



Politechnika Krakowska
im. Tadeusza Kościuszki

**Instytut Pojazdów
Samochodowych
i Silników Spalinowych
Katedra Silników Spalinowych**

RAPORT
z przeprowadzenia prac badawczych projektu
pt. „Zlecenie przygotowania danych o strukturze floty pojazdów
w Krakowie wraz z danymi o emisji z pojazdów”

Zleceniodawca:

GMINA MIEJSKA KRAKÓW – Urząd Miasta Krakowa z siedzibą władz w Krakowie
przy pl. Wszystkich Świętych 3 – 4

Wykonawca:

Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki w Krakowie
31-155 Kraków ul. Warszawska 24

Umowa Nr **W/I/3840/GK/21/2016** z dnia 7 listopada 2016 roku

Kraków, listopad 2016.



Dzieło jest realizowane w ramach projektu zintegrowanego LIFE w zakresie wdrażania Programu ochrony powietrza dla województwa małopolskiego – Małopolska w zdrowej atmosferze. Projekt współfinansowany jest ze środków instrumentu finansowego LIFE w ramach środków Unii Europejskiej oraz ze środków Wojewódzkiego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej w Krakowie.



Politechnika Krakowska
im. Tadeusza Kościuszki

**Instytut Pojazdów
Samochodowych
i Silników Spalinowych
Katedra Silników Spalinowych**

Zespół badawczy:

dr hab. inż. Marek Brzeżański, prof. PK

dr hab. inż. Jerzy Cisek

mgr inż. Krzysztof Dobaj

mgr Magdalena Kalarus

pracownicy pomocniczy



Dzieło jest realizowane w ramach projektu zintegrowanego LIFE w zakresie wdrażania Programu ochrony powietrza dla województwa małopolskiego – Małopolska w zdrowej atmosferze. Projekt współfinansowany jest ze środków instrumentu finansowego LIFE w ramach środków Unii Europejskiej oraz ze środków Wojewódzkiego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej w Krakowie.



SPIS TREŚCI

1. PODSTAWA REALIZACJI PRACY	4
2. CEL I ZAKRES PRACY	4
3. OPIS METODYKI PROWADZONYCH BADAŃ	6
3.1. Limity emisji toksycznych składników spalin	6
3.2. Modele obliczeniowe emisji toksycznych składników spalin samochodowych	9
3.3. Założenia przyjęte w prowadzonych pomiarach	13
3.4. Sposób prowadzenia pomiarów	15
4. WYNIKI BADAŃ	19
4.1. Oszacowanie błędu pomiarowego	19
4.2. Prezentacja wyników pomiarów	20
4.3. Wyniki z przeprowadzonej pracy badawczej dotyczącej przygotowania danych o strukturze floty pojazdów w Krakowie wraz z danymi o emisji z pojazdów	21
5. ZAŁĄCZNIKI	24



Dzieło jest realizowane w ramach projektu zintegrowanego LIFE w zakresie wdrażania Programu ochrony powietrza dla województwa małopolskiego – Małopolska w zdrowej atmosferze. Projekt współfinansowany jest ze środków instrumentu finansowego LIFE w ramach środków Unii Europejskiej oraz ze środków Wojewódzkiego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej w Krakowie.



1. PODSTAWA REALIZACJI PRACY

Podstawę wykonanej pracy stanowiła umowa nr M-4/707/2016/P, o realizację projektu badawczego pt. „Zlecenie przygotowania danych o strukturze floty pojazdów w Krakowie wraz z danymi o emisji z pojazdów”, zawarta między **GMINĄ MIEJSKĄ KRAKÓW – Urzędem Miasta Krakowa** z siedzibą władz w Krakowie przy pl. Wszystkich Świętych 3 – 4, reprezentowaną przez Wacława Skubidę – Dyrektora Wydziału Gospodarki Komunalnej Urzędu Miasta Krakowa, a **Politechniką Krakowską im. Tadeusza Kościuszki** z siedzibą w Krakowie przy ul. Warszawskiej 24, reprezentowaną na mocy pełnomocnictwa JM Rektora przez Annę Baś – Kierownika Działu Badań Naukowych.

2. CEL I ZAKRES PRACY

Dzieło wykonywane w ramach projektu zintegrowanego LIFE pn.: „Wdrażanie Programu ochrony powietrza dla województwa małopolskiego – Małopolska w zdrowej atmosferze” ma stanowić jeden z elementów składowych, niezbędnych do planowanego opracowania oprogramowania do modelowania emisji komunikacyjnych w Krakowie, w ramach realizacji przedmiotowego projektu. Zakres pracy realizowanej przez Politechnikę Krakowską obejmował:

- 1) Prace przygotowawcze – szkolenie osób wykonywających pomiar,
- 2) Terenowe badania pomiarowe w celu określenia kategorii emisji spalin poszczególnych grup pojazdów poruszających się ulicami Krakowa wraz z wyliczeniem średniej prędkości ruchu pojazdów,
- 3) Przetworzenie bezpośrednich wyników badań i przygotowanie raportu końcowego.

