lokalnie zwiększone osiadania terenu. Szczegółowy projekt monitoringu przemieszczeń obiektów budowlanych, znajdujących się w rejonie planowanej inwestycji, zostanie przygotowany podczas dalszych prac projektowych.

W zakresie uwarunkowań hydrogeologicznych i hydrologicznych:

- możliwość wystąpienia dużych dopływów wody z utworów czwartorzędu, szczególnie w rejonach stożków napływowych Prądnika i Dłubni,
- możliwość wystąpienia podpiętrzeń zwierciadła wody wzdłuż niektórych odcinków tunelowych, stacji metra, przystanków oraz łącznic zlokalizowanych na odcinkach przebiegających prostopadle do kierunku przepływu wód,
- możliwość wystąpienia silnego zawodnienia z dopływu ascenzyjnego (woda jurajska pod naporem), ew. przebicia hydrauliczne na odcinkach tras i obiektów przebiegających w obrębie zrębów kredowych i jurajskich,
- zawodnienie ilasto – pylasto – piaszczystych osadów miocenu warstw chodenickich, z wodą pod ciśnieniem w rejonie Nowej Huty i w rejonie ul. Mogiłskiej (miocenna woda w gipsach),
- możliwość rozluźnienia gruntów niespoistych w rejonie działania czynnych studni odwadniających bariery m. Krakowa i studni odwadniających Rondo Mogiłskie.
- występowanie złożonego układu hydrologicznego dla potoku Sudół Dominikański

Wykonane badania stanowią materiał wyjściowy do dalszych prac projektowych, jak również badawczych dla uszczegółowienia budowy geologicznej i warunków hydrogeologicznych we wskazanych obszarach problemowych. W toku badań geologicznych nie stwierdzono występowania warunków, które mogłyby uniemożliwić realizację przedsięwzięcia. Wyniki badań gruntowych dla projektowanej inwestycji pozwoliły na zobrazowanie wstępnej budowy geologicznej planowanych tras, jednocześnie uszczegóławiając głębsze rozpoznanie warstw starszego podłoża w obrębie północnej części Krakowa. Pozyskane próbki geologiczne z uwagi na ich dużą wartość poznawczą zostały przekazane do celów naukowych.

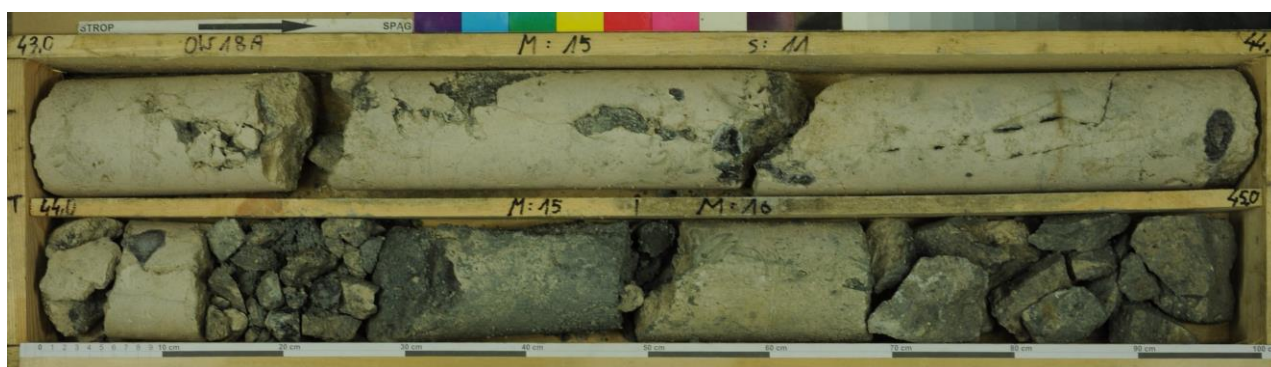
Poniżej przedstawiono przykładowe zdjęcia z realizacji badań podłoża.



Fotografia 1 Wiercenie świdrem ślimakowym w rurach osłonowych, otwór OW-78



Fotografia 2 Wiercenie rdzeniowane w rurach osłonowych, otwór OW-41.



Fotografia 3 Zdjęcie rdzenia z wiercenia OW-18a (rejon Plant Krakowskich) ukazujące warstwę wapieni jurajskich z głębokości 43-45m p.p.t.



Fotografia 4 Zdjęcia pobranych i zabezpieczonych rdzeni wiertniczych.

2.8 Analizy środowiskowe

2.8.1 Podstawowe informacje

Analiza środowiskowa objęła charakterystykę przyrody, a także emisje w zakresie: zanieczyszczeń, hałasu i drgań, ścieków z uwzględnieniem możliwego zagrożenia dla środowiska oraz propozycję działań minimalizujących.

Opis przyrody obszaru projektowanego bezkolizyjnego transportu szynowego został sporządzony m.in. na podstawie „Mapy łączności ekologicznej Krakowa”, a także „Atlasu pokrycia terenu i przewietrzania Krakowa” MONIT-AIR z 2016 r. oraz w oparciu o „Kierunki Rozwoju i Zarządzania Terenami Zielonymi w Krakowie na lata 2019-2030”.

