

Sprawozdanie z drugiej serii badań porównawczych urządzeń do pomiarów pyłu zawieszonego PM10 (urządzenia niereferencyjne i bez wykazanej równoważności do urządzeń referencyjnych)

Badania wykonane na podstawie porozumienia zawartego pomiędzy:

Województwem Małopolskim

Głównym Inspektoratem Ochrony Środowiska

Wojewódzkim Inspektoratem Ochrony Środowiska w Krakowie

Akademią Górniczo-Hutniczą im. Stanisława Staszica w Krakowie

oraz

Gminą Dobczyce,

we współpracy ze **Stowarzyszeniem Krakowski Alarm Smogowy**

w ramach projektu zintegrowanego LIFE „Małopolska w zdrowej atmosferze”

na podstawie danych dostarczonych przez:

Airly Sp. z o.o.

OMC Envag Sp. z o.o.

Far Data Sp. z o.o. Spółka Komandytowa

Politechnika Warszawska

Tetabit Sp. z o.o.

Zakład Elektroniki Vidiaq

Xorbit

Kraków, sierpień 2018

Działanie w ramach realizacji projektu zintegrowanego LIFE „Wdrażanie Programu ochrony powietrza dla województwa małopolskiego – Małopolska w zdrowej atmosferze.” LIFE14 IPE PL 021/LIFE IP MALOPOLSKA



Opracowanie

Bartyzel Jakub¹, Frączkowski Tomasz², Pindel Andrzej², Łyczko Piotr³,
Musielok Małgorzata³, Zięba Damian⁴, Dworakowska Anna⁴

¹Wydział Fizyki i Informatyki Stosowanej, Akademia Górniczo-Hutnicza im. S. Staszica w Krakowie,

²Krajowe Laboratorium Referencyjne i Wzorcujące, Główny Inspektorat Ochrony Środowiska,

³Departament Środowiska, Urząd Marszałkowski Województwa Małopolskiego,

⁴ Stowarzyszenie Krakowski Alarm Smogowy

Status sprawozdania: Sprawozdanie końcowe

Sprawozdanie zawiera: 109 stron

Niniejsze sprawozdanie można powielać i cytować wyłącznie w całości. Cytowanie wyłącznie z podaniem źródła oraz autorów. Wykorzystanie fragmentów tekstu oraz grafik wyłącznie na podstawie pisemnej zgody Urzędu Marszałkowskiego Województwa Małopolskiego.

Spis treści:

1.	Przedmiot prowadzonych badań.....	4
1.1.	Cel i zakres badań.....	4
1.2.	Przygotowanie do przeprowadzenia badań.....	4
1.3.	Lokalizacja badań.....	4
1.4.	Uczestnicy badań.....	6
1.5.	Termin wykonania badań.....	6
1.6.	Prowadzenie badań.....	6
1.7.	Metody badań.....	7
1.8.	Niepewność pomiaru.....	7
2.	Wyniki badań.....	8
2.1.	Korekty danych.....	11
2.2.	Analiza wyników.....	11
2.2.1.	Analiza kompletności oraz spójności danych dla par urządzeń.....	11
2.2.2.	Rozszerzona niepewność względna.....	13
3.	Sposób oceny wyników.....	17
3.1.	Zestawienie kluczowych parametrów urządzeń zgodnie z normą [2].....	17
3.2.	Wpływ wilgotności powietrza na wyniki pomiarów.....	18
3.3.	Stabilność wskazań urządzeń w czasie.....	19
3.4.	Liniowość wskazań urządzeń.....	19
4.	Wnioski.....	21
5.	Bibliografia.....	22
6.	Dodatek A.....	23
7.	Dodatek B.....	101

1. Przedmiot prowadzonych badań

1.1. Cel i zakres badań

Na terenie miasta Dobczyce wykonywane były badania porównawcze stężeń **pyłu zawieszonego PM10 oraz PM2.5** w powietrzu atmosferycznym dla urządzeń działających w oparciu o metodyki niereferencyjne i bez wykazanej równoważności do metodyki referencyjnej. Badania wykonywano z wykorzystaniem procedury „testowania typu” zawartej w normie PN-EN 16450:2017 [2]. Ww. procedura opisuje zasady wykonywania testów bazujące na ocenie charakterystyki pracy dwóch urządzeń niereferencyjnych w odniesieniu do pomiarów referencyjnych, wykonywanych przy użyciu dwóch urządzeń referencyjnych. Celem badań było określenie przydatności **niskokosztowych** urządzeń do prowadzenia pomiarów w ocenie jakości powietrza w zmiennych warunkach meteorologicznych. Wnioski otrzymane na podstawie badań pozwolą ustalić, czy dany typ urządzeń może być przydatny do celów oceny jakości powietrza, informacyjnych, czy jedynie edukacyjnych. Prowadzone badania stanowiły kontynuację oraz rozwinięcie analogicznych badań prowadzonych w poprzednim sezonie zimowym.

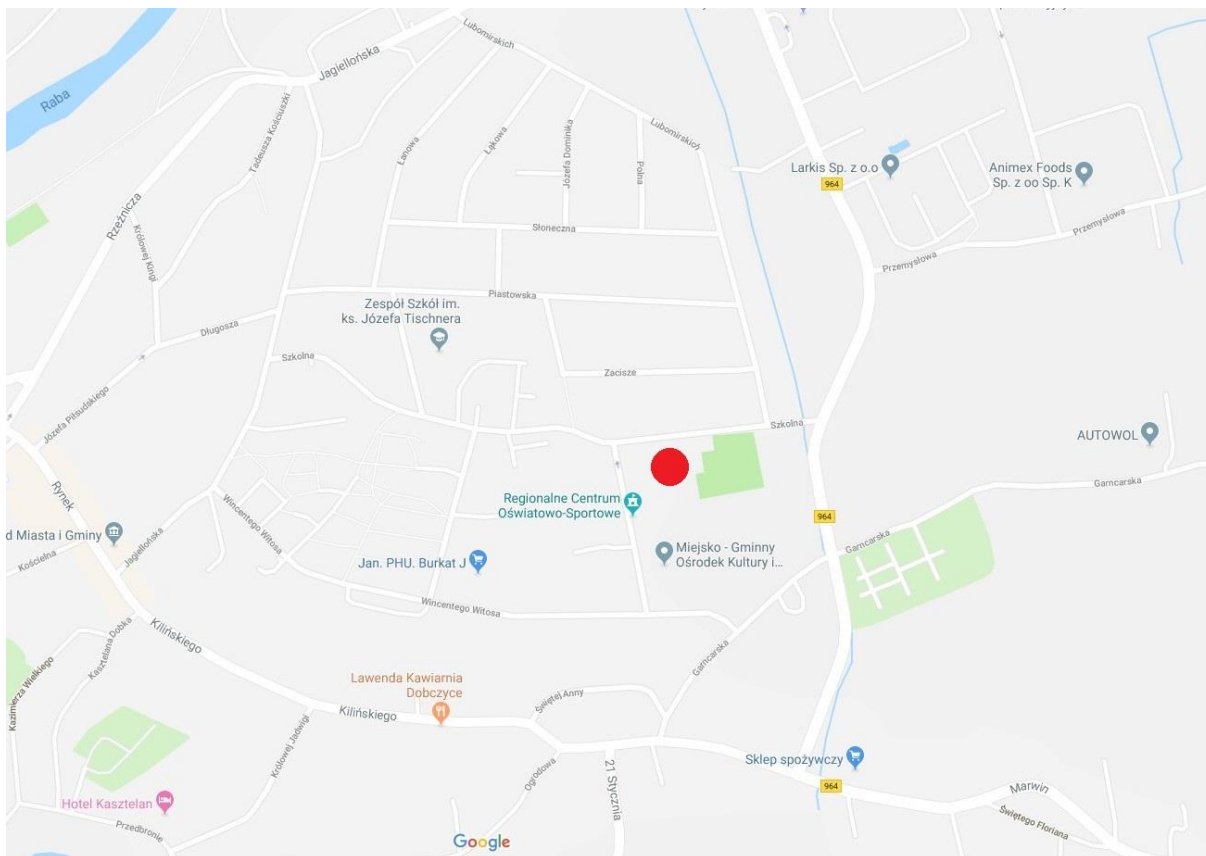
1.2. Przygotowanie do przeprowadzenia badań

Przed przystąpieniem do badań organizatorzy rozesłali zaproszenia oraz ogłosili na stronie internetowej UMWM (powietrze.malopolska.pl) informację skierowaną do producentów, dostawców oraz wszelkich osób czy instytucji wykorzystujących czujniki/mierniki pyłu zawieszonego PM10 nie posiadające certyfikatów równoważności do pomiarów referencyjnych.

1.3. Lokalizacja badań

Punkt pomiarowy zlokalizowany został przy budynku Regionalnego Centrum Oświatowo-Sportowego, ul. Szkolna 43, 32-410 Dobczyce (długość geograficzna: E 20.100831, szerokość geograficzna: N 49.881067). Lokalizacja punktu pomiarowego została dokonana zgodnie z wymogami zawartymi w *Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 13 września 2012 r. w sprawie dokonywania oceny poziomów substancji w powietrzu* oraz wytycznymi Głównego Inspektoratu Ochrony Środowiska dot. lokalizowania stacji pomiarowych.

Wybór miejsca badań podyktowany został kryterium braku dostępu do danych z oficjalnej stacji monitoringu powietrza, tak, by uczestnicy nie mieli możliwości wykonywania porównań otrzymywanych rezultatów do danych z innych, oficjalnych, systemów pomiarowych.



Rys.1 Lokalizacja punktu pomiarowego w miejscowości Dobczyce (maps.google.com)



Fot.1. Poborniki pyłowe i stacja pomiarowa zainstalowane w punkcie pomiarowym

1.4. Uczestnicy badań

Ostatecznie do prowadzonych badań zgłosiło się siedem podmiotów:

- Airly Sp. z o.o.
Al. Pokoju 1A, 31-548 Kraków
NIP: 6762514290, REGON 365524039
- OMC Envag Sp. z o.o.
ul. Iwonicka 21, 02-924 Warszawa
NIP: 5260000376, REGON: 011556950
- Far Data Sp. z o.o. Spółka Komandytowa
ul. Lipowa 3, 30-702 Kraków
NIP: 6751329784, REGON: 120066701
- Politechnika Warszawska (Artur Badyda, Bogdan Dziadak, Mariusz Rogulski)
Wydział Instalacji Budowlanych, Hydrotechniki i Inżynierii Środowiska
ul. Nowowiejska 20, 00-653 Warszawa
NIP: 5250005834, REGON: 000001554
- Tetabit Sp. z o.o.
ul. Hubska 89/1, 50-501 Wrocław
NIP: 9462623131, REGON: 060758061
- Zakład Elektroniki Vidiaq
ul. Junacka 12B, 30-237 Kraków
NIP: 6771685967, REGON: 351144661
- Xorbit
ul. Józefa Poniatowskiego 58, 44-200 Rybnik
NIP: 4980158107, REGON: 368090127

1.5. Termin wykonania badań.

Początek badań ustalono na dzień **1 grudnia 2017 na godzinę 0:00**, natomiast zakończenie badań ustalono na dzień **15 marca 2018** na godzinę 24:00. W prowadzonych analizach brano pod uwagę dane z okresu **7 grudnia 2017 godz. 0:00** (wtedy też zaczęto raportować pełne dane), do **15 marca 2018 godz. 24:00**. Podczas analiz kompletności danych dla poszczególnych dostawców brano pod uwagę okres od momentu zainstalowania danej pary czujników (dla dostawców, którzy nie dostarczyli oraz nie uruchomili urządzeń do dnia 7.12.2017 r.).

1.6. Prowadzenie badań

Przed rozpoczęciem badań każdy z uczestników dostarczył po dwa urządzenia pomiarowe tego samego typu, wyjątek stanowiła firma Airly, która dostarczyła dwa zestawy urządzeń (w toku dalszych analiz oba zestawy traktowane były oddzielnie, autorom raportu nie jest znana różnica pomiędzy parami czujników firmy Airly). Pod nadzorem pracowników Krajowego Laboratorium Referencyjnego i Wzorcującego Głównego Inspektoratu Ochrony Środowiska (KLRIW GIOŚ) uczestnicy badań zainstalowali urządzenia pomiarowe i skonfigurowali łączność, tak, by każde z urządzeń mogło przysyłać dane w sposób ciągły. Organizatorzy badań zapewnili uczestnikom zasilanie urządzeń jak również łączność z siecią Internet.

Jako urządzenie referencyjne do pomiaru stężeń pyłu zawieszonego PM₁₀ oraz PM_{2.5} zastosowano poborniki pyłowy firmy Leckel SEQ47/50. Pobrane filtry były ważone zgodnie z normą PN-EN 12341:2014-07 [1] w KLRiW GIOŚ.

Do weryfikacji pomiarów stężeń pyłu PM₁₀ (bez PM_{2.5}) z rozdzielczością godziną wykorzystano metodę automatyczną bazującą na rozpraszaniu promieniowania β , z wykorzystaniem urządzenia BAM 1020 firmy Met One Instruments, Inc. Pomiary z wykorzystaniem ww. miernika zostały zweryfikowane po zakończeniu badań w oparciu o metodę referencyjną.