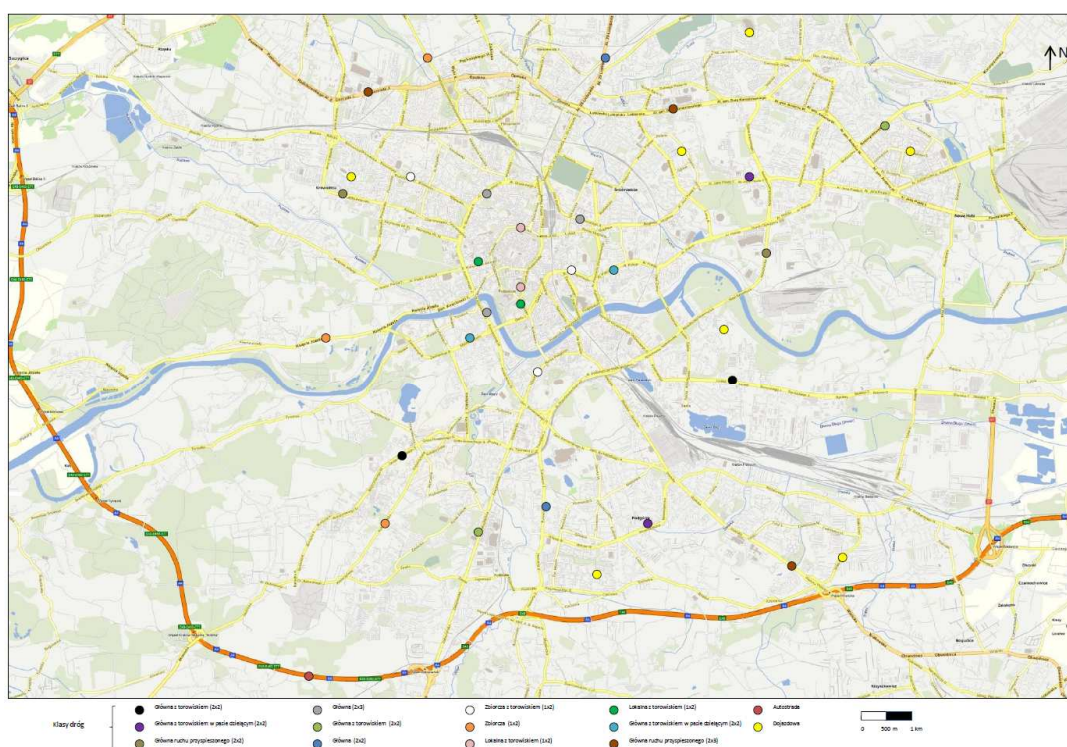
Zakres terytorialny badania: Gmina Miejska Kraków w granicach administracyjnych. Wielkość próby badawczej oraz lokalizacje punktów pomiarowych podane zostały na rysunku nr 2.1 oraz nr 2.2.



Dzieło jest realizowane w ramach projektu zintegrowanego LIFE w zakresie wdrażania Programu ochrony powietrza dla województwa małopolskiego – Małopolska w zdrowej atmosferze. Projekt współfinansowany jest ze środków instrumentu finansowego LIFE w ramach środków Unii Europejskiej oraz ze środków Wojewódzkiego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej w Krakowie.



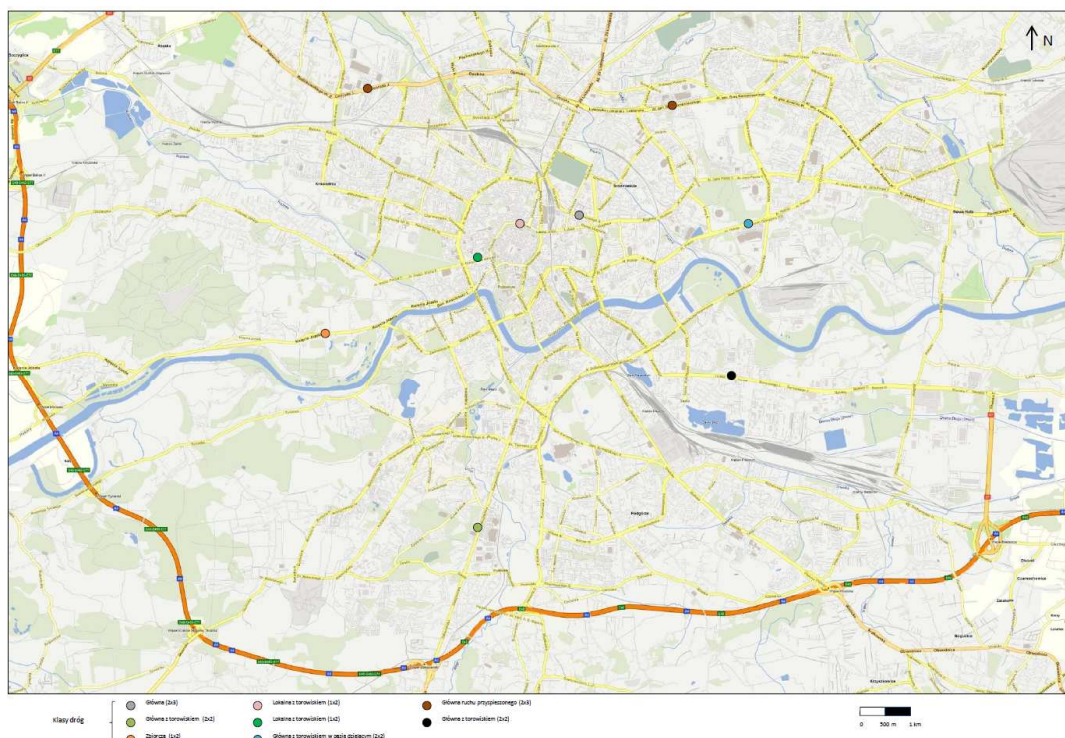
Terenowe badania pomiarowe przeprowadzono 15 listopada (wtorek) i 17 listopada (czwartek) 2016 roku w okresie szczytu porannego (7:00-7:30 i 8:00-8:30) oraz w okresie szczytu popołudniowego (15:30-16:00 i 16:30-17:00), zgodnie z lokalizacją punktów pomiarowych, które przedstawia rysunek nr 2.1. W niedzielę - 20 listopada 2016 r., na wybranych ulicach, wskazanych na rysunku nr 2.2, pomiar wykonano w godzinach: 10:00-10:30 i 11:00-11:30 oraz 17:00-17:30 i 18:00-18:30.



Rys.2.1. Lokalizacja punktów pomiarowych dla pomiarów realizowanych we wtorek 15 listopada i w czwartek 17 listopada 2016 roku



Dzieło jest realizowane w ramach projektu zintegrowanego LIFE w zakresie wdrażania Programu ochrony powietrza dla województwa małopolskiego – Małopolska w zdrowej atmosferze. Projekt współfinansowany jest ze środków instrumentu finansowego LIFE w ramach środków Unii Europejskiej oraz ze środków Wojewódzkiego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej w Krakowie.