W oparciu o dostępną literaturę i posiadane materiały, dokonano charakterystyki szaty roślinnej terenu bezpośredniego zajęcia pod Przedsięwzięcie. Zgodnie z analizą MONIT-AIR z 2016 r., rejon Inwestycji w każdym wariancie przebiegać będzie przez dzielnice Krakowa, w których dominuje typ zieleni urządzonej o przeciętnym walorze przyrodniczym, a także przez tereny zainwestowane. Ponadto dla każdego z wariantów wyszczególniono i opisano obszary wartościowe przyrodniczo, znajdujące się w pobliżu miejsc największej ingerencji w zieleń istniejącą, wskutek budowy bezkolizyjnego transportu szynowego (tj. podziemnych stacji, wentylatorni, ale również naziemnych przystanków). W rejonie planowanych prac, w zależności od przebiegu wariantów, najcenniejszymi przyrodniczo obszarami są:

- miejsca o najwyższym walorze przyrodniczym, do których zakwalifikowano obszary zbiorowisk roślinności naturalnej (siedliska) jak nadrzeczny łąg wierzbowy *Salicetum albo-fragilis* przy rzece Dłubnia, tereny łąkowe Łąk Nowohuckich, objęte ochroną w ramach sieci Natura 2000 oraz użytkiem ekologicznym, czy też łąka z rdestem węzownikiem w Toniach,
- miejsca o wysokim walorze przyrodniczym: Ogród Botaniczny Uniwersytetu Jagiellońskiego, Park Strzelecki, Planty Krakowskie, Park Krakowski, Park Jordana,

- miejsca cenne przyrodniczo: zadrzewienia pomiędzy rzeką Dłubnią a ul. Ujastek/Ujastek Mogilski, Park Zalew Nowohucki, zbiorowiska ziołorośli nadrzecznych z nawłocią i innymi gatunkami w dolinie rzeki Prądnik, zbiorowiska szuwarów turzycowych w Toniach.

Opis przyrody uzupełniono o charakterystykę fauny obszaru w rejonie planowanych prac dla poszczególnych wariantów. Szczegółowe rozpoznanie terenu pod kątem środowiska przyrodniczego, możliwe będzie na dalszym etapie Inwestycji, po przeprowadzeniu inwentaryzacji przyrodniczej. Z uwagi na konieczność wycięcia drzew w miejscach budowy stacji oraz STP, a także ze względu na czasowe ograniczenie lokalnych miejsc migracji, największy wpływ Przedsięwzięcia na florę i faunę przewiduje się dla fazy realizacji. Zaleca się nasadzenia zastępcze oraz zainstalowanie skrzynek lęgowych dla ptaków. Szczegółowa analiza działań kompensacyjnych będzie wykonana na kolejnym etapie tj. etapu procedury uzyskiwania decyzji o środowiskowych uwarunkowaniach. Zmniejszenie ilości ruchu samochodowego po oddaniu inwestycji do użytkowania będzie miało pozytywny wpływ na środowisko przyrodnicze Krakowa. W odniesieniu do form ochrony przyrody, nie wykazano negatywnego oddziaływania na cele obszarów chronionych. Na obecnym etapie prac projektowych, nie przewidziano również negatywnego oddziaływania na teren Ogrodu Botanicznego czy też Łąk Nowohuckich, w zakresie wpływu odwodnienia na szatę roślinną. Niemniej jednak, powyższe zagadnienie wymaga szczegółowej analizy na kolejnych etapach prac projektowych, przy określeniu docelowych rozwiązań konstrukcyjnych, dedykowanych badań podłoża gruntowego i proponowanego systemu odwodnienia wykopów budowlanych na etapie prac wykonawczych.

Przeanalizowano oddziaływanie Inwestycji na powietrze atmosferyczne w fazie realizacji. Dokonano obliczeń emisji nieorganizowanej zanieczyszczeń gazowych i pyłowych do powietrza, powstałej w wyniku spalania paliwa przez maszyny budowlane oraz pojazdy ciężarowe. Oszacowano również emisję nieorganizowaną pyłu z prac ziemnych. W efekcie zaproponowano działania minimalizujące jak m.in. zastosowanie ekranów przeciwpylowych, z zastrzeżeniem, iż emisja z poszczególnych źródeł powinna zostać zweryfikowana i przeanalizowana łącznie z modelowaniem rozprzestrzeniania się poszczególnych zanieczyszczeń w powietrzu, na kolejnym etapie tj. etapie procedury uzyskiwania decyzji o środowiskowych uwarunkowaniach.

Zostały również przeanalizowane źródła hałasu i drgań w fazie realizacji i eksploatacji. W fazie eksploatacji projektowanego metra emisja hałasu będzie związana z ruchem pociągów naziemnej części trasy, funkcjonowaniem urządzeń wentylacyjnych stacji metra i wentylatorni szlakowych części tunelowej oraz funkcjonowaniem stacji techniczno-postojowej. Dla wariantu projektowanego premetra szybkiego tramwaju, źródłem emisji będzie ruch tramwajów po naziemnej i nadziemnej części trasy oraz funkcjonowanie urządzeń wentylacyjnych przystanków podziemnych i wentylatorni szlakowych części tunelowej. Podsumowując warianty metra oraz premetra nie powodują pogorszenia klimatu akustycznego.

