



ZARZĄD DRÓG MIEJSKICH

Wykonanie pomiarów na bieżące potrzeby ZDM w latach 2020-2022 – badania prędkości chwilowej pojazdów i natężenia ruchu wraz ze strukturą rodzajową

Raport podsumowujący realizację pomiarów
w 2022 roku

Emil Łopata

tel.: +48 22 501 45 15

e-mail: e.lopata@heller-consult.pl

Heller Consult sp. z o.o.

Warszawa, 12 grudnia 2022

Spis treści

1 Cel dokumentu	5
1.1 Słownik pojęć specjalistycznych	5
1.2 Odniesienia	6
1.3 Załączniki	6
2 Podsumowanie wyników.....	7
3 Zakres pomiarów	15
4 Metoda pomiaru	17
5 Analizowane parametry ruchu.....	18
5.1 Odstępy niebezpieczne.....	19
5.2 Wskaźnik zmienności prędkości.....	19
Spis tabel	20
Spis rysunków	20

1 Cel dokumentu

Dokument podsumowuje prace przeprowadzone w 2022 roku w ramach zadania na „Wykonanie pomiarów na bieżące potrzeby ZDM w latach 2020-2022 – badania prędkości chwilowej pojazdów i natężenia ruchu wraz ze strukturą rodzajową” realizowanego na podstawie umowy nr ZDM/UM/DZP/50/PN/44/20 z dnia 17.08.2020 r.

Pomiary prędkości chwilowej pojazdów i natężenia ruchu wraz z określeniem struktury rodzajowej wykonane zostały na zlecenie Zarządu Dróg Miejskich w Warszawie (zwanego dalej Zamawiającym) w przekrojach ulic m. st. Warszawy. Realizacja badań omawianych w przedmiotowym dokumencie obejmuje okres od 15 marca do 30 listopada 2022 roku. Pomiary ruchu w opisywanej formie realizowane są cyklicznie od 2017 roku. Wyniki przeprowadzonych badań stanowią element analiz planistycznych, bezpieczeństwa ruchu drogowego oraz stanowią podstawę do bieżącego zarządzania ruchem i infrastrukturą miasta.

1.1 Słownik pojęć specjalistycznych

Nazwa	Znaczenie
HC	Heller Consult spółka z o.o.
V_{dop}	Prędkość dopuszczalna w km/h, największa możliwa prędkość, z jaką mogą poruszać się pojazdy, określona na podstawie przepisów zawartych w ustawie Prawo o ruchu drogowym
V_{85}	85% kwantyl prędkości, miara statystyczna populacji badanych pojazdów określająca prędkość, której nie przekroczyło 85% zarejestrowanych pojazdów
U_{vdop}	Udział przekroczeń prędkości dopuszczalnej, liczba pojazdów przekraczających dopuszczalną prędkość wyrażona w procentach całej zmierzonej populacji (potoku ruchu)
$U_{vdop+10}$	Udział przekroczeń prędkości dopuszczalnej o ponad 10 km/h, liczba pojazdów przekraczających dopuszczalną prędkość o ponad 10 km/h wyrażona w procentach całej zmierzonej populacji (potoku ruchu)
$U_{odst.niebezp.}$	Udział odstępów niebezpiecznych, liczba pojazdów poruszających się z odstępem niebezpiecznym wyrażona w procentach całej zmierzonej populacji (potoku ruchu)
W_{zv}	Współczynnik zmienności prędkości, stosunek odchylenia standardowego (S) do prędkości średniej (V_{SR})
Pojazdy lekkie	Grupa pojazdów o długości do 6,5 m, do której zaliczają się motocykle, rowery, samochody osobowe i samochody dostawcze
Pojazdy ciężkie	Grupa pojazdów o długości powyżej 6,5 m, do której zaliczają się pojazdy ciężkie i ciężkie z przyczepą oraz autobusy

Nazwa	Znaczenie
Ruch swobodny	Ruch pojazdów odbywający się z odpowiednio dużymi odstępami pomiędzy kolejnymi pojazdami, pozwalającymi na swobodny dobór prędkości przez kierujących
Odstęp niebezpieczny	Odstęp pomiędzy kolejnymi pojazdami, który uniemożliwia w krytycznych sytuacjach (gwałtowne hamowanie) zatrzymanie pojazdu bez najechania na pojazd poprzedzający

1.2 Odniesienia

Odsyłacz	Opis
OPZ	Opis Przedmiotu Zamówienia. Specyfikacja techniczna. Wykonanie pomiarów na bieżące potrzeby ZDM w latach 2020-2022 – badania prędkości chwilowej pojazdów i natężenia ruchu wraz ze strukturą rodzajową.

1.3 Załączniki

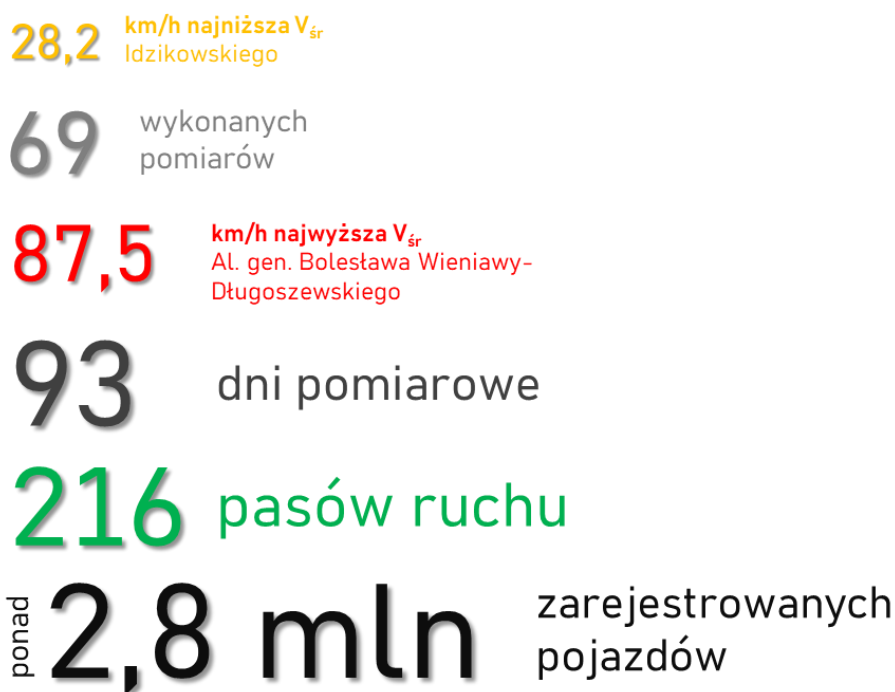
Załącznik	Opis
xxxxx_ulica_opracowanie_rrrrmmdd	Katalog zawierający opracowanie danych z punktu pomiarowego, gdzie: xxxxx – kolejny numer punktu, ulica – lokalizacja punktu pomiarowego, rrrrmmdd – data udostępnienia pliku
Mapy_II_2022_20221212.zip	Prezentacja podstawowych wyników badania w formie graficznej przedstawiająca lokalizację punktów pomiarowych, kwantyl 85% prędkości, udział przekroczeń prędkości dopuszczalnej, udział przekroczeń prędkości dopuszczalnej o ponad 10 km/h, udział ruchu swobodnego obejmująca pomiary realizowane w 2022 roku

2 Podsumowanie wyników

Badania prędkości chwilowej pojazdów i natężenia ruchu wraz ze strukturą rodzajową przeprowadzono w okresie od 15 marca do 30 listopada 2022 r. na podstawie umowy zawartej na okres od 17 sierpnia 2020 do 12 grudnia 2022 r.