Uczestnicy badań zostali zobligowani do przysyłania danych (średnich godzinnych wartości stężeń pyłu zawieszonego PM₁₀ oraz PM_{2.5} wraz z danymi identyfikującymi poszczególne urządzenia) w sposób ciągły w reżimie godzinnym. Dodatkowo codziennie po północy miały być wysyłane wartości średniodobowe. Przed przystąpieniem do badań uczestnikom została przekazana jasna instrukcja dotycząca formatu, w jakim mają być przysyłane dane pomiarowe. Dane wysyłane były na dedykowany do tego celu serwer ftp udostępniony przez UMWM. Po przesłaniu danych na serwer uczestnicy nie mieli możliwości modyfikowania przesłanych plików. Pliki znajdujące się na serwerze stanowią również potwierdzenie nie ingerowania w dane przez autorów raportu.

1.7. Metody badań

Ze strony organizatorów przeprowadzono badania w oparciu o następujące normy:

PN-EN 12341:2014-07 Powietrze atmosferyczne – Standardowa grawimetryczna metoda pomiarowa do określania stężeń masowych frakcji PM₁₀ lub PM_{2,5} pyłu zawieszonego. [1]

PN-EN 16450:2017-05 Powietrze atmosferyczne - Automatyczne systemy pomiarowe do pomiarów stężenia pyłu zawieszonego (PM₁₀; PM_{2,5}). [2]

Ze względu na specyfikę prowadzenia badań, przede wszystkim obejmującą tylko jedną (chłodną) porę roku, badania nie miały charakteru wykazania równoważności testowanych czujników do metodyki referencyjnej, a jedynie stwierdzenie przydatności badanych czujników w prowadzeniu pomiarów stężeń pyłów zawieszonych do celów innych niż ocena jakości powietrza w ramach Państwowego Monitoringu Środowiska (PMŚ).

1.8. Niepewność pomiaru

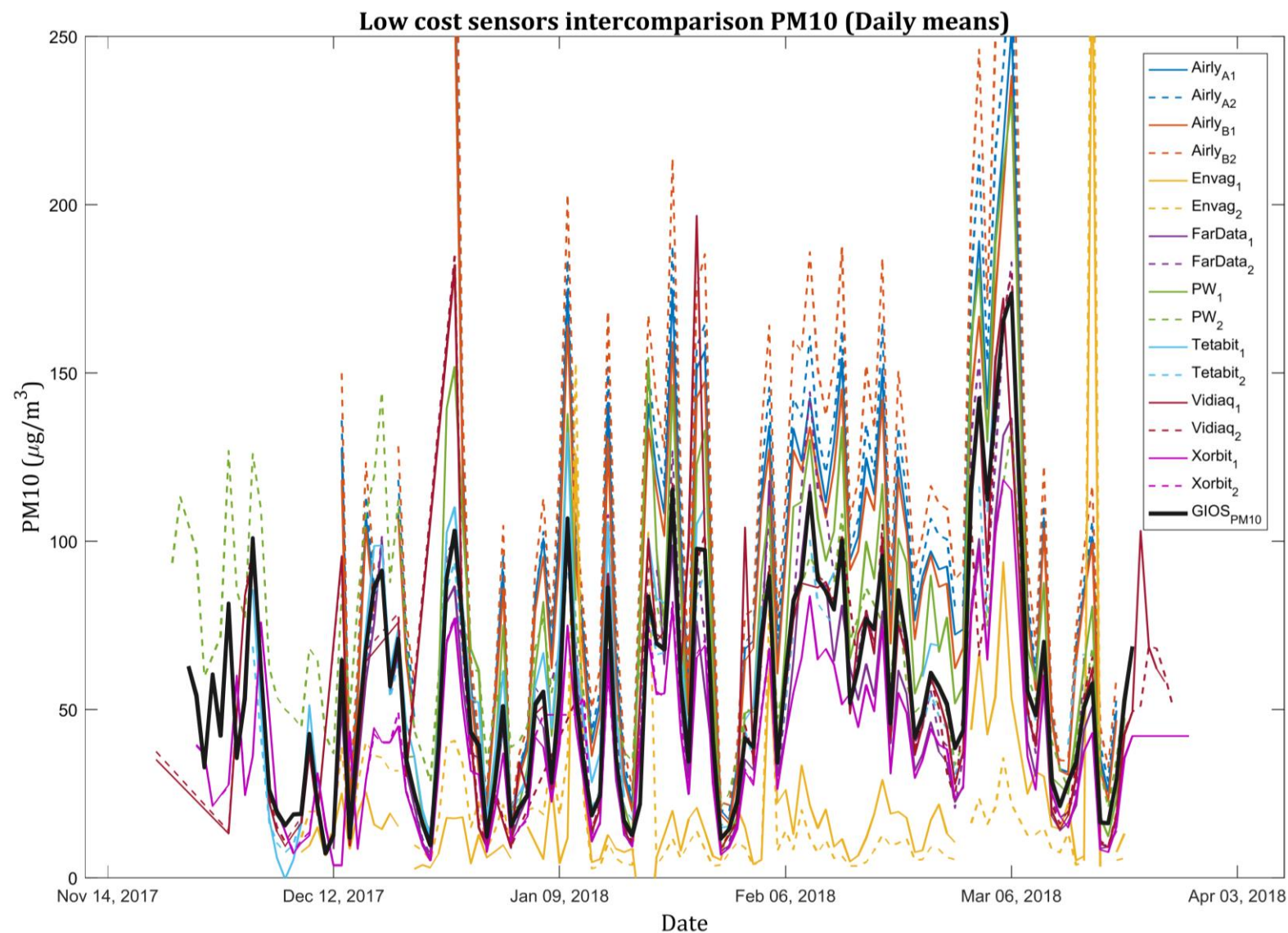
Niepewność pomiaru dla pobornika referencyjnego oszacowana została dla wartości granicznych w oparciu o normę: PN-EN 12341:2014-07 [1] (dla $k=2$ i poziomu ufności 95%). Oszacowana niepewność spełnia wymagania *Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 13 września 2012 r. w sprawie dokonywania oceny poziomów substancji w powietrzu.*

2. Wyniki badań

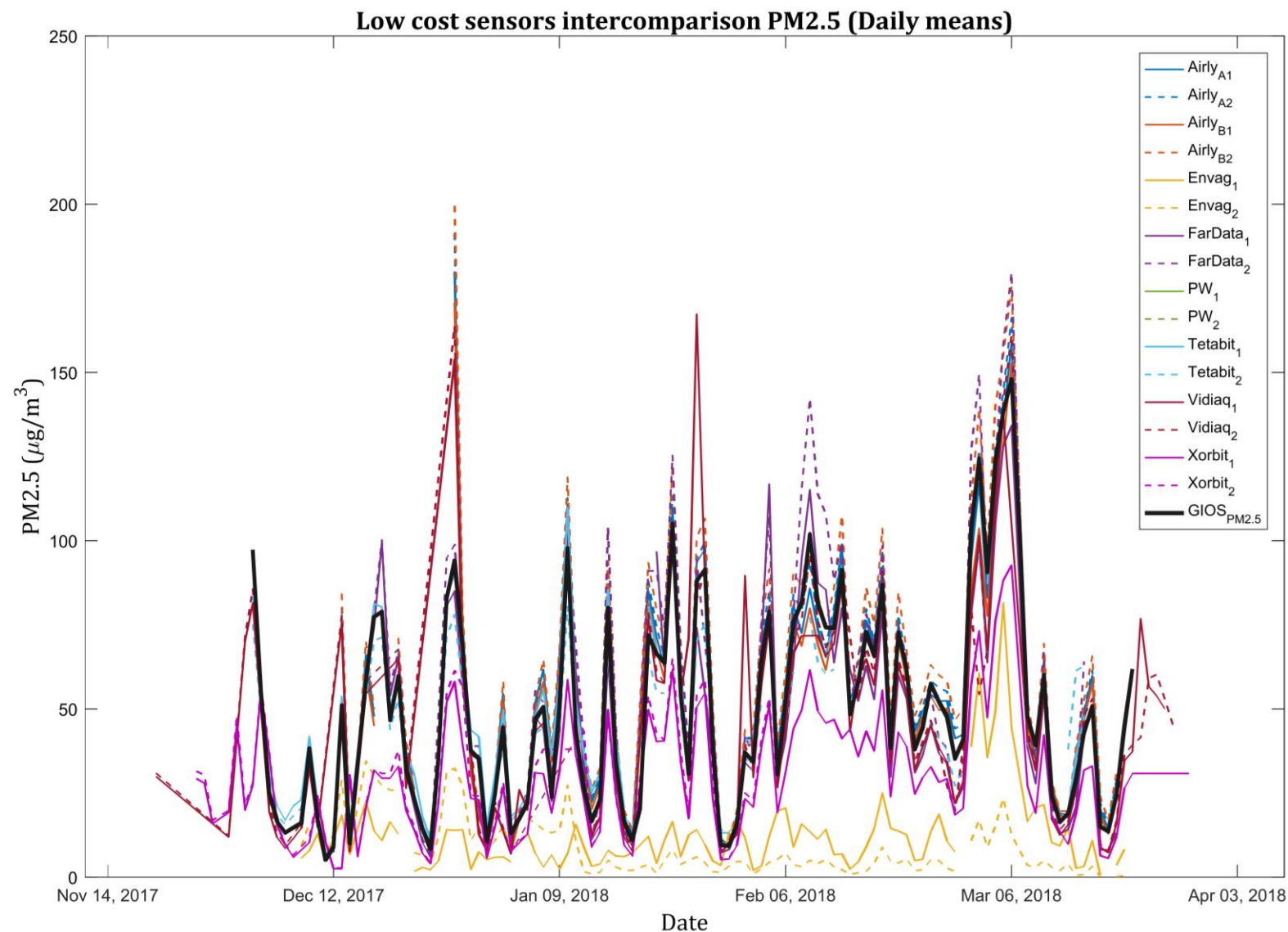
Wyniki badań z kampanii pomiarowej, ze wszystkich czujników oraz z pobornika grawimetrycznego (metoda referencyjna) w formie zbiorczej przedstawiono graficznie na rys. 2.1 (dla frakcji PM10) oraz rys. 2.2 (dla frakcji PM2.5). Przedstawione wyniki to średniodobowe wartości stężeń pyłu zawieszonego odpowiednio PM10 oraz PM2.5 wyznaczone z wartości godzinnych dla testowanych czujników (średnie dobowe wyznaczone zostały przez dostawców urządzeń, nie były weryfikowane przez twórców raportu) oraz dobowe wartości mierzone dla metody referencyjnej (niezależnie dla PM10 i PM2.5). Wyniki pomiarów dostarczane z rozdzielczością godzinową wykorzystane zostały w dalszej części niniejszego opracowania.

Na potrzeby niniejszego opracowania wykonano następujące przypisania oznaczeń czujników do roboczych oznaczeń czujnik nr „1” i czujnik nr „2”:

- **Airly_A**: „535” – nr 1, „757” – nr 2,
- **Airly_B**: „762” – nr 1, „769” – nr 2,
- **Envag**: „N3510006” – nr 1, „N3580006” i „N5120006” – nr 2 (firma dokonała wymiany czujnika w trakcie prowadzenia badań za zgodą i po ustaleniu z KLRiW GIOŚ)
- **FarData**: 241 – nr 1, 224 – nr 2,
- **Politechnika Warszawska**: 1 – nr 1, 2 – nr 2,
- **Tetabit**: 170021 – nr 1, 170022 – nr 2,
- **Vidiaq**: sensor_1 – nr 1, sensor_2 – nr 2,
- **Xorbit**: 29 – nr 1; 30 – nr 2.



Rysunek 2.1. Dobowe wartości stężeń pyłu zawieszonego PM10 przed wykonaniem kalibracji dla okresu trwania kampanii pomiarowej. Kolorem czarnym zaznaczono wartości z metody referencyjnej (GIOŚ), pozostałe linie barwne przedstawiają wartości stężeń PM10 dostarczone przez uczestników badań. Takim samym kolorem zaznaczono pary czujników dostarczonych do badań. Czujnik sygnowany numerem „1” został przedstawiony linią ciągłą natomiast numerem „2” linią przerywaną.



Rysunek 2.2. Dobowe wartości stężeń pyłu zawieszonego PM2.5 przed wykonaniem kalibracji dla okresu trwania kampanii pomiarowej. Kolorem czarnym zaznaczono wartości z metody referencyjnej (GIOŚ), pozostałe linie barwne przedstawiają wartości stężeń PM2.5 dostarczone przez uczestników badań. Takim samym kolorem zaznaczono pary czujników dostarczonych do badań. Czujnik sygnowany numerem „1” został przedstawiony linią ciągłą natomiast numerem „2” linią przerywaną.