2.8.2 Newralgiczne obszary cenne przyrodniczo

Na dalszym etapie prac wymagana jest pogłębiona analiza wpływu systemu odwodnienia na stosunki gruntowo-wodne obszaru Ogrodu Botanicznego Uniwersytetu Jagiellońskiego oraz Obszaru Natura 2000 i jednocześnie użytku ekologicznego Łąki Nowohuckie, przy określeniu docelowych rozwiązań konstrukcyjnych i proponowanego systemu odwodnienia wykopów budowlanych na etapie prac wykonawczych. Stanowi to istotną kwestię w odniesieniu do istniejącej cennej roślinności i pomników przyrody na terenie wpisanym do rejestru zabytków oraz utrzymania właściwego stanu ochrony siedlisk stanowiących przedmioty obszaru Natura 2000.

2.9 Koszty inwestycji i utrzymania oraz modele realizacji inwestycji

2.9.1 Nakłady inwestycyjne

W analizie kosztów Projektu przyjęto następujące założenia dotyczące harmonogramu ponoszenia nakładów inwestycyjnych:

- rok bazowy: pierwszy rok poniesienia zasadniczych kosztów inwestycji – 2029 r., do tego roku skumulowano także wydatki związane z dokumentacją projektową oraz wykupami nieruchomości,
- okres analizy: 30 lat (2029 – 2058),
- faza inwestycyjna w analizie: 9 lat (2029 - 2037),
- faza operacyjna w analizie: 25 lat (2034 – 2058).

Horyzont czasowy analizy obejmuje 30 lat od momentu poniesienia pierwszego wydatku na roboty budowlane, tj. od 2029 r.

Faza inwestycyjna zgodnie z przyjętym harmonogramem kończy się w 2037 r., niemniej jednak pierwszych efektów Projektu można spodziewać się już od 2034 r. tj. w pierwszym pełnym roku eksploatacji po zakończeniu pierwszego etapu inwestycji.

W tabeli zamieszczono skumulowane nakłady dla poszczególnych wariantów, w podziale na główne kategorie kosztów.

Wyszczególnienie	Wartości [zł]	Wariant M5D	Wariant M6D	Wariant T6D
Koszty wykonania dokumentacji technicznej i projektowej, wraz z kosztami uzyskania niezbędnych decyzji i pozwoleń, koszty obsługi inwestycji	netto	461 472 126	425 866 126	212 148 158
Wykup gruntów i nieruchomości	netto	483 242 684	368 077 571	268 270 692
Infrastruktura (w tym m.in. budowa tras i stacji lub przystanków, przebudowa sieci i układów torowo-drogowych)	netto	6 812 248 959	6 652 010 306	2 997 851 151
Tabor	netto	681 000 000	681 000 000	602 000 000
Wyposażenie (w tym m.in. system sterowania i zabezpieczenia ruchu)	netto	328 890 000	305 830 000	110 210 000
Promocja	netto	33 258 173	31 231 136	20 952 400
Nadzór (autorski, inwestorski, archeologiczny, przyrodniczy, geologiczny)	netto	197 689 549	192 612 176	109 523 753
Łączny koszt inwestycji, bez rezerwy	netto	8 997 801 491	8 656 627 314	4 320 956 153
Łączny koszt inwestycji, bez rezerwy	brutto	11 067 295 834	10 647 651 597	5 314 776 068
Rezerwa techniczna	netto	449 890 075	432 831 366	216 047 808
Rezerwa cenowa	netto	449 890 075	432 831 366	216 047 808
Łączny koszt inwestycji, w tym rezerwa	netto	9 897 581 641	9 522 290 046	4 753 051 768
Łączny koszt inwestycji, w tym rezerwa	brutto	12 174 025 418	11 712 416 757	5 846 253 675

Tabela 8 Koszty poszczególnych wariantów, wartości zł netto i brutto

W analizie przyjęto możliwość odzyskania części podatku VAT na zasadach ogólnych. Przedstawione w tabeli porównanie trzech wariantów wyraźnie pokazuje podobny poziom kosztowy dla wariantów metra, natomiast rozwiązanie polegające na budowie premetra T6D stanowi około połowy kosztów wariantu metra.

2.9.2 Koszty operacyjne

Bieżące koszty utrzymania i eksploatacji dla poszczególnych wariantów Projektu oszacowano w oparciu o koszty jednostkowe, dla których źródłem były dane pochodzące bezpośrednio od podmiotów Gminy Miejskiej Kraków, a więc Zarządu Transportu Publicznego w Krakowie (ZTP) i MPK S.A. lub były szacowane na podstawie danych pochodzących od operatorów krajowych.

W ramach przedmiotowej analizy zidentyfikowano następujące kategorie kosztów operacyjnych, które przedstawiono w poniższej tabeli.