W całym 2022 r. wykonano łącznie 69 pomiarów na terenie m. st. Warszawy. Badaniem objętych zostało ponad 2,8 mln¹ pojazdów zarejestrowanych na 216 analizowanych pasach ruchu. Pomiary realizowano w ciągu 42 unikalnych dni kalendarzowych, co odpowiada łącznie 93 dniom pomiarowym.

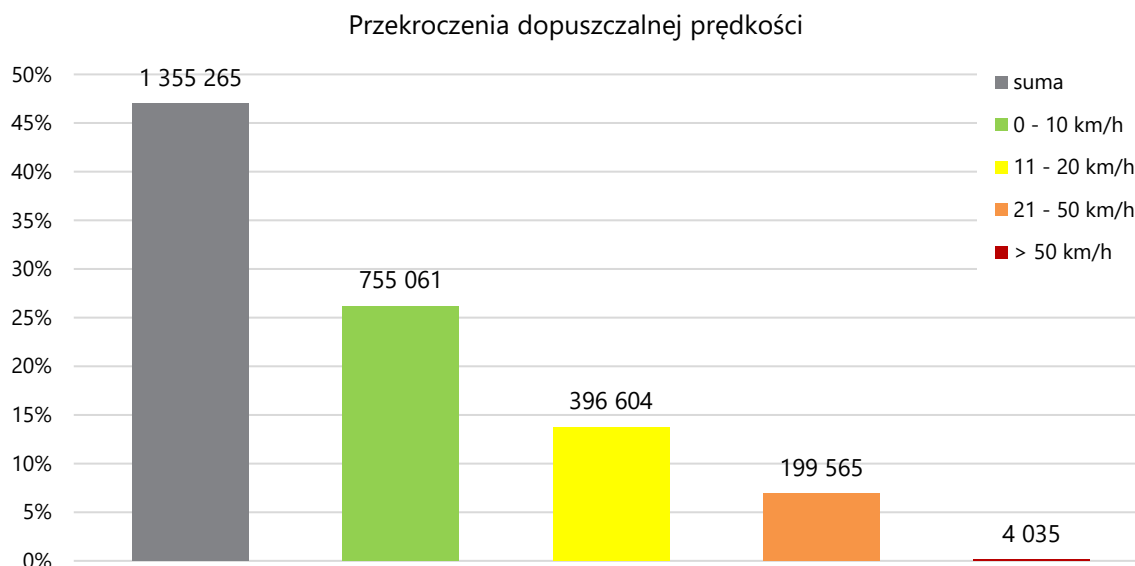
Jako „najszybszy” punkt zidentyfikowano 14422 (Al. gen. Bolesława Wieniawy-Długoszewskiego), średnia prędkość potoku pojazdów w tym miejscu wyniosła 87,5 km/h. „Najwolniejszym” punktem określono 14695 (ul. Idzikowskiego), średnia prędkość chwilowa dla obu kierunków wyniosła tam 28,2 km/h.



Rysunek 1. Podsumowanie badań zrealizowanych w 2022 roku

¹ W ramach przeprowadzonych w 2022 roku pomiarów zarejestrowano łącznie 2 882 841 pojazdów.

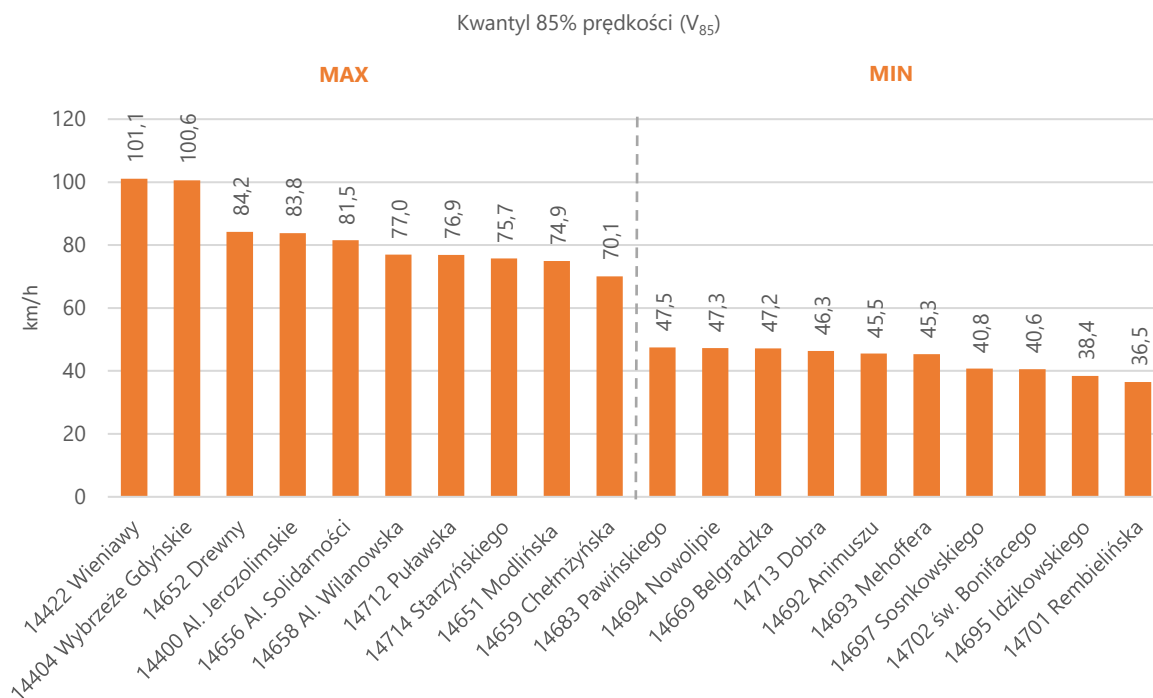
Szczegółowy wykaz analizowanych parametrów ruchu przedstawiono w punkcie 5. Jedną z określanych wartości był udział przekroczeń prędkości dopuszczalnej w podziale na pojazdy lekkie i ciężkie oraz kierunki ruchu. Zbiorcze zestawienie liczby i udziałów przekroczeń sporządzone dla ogółu przekrojów pomiarowych na podstawie wszystkich zarejestrowanych rekordów przedstawiono na rysunku 2.