Rys.2.2. Lokalizacja punktów pomiarowych dla pomiarów realizowanych w niedzielę 20 listopada 2016 roku

3. OPIS METODYKI PROWADZONYCH BADAŃ

3.1. Limity emisji toksycznych składników spalin

Nowe pojazdy samochodowe dopuszczane po raz pierwszy do ruchu muszą spełniać określone wymagania homologacyjne, wśród których najważniejszą pozycję zajmują przepisy dotyczące dopuszczalnej wielkości emisji toksycznych składników spalin. Obowiązujące obecnie w Europie limity emisji dla pojazdów o masie do 3,5 T są weryfikowane podczas realizacji cyklu jezdny (ECE15 + EUDC), symulowanego na hamowni podwoziowej (rys.3.1). Dla pojazdów o masie powyżej 3,5 T spełnienie limitów



Dzieło jest realizowane w ramach projektu zintegrowanego LIFE w zakresie wdrażania Programu ochrony powietrza dla województwa małopolskiego – Małopolska w zdrowej atmosferze. Projekt współfinansowany jest ze środków instrumentu finansowego LIFE w ramach środków Unii Europejskiej oraz ze środków Wojewódzkiego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej w Krakowie.



emisji badane jest podczas realizacji specjalnych testów, którym są poddawane silniki tych pojazdów na hamowni silnikowej (testy ESC, ELR, ETC) (rys. 3.2).

Limity emisji szkodliwych składników spalin dla pojazdów osobowych Europy							
Norma	Data	CO	HC	HC+NOx	NOx	PM	PN
g/km							#/km
Silniki ZS							
Euro 1	1992.07	2.72	-	0.97	-	0.14	-
Euro 2	1996.01	1.0	-	0.7	-	0.08	-
IDI							
Euro 2	1996.01 ^a	1.0	-	0.9	-	0.10	-
DI							
Euro 3	2000.01	0.64	-	0.56	0.50	0.05	-
Euro 4	2005.01	0.50	-	0.30	0.25	0.025	-
Euro	2009.09	0.50	-	0.23	0.18	0.005	-
5a							
Euro	2011.09	0.50	-	0.23	0.18	0.005	6.0
5b							×10¹¹
Euro 6	2014.09	0.50	-	0.17	0.08	0.005	6.0
							×10
Silniki ZI							
Euro 1	1992.07	2.72	-	0.97	-	-	-
Euro 2	1996.01	2.2	-	0.5	-	-	-
Euro 3	2000.01	2.30	0.20	-	0.15	-	-
Euro 4	2005.01	1.0	0.10	-	0.08	-	-
Euro 5	2009.09 ^b	1.0	0.10	-	0.06	0.005	-
Euro 6	2014.09	1.0	0.10	-	0.06	0.005	6.0
							×10¹¹

Rys. 3.1. Limity emisji toksycznych składników spalin dla pojazdów o masie do 3,5 T



Dzieło jest realizowane w ramach projektu zintegrowanego LIFE w zakresie wdrażania Programu ochrony powietrza dla województwa małopolskiego – Małopolska w zdrowej atmosferze. Projekt współfinansowany jest ze środków instrumentu finansowego LIFE w ramach środków Unii Europejskiej oraz ze środków Wojewódzkiego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej w Krakowie.



Limity emisji szkodliwych składników spalin dla silników pojazdów ciężarowych w testach statycznych								
Norma	Data	Test	CO	HC	NOx	PM	PN	Zadymienie
			g/kWh				1/kWh	1/m
EURO I	1992, ≤ 85 kW	ECE R-49	4.5	1.1	8.0	0.612		
	1992, > 85 kW		4.5	1.1	8.0	0.36		
EURO II	1996.10		4.0	1.1	7.0	0.25		
	1998.10		4.0	1.1	7.0	0.15		
EURO III	1999.10 EEV	ESC & ELR	1.5	0.25	2.0	0.02		0.15
	2000.10		2.1	0.66	5.0	0.10 ^a		0.8
EURO IV	2005.10		1.5	0.46	3.5	0.02		0.5
EURO V	2008.10		1.5	0.46	2.0	0.02		0.5
EURO VI	2013.01	WHSC	1.5	0.13	0.40	0.01	8.0 ×10 ¹¹	

a – PM = 0.13 g/kWh dla silników o pojemności skokowej < 0.75 dm³ na cylinder oraz prędkości znamionowej > 3000 min⁻¹

Rys. 3.2. Limity emisji toksycznych składników spalin dla pojazdów o masie powyżej 3,5 T

Obowiązywanie poszczególnych limitów emisji określone jest datą, od której wszystkie, wprowadzane po raz pierwszy do produkcji pojazdy muszą spełniać podane warunki. Inne pojazdy, które uzyskały świadectwo homologacji przed datą wprowadzenia danego limitu emisji, mogą być bez zmian produkowane jeszcze przez kolejny rok, w trakcie którego powinny zostać przystosowane do nowego limitu emisji. Ponadto pojazdy już wyprodukowane, które w danym roku nie znalazły nabywców, mogą być sprzedawane w kolejnych latach na podstawie indywidualnych zezwoleń. Taki sposób wprowadzania kolejnych limitów emisji nie pozwala na jednoznaczne określenie daty, z którą wszystkie



Dzieło jest realizowane w ramach projektu zintegrowanego LIFE w zakresie wdrażania Programu ochrony powietrza dla województwa małopolskiego – Małopolska w zdrowej atmosferze. Projekt współfinansowany jest ze środków instrumentu finansowego LIFE w ramach środków Unii Europejskiej oraz ze środków Wojewódzkiego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej w Krakowie.



produkowane pojazdy spełniają jeden limit. W związku z powyższym używanie do modeli obliczeniowych danych o emisji, określanych na podstawie daty dopuszczenia pojazdu do ruchu, obarczone jest określonym błędem.

3.2. Modele obliczeniowe emisji toksycznych składników spalin samochodowych

W krajach Unii Europejskiej pierwsze prace dotyczące stworzenia systemu zdefiniowania i obliczenia wielkości emisji toksycznych substancji zawartych w powietrzu podjęto w 1985 roku tworząc w Europejskiej Agencji Ochrony Środowiska program CORINAIR (Coordination d'Information Environmental). W ramach tych działań powstał program o nazwie COPERT, którego zadaniem było gromadzenie danych i prognozowanie emisji toksycznych składników spalin pochodzących z transportu drogowego. System ten opracowany został przez specjalnie powołaną grupę specjalistów Unii Europejskiej (Corinair Working Group on Emission Factor for Calculating Emission from Road Traffic).

Program COPERT może być wykorzystywany do obliczania emisji komunikacyjnej pochodzącej z różnego typu sieci dróg. Uwzględnia on także różne przypadki eksploatacji pojazdu: tzw. emisję gorącą (*hot emissions*) pochodzącą z pojazdów w ruchu, gdzie przyjmuje się, że silnik jest rozgrzany i pracuje optymalnie, a także emisję zimną (*cold-start emissions*) pojawiającą się podczas rozruchu i nagrzewania silnika. W modelu i programie zwraca się uwagę na duży udział tej części emisji zwłaszcza w okresie zimowym, gdy temperatura powietrza jest niska, co powoduje problemy z rozruchem silnika. Ostatnia grupa to emisja parowania różnego typu lotnych węglowodorów, pojawiająca się w trakcie eksploatacji pojazdów.