Wariant M5D	Koszty	Oszczędności	Wpływ na wydatki bieżące GMK (Koszty-Oszczędności)	Udział kategorii kosztów w kosztach ogółem [%]
Praca eksploatacyjna	2 319 686	995 154	1 324 531	47,5%
Utrzymanie infrastruktury	1 233 250	-	1 233 250	44,2%
Systemy teleinformatyczne	232 657	-	232 657	8,3%
Razem:	3 785 593	995 154	2 790 438	100%
Wariant M6D	Koszty	Oszczędności	Wpływ na wydatki bieżące GMK	Udział [%]
Praca eksploatacyjna	2 258 812	1 006 663	1 252 149	46,7%
Utrzymanie infrastruktury	1 207 989	-	1 207 989	45,1%
Systemy teleinformatyczne	219 834	-	219 834	8,2%
Razem:	3 686 635	1 006 663	2 679 972	100%
Wariant T6D	Koszty	Oszczędności	Wpływ na wydatki bieżące GMK	Udział [%]
Praca eksploatacyjna	1 011 290	1 006 663	4 627	1%
Utrzymanie infrastruktury	405 850	-	405 850	94%
Systemy teleinformatyczne	23 144	-	23 144	5%
Razem:	1 440 284	1 006 663	433 621	100%

Tabela 9 Zestawienie różnicowych kosztów utrzymania dla poszczególnych wariantów, od zakończenia inwestycji do końca okresu odniesienia, tj. w latach 2038-2058 (wartości w tys. zł netto)

Koszty operacyjne wariantu premetra są ponad połowę tańsze od kosztów operacyjnych wariantów metra. Oszczędność kosztów we wszystkich wariantach kształtują się na zbliżonym poziomie i dotyczą mniejszego zapotrzebowania na pracę eksploatacyjną w przewozach autobusowych.

2.9.3 Modele realizacji inwestycji

W ramach prac studialnych przeanalizowano różne modele realizacji inwestycji, w celu ustalenia uwarunkowań formalno-prawnych oraz możliwości finansowania Projektu. Scharakteryzowano obecne rozwiązania instytucjonalne występujące na terenie Gminy oraz rozważono, czy zastosowanie tych rozwiązań byłoby zasadne w odniesieniu do realizacji Projektu. Sformułowano wnioski, iż realizacja inwestycji w zakresie budowy i utrzymania infrastruktury transportowej oraz dostawy taboru może nastąpić w drodze wykonania tych zadań:

- przez GMK oraz jej jednostki budżetowe,
- w ramach partnerstwa publiczno-prywatnego (PPP).

Oba powyższe modele realizacji przeanalizowano również pod kątem możliwości finansowania inwestycji z udziałem środków pochodzących z dotacji (np. ze środków strukturalnych UE lub ze źródeł krajowych).

2.10 Analizy ekonomiczno-finansowe

2.10.1 Analiza społeczno-ekonomiczna

Celem analizy społeczno-ekonomicznej jest ocena wpływu realizacji poszczególnych wariantów Projektu, na korzyści o znaczeniu gospodarczym. Na podstawie wyników analizy otrzymujemy informację, czy realizacja danego wariantu jest uzasadniona z ekonomicznego punktu widzenia oraz który z analizowanych wariantów charakteryzuje się lepszymi efektami społeczno-ekonomicznymi.

Punktem wyjściowym analiz była identyfikacja czynników (kosztów i korzyści) o charakterze społeczno-ekonomicznym istotnych z punktu widzenia Projektu i jego obszaru oddziaływania. Po stronie kosztów znalazły się m.in. nakłady inwestycyjne i odtworzeniowe oraz koszty eksploatacji nowych systemów transportowych. Do korzyści zaliczono m.in. oszczędności dotyczące: skrócenia czasu podróży pasażerów, eksploatacji samochodów osobowych w dotychczasowych podróżach, zmniejszenia liczby wypadków drogowych (w tym koszty strat materialnych oraz ofiar śmiertelnych i rannych) oraz oszczędności środowiskowe, tj. koszty hałasu, zanieczyszczenia powietrza i zmian klimatycznych.

Analiza została przeprowadzona w kilku etapach, zakończonych obliczeniem wskaźników efektywności:

- ENPV – ekonomiczna zaktualizowana wartość netto;
- EIRR – ekonomiczna wewnętrzna stopa zwrotu;
- B/C – wskaźnik uzyskanych korzyści w stosunku do poniesionych kosztów.

Dla potrzeb kalkulacji wskaźników efektywności społeczno-ekonomicznej poszczególnych wariantów inwestycyjnych, określono przepływy ekonomiczne wyrażone wartościowo w każdym roku 30-letniego okresu odniesienia, tj. w latach 2029-2058. Rezultaty wyceny efektów ekonomicznych zostały zdyskontowane w czasie w celu wyliczenia wskaźników, a wyniki analizy przedstawiono w tabeli poniżej.

Wskaźnik	Wariant M5D	Wariant M6D	Wariant T6D
ENPV [tys. PLN]	1 174 099	2 209 585	1 919 613
EIRR	5,48%	6,34%	7,65%
B/C	1,13	1,25	1,49

Tabela 10 Zestawienie wskaźników efektywności ekonomicznej poszczególnych wariantów w okresie 2029-2058

Z przedstawionych wskaźników wynika, że każdy z wariantów M5D, M6D i T6D jest opłacalny ekonomicznie i uzasadniony ze społeczno-gospodarczego punktu widzenia, gdyż:

- ekonomiczna zaktualizowana wartość netto (ENPV) jest wyższa od zera (wszystkie warianty charakteryzują się przewagą korzyści nad kosztami),
- ekonomiczna wewnętrzna stopa zwrotu (EIRR) jest wyższa niż przyjęta stopa dyskontowa wynosząca 4,5%,
- współczynnik korzyści do kosztów społeczno-ekonomicznych B/C kształtuje się powyżej wartości granicznej wynoszącej 1.