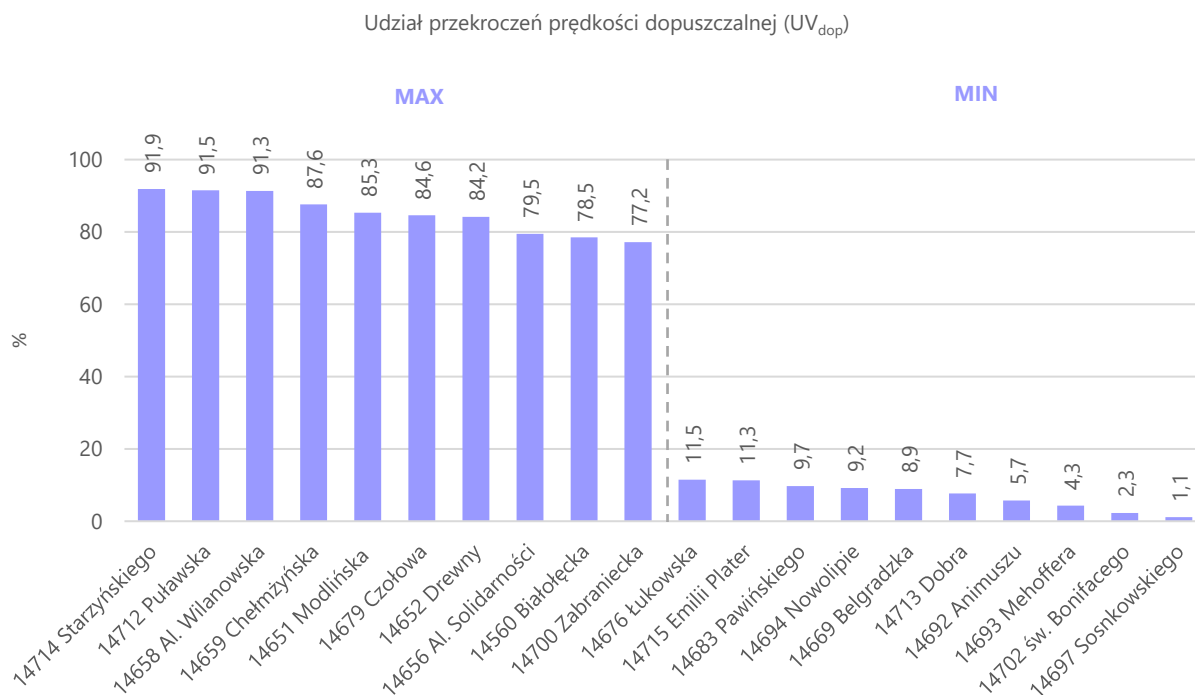
Rysunek 2. Udział przekroczeń prędkości dopuszczalnej

Stwierdzono ponad 1,35 mln przekroczeń prędkości dopuszczalnej stanowiących 47% wszystkich zarejestrowanych pojazdów, z czego ponad 755 tys. dotyczyło przekroczenia do 10 km/h (prawie 26% wszystkich pojazdów). Nieco ponad 600 tys. kierujących przekroczyło prędkość o ponad 10 km/h, co odpowiada prawie 21% badanego potoku pojazdów. W ciągu całego 2022 roku zidentyfikowano ponad 4 tys. kierowców zagrożonych utratą prawa jazdy, którzy przekroczyli dopuszczalną prędkość o ponad 50 km/h.

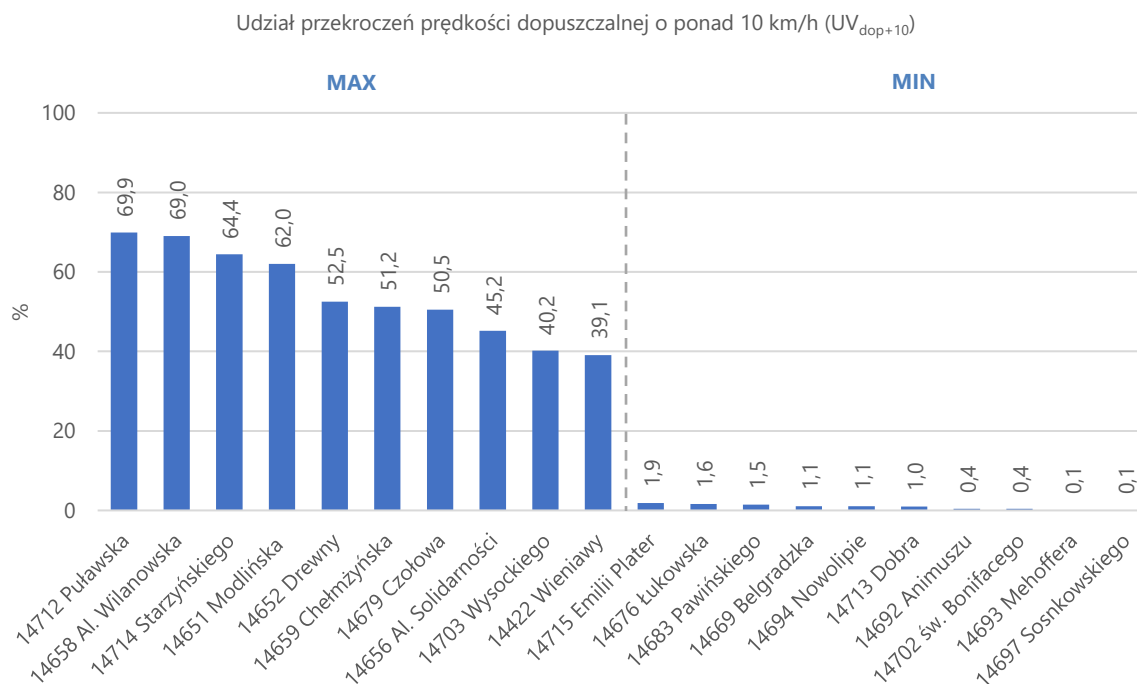
Na rysunkach od 3 do 6 przedstawiono wartości najistotniejszych parametrów. Każdy z wykresów zawiera informację o 10 skrajnych maksymalnych (MAX) i minimalnych (MIN) wartościach parametru. Prezentacja graficzna tych samych danych w formie map znajduje się w załączniku.