2.1. Korekty danych

Z uwagi na bardzo wiele błędów oraz nieścisłości pojawiających się w danych dostarczanych przez firmy uczestniczące w pomiarach porównawczych zdecydowano się na wykonanie korekt przed przystąpieniem do właściwej analizy danych. W przypadku braku przeprowadzenia wstępnej korekty, analiza danych, kalibracje i ocena czujników kilku firm byłaby zupełnie niemożliwa. Przebiegi czasowe z urządzeń wymagających korekt przed ich przeprowadzeniem przedstawiono w **dodatku B** do niniejszego opracowania. W dodatku A znajdują się wyłącznie dane po odpowiednich poprawkach. Lista przeprowadzonych poprawek znajduje się poniżej:

Poprawki dla średnich dobowych:

- Politechnika Warszawska – dane średniodobowe wysyłane były w plikach przypisanych do godziny 23:00:00 dnia, dla którego wyliczana była średnia – przesunięto markery czasu o 23 godziny,
- Vidiaq – dane średniodobowe wysyłane były z datą dnia następnego – przesunięto markery czasu o 24 godziny,
- Xorbit – w przypadku braku danych dla danej doby, wysyłanych z czujnika, do bazy wysyłane były wartości ostatniego odczytu. Takie postępowanie zupełnie uniemożliwiało wykonanie kalibracji dla czujnika nr 2 – usunięto z bazy dane od 06.02.2018 dla czujnika nr 2,
- FarData – w danych średniodobowych pojawiły się ekstremalnie odstające wartości, które zaburzały wykonane kalibracje – usunięto dane dla dat: 20.01.2018 (czujnik nr 1), 16.03.2018 (czujnik nr 2),

Poprawki dla średnich godzinnych:

- Envag – w danych średniogodzinnych pojawiły się ekstremalnie odstające wartości, które uniemożliwiały dalsze analizy – usunięto dane dla okresów: 11.01.2018 18:00:00 – 12.01.2018 02:00:00 (czujnik nr 1 i czujnik nr 2), 20.01.2018 20:00:00 – 21.01.2018 00:00:00 (czujnik nr 1 i czujnik nr 2), 04.02.2018 05:00:00 – 04.02.2018 06:00:00 (czujnik nr 1 i czujnik nr 2), 15.03.2018 06:00:00 – 16.03.2018 09:00:00 (czujnik nr 1 i czujnik nr 2),
- FarData – w danych średniogodzinnych pojawiły się ekstremalnie odstające wartości, które uniemożliwiały dalsze analizy – usunięto dane dla okresów: 20.01.2018 18:00:00 – 20.01.2018 23:00:00 (czujnik nr 1), 16.03.2018 05:00:00 – 16.03.2018 06:00:00 (czujnik nr 2),
- Xorbit – w przypadku braku danych dla danej godziny, wysyłanych z czujnika, do bazy wysyłane były wartości ostatniego odczytu. Takie postępowanie zupełnie uniemożliwiało wykonanie kalibracji dla czujnika nr 2 – usunięto z bazy dane od 06.02.2018 dla czujnika nr 2,
- Xorbit – od 19.12.2018 dane z godziny 00:00:00 przypisywane były do daty dnia poprzedniego – przesunięto markery czasu dla godzin 00:00:00 od dnia 19.12.2018 o 24 godziny,

2.2. Analiza wyników

W oparciu o skorygowane i kompletne dane pomiarowe przeprowadzono analizy wyników pomiarów niskokosztowych czujników pyłu zawieszonego. Analizy prowadzono dla okresu podanego w punkcie 1.5, chyba, że przeprowadzenia analiz nie wymagało porównania wyników z dostarczanych czujników z danymi referencyjnymi.

2.2.1. Analiza kompletności oraz spójności danych dla par urządzeń

W pierwszej kolejności, zgodnie z normą PN-EN 16450:2017-05 [2], dokonano analizy kompletności danych oraz niepewności pomiędzy urządzeniami, w ramach par dostarczonych przez producentów (patrz tab. 1.1 oraz tab. 1.2). Korelacje pomiędzy wartościami mierzonymi przez

każde urządzenie z pary przedstawiono na rysunkach 3.1 – 3.8 dla PM10 oraz 4.1 – 4.8 dla PM2.5 (z wyłączeniem danych Politechniki Warszawskiej, która nie dostarczyła danych dla frakcji pyłu PM2.5), w dodatku A do niniejszego sprawozdania.

Niepewność pomiędzy urządzeniami ($u_{bs,AMS}$) została wyznaczona zgodnie z normą PN-EN 16450:2017-05 [2] ze wzoru:

$$u_{bs,AMS} = \frac{\sum_{i=1}^n (y_{i,1} - y_{i,2})^2}{2n}$$

gdzie: $y_{i,1}$ oraz $y_{i,2}$ – średniodobowe stężenia równoległych pomiarów z pary urządzeń dla i -tej doby, n – liczba dobowych pomiarów.

Tabela 1.1. Zestawienie wyników wstępnej oceny kompletności danych oraz niepewności w ramach par ocenianych urządzeń pomiarowych dla frakcji PM10.

Dostawca	Airly _A	Airly _B	Envag	FarData	PW	Tetabit	Vidiaq	Xorbit
P (dni)	99	99	99	94	84	99	99	99
N	86	86	93	90	76	68	76	60
N (%)	87	87	94	96	90	69	77	61
$u_{bs,AMS}$ ($\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$)	6.2	20.5	15.2	11.1	21.0	9.3	12.3	4.3
$w_{bs,AMS}$ (%)	6.5	20.6	73.6	20.7	29.2	17.5	21.7	11.3
N_{30}	79	77	3	63	63	49	51	30
N_{30} (%)	80	78	3	67	75	49	52	30
$u_{bs,AMS,30}$ ($\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$)	6.5	21.6	39.9	12.9	22.8	10.8	14.5	4.3
$w_{bs,AMS,30}$ (%)	6.3	19.8	26.3	18.4	28.0	16.5	20.0	8.7

gdzie:

P – całkowity czas trwania pomiarów dla każdego uczestnika uwzględniający datę pierwszego transferu danych jeśli jest późniejsza niż data oficjalnego rozpoczęcia pomiarów, tj. 07.12.2017 r., oraz datę zakończenia pomiarów – 15.03.2018;

N – liczba średniodobowych wartości pochodzących z obu urządzeń uczestników, odpowiednio w dniach oraz w procentach pokrycia okresu prowadzenia badań;

$u_{bs,AMS}$ – niepewność wskazań pomiędzy dwoma urządzeniami zgodnie z normą [2], liczona dla całego zakresu dostarczonych danych;

$w_{bs,AMS}$ – względna niepewność wskazań pomiędzy dwoma urządzeniami odniesiona do wartości średniej wskazań, zgodnie z normą [2], liczona dla całego zakresu dostarczonych danych;

N_{30} – liczba średnich dobowych wartości pochodzących z obu urządzeń wyższych niż $30 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, wraz z podaną procentową frakcją z całkowitej liczby danych;

$u_{bs,AMS,30}$ – niepewność wskazań pomiędzy dwoma urządzeniami dla podzbioru danych o wartościach powyżej $30 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ zgodnie z normą [2], liczona dla całego zakresu dostarczonych danych;

$w_{bs,AMS,30}$ – względna niepewność wskazań pomiędzy dwoma urządzeniami dla podzbioru danych o wartościach powyżej $30 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ odniesiona do wartości średniej, zgodnie z normą [2], liczona dla całego zakresu dostarczonych danych.

Tabela 1.2. Zestawienie wyników wstępnej oceny kompletności danych oraz niepewności w ramach par ocenianych urządzeń pomiarowych dla frakcji PM2.5.

Dostawca	Airly _A	Airly _B	Envag	FarData	PW	Tetabit	Vidiaq	Xorbit
P (dni)	99	99	99	94	84	99	99	99
N	86	86	93	90	0	69	76	60
N (%)	87	87	94	96	0	70	77	61
$u_{bs,AMS}$ ($\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$)	2.4	8.3	9.1	10.4	-	7.2	9.3	3.5
$w_{bs,AMS}$ (%)	4.2	14.6	86.0	20.0	-	16.0	19.8	12.3
N ₃₀	67	66	0	61	0	46	41	21
N ₃₀ (%)	68	67	0	65	0	46	41	21
$u_{bs,AMS,30}$ ($\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$)	2.7	9.5	-	12.7	-	8.4	11.0	4.5
$w_{bs,AMS,30}$ (%)	3.9	13.6	-	18.0	-	15.0	17.0	10.0

gdzie:

P – całkowity czas trwania pomiarów dla każdego uczestnika uwzględniający datę pierwszego transferu danych jeśli jest późniejsza niż data oficjalnego rozpoczęcia pomiarów, tj. 07.12.2017 r., oraz datę zakończenia pomiarów – 15.03.2018;

N – liczba średniodobowych wartości pochodzących z obu urządzeń uczestników, odpowiednio w dniach oraz w procentach pokrycia okresu prowadzenia badań;

$u_{bs,AMS}$ – niepewność wskazań pomiędzy dwoma urządzeniami zgodnie z normą [2], liczona dla całego zakresu dostarczonych danych;

$w_{bs,AMS}$ – względna niepewność wskazań pomiędzy dwoma urządzeniami odniesiona do wartości średniej wskazań, zgodnie z normą [2], liczona dla całego zakresu dostarczonych danych;

N₃₀ – liczba średnich dobowych wartości pochodzących z obu urządzeń wyższych niż 30 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, wraz z podaną procentową frakcją z całkowitej liczby danych;

$u_{bs,AMS,30}$ – niepewność wskazań pomiędzy dwoma urządzeniami dla podzbioru danych o wartościach powyżej 30 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ zgodnie z normą [2], liczona dla całego zakresu dostarczonych danych;

$w_{bs,AMS,30}$ – względna niepewność wskazań pomiędzy dwoma urządzeniami dla podzbioru danych o wartościach powyżej 30 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ odniesiona do wartości średniej, zgodnie z normą [2], liczona dla całego zakresu dostarczonych danych.

Z uwagi na krótki czas trwania pomiarów oraz fakt, że dla kilku urządzeń występuje mniej niż 40 dni ze stężeniami pyłu zawieszonego powyżej 30 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, jak również dużo gorsze zgodności pomiędzy urządzeniami dla tego zakresu, do dalszych analiz brano pod uwagę wyłącznie pełne serie pomiarowe, bez analizowania podzbioru wartości wyższych niż 30 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. Dodatkową analizę wpływu stężenia na wskazania testowanych urządzeń wykonano w dalszej części tego opracowania. Zgodnie z normą PN-EN 16450:2017-05 [2] do dalszego wykazywania równoważności kwalifikują się **wyłącznie** urządzenia, dla których wartość $u_{bs,AMS}$ nie może być większa niż **2,5 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$** . Z testowanych urządzeń dla frakcji pyłu PM10 **żadna** para nie spełnia powyższego kryterium, dla frakcji PM2.5 kryterium spełniają wyłącznie urządzenia firmy Airly z pierwszej pary natomiast druga para urządzeń z tej firmy drastycznie odbiega od przyjętego kryterium. **Tylko ze względu na fakt, że celem prowadzonych badań NIE BYŁO wykazywanie równoważności testowanych urządzeń z metodyką referencyjną, przeprowadzono dalsze analizy dla wszystkich urządzeń.**

2.2.2. Rozszerzona niepewność względna

W odniesieniu do metodyki referencyjnej, na podstawie normy PN-EN 16450:2017-05 [2], przeprowadzono kalkulację rozszerzonej niepewności względnej W_{AMS} dla każdego z testowanych urządzeń (dwa urządzenia od każdego z uczestników badań). Oceny rozszerzonej niepewności względnej dokonano na danych surowych oraz po wyznaczeniu zależności pomiędzy metodą automatyczną a metodą referencyjną (w oparciu o regresję liniową, por. rys. 5.1 – 5.8 (PM10) oraz

6.1 – 6.8 (PM2.5) w dodatku A). Kalkulacje zostały przeprowadzone w oparciu o arkusze wyznaczania zgodności „Orthogonal regression and equivalence test utility” dostarczone przez RIVM (Dutch Institute for Public Health and the Environment, dep. Centre for Environment Monitoring) [3], oraz opracowania własne. Otrzymane wyniki W_{AMS} przed i po kalibracji oraz współczynniki kalibracji dla każdego z urządzeń przedstawiono w tabelach 2.1. (PM10) oraz 2.2. (PM2.5). Zgodnie z normą PN-EN 16450:2017-05 [2] jako urządzenia równoważne z metodyką referencyjną uznaje się takie, dla których W_{AMS} jest mniejsza od 25%. **Z testowanych urządzeń żadne nie spełniło powyższego kryterium, zarówno dla frakcji PM10 jak i PM2.5** – jeśli wziąć pod uwagę dane surowe pochodzące od dostawców (nieskalibrowane). Najbliżej wartości progowej dla frakcji PM10 były urządzenia firmy Tetabit. Po kalibracji również żadne z urządzeń nie spełniło kryterium dla W_{AMS} mniejszego niż 25% – dla żadnej frakcji. Podobnie jak przed kalibracją najbliższe wartości progowej znalazły się urządzenia firmy Tetabit (dla obu frakcji) oraz jedno z urządzeń Politechniki Warszawskiej (dla frakcji PM10). Wg normy kryterium W_{AMS} może zostać rozszerzone do 50% dla urządzeń stosowanych do pomiarów okresowych stężenia pyłów zawieszonych. Łagodniejsze kryterium dla frakcji PM10, po kalibracji spełniają urządzenia firm: FarData oraz Tetabit, bardzo blisko osiągnięcia łagodniejszego progu są urządzenia firmy Airly. Dla frakcji PM2.5 łagodniejsze kryterium zostaje spełnione wyłącznie przez **jedno** z urządzeń firmy Tetabit. Wykresy zmienności stężeń w czasie trwania kampanii przed i po kalibracji dla każdej z firm przedstawiono na rysunkach 7.1 – 7.8 (PM10) oraz 8.1 – 8.8 (PM2.5) w dodatku A do niniejszego sprawozdania. Na wykresach wyraźnie widać poprawę jakości wskazań po wykonaniu kalibracji dla większości urządzeń (z wyjątkiem urządzeń firmy Envag). Urządzenia Politechniki Warszawskiej **nie dostarczały danych dla frakcji PM2.5** stąd brak wykresów dla tej frakcji.