Porównując wyniki analizy dla poszczególnych wariantów Projektu należy stwierdzić, że najlepszymi efektami ze społeczno-ekonomicznego punktu widzenia charakteryzuje się wariant T6D, ponieważ pomimo niższej wartości ENPV niż w przypadku realizacji wariantu M6D,

wariant ten osiągnie wyższą wewnętrzną stopę zwrotu z zaangażowanego kapitału, co ma znaczenie nadrzędne w stosunku do wartości ENPV w ocenie efektywności Projektu.

2.10.2 Analiza finansowa

W odróżnieniu do analizy społeczno-ekonomicznej, w analizie finansowej co do zasady uwzględnia się jedynie bezpośrednie koszty i przychody generowane przez projekt, w całym horyzoncie prognozy, tj. w okresie 30 lat od momentu rozpoczęcia fazy inwestycyjnej. W analizie finansowej sporządzonej osobno dla wszystkich trzech omawianych wariantów bezkolizyjnego transportu szynowego, uwzględnione zostały zatem wszystkie niezbędne nakłady (w tym odtworzeniowe), koszty eksploatacji oraz przychody finansowe (np. wynikające ze wzrostu sprzedaży biletów, wynajmu powierzchni reklamowej i dzierżawy powierzchni komercyjnych).

Analizę sporządzono z punktu widzenia inwestora (GMK) w ujęciu różnicowym. Za punkt odniesienia przyjęto wariant bezinwestycyjny i w odniesieniu do niego przeprowadzono analizę finansową wariantów inwestycyjnych. Zidentyfikowano obszar oddziaływania Projektu i dla tego obszaru obliczono wspomniane koszty i przychody Projektu.

Efektywność finansową Projektu obliczono zarówno przy założeniu poniesienia całkowitych nakładów przez inwestora (FNPV/C), jak i w przypadku otrzymania maksymalnego możliwego dofinansowania dla Projektu w wysokości 85% kosztów kwalifikowanych (FNPV/K).

W wyniku przeprowadzonych kalkulacji dokonano oceny efektywności finansowej Projektu dla każdego z analizowanych wariantów inwestycyjnych. Wyniki przedstawiono w poniższej tabeli.

Wskaźnik	Wariant M5D	Wariant M6D	Wariant T6D
FNPV/C (bez dotacji)	-12 729 745	-12 226 297	-5 419 935
FNPV/K (z dotacją)	-3 793 778	-3 641 310	-1 206 842

Tabela 11 Wyniki analizy finansowej [tys. PLN]

Obliczone wskaźniki wykazały, że projekt z czysto finansowego punktu widzenia nie jest efektywny, tzn. koszty przewyższają korzyści generowane przez projekt. Jest to jednak powszechnie występująca sytuacja w sektorze transportu publicznego, dla którego efektywność jest wykazywana w przedstawionej we wcześniejszej części opracowania analizie społeczno-ekonomicznej.

Otrzymane wyniki jednoznacznie wskazują, że realizacja Projektu w wariantcie premetra szybkiego tramwaju T6D skutkuje znacznie mniejszym obciążeniem budżetu GMK, niż w przypadku wariantu metra.

2.10.3 Analiza wrażliwości

W ramach analizy wrażliwości zbadano potencjalną zmianę wskaźników analizy finansowej i społeczno-ekonomicznej w przypadku niedoszacowania lub przeszacowania podstawowych założeń Projektu, takich jak nakłady inwestycyjne, koszty operacyjne i utrzymania, przychody, przyjęte założenia makroekonomiczne czy efekty wynikające ze sporządzonych prognoz ruchu.

Projekt poddano symulacjom na zmianę poszczególnych parametrów o +/-25% i +/- 15%, w wyniku czego otrzymano informację na temat wpływu poszczególnych parametrów na zmianę efektywności Projektu.

Otrzymane wyniki dowiodły, że wszystkie trzy analizowane warianty wykazują największą wrażliwość wskaźników efektywności ekonomicznej na zmianę jednostkowych kosztów czasu, ruchu pasażerskiego i nakładów inwestycyjnych.

Ponadto wykazano, że największą odpornością na zmianę poszczególnych badanych zmiennych charakteryzuje się wariant T6D. Wariant ten zmienia swój charakter opłacalności dopiero przy realizacji wszystkich negatywnych scenariuszach analizy jednocześnie. W przypadku wariantów metra, sytuacja ta miała miejsce już przy zmianie jednej lub dwóch zmiennych jednocześnie.

(np. wzrost nakładów o 15% w M5D lub wzrost nakładów o 15% i jednoczesny spadek ruchu pasażerskiego o 15% w M6D) .

W analizie wrażliwości sprawdzono również scenariusze optymistyczne, które pokazują, iż w przypadku pozytywnej zmiany niektórych wartości, efektywność ekonomiczna może być jeszcze większa.

Projekt we wszystkich wariantach wykazuje na tyle niską efektywność finansową, że badane wahania wartości kluczowych zmiennych nie powodują znaczących zmian charakteru Projektu, który z czysto finansowego punktu widzenia pozostanie deficytowy.

2.10.4 Analiza ryzyka

Analizę ryzyka przeprowadzono w następujących etapach:

- a) identyfikacja ryzyka,
- b) analiza jakościowa ryzyka,
- c) określenie działań zaradczych i monitoringu,
- d) prezentacja wyników analizy.