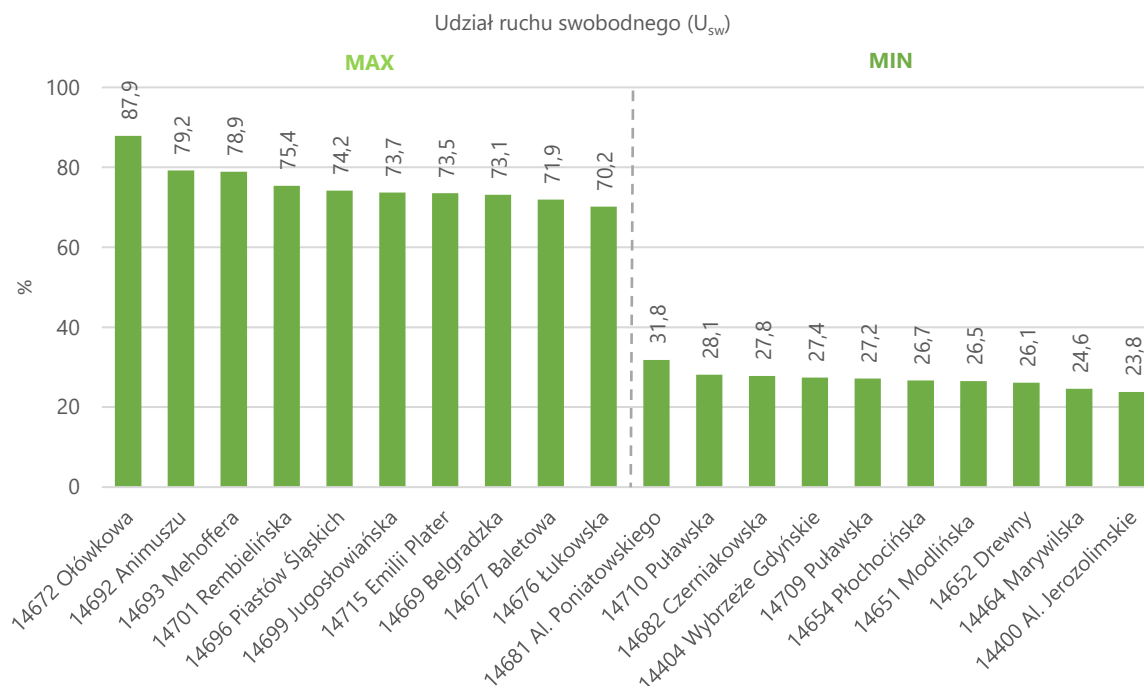
Rysunek 3. Porównanie wartości kwantylu 85% prędkości



Rysunek 4. Porównanie udziału przekroczeń prędkości dopuszczalnej



Rysunek 5. Porównanie udziału przekroczeń prędkości dopuszczalnej o ponad 10 km/h



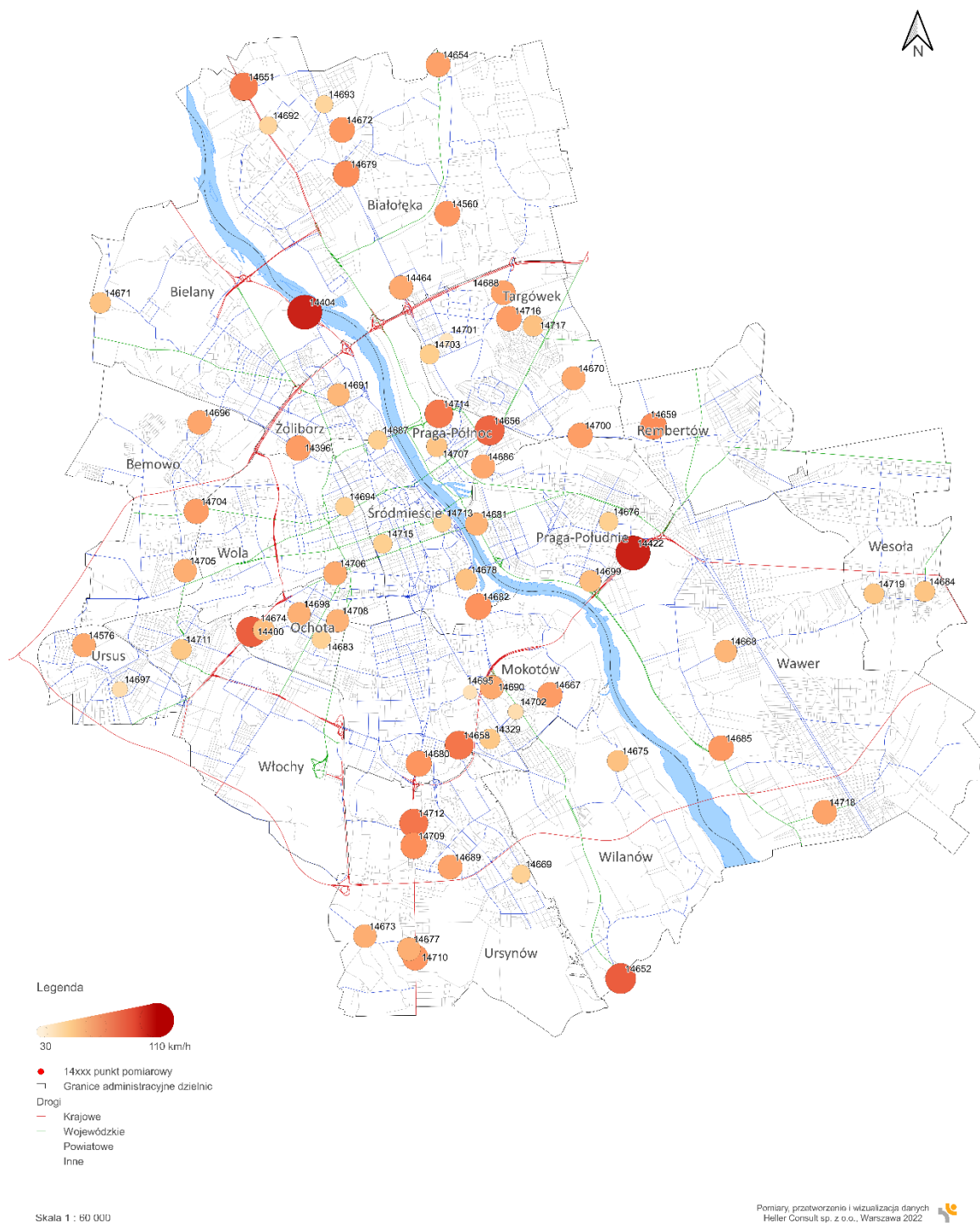
Rysunek 6. Porównanie udziału ruchu swobodnego



ZARZĄD DRÓG MIEJSKICH

Badanie prędkości chwilowej pojazdów i natężenia ruchu wraz ze strukturą rodzajową w 2022 roku