Program COPERT jest stale aktualizowany a obecnie jest dostępna już piąta jego wersja oraz kolejna aktualizacja 5.0 1067 opublikowana w październiku 2016 roku.



Dzieło jest realizowane w ramach projektu zintegrowanego LIFE w zakresie wdrażania Programu ochrony powietrza dla województwa małopolskiego – Małopolska w zdrowej atmosferze. Projekt współfinansowany jest ze środków instrumentu finansowego LIFE w ramach środków Unii Europejskiej oraz ze środków Wojewódzkiego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej w Krakowie.



W tym programie zawarty jest bardzo szczegółowy podział pojazdów z uwzględnieniem parametrów wpływających na wielkość emisji. System ten zawiera wszystkie wymagane parametry i pozwala na bezpośrednie, wygodne ich przekazywanie do ogólnego programu prognozowania emisji CORINAIR. Czynniki decydującymi o przynależności pojazdu do danej grupy są między innymi: wielkość i rodzaj pojazdu oraz silnika, cechy konstrukcyjne mające wpływ na wielkość emisji, rodzaj normy dotyczącej toksyczności i obowiązującej w czasie dopuszczenia pojazdu do ruchu, obszar stosowania danego pojazdu, a także zakres i sposób przeprowadzania okresowych badań emisji.

O wiarygodności wyników obliczeń emisji w znacznej mierze decyduje zawartość baz danych dotyczących parku samochodowego, rocznych przebiegów pojazdów, sumarycznego zużycia paliwa, czy też dotyczących sieci dróg w poszczególnych państwach biorących udział w projekcie.

Ogólna klasyfikacja stosowana w systemie COPERTE obejmuje następujące grupy pojazdów:

Grupa I - samochody osobowe z silnikami ZI (zapłon iskrowy) o objętości skokowej $V_{SS} < 1,4 \text{ dm}^3$,

Grupa II - samochody osobowe z silnikami ZI o obj. skokowej $1,4 \text{ dm}^3 < V_{SS} < 2,0 \text{ dm}^3$,

Grupa III - samochody osobowe z silnikami ZI o objętości skokowej $V_{SS} > 2,0 \text{ dm}^3$.

Grupa IV - samochody osobowe z silnikami ZS:

a) o objętości skokowej $V_{SS} < 2,0 \text{ dm}^3$,

b) o objętości skokowej $V_{SS} > 2,0 \text{ dm}^3$,

Grupa V - samochody osobowe wyposażone w silniki zasilane gazem propan-butan (LPG).

Grupa VI - samochody osobowe wyposażone w silniki 2-suwowe.

Grupa VII - samochody dostawcze i mikrobusy o dopuszczalnej masie całkowitej do 3,5 t:



Dzieło jest realizowane w ramach projektu zintegrowanego LIFE w zakresie wdrażania Programu ochrony powietrza dla województwa małopolskiego – Małopolska w zdrowej atmosferze. Projekt współfinansowany jest ze środków instrumentu finansowego LIFE w ramach środków Unii Europejskiej oraz ze środków Wojewódzkiego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej w Krakowie.



- a) wyposażone w silniki ZI,
- b) wyposażone w silniki ZS.

Grupa VIII - samochody ciężarowe i autobusy:

- a) o dopuszczalnej masie całkowitej większej niż 3,5 t i wyposażone w silniki ZI,
- b) o dopuszczalnej masie całkowitej od 3,5 t do 16 t i wyposażone w silniki ZS,
- c) o dopuszczalnej masie całkowitej większej niż 16 t i wyposażone w silniki ZS.

Grupa IX - motocykle wyposażone w silniki:

- a) o objętości skokowej $V_{ss} < 50 \text{ cm}^3$,
- b) o objętości skokowej $V_{ss} > 50 \text{ cm}^3$ 2-suwowe,
- c) o objętości skokowej $V_{ss} > 50 \text{ cm}^3$ 4-suwowe.

Grupa X - pojazdy terenowe wykorzystywane w:

- a) rolnictwie,
- b) leśnictwie,
- c) przemyśle,
- d) wojsku.

Każda z wymienionych grup pojazdów jest przyporządkowana do kategorii emisji, co wynika z przepisów homologacyjnych. Poniżej przykładowo przedstawiono kategorie emisji, które dotyczą samochodów osobowych, wyposażonych w silniki o zapłonie iskrowym:

- a) z okresu przed wprowadzeniem norm ECE, pojazdy wyprodukowane do 1971 r.,
- b) normy ECE 15/00 i normy ECE 15/01, pojazdy wyprodukowane w latach 1972-1977 r.,
- c) normy ECE 15/02, pojazdy wyprodukowane w latach 1978-1980 r.,
- d) normy ECE 15/03, pojazdy wyprodukowane w latach 1981-1985 r.,



Dzieło jest realizowane w ramach projektu zintegrowanego LIFE w zakresie wdrażania Programu ochrony powietrza dla województwa małopolskiego – Małopolska w zdrowej atmosferze. Projekt współfinansowany jest ze środków instrumentu finansowego LIFE w ramach środków Unii Europejskiej oraz ze środków Wojewódzkiego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej w Krakowie.



- e) normy ECE 15/04, pojazdy wyprodukowane w latach 1985-1992 r.,
- f) dla silników o zmniejszonej emisji, wyprodukowane w latach 1985-1986,
- g) dla pojazdów wyposażonych w reaktor katalityczny utleniająco-redukujący pracujący w pętli otwartej bez sondy λ , pojazdy wyprodukowane w latach 1985-1992 r.,
- h) EURO I – pojazdy wyprodukowane w latach 1992-1996 r.,
- i) EURO II – pojazdy wyprodukowane w latach 1996-2000 r.,
- j) EURO III – pojazdy wyprodukowane w latach 2000-2005 r.,
- k) EURO IV – pojazdy wyprodukowane w latach 2005-2009 r.,
- l) EURO V – pojazdy wyprodukowane w latach 2009-2013 r.,
- m) EURO VI – pojazdy produkowane od roku 2014.