Wśród zidentyfikowanych głównych kategorii ryzyk znalazły się m.in. ryzyka popytowe, administracyjne, geologiczne, finansowe, archeologiczne, środowiskowe oraz związane z projektowaniem i budową.

W ramach przeprowadzonej analizy ryzyka zidentyfikowano 42 ryzyka, z czego 37 stanowi niski bądź średni poziom zagrożenia. Wyznaczono 5 ryzyk o wysokim zagrożeniu, w tym jedno o bardzo wysokim.

Przykładowymi ryzykami charakteryzującymi się wysokimi poziomami zagrożenia są m.in. utrudnienia komunikacyjne występujące podczas prowadzenia robót budowlanych oraz prowadzenie robót ziemnych w obrębie terenów objętych ochroną konserwatorską.

Ryzykiem o bardzo wysokim stopniu zagrożenia realizacji inwestycji jest brak odpowiednich źródeł finansowania Projektu, czyli brak możliwości pozyskania bezzwrotnej dotacji i w związku z tym poważnymi utrudnieniami w realizacji Projektu.

2.10.5 Analiza trwałości finansowej

Celem analizy trwałości jest ocena, czy w całym okresie realizacji oraz eksploatacji danego wariantu, możliwe będzie zapewnienie utrzymania Projektu z finansowego punktu widzenia. Inwestor musi bowiem zagwarantować, że nie nastąpi techniczna degradacja powstałych środków trwałych.

Trwałość finansową wariantów wykazano przedstawiając przepływy pieniężne Projektu dla każdego roku okresu odniesienia (łącznie z fazą realizacji i eksploatacji), a następnie zestawiono je z możliwościami finansowymi Gminy Miejskiej Kraków, z uwzględnieniem możliwych pozostałych form finansowania inwestycji (środki zewnętrzne w formie dotacji, kredytów, PPP) wraz z finansowymi konsekwencjami tych form finansowania.

Przeprowadzono analizę dochodów, wydatków oraz zadłużenia wynikających z Wieloletniej Prognozy Finansowej Miasta Krakowa na lata 2021-2044³ (WPF).

W wyniku badania stwierdzono, że możliwa jest realizacja Projektu w wariantcie premetra szybkiego tramwaju T6D zarówno bez, jak i z uzyskaniem dotacji. Natomiast w przypadku wariantów zakładających budowę metra sfinansowanie budowy byłoby możliwe tylko pod warunkiem uzyskania dotacji w wysokości 85% kosztów kwalifikowanych. Uzyskanie dofinansowania w takiej wysokości jest mało prawdopodobne. Dodatkowo warianty metra powodowałyby wyższe

³ Uchwała nr L/1376/20 Rady Miasta Krakowa z dnia 16 grudnia 2020 r. w sprawie Wieloletniej Prognozy Finansowej Miasta Krakowa

o ok. 110 mln zł średniorocznie koszty eksploatacji, co nie byłoby możliwe do sfinansowania przez Gminę Miejską Kraków (spadek zdolności do obsługi długu), co czyni te warianty niewykonalne finansowo.

Wykorzystanie modelu PPP z dofinansowaniem, z punktu widzenia finansów GMK charakteryzuje się lepszymi wskaźnikami zadłużania. Przy realizacji inwestycji w modelu PPP miasto dysponuje przestrzenią do zaciągania dodatkowego zadłużenia, co w przypadku modelu tradycyjnego jest mocno ograniczone.

3 PODSUMOWANIE I REKOMENDACJE

Prace nad Studium wykonalności budowy szybkiego, bezkolizyjnego transportu szynowego w Krakowie zostały podzielone na następujące etapy:

I. Opracowanie informacji o projekcie (strona www, logo, ulotka informacyjna) – zakończono w IV kwartale 2018 r.;

II. Analiza otoczenia społeczno-gospodarczego Projektu, uwarunkowania planistyczne i finansowe, charakterystyka i ocena istniejących podsystemów transportu oraz infrastruktury oraz analizy ruchowe dla przebiegów tras – zakończono w I kwartale 2019 r.;

III. Wstępna analiza techniczna dla przebiegów tras wraz ze wskazaniem 3 wariantów – zakończono w II kwartale 2019 r.;

IV. Analiza techniczna dla trzech wybranych wariantów inwestycyjnych (koncepcja, analiza taboru, sterowania ruchem, zasilania elektroenergetycznego, ocena technologii realizacji, uzgodnienia konserwatorskie, opiniowanie, wstępna ocena uwarunkowań prawnych, badania geologiczne) – zakończono w IV kwartale 2020 r.;

V. Opracowanie kosztorysu, planu realizacji, analizy środowiskowej i instytucjonalnej dla trzech wariantów inwestycyjnych – zakończono w II kwartale 2021 r.;

VI. Wykonanie analizy ekonomicznej, finansowej, wrażliwości oraz opracowanie planu finansowego, wskazanie jednego wariantu rekomendowanego i przygotowanie syntezy – zakończono w II kwartale 2021 r.

Kraków posiada bardzo dobre uwarunkowania do wszechstronnego rozwoju. Miasto ma pozycję regionalnego lidera nowoczesnych usług dla biznesu, co wiąże się z przekształceniami przestrzennymi (powstanie parków biurowych) oraz wzrostem liczby mieszkańców i użytkowników. Takie miejsca wymagają sprawnego systemu transportowego.