Kwantyl 85% prędkości



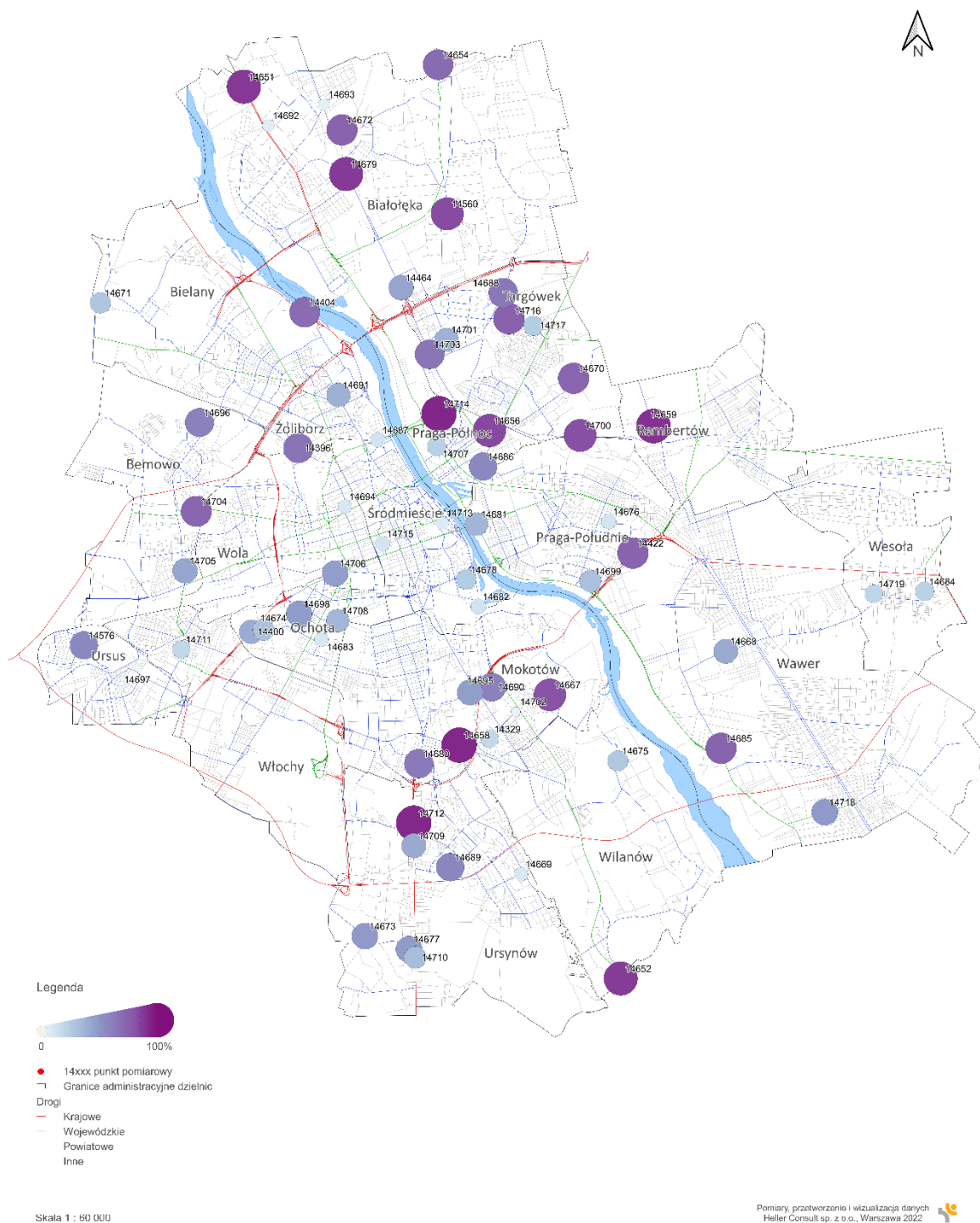
Rysunek 7. Kwantyl 85% prędkości w punktach pomiarowych



ZARZĄD DRÓG MIEJSKICH

Badanie prędkości chwilowej pojazdów i natężenia ruchu wraz ze strukturą rodzajową w 2022 roku

Udział przekroczeń prędkości dopuszczalnej



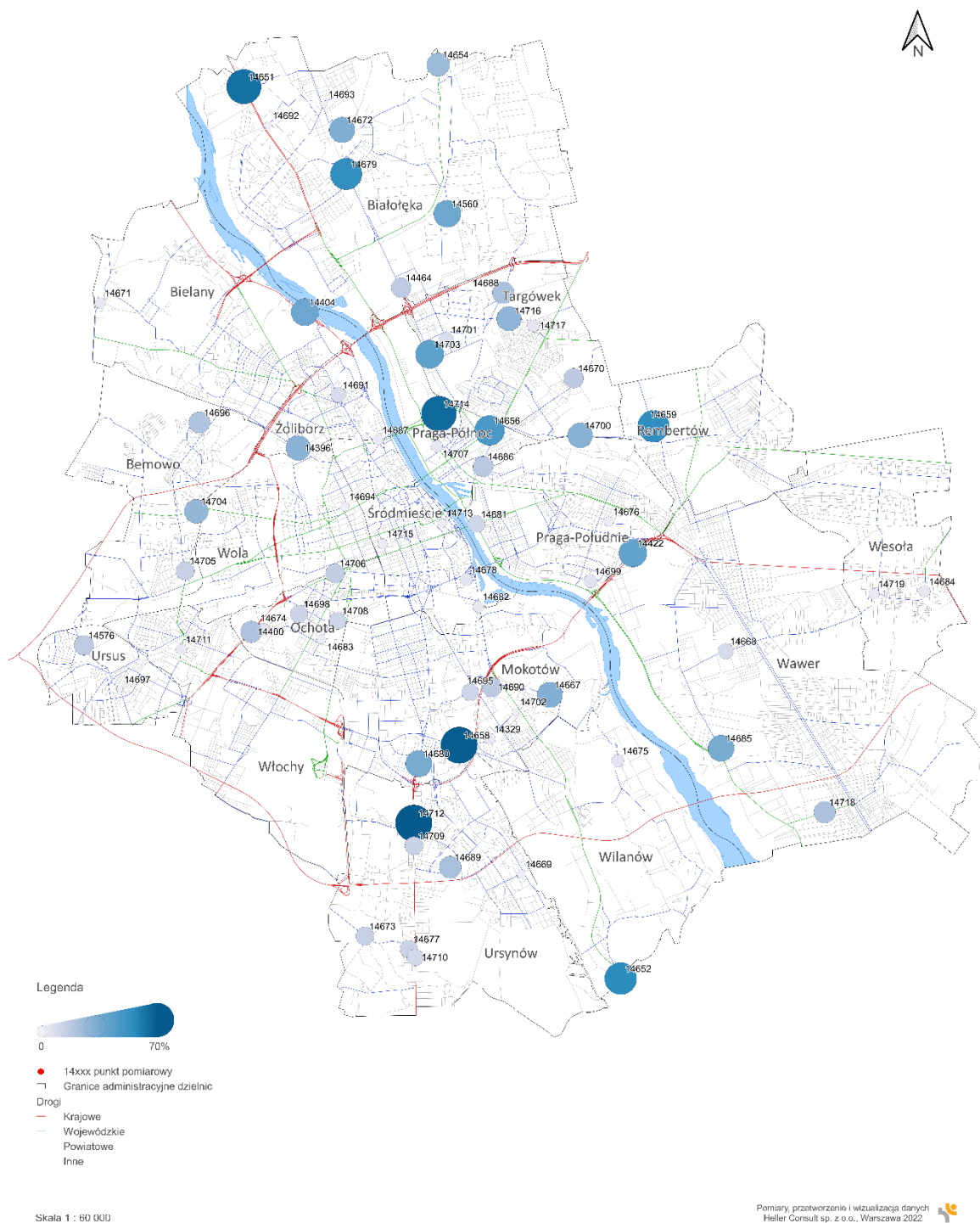
Rysunek 8. Udział przekroczeń prędkości dopuszczalnej w punktach pomiarowych