Tabela 2.1. Zestawienie parametrów zgodności wyników frakcji PM10 testowanych urządzeń z wartościami pochodzącymi z metodyki referencyjnej.

Dostawca	Airly _A		Airly _B		Envag		FarData		PW		Tetabit		Vidiaq		Xorbit	
No	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
N	86	86	86	86	93	93	90	91	78	96	70	79	82	76	97	60
N _{out}	2 (2%)	2 (2%)	2 (2%)	2 (2%)	3 (3%)	3 (3%)	3 (3%)	3 (3%)	2 (3%)	4 (4%)	2 (3%)	3 (4%)	4 (5%)	2 (3%)	4 (4%)	3 (5%)
$\overline{C}_{RM}$ (μg·m ⁻³)	58.9	58.9	58.9	58.9	58.1	58.1	57.7	58.0	59.7	55.3	51.7	51.6	56.5	59.1	55.9	47.2
$\overline{C}_{AMS}$ (μg·m ⁻³)	93.3	99.8	87.9	111.0	20.4	20.8	48.5	59.0	76.8	67.3	58.1	48.3	56.9	56.8	39.2	34.4
W _{AMS} (%)	140.8	161.2	123.8	196.9	208.8	519.4	53.1	40.8	66.3	83.0	39.8	29.3	80.3	67.2	73.9	79.9
AMS_i $= B \cdot RM_i + A$	$a = \frac{1}{B}$		0.650	0.589	0.700	0.520	1.225	0.309	1.124	0.891	0.731	1.347	0.905	1.193	0.785	0.905
	$b = \frac{A}{B}$		1.76	-0.09	2.62	-1.12	-33.07	-51.68	-3.23	-5.46	-3.62	35.34	0.87	6.01	-11.81	-7.71
W _{AMS} po kalibracji (%)	52.1	51.6	52.6	50.2	248.8	72.7	47.6	37.6	29.9	89.3	29.7	32.8	64.9	61.6	65.5	92.8

gdzie:

No – numer urządzenia z pary dostarczonej przez daną firmę;

N – liczba średniodobowych wartości stężeń pochodzących z każdego z urządzeń;

N_{out} – liczba średniodobowych wartości stężeń odrzuconych ze zbioru danych testowych z uwagi na duże odstępstwo od wartości referencyjnych;

$\overline{C}_{RM}$ – średnia wartość stężenia pyłu zawieszonego PM10 z metodyki referencyjnej w okresie analizowanym dla danego urządzenia testowanego;

$\overline{C}_{AMS}$ – średnia wartość stężenia pyłu zawieszonego PM10 z testowanego urządzenia automatycznego;

W_{AMS} – względna niepewność rozszerzona dla metody automatycznej (względem poziomu dopuszczalnego - 50 ug/m³) zgodnie z normą [2];

$a = \frac{1}{B}$ – współczynnik nachylenia krzywej kalibracji;

$b = \frac{A}{B}$ – przesunięcie krzywej kalibracji;

W_{AMS} po kalibracji – względna niepewność rozszerzona dla metody automatycznej (względem poziomu dopuszczalnego - 50 ug/m³) po zastosowaniu równania regresji wyznaczonego dla danych surowych (wyznaczeniu zależności pomiędzy metodą automatyczną a metodą referencyjną zgodnie z normą [2];

Tabela 2.2. Zestawienie parametrów zgodności wyników frakcji PM2.5 testowanych urządzeń z wartościami pochodzącymi z metodyki referencyjnej.

Dostawca	Airly _A		Airly _B		Envag		FarData		PW		Tetabit		Vidiaq		Xorbit	
No	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
N	86	86	86	86	93	93	90	91	-	-	71	79	82	76	97	60
N _{out}	2 (2%)	2 (2%)	2 (2%)	2 (2%)	2 (2%)	4 (4%)	3 (3%)	4 (4%)	-	-	3 (4%)	3 (4%)	4 (5%)	2 (3%)	6 (6%)	5 (8%)
$\overline{C}_{RM}$ (μg·m ⁻³)	52.1	52.1	52.1	52.1	51.3	51.3	51.1	51.3	-	-	45.6	45.8	49.9	52.2	49.7	41.5
$\overline{C}_{AMS}$ (μg·m ⁻³)	55.4	57.6	52.3	61.6	12.4	8.7	47.4	57.2	-	-	48.7	41.7	47.0	48.4	29.8	26.8
W _{AMS} (%)	93.0	97.2	90.0	101.6	174.6	163.4	85.0	74.0	-	-	46.5	44.4	132.6	112.3	96.3	103.3
AMS_i $= B \cdot RM_i + A$	$a = \frac{1}{B}$		0.933	0.879	0.998	0.819	3.704	11.14	1.00	0.797	-	-	1.074	1.363	0.890	0.951
	$b = \frac{A}{B}$		-0.39	-1.46	0.10	-1.68	-5.44	45.26	-3.53	-5.68	-	-	6.70	10.98	-8.10	-6.10
W _{AMS} po kalibracji (%)	88.4	86.7	91.9	82.3	376.1	2768	82.0	60.5	-	-	32.6	59.9	112.3	101.8	103.1	156.6

gdzie:

No – numer urządzenia z pary dostarczonej przez daną firmę;

N – liczba średniodobowych wartości stężeń pochodzących z każdego z urządzeń;

N_{out} – liczba średniodobowych wartości stężeń odrzuconych ze zbioru danych testowych z uwagi na duże odstępstwo od wartości referencyjnych;

$\overline{C}_{RM}$ – średnia wartość stężenia pyłu zawieszonego PM10 z metodyki referencyjnej w okresie analizowanym dla danego urządzenia testowanego;

$\overline{C}_{AMS}$ – średnia wartość stężenia pyłu zawieszonego PM10 z testowanego urządzenia automatycznego;

W_{AMS} – względna niepewność rozszerzona dla metody automatycznej (względem poziomu dopuszczalnego - 25 ug/m³) zgodnie z normą [2];

$a = \frac{1}{B}$ – współczynnik nachylenia krzywej kalibracji;

$b = \frac{A}{B}$ – przesunięcie krzywej kalibracji;

W_{AMS} po kalibracji – względna niepewność rozszerzona dla metody automatycznej (względem poziomu dopuszczalnego - 25 ug/m³) po zastosowaniu równania regresji wyznaczonego dla danych surowych (wyznaczeniu zależności pomiędzy metodą automatyczną a metodą referencyjną zgodnie z normą [2];

3. Sposób oceny wyników

W celu porównania jakości wskazań dla poszczególnych czujników postanowiono wykonać wieloetapową i wieloczynnikową analizę parametrów ilościowych oraz jakościowych dla czujników każdego z uczestników badań.

3.1. Zestawienie kluczowych parametrów urządzeń zgodnie z normą [2]

Ocena ilościowa wyników pomiarów porównawczych została przeprowadzona na podstawie analizy trzech parametrów ($u_{bs,AMS}$, W_{AMS} , N) w oparciu o normę PN-EN 16450:2017-05 [2]. W celu ujednolicenia otrzymanych wyników odniesiono otrzymane wartości parametrów do ich wartości docelowych. Dla niepewności wskazań pomiędzy dwoma urządzeniami ($u_{bs,AMS}$) przyjęto, zgodnie z normą PN-EN 16450:2017-05 [2], wartość docelową równą $2,5 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, dla względnej niepewności rozszerzonej dla metody automatycznej (W_{AMS}) przyjęto wartość docelową równą 25% (dla poziomu dopuszczalnego $50 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ dla PM10 oraz $25 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ dla PM2.5). Ponieważ każdy z dostawców przekazał do porównania dwa urządzenia (urządzenia firmy Airly analizowano jako dwa niezależne zestawy), do dalszych kalkulacji brano wyższą wartość W_{AMS} zgodnie z założeniami normy [2]. Otrzymane wyniki odniesiono do wartości docelowych i przedstawiono w procentach. Kompletność danych (N), dla każdego z dostawców, odniesiono do wartości docelowej 100%, przy czym wyznaczono również parametr będący odwrotnością kompletności danych ($1/N$), w celu porównania wartości z wyznaczonymi powyżej. W celu skomasowania trzech wyznaczonych parametrów dla każdego z urządzeń jako ostateczny parametr liczbowy opisujący jakość dostarczanych danych wyznaczono skumulowaną wartość będącą pierwiastkiem sumy kwadratów wyznaczonych parametrów procentowych podzielonych przez trzy (K). Zaznaczyć należy, że **im mniejsza wartość współczynnika K tym bardziej precyzyjne, dokładne i kompletne są wskazania urządzenia**. Otrzymane wyniki dla wszystkich urządzeń przedstawiono w tabelach 3.1. (dla PM10) oraz 3.2 (dla PM2.5). Dla urządzenia, którego wszystkie parametry mieszczą się w zakresach wartości docelowych wartość K będzie niższa niż 100%. **Żadne z testowanych urządzeń nie osiągnęło takiego wyniku**. Najniższą wartość współczynnika K odnotowano dla urządzeń kolejno firm Airly_A, Tetabit, Xorbit i FarData, dla frakcji PM10, oraz kolejno Airly_A, Tetabit i Airly_B dla PM2.5. Warto zwrócić uwagę na bardzo rozbieżne wyniki dla frakcji PM10 pomiędzy parami urządzeń dostarczonych przez firmę Airly, spowodowane głównie niezgodnością wskazań dwóch urządzeń w parze B. Dla urządzeń Politechniki Warszawskiej nie wykonywano analiz dla frakcji PM2.5, ponieważ dane takowe nie zostały przesłane na serwer.

Tabela 3.1. Zbiorcze wyniki badań porównawczych dla frakcji PM10 z wyznaczonymi parametrami spełnienia wartości docelowych dla parametrów $u_{bs,AMS}$, W_{AMS} oraz N .

Dostawca	Airly _A	Airly _B	Envag	FarData	PW	Tetabit	Vidiaq	Xorbit
$u_{bs,AMS}$ ($\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$)	6.2	20.5	15.2	11.1	21	9.3	12.3	4.3
$u_{bs,AMS}$ (%wartości docelowej)	248	820	608	444	840	372	492	172
$\max W_{AMS}$ po kalibracji (%)	52.1	52.6	248.8	47.6	89.3	32.8	64.9	92.8
$\max W_{AMS}$ po kalibracji (%wartości docelowej)	208	210	995	190	357	131	260	371
N (%)	87	87	94	96	90	69	77	61
$1/N$ (%)	115	115	106	104	111	146	130	165
K (%)	198	493	676	285	531	243	330	255

gdzie:

$u_{bs,AMS}$ – niepewność wskazań pomiędzy dwoma urządzeniami (wyrażona w $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ oraz w procentach wartości docelowej wynoszącej $2,5 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$);

$\max W_{AMS}$ po kalibracji – większa z dwóch wartości rozszerzonej niepewności względnej wskazań pomiędzy urządzeniem testowanym po skalibrowaniu a metodyką referencyjną (wyrażona w % wartości docelowej przyjętej dla frakcji PM10

oraz procentach wartości granicznej przyjmowanej przy wykazywaniu równoważności – 25%);

N – procentowe pokrycie danymi okresu pomiarowego przyjętego dla danej pary urządzeń;

K – pierwiastek sumy kwadratów procentowych wartości $u_{bs,AMS}$, $max W_{AMS}$ po kalibracji oraz $1/N$ podzielonych przez trzy.

Tabela 3.2. Zbiornicze wyniki badań porównawczych dla frakcji PM2.5 z wyznaczonymi parametrami spełnienia wartości docelowych dla parametrów $u_{bs,AMS}$, W_{AMS} oraz N.

Dostawca	Airly _A	Airly _B	Envag	FarData	PW	Tetabit	Vidiaq	Xorbit
$u_{bs,AMS}$ ($\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$)	2.4	8.3	9.1	10.4	-	7.2	9.3	3.5
$u_{bs,AMS}$ (%wartości docelowej)	96	332	364	416	-	288	372	140
$max W_{AMS}$ po kalibracji (%)	88.4	91.9	2 768	82	-	59.9	112.3	156.6
$max W_{AMS}$ po kalibracji (%wartości docelowej)	354	368	11 072	328	-	240	449	626
N (%)	87	87	94	96	-	70	77	61
1/N (%)	115	115	106	104	-	143	130	165
K (%)	222	294	6396	312	-	232	345	383

gdzie:

$u_{bs,AMS}$ – niepewność wskazań pomiędzy dwoma urządzeniami (wyrażona w $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ oraz w procentach wartości docelowej wynoszącej 2,5 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$);

$max W_{AMS}$ po kalibracji – większa z dwóch wartości rozszerzonej niepewności względnej wskazań pomiędzy urządzeniem testowanym po skalibrowaniu a metodyką referencyjną (wyrażona w % wartości docelowej przyjętej dla frakcji PM2.5 oraz procentach wartości granicznej przyjmowanej przy wykazywaniu równoważności – 25%);

N – procentowe pokrycie danymi okresu pomiarowego przyjętego dla danej pary urządzeń;

K – pierwiastek sumy kwadratów procentowych wartości $u_{bs,AMS}$, $max W_{AMS}$ po kalibracji oraz $1/N$ podzielonych przez trzy.