Konieczność połączenia funkcji transportowych z wymogiem ochrony zabytkowej tkanki miasta wymagała przeprowadzenia szczegółowych uzgodnień z odpowiednimi urzędami. Kontekst historycznej zabudowy jest kluczowym uwarunkowaniem wpływającym na lokalizację oraz architektoniczną formę projektowanych obiektów.

Przeprowadzona analiza wykazała, że na zidentyfikowanych 20 rejonów problematycznych pod względem transportowym, aż 18 znajduje się w północnych dzielnicach miasta. Problemy te w większości powodowane są brakiem linii tramwajowych. Bezpośrednie sąsiedztwo rejonów posiadających problemy komunikacyjne jednoznacznie wskazuje na konieczność wyznaczenia wariantów tras szybkiego, bezkolizyjnego transportu szynowego na kierunku wschód-zachód na północ od rzeki Wisły.

Do analiz wybrano siedem wariantów (oznaczonych numerami od 1 do 7) tras bezkolizyjnej komunikacji szynowej. Każdy z przebiegów został sprawdzony z wykorzystaniem modeli ruchu i zweryfikowany pod kątem zastosowania różnego rodzaju środka transportu (metro, premetro szybki tramwaj, premetro „wahadło”). Przełożyło się to na 21 wariantów inwestycyjnych (każda z 7 tras analizowana dla 3 różnych środków transportu). Analizy ruchowe przeprowadzono na podstawie modelu ruchu, będącego w dyspozycji Gminy Miejskiej Kraków. Uwzględniając różnorodne przebiegi tras, odmienne środki transportu oraz różne horyzonty

czasowe łącznie wykonano ponad 300 kombinacji obliczeń. Otrzymane wyniki zostały zestawione w macierzy do analizy wielokryterialnej, dzięki czemu możliwe było wskazanie 3 wariantów inwestycyjnych, rekomendowanych do dalszych analiz technicznych. W oparciu o wyniki końcowe macierzy analizy wielokryterialnej do dalszych prac projektowych wybrano warianty premetra szybkiego tramwaju T6D oraz metra M5D i M6D.

Wariant metra M5D o długości ok. 24,85 km posiada 21 stacji i w pełni tunelowy przebieg pomiędzy stacjami A01 Wzgórza Krzesławickie a A21 Jasnogórska. Stacja STP Wadów została zaplanowana na północ od stacji kolejowej Kraków Nowa Huta, a odcinek torów łączący STP ze stacją A01 ma przebieg zarówno podziemny, jak i częściowo naziemny. Wariant metra M6D o długości ok. 24,61 km posiada 20 stacji i w pełni tunelowy przebieg pomiędzy stacjami B01 Wzgórza Krzesławickie a B20 Jasnogórska. Rozwiązania stacji STP są analogiczne jak dla wariantu M5D. Planowana trasa premetra szybkiego tramwaju T6D ma łączną długość ok. 21,8 km z 32 przystankami, w tym:

- a) dwa podziemne odcinki linii: centralny o długości 5,59 km z 7 przystankami podziemnymi oraz fragment w części zachodniej o długości 1,01 km z 1 przystankiem podziemnym,
- b) jeden nadziemny odcinek w części wschodniej o długości 1,37 km z 2 przystankami nadziemnymi,
- c) nowoprojektowaną zajezdnię tramwajową, zlokalizowaną w rejonie ul. Jasnogórskiej.

Po wyborze trzech docelowych tras dla rozpoznania warunków geologicznych wykonano 140 otworów badawczych o głębokości 7 – 55,0 m p.p.t. o sumarycznym metrażu 4695 mb. W toku badań geologicznych nie stwierdzono występowania warunków, które mogłyby uniemożliwić realizację przedsięwzięcia. Wyniki badań gruntowych dla projektowanej inwestycji pozwoliły na zobrazowanie wstępnej budowy geologicznej planowanych tras, jednocześnie uszczegóławiając głębsze rozpoznanie warstw geologicznych w północnej części Krakowa.

Analiza środowiskowa każdego z wariantów objęła charakterystykę przyrody, a także emisje w zakresie: powietrza, hałasu i drgań, ścieków z uwzględnieniem możliwego zagrożenia dla środowiska oraz propozycję działań minimalizujących.

Z przeprowadzonych analiz wynika, iż wariantem najkorzystniejszym ze społeczno-ekonomicznego punktu widzenia jest wariant budowy tramwaju T6D, gdyż wskaźnik wewnętrznej ekonomicznej stopy zwrotu jest najwyższy, co oznacza najlepszy stosunek poniesionych nakładów inwestycyjnych do osiągniętych efektów społecznych.

Analiza finansowa potwierdziła, że żaden z analizowanych wariantów nie jest opłacalny z czysto finansowego punktu widzenia, co jest normalną sytuacją w sektorze transportu publicznego. Dodatkowo podczas analizy wrażliwości stwierdzono, że wariant T6D charakteryzuje się największą odpornością na zmianę wartości poszczególnych zmiennych.

Z analiz zdolności finansowych Gminy Miejskiej Kraków wynika, iż możliwym do sfinansowania i utrzymania bez dofinansowania jest wariant T6D.

Analogiczna sytuacja ma miejsce w przypadku realizacji Projektu w formule PPP. W sytuacji braku dotacji udało się zbilansować tylko wariant premetra szybkiego tramwaju T6D.