ZARZĄD DRÓG MIEJSKICH

Badanie prędkości chwilowej pojazdów i natężenia ruchu wraz ze strukturą rodzajową w 2022 roku

Udział przekroczeń prędkości dopuszczalnej o ponad 10 km/h



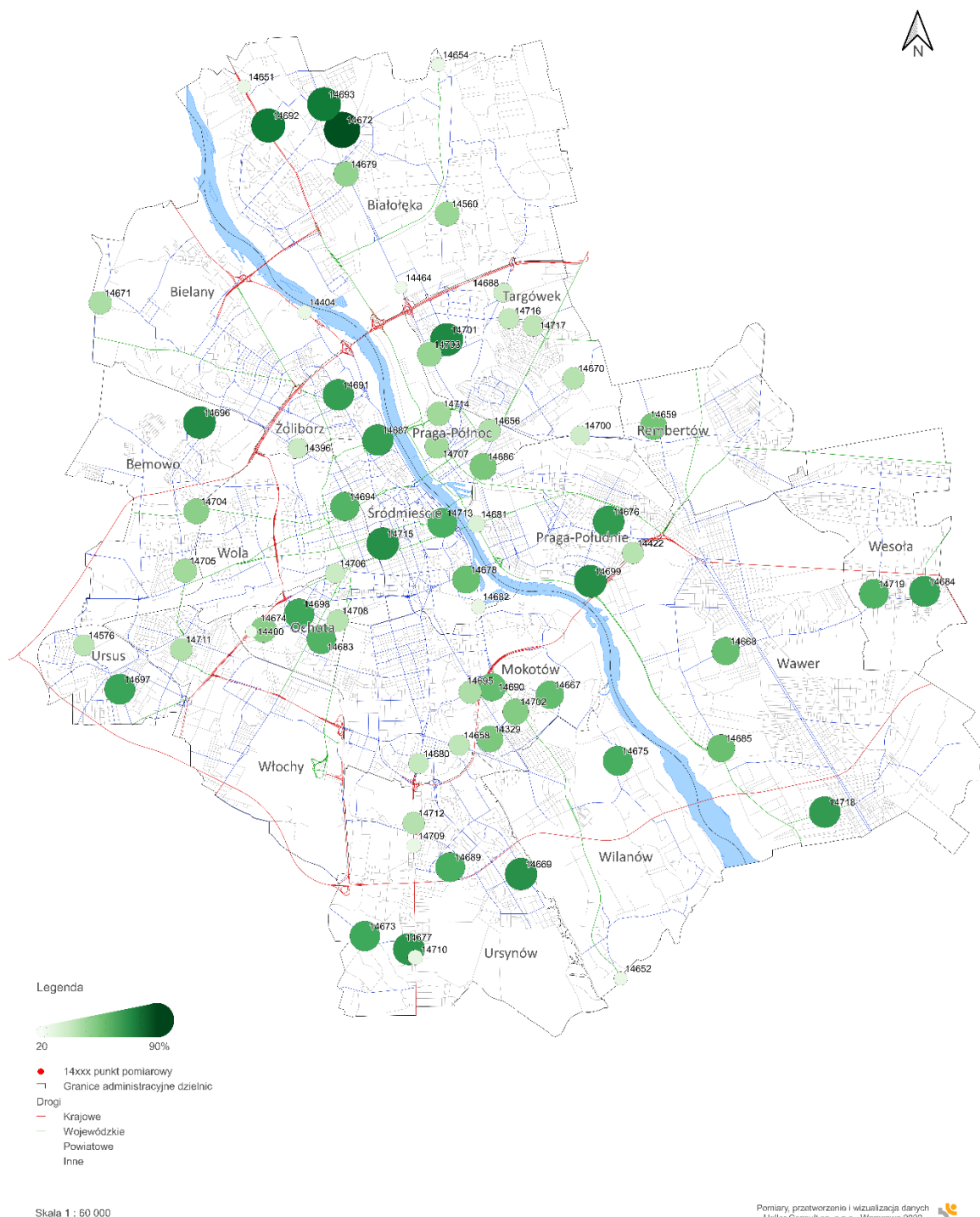
Rysunek 9. Udział przekroczeń prędkości dopuszczalnej o ponad 10 km/h w punktach pomiarowych



ZARZĄD DRÓG MIEJSKICH

Badanie prędkości chwilowej pojazdów i natężenia ruchu wraz ze strukturą rodzajową w 2022 roku