3.2. Wpływ wilgotności powietrza na wyniki pomiarów

Dodatkowo przeprowadzono ocenę jakościową wskazań testowanych urządzeń. Podobnie jak przy poprzednich analizach określono wpływ parametrów meteorologicznych na wartości stężeń wyznaczanych przez każde urządzenie. Do analiz wykorzystano wartości godzinne stężeń pyłu zawieszonego PM10 oraz wartości godzinne pomiarów wilgotności powietrza. W oparciu o wartości godzinne stężeń pyłu zawieszonego pochodzące z testowanych urządzeń wyznaczono różnicę pomiędzy wskazaniami urządzeń a wskazaniami pochodzącymi z metody z wykazaną równoważnością do metodyki referencyjnej. Powyższe różnice skorelowano z wartościami względnej wilgotności powietrza dla każdej godziny pomiarów. Otrzymane zależności przedstawiono na rysunkach 9.1 – 9.8. Dodatkowo na wykresach wykreślono krzywe trendu wyznaczone metodą regresji liniowej dla dwóch testowanych zakresów wilgotności 40 – 90% oraz 90 – 100%, wraz z przedziałami ufności. Na wykresach podano również, dla odpowiednich zakresów, współczynniki nachylenia prostych regresji wraz z niepewnościami oraz współczynnik korelacji R^2 . Wykresy z naniesionymi wartościami po kalibracji zostały przedstawione w tej samej skali na osi stężeń dla lepszego porównania występujących trendów pomiędzy urządzeniami. Inaczej niż przy poprzednich badaniach, dla żadnej z firm nie widać wyraźnego wpływu wilgotności na wyniki dostarczane przez testowane urządzenia. Wyjątek stanowią urządzenia firmy Envag gdzie dla zakresu 40 – 90 % widać wyraźny trend malejący, lecz dane pochodzące z tych urządzeń są tak mało wiarygodne, że trudno mówić o jakimś rzeczywistym wpływie wilgotności. Wyłącznie dla urządzenia firmy Xorbit nr 2, zaobserwowano wyraźny wpływ wysokich wilgotności na wskazania (por. rys. 9.8.). Na wykresie zauważyć można grupę punktów odpowiadających wilgotnościom bliskim 100%, które usytuowane są około 70 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ powyżej osi.

3.3. Stabilność wskazań urządzeń w czasie

Z uwagi na wystarczająco długi okres trwania pomiarów postanowiono przeprowadzić również analizy stabilności parametrów kalibracji dla testowanych urządzeń w czasie oraz zależność parametrów kalibracji od mierzonych zakresów stężeń. Poniższe analizy wykonano na wartościach średniogodzinnych dostarczonych przez firmy oraz wartościach pochodzących z metodyki równoważnej z referencyjną (BAM) dostarczonych przez KLRIW GIOŚ (por. rys. 10.1 – 10.8 w dodatku A). Analizowano wyłącznie dane PM10, ponieważ do badań użyto jedynie miernika tego typu.

Dla przeprowadzenia analizy stabilności parametrów kalibracji w czasie postanowiono podzielić dane na zestawy po 168 wartości, co odpowiada liczbie danych godzinnych z jednego tygodnia. Na tej podstawie dla każdego tygodnia trwania pomiarów wyznaczono parametry zależności liniowej pomiędzy danymi pomiarowymi a referencyjnymi. Wyznaczane dla każdego tygodnia parametry to: współczynnik korelacji Pearsona (R^2), współczynnik nachylenia krzywej kalibracji ($a = \frac{1}{B}$) oraz wartości przesunięcia krzywej kalibracji ($b = \frac{A}{B}$). Dla wszystkich wartości wykreślono ich przebiegi czasowe (por. rys. 11.1 – 11.8) z rozbiciem na poszczególne urządzenia. Dodatkowo do otrzymanych przebiegów dopasowano metodą regresji liniowej krzywą trendu, wraz z jej przedziałem ufności na poziomie 95%. Na podstawie analiz przebiegów krzywych trendu oraz wartości ich nachylenia można wywnioskować, że na żądanym poziomie ufności, dla większości urządzeń nie można zaobserwować dryfu współczynnika nachylenia krzywej kalibracji (a) oraz wartości przesunięcia krzywej kalibracji (b). Wyjątek stanowi urządzenie dostarczone przez Politechnikę Warszawską nr 2, gdzie zaobserwować można dryf zarówno współczynnika nachylenia (a) oraz wartości przesunięcia (b) (por. rys. 11.5 prawy). Przy czym istotniejsza zależność występuje dla parametru b i jest ona wyraźnie rosnąca, co widać również na przebiegach czasowych z tego urządzenia (rys. 10.5). Również w urządzeniu firmy FarData nr 1, zaobserwować możemy istotną statystycznie zmianę współczynnika b w czasie (rys. 11.4 lewy). **Wzrost z czasem parametru przesunięcia krzywej (b) może świadczyć o istotnym z punktu widzenia pomiarów, rosnącym zabrudzeniu optyki czujnika.**

Kolejnym aspektem jest zmiana w czasie współczynnika korelacji Pearsona (R^2). Istotny statystycznie spadek w czasie, powyższego współczynnika możemy zaobserwować dla urządzeń firm Airly_B nr 1 (rys. 11.1 lewy) oraz Envag nr 2 (rys. 11.3 prawy). W obu przypadkach współczynnik korelacji maleje w czasie, co świadczyć może o zwiększającym się szumie urządzeń pomiarowych. Podobne malejące, ale już mniej istotne statystycznie, zależności zaobserwować można prawie dla wszystkich testowanych urządzeń.

3.4. Liniowość wskazań urządzeń

W drugiej kolejności postanowiono przyjrzeć się krzywym korelacji pomiędzy wartościami średniogodzinnymi mierzonymi przez testowane urządzenia a metodyką równoważną z referencyjną (por. rys. 12.1 – 12.8 w dodatku A). Wyraźnie widać, że dla niektórych urządzeń punkty nie układają się na prostej lecz meandrują wokół niej, zwłaszcza dla niższych wartości stężeń ($<100 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$). Zależność taką zaobserwować można dla urządzeń firm Airly (rys. 12.1 i 12.2) oraz jednego z urządzeń firmy Tetabit (rys. 12.6 lewy). Może to świadczyć o stosowaniu podobnego sensora w urządzeniach obu producentów. Z kolei w urządzeniach firm FarData (rys. 12.4), jednym z urządzeń firmy Tetabit (rys. 12.6 prawy) oraz Vidiaq (rys. 12.7), zaobserwować można zmianę nachylenia krzywej kalibracji dla bardzo małych stężeń ($<25 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) w stosunku do ogólnej krzywej kalibracji. W celu przetestowania charakteru zmienności zależności pomiędzy danymi z urządzeń pomiarowych a metodyką równoważną z referencyjną postanowiono podzielić dane w zależności od wartości stężeń i dla takich podzestawów wykonać ponowne kalibracje. Dane, podobnie jak poprzednio, podzielono na zestawy składające się z 168 wartości, kolejne analizy parametrów kalibracji wykonywano dla skumulowanych zbiorów danych pomiarowych, gdzie kolejna analiza

prowadzona jest dla zbioru uzupełnionego o zestaw 168 liczb w stosunku do poprzedniej. Podstawę sortowania danych pomiarowych stanowiły wartości pochodzące z pomiarów metodyką równoważną z referencyjną. Dla przeprowadzonych analiz wykreślono zależności wyznaczanych przy kalibracjach parametrów (patrz wyżej), w funkcji średniego stężenia z analizowanego zestawu danych dla metodyki równoważnej z referencyjną (por. rys. 13.1 – 13.8).

Z otrzymanych wyników wnioskować można, że dla wszystkich urządzeń satysfakcjonujące wartości współczynnika korelacji R^2 (>0.8) otrzymujemy dla zakresów stężeń nie mniejszych niż $80 - 100 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. Przy wartościach stężeń w zakresie do $20 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, praktycznie nie jest możliwe dopasowanie jednoznacznej krzywej kalibracji. Podobne zakresy zmienności zaobserwować możemy dla zmienności współczynnika nachylenia krzywej kalibracji (a). Dla większości urządzeń, dla których udało się przeprowadzić jednoznaczną kalibrację dla wartości średniodobowych, uzyskujemy współczynnik nachylenia krzywej zbliżony do wartości docelowej (1), dla średnich stężeń większych niż $80 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. Wnioskować stąd można, że testowane czujniki nie nadają się do pomiarów wyłącznie niskich stężeń poniżej $80 - 100 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$.

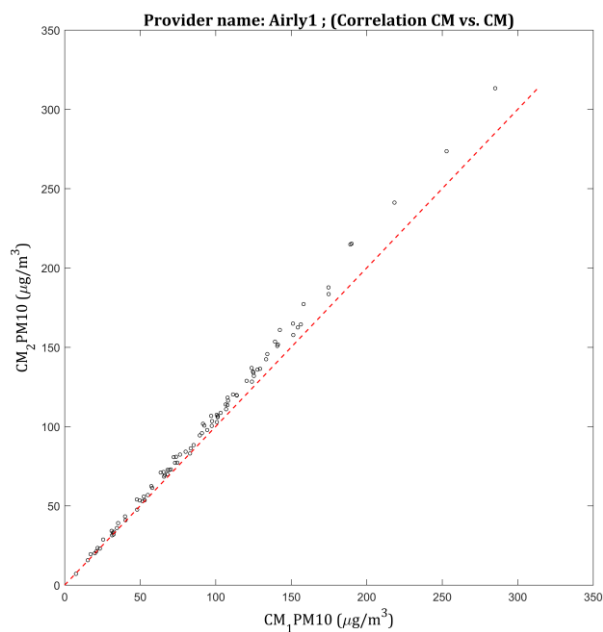
4. Wnioski

1. Podstawowym kryterium oceny przyjętym w niniejszym opracowaniu, zgodnie z normą PN-EN 16450:2017-05 [2], jest zgodność wskazań pomiędzy dwoma testowanymi urządzeniami niereferencyjnymi tego samego typu. Otrzymane rezultaty dla 7 par urządzeń wykazały, iż jedynie w przypadku jednej z par urządzeń dostarczonych przez firmę Airly i wyłącznie dla frakcji PM_{2.5} ten warunek został spełniony. W przypadku pozostałych testowanych urządzeń otrzymane rezultaty zgodności wskazań nie spełniły stawianych kryteriów. **Uzyskane rezultaty wskazują na brak zgodności wskazań pomiędzy parą takich samych urządzeń pomiarowych, co prowadzić może do wniosku, iż nawet stosując urządzenia pomiarowe (czujniki) jednakowego typu otrzymane wartości stężeń pyłu zawieszonego mogą się od siebie znacząco różnić.**
2. Żadne z testowanych urządzeń nie spełniło wymagań zapisanych w Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 13 września 2012 r. w sprawie dokonywania oceny poziomów substancji w powietrzu (Dz. U. z 2012 r. poz. 1032) w odniesieniu do wymagań dotyczących jakości pomiarów powietrza – **wymagana rozszerzona niepewność pomiarowa dla pomiarów ciągłych nie może być większa niż 25% wartości docelowej ($50 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ dla PM₁₀ oraz $25 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ dla PM₁₀).**
3. W przypadku urządzeń wykazujących wyraźną wrażliwość mierzonych stężeń na wysokie wartości wilgotności powietrza istnieje bardzo duże ryzyko zawyżania wskazań podczas niekorzystnych warunków meteorologicznych. Powyższy problem praktycznie dyskwalifikuje wspomniane urządzenia ze stosowania ich na zewnątrz budynków w chłodnej porze roku. W ramach przeprowadzonych testów **odnotowano bardzo dużą poprawę** w stosunku do pierwszej tury pomiarów, praktycznie nie stwierdzono urządzeń, dla których można by wykazać ewidentny wpływ wilgotności na wartości mierzone, należy jednak pamiętać, że pomiary mogły być prowadzone w odmiennych warunkach meteorologicznych.
4. Niektóre urządzenia wykazują dryf parametrów kalibracji w czasie. Nawet w perspektywie czasowej kilku miesięcy. Praktycznie w przypadku wszystkich urządzeń obserwujemy spadek w czasie współczynnika korelacji, co świadczyć może o powiększającym się szumie generowanym przez urządzenia.
5. Testowane urządzenia nie nadają się do prowadzenia pomiarów w niskich zakresach stężeń ($<20 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$), gdzie niepewność wskazań jest na poziomie wartości mierzonych. Stabilne współczynniki kalibracji otrzymujemy dopiero przy średnich wartościach stężeń wyższych niż $80 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$.
6. Większość testowanych urządzeń podczas pomiarów wskazywała wartości znacznie odbiegające od metody referencyjnej. Dopiero zastosowanie kalibracji pozwoliło uzyskać lepszą zgodność z metodą referencyjną. Autorzy raportu rekomendują **prowadzenie przez producentów kalibracji urządzeń dla warunków o zmiennych stężeniach średniodobowych z zakresu ($20\text{--}100 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$).**
7. W raporcie zawarto jedynie współczynniki kalibracji charakterystyczne dla **badanego okresu czasu**. **Nie ma gwarancji**, że współczynniki te będą stałe w czasie.