System COPERT podlega ciągłej weryfikacji i udoskonaleniu. Dla największej grupy pojazdów, jakimi są bez wątpienia samochody osobowe wielkość emisji toksycznych składników spalin tj. CO, CH, NO_x i cząstek stałych PM wyrażona jest obecnie w postaci wielomianów, pozwalających na obliczenie emisji w g/km w funkcji średniej prędkości poruszania się pojazdu. We wcześniejszych latach przyjmowane były stałe wartości określające wielkość emisji dla ruchu miejskiego, podmiejskiego lub podczas jazdy po autostradzie. Sposób ten stosowany jest nadal w odniesieniu do innych grup pojazdów. Ponadto dla każdej z grup zostały opracowane funkcje określające średnie zużycia paliwa w zależności od rozwijanej prędkości lub też przyjmuje się stałą wartość zużycia paliwa charakterystyczną dla danego typu ruchu.

Podane formuły określające współczynniki emisji podlegają ciągłej weryfikacji odnosząc się przy tym do zmian zachodzących w technice pojazdowej i w warunkach ruchu drogowego, czyniąc stale aktualną tematykę współczynników emisji.



Dzieło jest realizowane w ramach projektu zintegrowanego LIFE w zakresie wdrażania Programu ochrony powietrza dla województwa małopolskiego – Małopolska w zdrowej atmosferze. Projekt współfinansowany jest ze środków instrumentu finansowego LIFE w ramach środków Unii Europejskiej oraz ze środków Wojewódzkiego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej w Krakowie.



Dokładność uzyskanego wyniku końcowego obliczeń emisji uzależniona jest w największym stopniu od liczby parametrów niezależnych użytych w programie obliczeniowym, a dotyczących parku samochodowego i ruchu drogowego.

3.3. Założenia przyjęte w prowadzonych pomiarach

Ze względu na szereg ograniczeń dotyczących realizowanego projektu przyjęto szereg założeń umożliwiających wykonanie postawionych zadań.

Pierwszym założeniem był wybór miejsca i czasu przeprowadzania pomiarów strumieni ruchu w sieci drogowej Krakowa. Zgodnie z wytycznymi Zlecniodawcy pomiary wykonano w wyznaczonych miejscach obejmujących cały obszar miasta Krakowa i uwzględniających różną specyfikę ruchu drogowego na wybranych odcinkach dróg. Uwzględniono przy tym każdy typ i rodzaj dróg występujących na terenie Krakowa zarówno pod względem budowy drogi, jak i obciążenia ruchem drogowym, tak, aby otrzymane wyniki pomiarów mogły stanowić podstawę do oszacowania wielkości i specyfiki ruchu drogowego na całym obszarze miasta.

Pomiary przeprowadzono w ciągu dwóch, wybranych dni powszednich (wtorek 15 listopada i czwartek 17 listopada 2016 roku) oraz w niedzielę - 20 listopada 2016 r.

Pomiary prowadzono w czasie porannego szczytu komunikacyjnego w godz. 7:00-7:30 i 8:00-8:30 oraz w okresie szczytu popołudniowego w godz. 15:30-16:00 i 16:30-17:00.

Ze względu na ograniczenia wynikające z przyjętej metody pomiarowej opracowano system identyfikacji pojazdów, który odpowiadał możliwościom pomiarowym i gwarantował uzyskanie wyników o wymaganej dokładności. W tym celu wprowadzono uproszczony system identyfikacji pojazdów, który obejmował następujące grupy:



Dzieło jest realizowane w ramach projektu zintegrowanego LIFE w zakresie wdrażania Programu ochrony powietrza dla województwa małopolskiego – Małopolska w zdrowej atmosferze. Projekt współfinansowany jest ze środków instrumentu finansowego LIFE w ramach środków Unii Europejskiej oraz ze środków Wojewódzkiego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej w Krakowie.



Grupa I – samochody osobowe wyposażone w silniki ZI wyprodukowane przed 1992 rokiem, odpowiadające kategorii emisji przed wprowadzeniem norm Euro, proponowane przyjęcie wskaźników emisji jak dla Euro 0,

Grupa II – samochody osobowe wyposażone w silniki ZI wyprodukowane w latach 1992-2009, odpowiadające kategorii emisji Euro 1, Euro 2, Euro 3 i Euro 4, proponowane przyjęcie wskaźników emisji jak dla Euro 3,

Grupa III – samochody osobowe wyposażone w silniki ZI wyprodukowane od roku 2010, odpowiadające kategorii emisji Euro 5 i Euro 6, proponowane przyjęcie wskaźników emisji jak dla Euro 5,

Grupa IV – samochody osobowe wyposażone w silniki ZS wyprodukowane przed 1992 rokiem, odpowiadające kategorii emisji przed wprowadzeniem norm Euro, proponowane przyjęcie wskaźników emisji jak dla Euro 0,

Grupa V – samochody osobowe wyposażone w silniki ZS wyprodukowane w latach 1992-2009, odpowiadające kategorii emisji Euro 1, Euro 2, Euro 3 i Euro 4, proponowane przyjęcie wskaźników emisji jak dla Euro 3,

Grupa VI – samochody osobowe wyposażone w silniki ZS wyprodukowane od roku 2010, odpowiadające kategorii emisji Euro 5 i Euro 6, proponowane przyjęcie wskaźników emisji jak dla Euro 5,

Grupa VII – samochody dostawcze i tzw. busy wyprodukowane w do roku 2009, odpowiadające kategorii emisji przed wprowadzeniem norm Euro do normy Euro 4, zakłada się, że te pojazdy są wyposażone w silniki ZS bez filtra cząstek stałych, proponowane przyjęcie wskaźników emisji jak dla Euro 3,

Grupa VIII – samochody dostawcze i tzw. busy wyprodukowane od roku 2010, odpowiadające kategorii emisji Euro 5 i Euro 6, zakłada się, że te pojazdy są wyposażone w silniki ZS z filtrem cząstek stałych, proponowane przyjęcie wskaźników emisji jak dla Euro 5,



Dzieło jest realizowane w ramach projektu zintegrowanego LIFE w zakresie wdrażania Programu ochrony powietrza dla województwa małopolskiego – Małopolska w zdrowej atmosferze. Projekt współfinansowany jest ze środków instrumentu finansowego LIFE w ramach środków Unii Europejskiej oraz ze środków Wojewódzkiego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej w Krakowie.