Udział ruchu swobodnego



Rysunek 10. Udział ruchu swobodnego w punktach pomiarowych

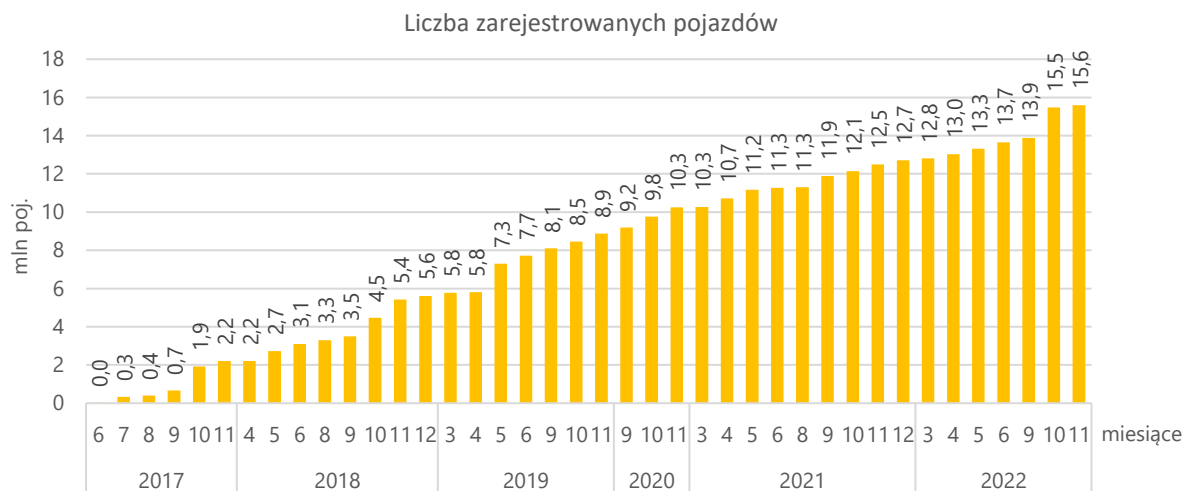
3 Zakres pomiarów

Pomiary przeprowadzono we wskazanych przez Zamawiającego lokalizacjach w zależności od bieżących potrzeb. Minimalną długość pomiaru stanowiły 24 pełne godziny (od 00:00:00 do 23:59:59) dnia roboczego uznawanego za miarodajny – wtorek, środa, czwartek. Możliwe warianty i czasy trwania pomiarów określa, zgodnie z punktem 2.9. OPZ (tabela 1).

Tabela 1. Warianty pomiarów

Lp.	Opis	Czas trwania pomiaru
1	Jeden pełny dzień roboczy uznawany za miarodajny (wtorek, środa, czwartek) lub inny dzień roboczy wskazany przez Zamawiającego (poniedziałek, piątek)	24 h
2	Dwa pełne dni robocze uznawane za miarodajne (wtorek, środa, czwartek) lub inne dni robocze wskazane przez Zamawiającego lub zgodnie z punktem 2.14. OPZ	48 h
3	Trzy pełne dni robocze uznawane za miarodajne (wtorek, środa, czwartek) lub inne dni robocze wskazane przez Zamawiającego	72 h
4	Cztery pełne dni robocze (poniedziałek, wtorek, środa, czwartek, piątek)	96 h
5	Pięć pełnych dni roboczych (poniedziałek, wtorek, środa, czwartek, piątek)	120 h
6	Dwa pełne dni wolne od pracy (sobota, niedziela lub inne dni ustawowo wolne od pracy)	48 h
7	Pięć pełnych dni roboczych oraz jeden pełny dzień wolny od pracy (poniedziałek, wtorek, środa, czwartek, piątek, sobota, niedziela lub inne dni ustawowo wolne od pracy)	144 h
8	Pięć pełnych dni roboczych oraz dwa pełne dni wolne od pracy (poniedziałek, wtorek, środa, czwartek, piątek, sobota, niedziela lub inne dni ustawowo wolne od pracy)	168 h

Na rysunku 11 został przedstawiony skumulowany wykres obrazujący postęp realizacji zadania i liczbę zarejestrowanych pojazdów objętych analizą w kolejnych miesiącach lat 2017-2022.



Rysunek 11. Skumulowana liczba zarejestrowanych pojazdów w kolejnych miesiącach w latach 2017-2022

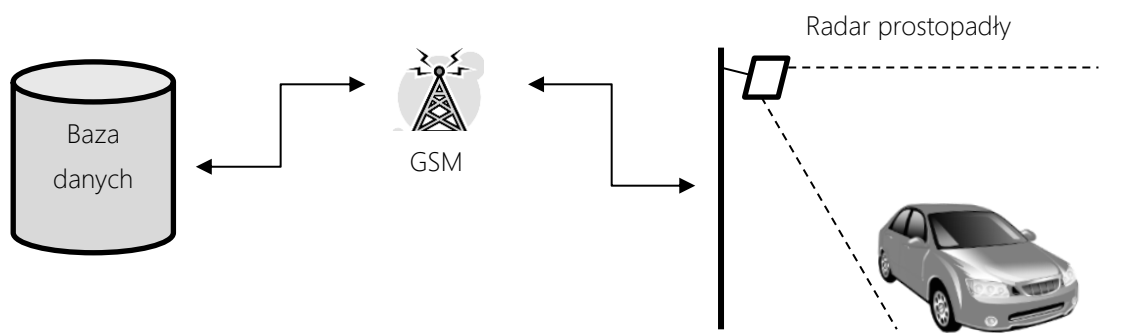
Od 2017 roku zrealizowano łącznie 475 pomiarów. Podział punktów między dzielnice i lata realizacji przedstawiono w tabeli 2.

Tabela 2. Liczba pomiarów zrealizowanych w poszczególnych dzielnicach w latach 2017-2022

Dzielnica	Liczba pomiarów					
	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Bemowo	5	5	9	3	4	3
Białołęka	9	7	5	12	9	8
Bielany	4	10	9	3	5	2
Mokotów	4	12	7	3	6	7
Ochota	2	2	5	3	1	6
Praga-Południe	9	8	3	4	2	3
Praga-Północ	2	1	2	1	4	4
Rembertów	0	1	5	5	7	1
Śródmieście	6	10	3	4	10	4
Targówek	0	5	5	6	4	7
Ursus	0	4	9	4	5	2
Ursynów	5	2	7	2	3	9
Wawer	0	4	12	4	3	4
Wesoła	0	1	1	4	2	2
Wilanów	2	3	3	1	3	2
Włochy	0	5	8	1	4	1
Wola	7	2	5	5	15	1
Żoliborz	6	8	4	0	1	3
Suma pomiarów na terenie m. st. Warszawy	61	90	102	65	88	69

4 Metoda pomiaru

Dane zbierane były w trybie „pojazd za pojazdem” i na bieżąco przesyłane na serwer wykonawcy. Dzięki temu zapewniona została ciągła kontrola nad pracą urządzeń pomiarowych. Operator nadzorujący pracę urządzeń pomiarowych miał nieprzerwany podgląd wszystkich parametrów zbieranych przez system, co znacząco wpłynęło na efektywność i dokładność zbieranych danych. Na rysunku 12 przedstawiono schemat systemu pomiarowego.



Rysunek 12. Poglądowy schemat systemu pomiarowego

Podstawowym elementem systemu pomiarowego jest radar prostopadły 24 GHz z modulowaną częstotliwościowo falą ciągłą. Instalowany na maszcie wolnostojącym pozwala na prowadzenie pomiarów bez konieczności instalowania czujników pomiarowych w lub na jezdni, a więc bez ingerencji w konstrukcję nawierzchni. System ten jest w pełni niezależny od infrastruktury istniejącej w danym punkcie. Ponadto dzięki obserwacji pasów ruchu z góry w znaczący sposób ograniczono efekt „gubienia” pojazdów zmieniających pas ruchu. Dokładność wykonywanych pomiarów jest wynikiem wykorzystanej technologii podwójnej wiązki radarowej. W rezultacie ustalenie prędkości każdego przejeżdżającego pojazdu odbywa się na zasadach znanych z technologii pętli indukcyjnych i węży pneumatycznych, tzn. pomiaru opóźnienia pomiędzy dwiema wiązkami.