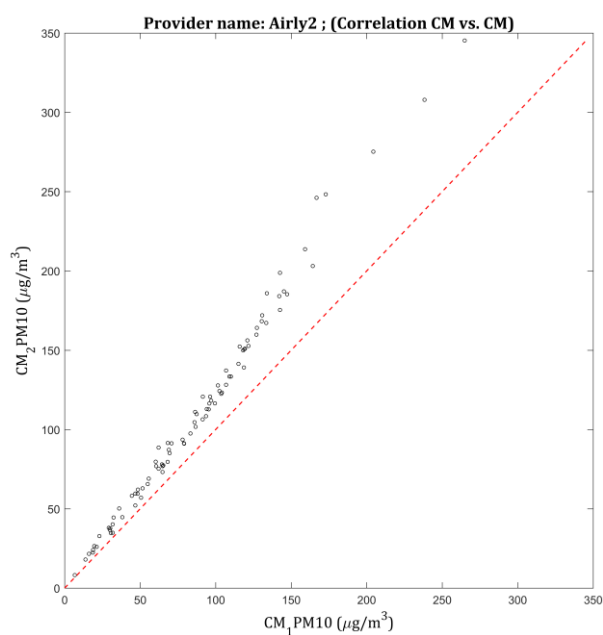
5. Bibliografia

1. PN-EN 12341:2014-07 Powietrze atmosferyczne – Standardowa grawimetryczna metoda pomiarowa do określania stężeń masowych frakcji PM10 lub PM 2,5 pyłu zawieszonego.
2. PN-EN 16450:2017-05 Powietrze atmosferyczne - Automatyczne systemy pomiarowe do pomiarów stężenia pyłu zawieszonego (PM10; PM2,5).
3. Orthogonal regression and equivalence test utility, version 2.9, RIVM (Dutch Institute for Public Health and the Environment, dep. Centre for Environment Monitoring)

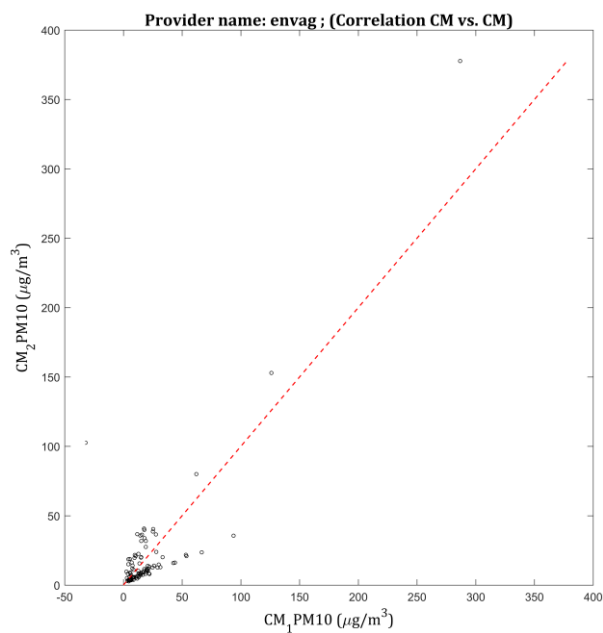
6. Dodatek A



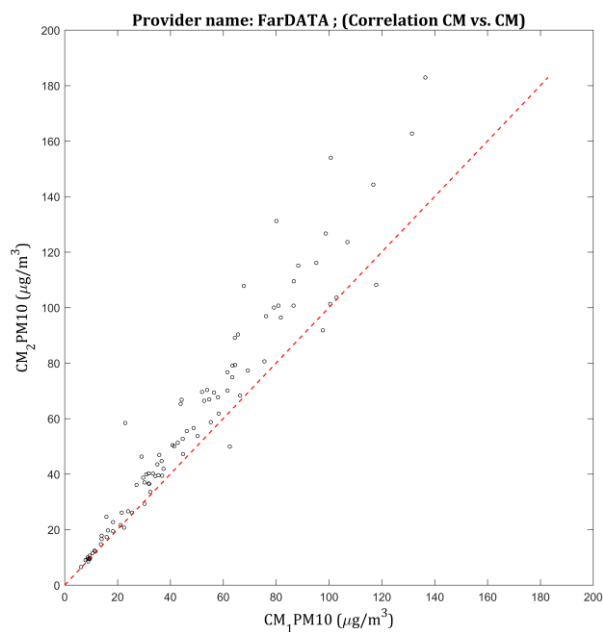
Rysunek 3.1. Zależność pomiędzy wartościami mierzonymi przez poszczególne urządzenia dostarczone przez firmę Airly_A dla frakcji PM10. Czarnymi okręgami zaznaczono mierzone wartości, linią czerwoną relację tożsamościową ($CM_1 = CM_2$).



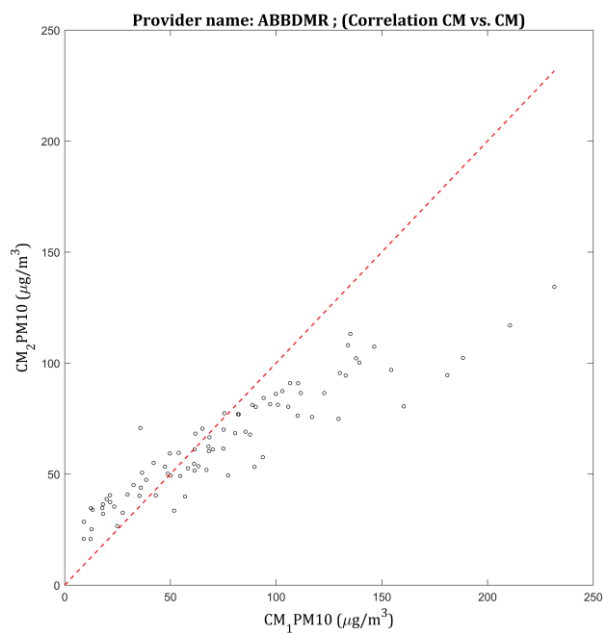
Rysunek 3.2. Zależność pomiędzy wartościami mierzonymi przez poszczególne urządzenia dostarczone przez firmę Airly_B dla frakcji PM10. Czarnymi okręgami zaznaczono mierzone wartości, linią czerwoną relację tożsamościową ($CM_1 = CM_2$).



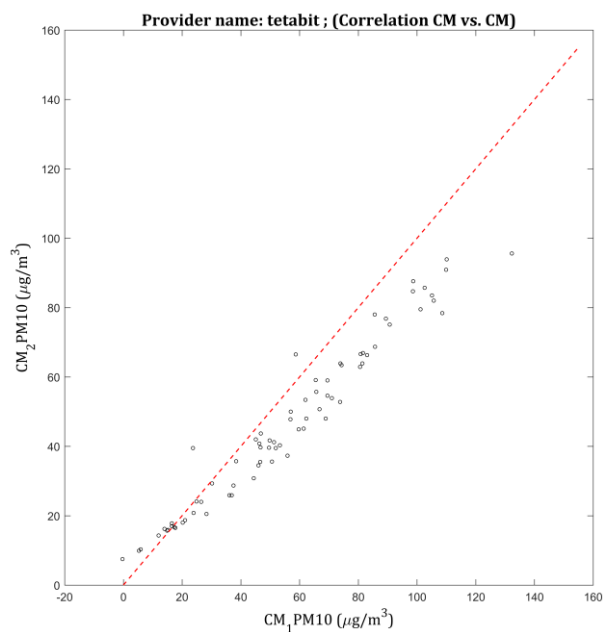
Rysunek 3.3. Zależność pomiędzy wartościami mierzonymi przez poszczególne urządzenia dostarczone przez firmę Envag dla frakcji PM10. Czarnymi okręgami zaznaczono mierzone wartości, linią czerwoną relację tożsamościową ($CM_1 = CM_2$).



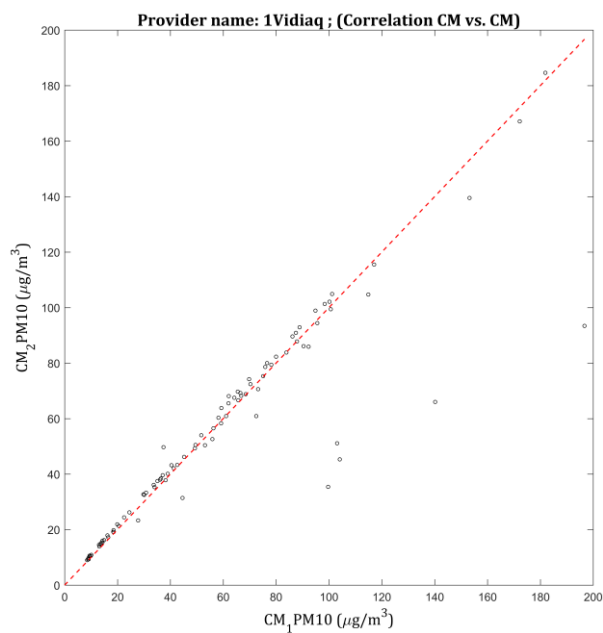
Rysunek 3.4. Zależność pomiędzy wartościami mierzonymi przez poszczególne urządzenia dostarczone przez firmę FarData dla frakcji PM10. Czarnymi okręgami zaznaczono mierzone wartości, linią czerwoną relację tożsamościową ($CM_1 = CM_2$).



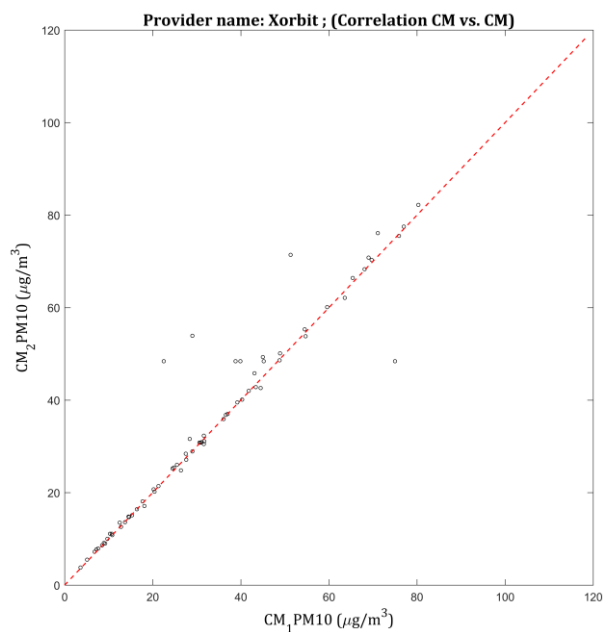
Rysunek 3.5. Zależność pomiędzy wartościami mierzonymi przez poszczególne urządzenia dostarczone przez Politechnikę Warszawską dla frakcji PM10. Czarnymi okręgami zaznaczono mierzone wartości, linią czerwoną relację tożsamościową ($CM_1 = CM_2$).



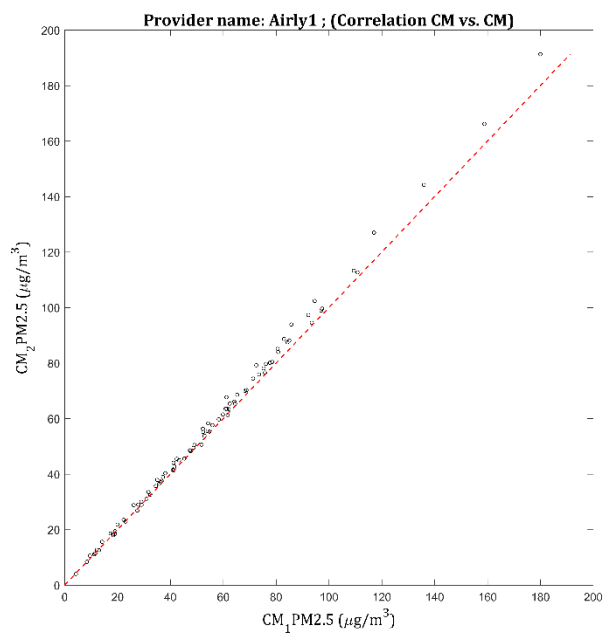
Rysunek 3.6. Zależność pomiędzy wartościami mierzonymi przez poszczególne urządzenia dostarczone przez firmę Tetabit dla frakcji PM10. Czarnymi okręgami zaznaczono mierzone wartości, linią czerwoną relację tożsamościową ($CM_1 = CM_2$).