Jednocześnie z analizy ryzyk wynika, że brak odpowiednich źródeł finansowania Projektu stanowi najpoważniejsze ryzyko dotyczące Projektu. Obecnie nie są znane założenia dotyczące perspektywy finansowej Unii Europejskiej na lata 2028-2034, wobec czego nie można ocenić poziomu prawdopodobieństwa uzyskania dotacji na założonym poziomie. Realizacja Projektu bez dofinansowania obniży znacząco możliwości inwestycyjne Gminy.

Na podstawie licznych analiz został wybrany najbardziej korzystny społecznie wariant premetra szybkiego tramwaju T6D.

W poniższej tabeli przedstawiono, w jaki sposób wariant rekomendowany realizuje cele projektu.

L.p.	Cel projektu	Realizacja celu w wariantie rekomendowanym
1.	eliminacja „wąskich gardeł” na sieci tramwajowej	przebieg bezkolizyjny na odcinku w obrębie I- i II-obwodnicy, odciążenie istniejącej sieci tramwajowej na tym obszarze
2.	zwiększenie udziału transportu zbiorowego w podróżach w celu zapewnienia wysokiej jakości życia mieszkańców Krakowa	prowadzenie trasy w rejonach o dominacji komunikacji indywidualnej i braku wydajnego transportu zbiorowego
3.	zwiększenie zdolności przewozowej komunikacji zbiorowej	wprowadzenie wysokosprawnego środka transportu gwarantującego pełną obsługę przyszłych potoków
4.	skrócenie czasu podróży komunikacją zbiorową	skrócenie czasu podróży pasażerów w komunikacji publicznej
5.	podniesienie komfortu podróżowania środkami transportu zbiorowego	wprowadzenie komfortowego nowego taboru tramwajowego
6.	wykształcenie wygodnych i wydajnych, zintegrowanych węzłów przesiadkowych	powiązanie z Rondem Kocmyrzowskim, Rondem Mogiłskim, Dworcem Głównym, AGH, Bronowicami
7.	uzyskanie wysokosprawnego systemu transportu dla znaczącego rozwoju społeczno-gospodarczego	przebieg trasy zapewniający zrównoważony rozwój wielu obszarów miasta

Tabela 12 Przedstawienie sposobu realizacji celów projektu dla wariantu rekomendowanego

Czynniki, które zdecydowały o wyborze tego wariantu to m.in.:

1. Stosunek nakładów inwestycyjnych, poniesionych na realizację rekomendowanego wariantu, w odniesieniu do osiągniętych korzyści społecznych i transportowych, cechuje się optymalną wartością. Jako korzyści społeczne i transportowe należy rozumieć m.in. skrócenie czasu podróży komunikacją zbiorową oraz poprawę skomunikowania dzielnic, borykającymi się ze znacznymi problemami transportowymi.
2. Uzyskanie znaczących i szybkich efektów inwestycji już po uruchomieniu pierwszego etapu premetra, czyli w obrębie pierwszej obwodnicy. Dodatkowo przebieg tunelowy pod odcinkiem centralnym pozwoli na rozwiązanie problemu „wąskich gardeł” na sieci tramwajowej.
3. Wysoka elastyczność zarekomendowanego taboru tramwajowego dostosowana do zmieniających się w ciągu dnia potoków pasażerskich. Do realizacji przewozów na projektowanej linii premetra szybkiego tramwaju zaproponowano model, w którym w godzinach szczytu tramwaje obsługują projektowaną linię w postaci dwóch połączonych ze sobą pociągów (tzw. trakcja ukrotniona). W okresie międzyszczytowym zakłada się realizowanie przewozów pojazdami w trakcji pojedynczej. Dodatkowo możliwe jest wykorzystanie taboru tramwajowego, który jest w dyspozycji przewoźnika.
4. Pełna integracja rekomendowanego wariantu Studium z innymi inwestycjami tramwajowymi, umożliwiającą efektywne wykorzystanie istniejącej sieci tramwajowej.

- Zapewnienie możliwości dogodnych przesiadek np. z KST IV poprzez wspólny odcinek pomiędzy przystankami Rondo Polsadu – Park Wodny oraz z linią tramwajową Piastowska-Głowackiego-Weissa poprzez wspólny przystanek Miasteczko Studenckie.
5. Zapewnienie optymalnego połączenia z innymi środkami transportu w najważniejszych węzłach przesiadkowych Krakowa, m.in. na Rondzie Mogiłskim i przy Dworcu Głównym. Wykształcone zostaną nowe punkty przesiadkowe w rejonie Alei Trzech Wieszczy (przystanek podziemny AGH) oraz w rejonie planowanego P+R Bronowice. Przebudowa ronda Kocmyrzowskiego na skrzyżowanie dwupoziomowe (ruch samochodowy przeniesiony na poziom -1), gwarantująca usprawnienie funkcjonowania komunikacji zbiorowej w tym obszarze.
 6. Rozmieszczenie przystanków, umożliwiające osiągnięcie dużej prędkości komunikacyjnej oraz zapewniające możliwość dogodnego skorzystania z nowej linii premetra.
 7. Możliwość zmiany relacji kursowania, objazdów i w sytuacjach awaryjnych wykorzystania tunelu przez inne linie tramwajowe.