Grupa IX – samochody ciężarowe i autobusy wyprodukowane w do roku 2009, odpowiadające kategorii emisji przed wprowadzeniem norm EURO do normy EURO IV, zakłada się, że te pojazdy są wyposażone w silniki ZS bez filtra cząstek stałych, proponowane przyjęcie wskaźników emisji jak dla EURO III,

Grupa X – samochody ciężarowe i autobusy wyprodukowane od roku 2010, odpowiadające kategorii emisji EURO V i EURO VI, zakłada się, że te pojazdy są wyposażone w silniki ZS z filtrem cząstek stałych, proponowane przyjęcie wskaźników emisji jak dla EURO V.

Przedstawiony podział, w którym połączono wybrane grupy pojazdów, uwzględnia specyfikę krajowego parku samochodowego, w tym uczestnictwo w ruchu pojazdów o znacznym stopniu wyeksploatowania lub pojazdów z usuniętymi systemami oczyszczania spalin. W niektórych przypadkach łączenie grup pojazdów wynikało z bardzo zbliżonych wartości emisji toksycznych składników spalin, jak np. samochody dostawcze i tzw. busy lub samochody ciężarowe i autobusy.

Pozostałe grupy pojazdów, które są uwzględnione w klasyfikacji COPERT zostały pominięte, ze względu na ich bardzo małą liczbę i sporadyczne uczestnictwo w ruchu drogowym w Krakowie. Dotyczy to m.in. motocykli i motorowerów, które w okresie przeprowadzania pomiarów (okres zimowy) zwykle nie są eksploatowane.

3.4. Sposób prowadzenia pomiarów

W skład zespołów pomiarowych wchodziłi studenci Wydziału Mechanicznego Politechniki Krakowskiej posiadający niezbędną wiedzę techniczną do przeprowadzenia tego typu pomiarów. Podstawę zespołów stanowili studenci studiujący specjalności związane z techniką motoryzacyjną lub transportem, takie jak:

- Budowa i Badanie Pojazdów Samochodowych,
- Eksploatacja Pojazdów Samochodowych,



Dzieło jest realizowane w ramach projektu zintegrowanego LIFE w zakresie wdrażania Programu ochrony powietrza dla województwa małopolskiego – Małopolska w zdrowej atmosferze. Projekt współfinansowany jest ze środków instrumentu finansowego LIFE w ramach środków Unii Europejskiej oraz ze środków Wojewódzkiego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej w Krakowie.



- Silniki Spalinowe,
- Eksploatacja i niezawodność w transporcie,
- Eksploatacja i mechatronika pojazdów samochodowych.

Mają oni wiedzę z zakresu emisji toksycznych składników spalin oraz wiedzę dotyczącą identyfikacji i klasyfikacji pojazdów uczestniczących w ruchu drogowym.

Każdy z zespołów pomiarowych liczył dwie osoby, z których jedna dokonywała identyfikacji i klasyfikacji pojazdów, natomiast druga osoba z zespołu zapisywała wyniki pomiarów w specjalnie opracowanych kartach pomiarowych (rys. 3.3).

W nagłówku karty znajdują się rubryki, do których wpisywane są kolejno:

- Data i godzina pomiaru,
- Lokalizacja punktu pomiarowego,
- Nazwiska członków zespołu pomiarowego,
- Średnia prędkość poruszania się pojazdów w okresie pomiarów.

Zasadnicze rubryki, do których wpisywane są dane pomiarowe opatrzone zostały piktogramami, które ułatwiają szybkie przyporządkowanie pojazdów do danej kategorii.



Dzieło jest realizowane w ramach projektu zintegrowanego LIFE w zakresie wdrażania Programu ochrony powietrza dla województwa małopolskiego – Małopolska w zdrowej atmosferze. Projekt współfinansowany jest ze środków instrumentu finansowego LIFE w ramach środków Unii Europejskiej oraz ze środków Wojewódzkiego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej w Krakowie.



DATA:		LOKALIZACJA		Imię i Nazwisko:		V _{pr} [km/h]
GODZINA:				Imię i Nazwisko:		
KATEGORIA	PIKTOGRAM	☒ 5	☐ 4	☐ 3	☐ 2	☐ 1
SAMOCCHODY OSOBOWE						
Samochód OSOBOWY Euro 0 BENZyna	B E N Z Y N A					
Samochód OSOBOWY Euro 1-4 BENZyna	D I E S E L					
SAMOCCHODY DOSTAWCZE, BUSY						
Samochód DOSTAWCZY, BUS Euro 0 DIESEL						
Samochód DOSTAWCZY, BUS Euro 5-6 DIESEL						
SAMOCCHODY CIĘŻAROWE, AUTOBUSY						
Samochód CIĘŻAROWY AUTOBUS Linowy, MPK Euro 0 DIESEL						
Samochód CIĘŻAROWY AUTOBUS Linowy, MPK Euro 5-6 DIESEL						

Rys. 3.3. Karta pomiarowa

Karty zostały wydrukowane w formacie A3, co ułatwiało zapisywanie wyników w warunkach ograniczonej widoczności podczas porannych i wieczornych pomiarów. W celu



Dzieło jest realizowane w ramach projektu zintegrowanego LIFE w zakresie wdrażania Programu ochrony powietrza dla województwa małopolskiego – Małopolska w zdrowej atmosferze. Projekt współfinansowany jest ze środków instrumentu finansowego LIFE w ramach środków Unii Europejskiej oraz ze środków Wojewódzkiego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej w Krakowie.



ułatwienia zapisu danych karty mocowano do sztywnych podkładek za pomocą sprężynujących klipsów mocujących.

Członkowie wszystkich zespołów pomiarowych uczestniczyli w szkoleniu, prowadzonym przez wykonawców projektu, podczas którego zwrócono uwagę na bezpieczeństwo uczestników pomiarów oraz wyjaśniono zasady pomiarów. Dla celów szkoleniowych opracowano prezentację zawierającą podstawowe zasady prowadzenia badań oraz przykłady, ułatwiające identyfikację pojazdów. Wszyscy uczestnicy pomiarów otrzymali tę prezentację drogą elektroniczną.