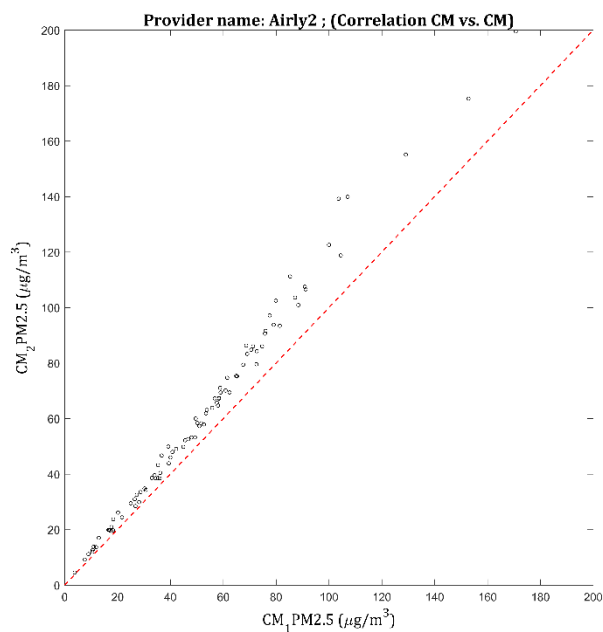
Rysunek 3.7. Zależność pomiędzy wartościami mierzonymi przez poszczególne urządzenia dostarczone przez firmę Vidiaq dla frakcji PM10. Czarnymi okręgami zaznaczono mierzone wartości, linią czerwoną relację tożsamościową ($CM_1 = CM_2$).



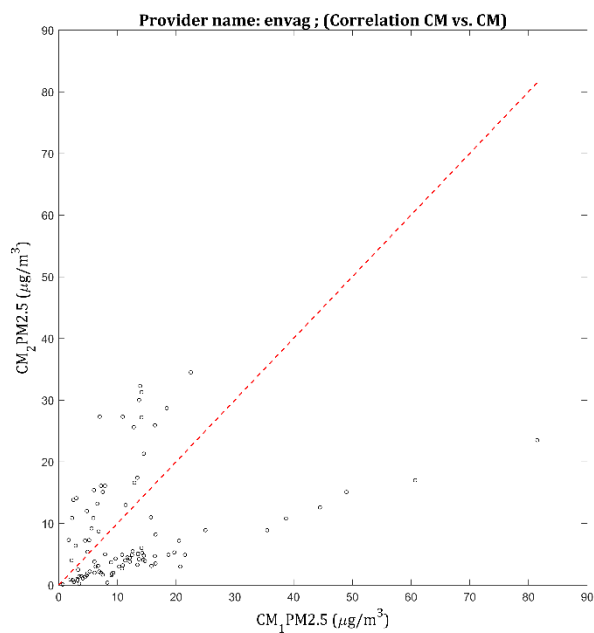
Rysunek 3.8. Zależność pomiędzy wartościami mierzonymi przez poszczególne urządzenia dostarczone przez firmę Xorbit dla frakcji PM10. Czarnymi okręgami zaznaczono mierzone wartości, linią czerwoną relację tożsamościową ($CM_1 = CM_2$).



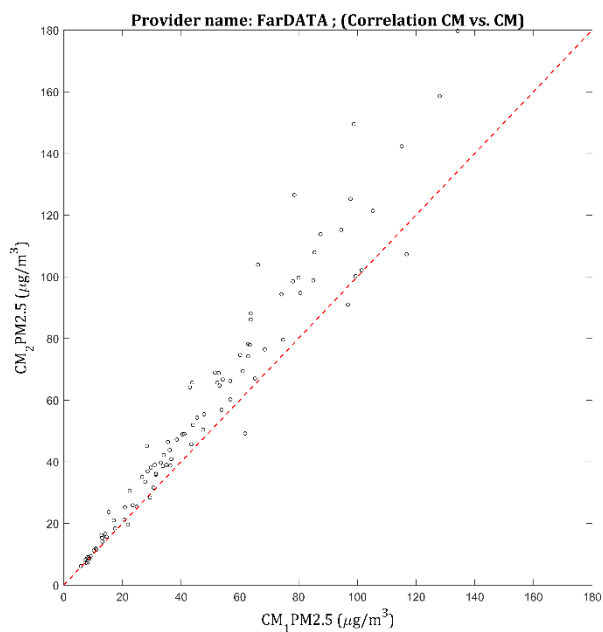
Rysunek 4.1. Zależność pomiędzy wartościami mierzonymi przez poszczególne urządzenia dostarczone przez firmę Airly_A dla frakcji PM_{2.5}. Czarnymi okręgami zaznaczono mierzone wartości, linią czerwoną relację tożsamościową ($CM_1 = CM_2$).



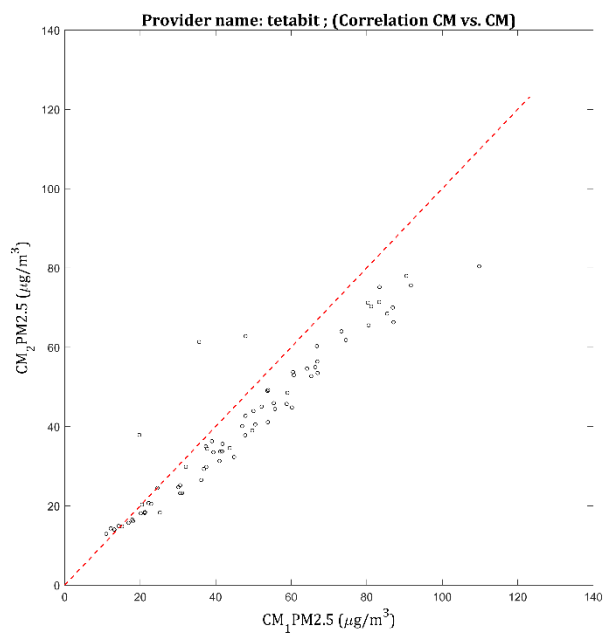
Rysunek 4.2. Zależność pomiędzy wartościami mierzonymi przez poszczególne urządzenia dostarczone przez firmę Airly_B dla frakcji PM_{2.5}. Czarnymi okręgami zaznaczono mierzone wartości, linią czerwoną relację tożsamościową ($CM_1 = CM_2$).



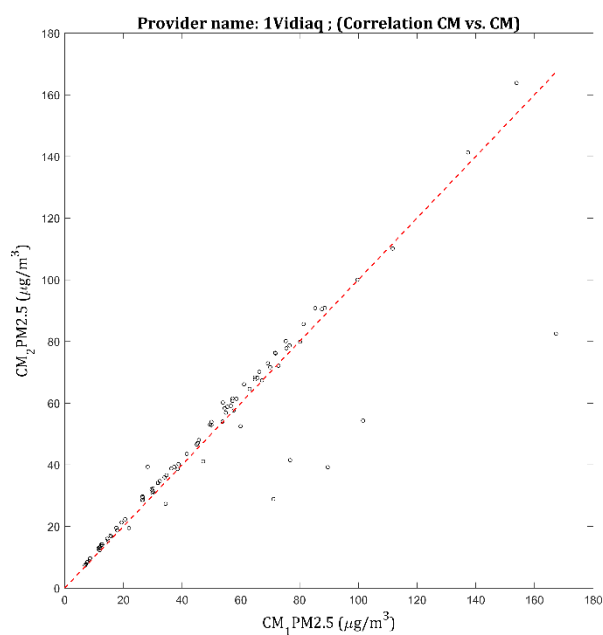
Rysunek 4.3. Zależność pomiędzy wartościami mierzonymi przez poszczególne urządzenia dostarczone przez firmę Envag dla frakcji PM_{2.5}. Czarnymi okręgami zaznaczono mierzone wartości, linią czerwoną relację tożsamościową ($CM_1 = CM_2$).



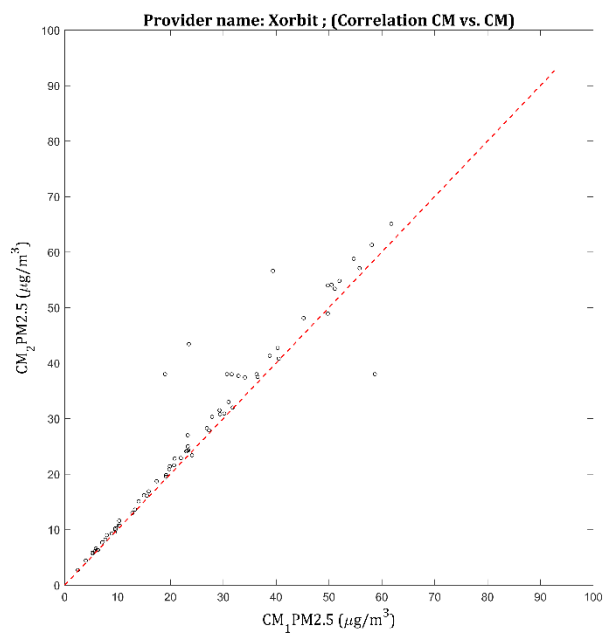
Rysunek 4.4. Zależność pomiędzy wartościami mierzonymi przez poszczególne urządzenia dostarczone przez firmę FarData dla frakcji PM_{2.5}. Czarnymi okręgami zaznaczono mierzone wartości, linią czerwoną relację tożsamościową ($CM_1 = CM_2$).



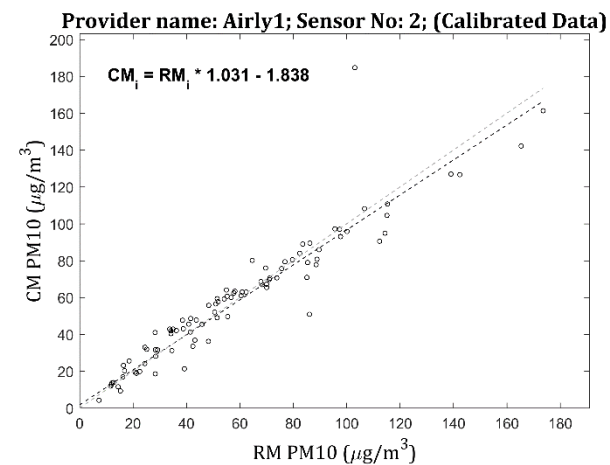
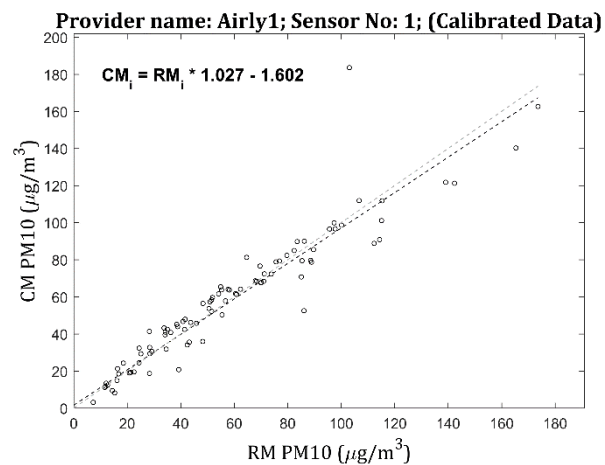
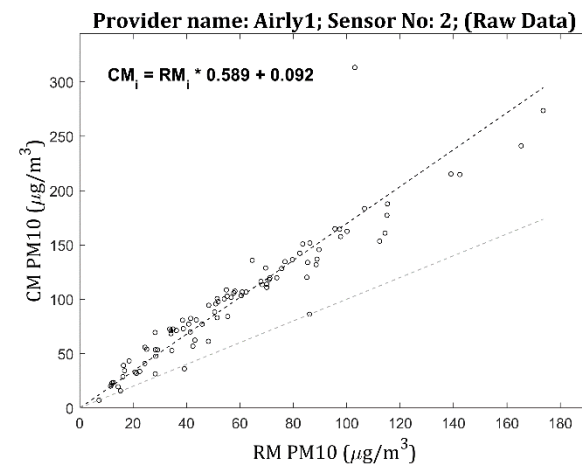
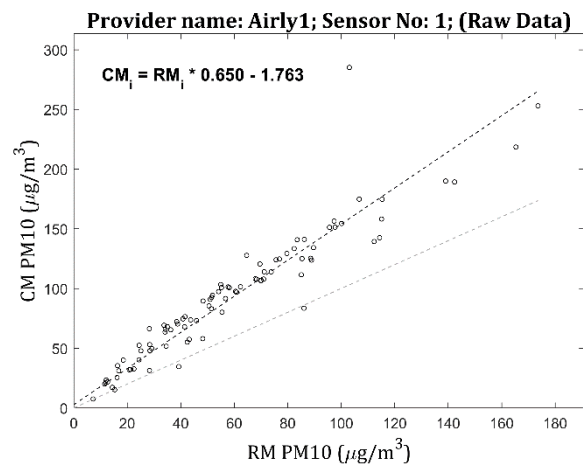
Rysunek 4.6. Zależność pomiędzy wartościami mierzonymi przez poszczególne urządzenia dostarczone przez firmę Tetabit dla frakcji PM2.5. Czarnymi okręgami zaznaczono mierzone wartości, linią czerwoną relację tożsamościową ($CM_1 = CM_2$).