Podstawowymi parametrami rejestrowanymi przez system pomiarowy są:

- prędkość chwilowa,
- czas rejestracji pojazdu w przekroju pomiarowym w milisekundach,
- długość pojazdu,
- pas ruchu,
- kierunek ruchu,
- klasa pojazdu (ze względu na długość).

Znak czasu jest określany z dokładnością do jednej milisekundy, co w procesie post-produkcji pozwala na określenie odstępów niebezpiecznych, a także na rozróżnienie pojazdów poruszających się w ruchu swobodnym oraz w kolejce pojazdów. Jako kryterium wyodrębniania pojazdów poruszających się w ruchu swobodnym przyjęto odstęp **5 sekund** występujący pomiędzy pojazdami.

Zmierzona długość pojazdów posłużyła do dokonania podziału na pięć klas pojazdów:

1. motocykle i rowery,
2. samochody osobowe,
3. samochody dostawcze,
4. pojazdy ciężkie,
5. pojazdy ciężkie z przyczepą oraz autobusy.

Dodatkowo w analizie zebranych danych wykorzystano agregację danych do dwóch kategorii pojazdów – lekkich (klasy pojazdów od 1 do 3) i ciężkich (klasy 4 oraz 5).

5 Analizowane parametry ruchu

W ramach szczegółowych zestawień określono następujące parametry ruchu:

- N – liczba pojazdów ogółem (P/h),
- N_C – liczba pojazdów ciężkich (P/h),
- N_L – liczba pojazdów lekkich (P/h),
- N_{SW} – liczba pojazdów w ruchu swobodnym² (P/h),
- $N_{V_{dop}}$ – liczba pojazdów przekraczających dopuszczalną prędkość (P/h),
- $N_{V_{dop}+10}$ – liczba pojazdów przekraczających dopuszczalną prędkość o ponad 10 km/h (P/h),
- S – odchylenie standardowe prędkości (km/h),
- U_C – udział pojazdów ciężkich (%),
- U_{ONB} – udział pojazdów poruszających się z odstępami niebezpiecznymi³ (%),
- U_{SW} – udział ruchu swobodnego² (%),
- $U_{V_{dop}}$ – udział pojazdów przekraczających dopuszczalną prędkość (%),
- $U_{V_{dop}+10}$ – udział pojazdów przekraczających dopuszczalną prędkość o ponad 10 km/h (%),
- V_{15} – 15% kwantyl prędkości (km/h),
- V_{85} – 85% kwantyl prędkości (km/h),
- V_{95} – 95% kwantyl prędkości (km/h),
- V_m – mediana prędkości (km/h),
- V_{SR} – prędkość średnia (km/h),
- W_{ZV} – wskaźnik zmienności prędkości⁴.

² Jako kryterium wyodrębniania pojazdów poruszających się w ruchu swobodnym przyjęto odstęp 5 sekund występujący pomiędzy pojazdami.

³ Patrz punkt 5.1

⁴ Patrz punkt 5.2

5.1 Odstępy niebezpieczne

W opracowaniu poddano parametr ruchu określający udział pojazdów poruszających się w niebezpiecznej odległości. Za odstępy niebezpieczne uznano takie, które uniemożliwiają w krytycznych sytuacjach (gwałtowne hamowanie poprzedzającego pojazdu) zatrzymanie pojazdu bez najechania na pojazd poprzedzający.

Graniczne wartości odstępów niebezpiecznych zostały obliczone według poniższego wzoru:

$$\Delta t_{kryt} = \frac{V_2^2}{7,2 \cdot V_1 \cdot (a_2 + g \cdot i)} - \frac{V_1}{7,2 \cdot (a_1 + g \cdot i)} + \frac{V_2}{V_1} \cdot t_r + \frac{3,6 \cdot l_p}{V_1} [s]^5$$

gdzie:

Δt_{kryt} – to odstęp krytyczny między pojazdami [s],

V_1 – prędkość pojazdu poruszającego się z przodu analizowanej pary [km/h],

V_2 – prędkość pojazdu poruszającego się z tyłu analizowanej pary [km/h],

a_1 – opóźnienie przy hamowaniu pojazdu poruszającego się z przodu analizowanej pary [m/s²],

a_2 – opóźnienie przy hamowaniu pojazdu poruszającego się z tyłu analizowanej pary [m/s²],

g – przyspieszenie ziemskie 9,81 m/s²,

i – pochylenie podłużne odcinka drogi [-],

t_r – czas reakcji kierowcy pojazdu poruszającego się z tyłu analizowanej pary [s],

l_p – długość pojazdu poruszającego się z przodu analizowanej pary [m].

5.2 Wskaźnik zmienności prędkości

W opracowaniu wyznaczono również wartość współczynnika zmienności prędkości. Współczynnik zmienności prędkości jest określony poprzez stosunek odchylenia standardowego prędkości (S) do prędkości średniej (V_{SR}).

Wartości współczynnika zmienności prędkości W_{ZV} zostały obliczone według poniższego wzoru:

$$W_{ZV} = \frac{S}{V_{SR}} [-]$$

Gdzie:

S – odchylenie standardowe prędkości [km/h],

V_{SR} – prędkość średnia [km/h].

⁵ Źródło: "Analyses of headways for assessment of risk rear- end collision" Stanisław Gaca, Mariusz Kieć, Arkadiusz Zielinkiewicz

Spis tabel

Tabela 1. Warianty pomiarów	15
Tabela 2. Liczba pomiarów zrealizowanych w poszczególnych dzielnicach w latach 2017-2022.....	16

Spis rysunków

Rysunek 1. Podsumowanie badań zrealizowanych w 2022 roku	7
Rysunek 2. Udział przekroczeń prędkości dopuszczalnej	8
Rysunek 3. Porównanie wartości kwantylu 85% prędkości	9
Rysunek 4. Porównanie udziału przekroczeń prędkości dopuszczalnej.....	9
Rysunek 5. Porównanie udziału przekroczeń prędkości dopuszczalnej o ponad 10 km/h	10
Rysunek 6. Porównanie udziału ruchu swobodnego	10
Rysunek 7. Kwantyl 85% prędkości w punktach pomiarowych	11
Rysunek 8. Udział przekroczeń prędkości dopuszczalnej w punktach pomiarowych	12
Rysunek 9. Udział przekroczeń prędkości dopuszczalnej o ponad 10 km/h w punktach pomiarowych .	13
Rysunek 10. Udział ruchu swobodnego w punktach pomiarowych	14
Rysunek 11. Skumulowana liczba zarejestrowanych pojazdów w kolejnych miesiącach w latach 2017-2022	16
Rysunek 12. Poglądowy schemat systemu pomiarowego.....	17