Pomiary odbywały się w sekwencjach 60 minutowych, przy czym sam pomiar strumienia ruchu przeprowadzano w czasie 30 min. Pozostałe 30 minut przeznaczone było na zajęcie dogodnej i bezpiecznej pozycji do prowadzenia pomiarów oraz na wykonanie pomiarów niezbędnych do obliczenia średniej prędkości ruchu strumienia pojazdów. Wykonywano to mierząc średni czas przejazdu wybranych pojazdów na odcinku 100 m drogi.

Ze względów bezpieczeństwa wszyscy członkowie zespołów pomiarowych zostali wyposażeni w kamizelki odblaskowe.

W pomiarach odbywających się: 15 listopada (wtorek), 17 listopada (czwartek) oraz 20 listopada (niedziela) uczestniczyło łącznie 149 studentów Wydziału Mechanicznego Politechniki Krakowskiej.

Praca zespołów pomiarowych była wyrywkowo nadzorowana i kontrolowana przez członków zespołu wykonującego projekt oraz ze strony Zleceniodawcy.



Dzieło jest realizowane w ramach projektu zintegrowanego LIFE w zakresie wdrażania Programu ochrony powietrza dla województwa małopolskiego – Małopolska w zdrowej atmosferze. Projekt współfinansowany jest ze środków instrumentu finansowego LIFE w ramach środków Unii Europejskiej oraz ze środków Wojewódzkiego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej w Krakowie.



4. WYNIKI BADAŃ

4.1. Oszacowanie błędu pomiarowego

Każdy pomiar jest obarczony błędem. Oszacowanie emisji toksycznych składników spalin przez pojazdy samochodowe uczestniczące w rzeczywistym ruchu drogowym jest zagadnieniem złożonym, narażonym na powstawanie błędów na każdym etapie procedury pomiarowej i obliczeniowej. Część błędów wynika z wprowadzonych świadomie założeń upraszczających, przyjętych do realizacji projektu.

Należą do nich np.:

- brak uwzględnienia niektórych grup pojazdów uczestniczących w ruchu drogowym,
- połączenie określonych grup pojazdów,
- zaproponowanie wskaźników emisji dla połączonych kategorii pojazdów.

Inne błędy miały charakter przypadkowy i wynikały np.:

- z nieprawidłowej identyfikacji pojazdów, w zakresie przynależności do kategorii emisji oraz określenia typu silnika spalinowego,
- pomyłek wynikających z błędów liczenia pojazdów w strumieniu ruchu drogowego,
- pomyłek wynikających z niewłaściwego szacowania prędkości poruszania się pojazdów.

Ponadto należy mieć na uwadze, że w realizowanym projekcie przewidziano wyłącznie wyrwykowe pomiary obejmujące trzy wybrane dni tygodnia i wybrane przedziały czasu 30 min. w określonych porach dnia. Uzyskane wyniki nie mogą stanowić podstawy do opracowania kompleksowego modelu emisji komunikacyjnej dla obszaru całego miasta, a jedynie były pierwszym krokiem w próbie oszacowania wielkości emisji, jakiej należy się spodziewać.



Dzieło jest realizowane w ramach projektu zintegrowanego LIFE w zakresie wdrażania Programu ochrony powietrza dla województwa małopolskiego – Małopolska w zdrowej atmosferze. Projekt współfinansowany jest ze środków instrumentu finansowego LIFE w ramach środków Unii Europejskiej oraz ze środków Wojewódzkiego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej w Krakowie.



4.2. Prezentacja wyników pomiarów

Wyniki pomiarów, w postaci materiału badawczego, mają formę wypełnionych kart pomiarowych, zawierających wszystkie dane niezbędne do realizacji projektu.

Wyniki z indywidualnych kart pomiarowych zastały wprowadzone do programu Excel według wzorca otrzymanego od Zleceniodawcy.

Efektem końcowym projektu jest przekazanie Zleceniodawcy niniejszego RAPORTU z przeprowadzenia prac badawczych projektu pt. „Zlecenie przygotowania danych o strukturze floty pojazdów w Krakowie wraz z danymi o emisji z pojazdów” oraz arkuszy programu Excel z zawartymi wynikami z badań pomiarowych przeprowadzonych na wybranych ulicach, wskazanych przez Zleceniodawcę w dniach: 15 listopada (wtorek) i 17 listopada (czwartek) 2016 roku w okresie szczytu porannego (7:00-7:30 i 8:00-8:30) oraz w okresie szczytu popołudniowego (15:30-16:00 i 16:30-17:00), a także w niedzielę 20 listopada 2016 r., w godzinach: 10:00-10:30 i 11:00-11:30 oraz 17:00-17:30 i 18:00-18:30.

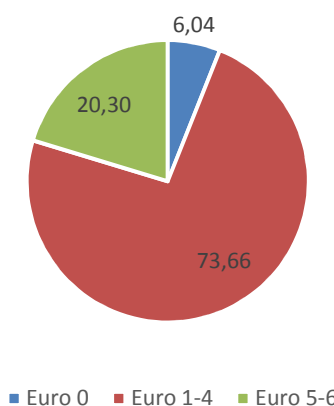


Dzieło jest realizowane w ramach projektu zintegrowanego LIFE w zakresie wdrażania Programu ochrony powietrza dla województwa małopolskiego – Małopolska w zdrowej atmosferze. Projekt współfinansowany jest ze środków instrumentu finansowego LIFE w ramach środków Unii Europejskiej oraz ze środków Wojewódzkiego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej w Krakowie.



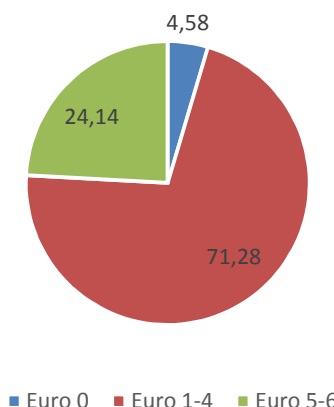
4.3. Wyniki z przeprowadzonej pracy badawczej dotyczącej przygotowania danych o strukturze floty pojazdów w Krakowie wraz z danymi o emisji z pojazdów

Benzyna - samochody osobowe [%]



Rys. 4.1. Podział samochodów osobowych (benzyna) w zależności od posiadanej normy emisji spalin.

Diesel - samochody osobowe [%]



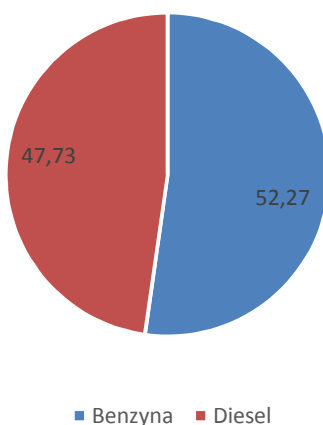
Rys. 4.2. Podział samochodów osobowych (diesel) w zależności od posiadanej normy emisji spalin.



Dzieło jest realizowane w ramach projektu zintegrowanego LIFE w zakresie wdrażania Programu ochrony powietrza dla województwa małopolskiego – Małopolska w zdrowej atmosferze. Projekt współfinansowany jest ze środków instrumentu finansowego LIFE w ramach środków Unii Europejskiej oraz ze środków Wojewódzkiego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej w Krakowie.

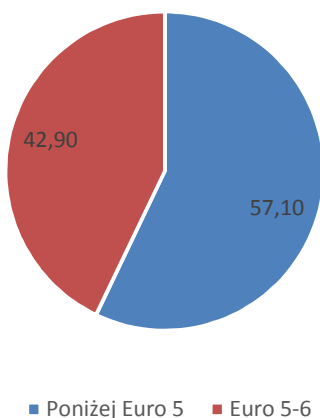


Struktura pojazdów - samochody osobowe [%]



Rys. 4.3. Podział samochodów osobowych ze względu na rodzaj silnika.

Samochody dostawcze [%]



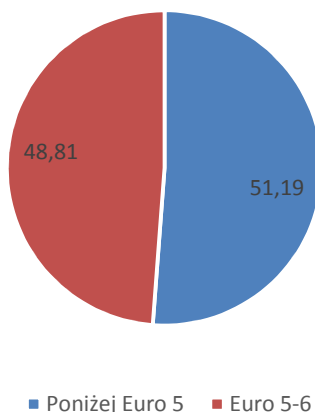
Rys. 4.4. Podział samochodów dostawczych w zależności od posiadanej normy emisji spalin.



Dzieło jest realizowane w ramach projektu zintegrowanego LIFE w zakresie wdrażania Programu ochrony powietrza dla województwa małopolskiego – Małopolska w zdrowej atmosferze. Projekt współfinansowany jest ze środków instrumentu finansowego LIFE w ramach środków Unii Europejskiej oraz ze środków Wojewódzkiego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej w Krakowie.

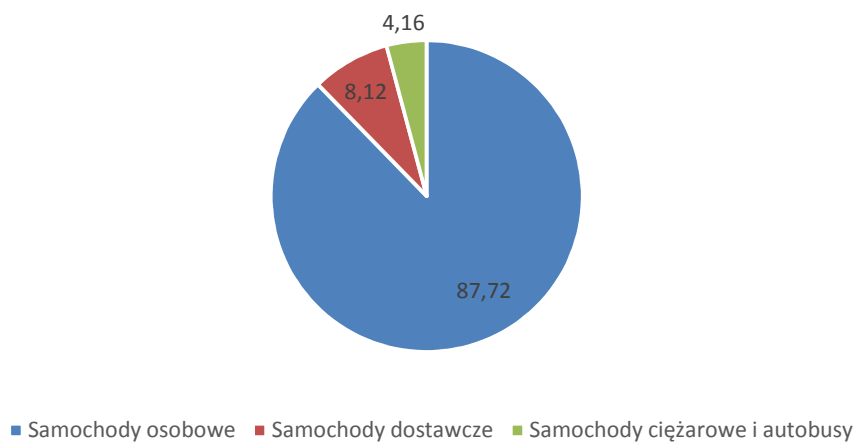


Samochody ciężarowe i autobusy [%]



Rys. 4.5. Podział samochodów ciężarowych i autobusów w zależności od posiadanej normy emisji spalin.

Struktura pojazdów [%]



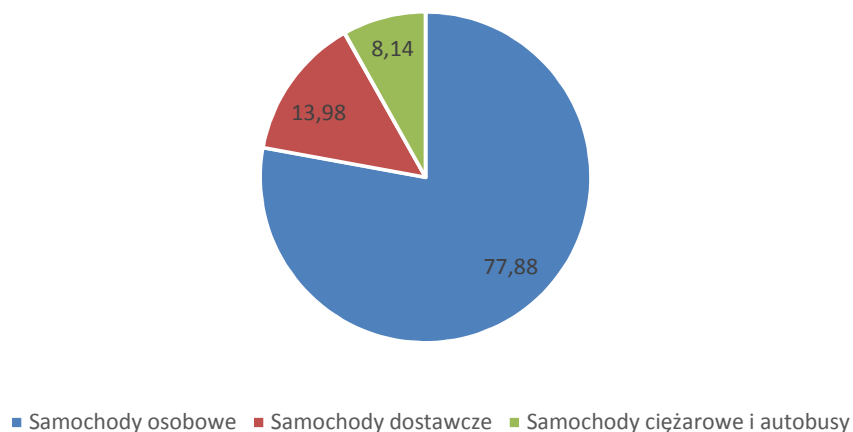
Rys. 4.6. Struktura pojazdów objętych niniejszym badaniem.



Dzieło jest realizowane w ramach projektu zintegrowanego LIFE w zakresie wdrażania Programu ochrony powietrza dla województwa małopolskiego – Małopolska w zdrowej atmosferze. Projekt współfinansowany jest ze środków instrumentu finansowego LIFE w ramach środków Unii Europejskiej oraz ze środków Wojewódzkiego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej w Krakowie.



Struktura pojazdów - Euro 5-6



Rys. 4.7. Struktura pojazdów objętych niniejszym badaniem, które posiadają normę emisji spalin Euro 5-6.

5. ZAŁĄCZNIKI

1. Wypełnione karty pomiarowe
2. Prezentacja szkoleniowa dla zespołów pomiarowych
3. Imienna lista uczestników pomiarów
4. Arkusze programu Excel wypełnione danymi z pomiarów
5. Kopia raportu na płytach CD



Dzieło jest realizowane w ramach projektu zintegrowanego LIFE w zakresie wdrażania Programu ochrony powietrza dla województwa małopolskiego – Małopolska w zdrowej atmosferze. Projekt współfinansowany jest ze środków instrumentu finansowego LIFE w ramach środków Unii Europejskiej oraz ze środków Wojewódzkiego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej w Krakowie.