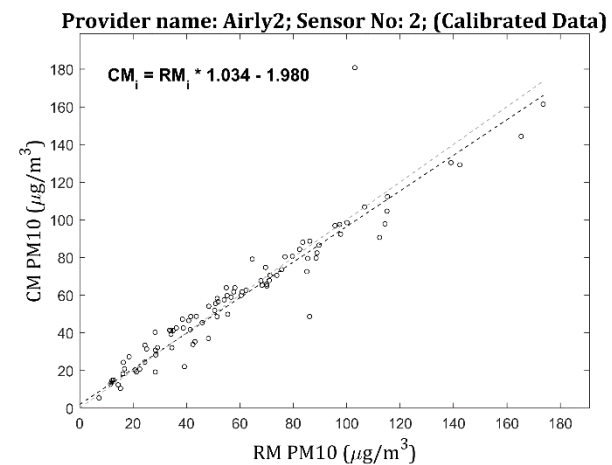
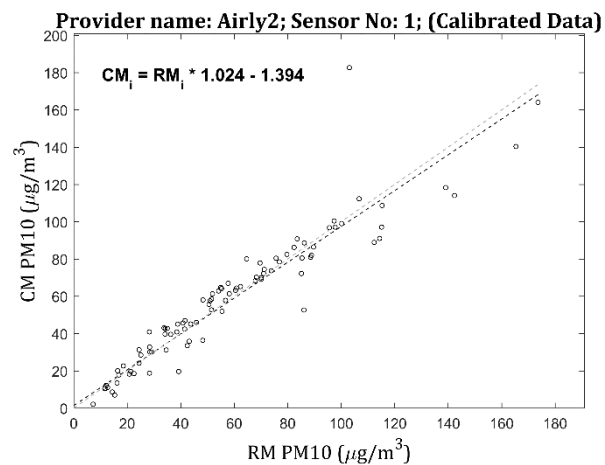
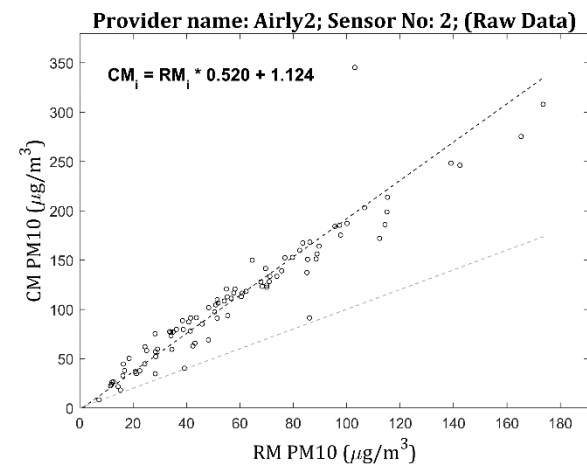
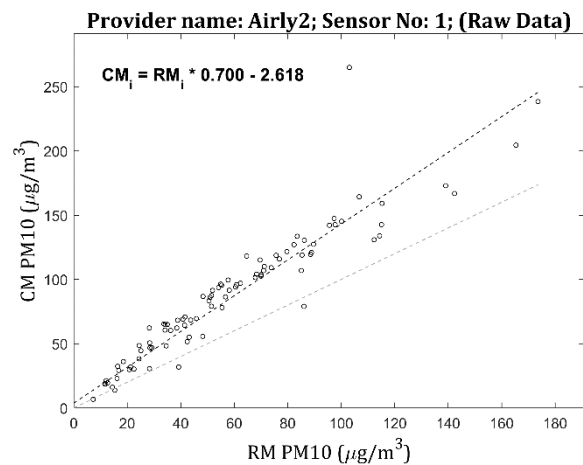
Rysunek 4.7. Zależność pomiędzy wartościami mierzonymi przez poszczególne urządzenia dostarczone przez firmę Vidiaq dla frakcji PM2.5. Czarnymi okręgami zaznaczono mierzone wartości, linią czerwoną relację tożsamościową ($CM_1 = CM_2$).



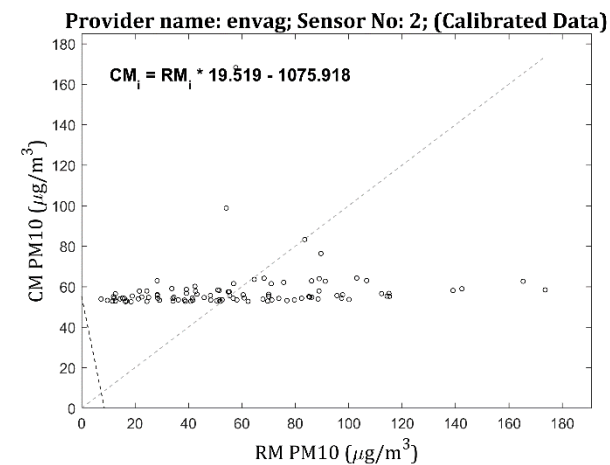
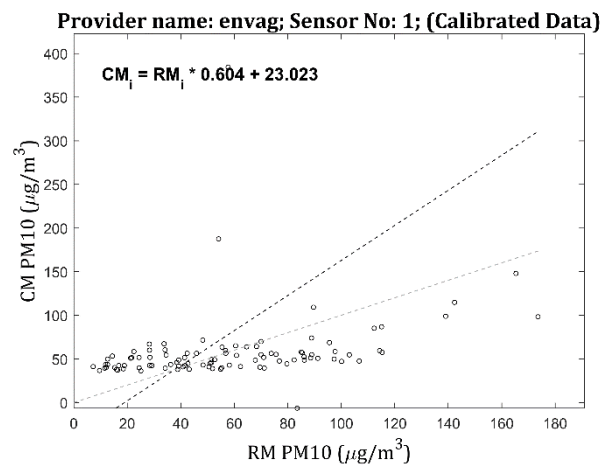
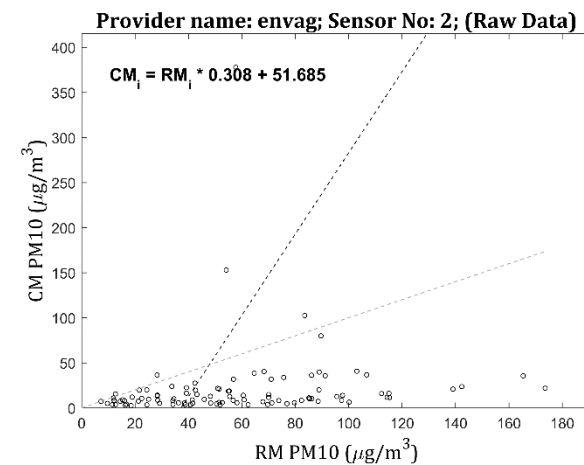
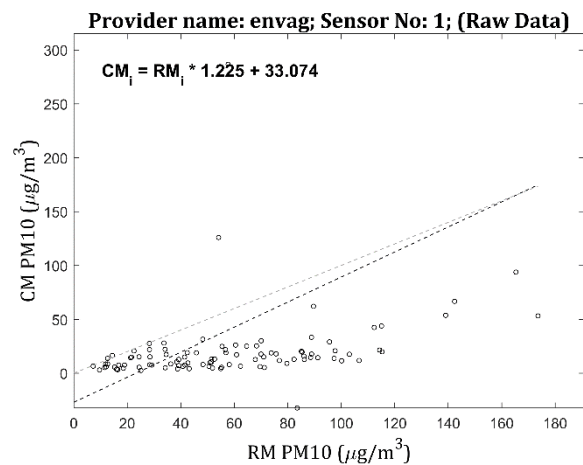
Rysunek 4.8. Zależność pomiędzy wartościami mierzonymi przez poszczególne urządzenia dostarczone przez firmę Xorbit dla frakcji PM_{2.5}. Czarnymi okręgami zaznaczono mierzone wartości, linią czerwoną relację tożsamościową ($CM_1 = CM_2$).



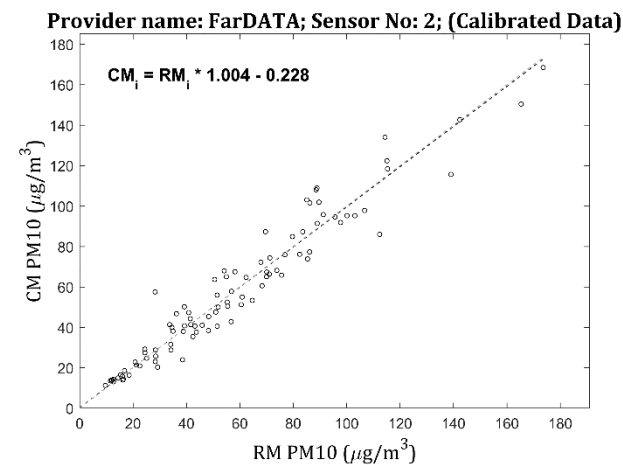
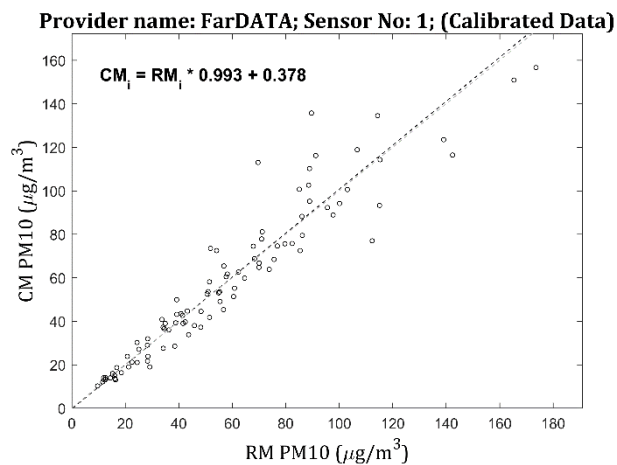
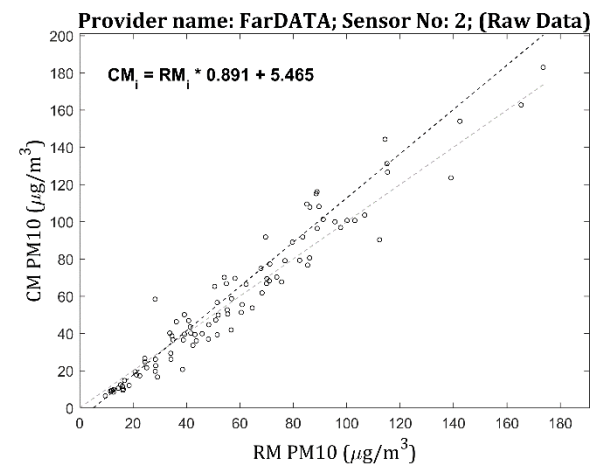
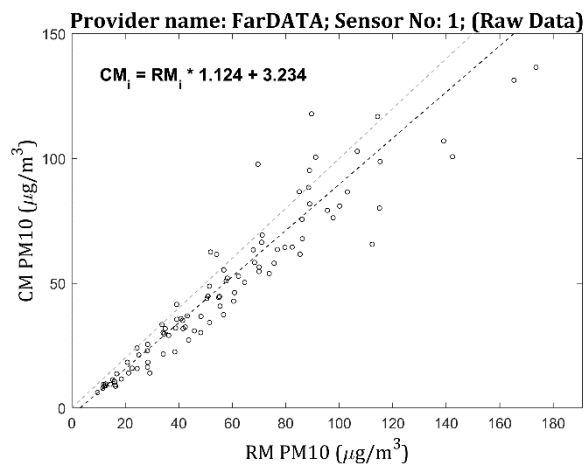
Rysunek 5.1. Krzywe korelacji pomiędzy wartościami mierzonymi przez testowane urządzenia (CM) dostarczone przez firmę Airly_A a metodyką referencyjną (RM) dla frakcji PM₁₀, niezależnie dla obu testowanych czujników (panel lewy czujnik nr 1, panel prawy czujnik nr 2). Na górnych wykresach przedstawiono zależności przed dokonaniem kalibracji urządzeń, na dolnych po wykonaniu kalibracji. Czarnymi okręgami przedstawiono wartości mierzone, czarną linią przerywaną - krzywą regresji liniowej ($CM = B \cdot RM + A$), szarą linią przerywaną - relację tożsamościową ($CM = RM$).



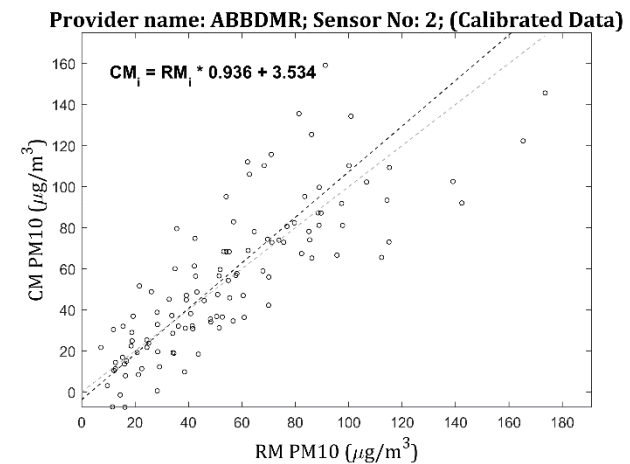
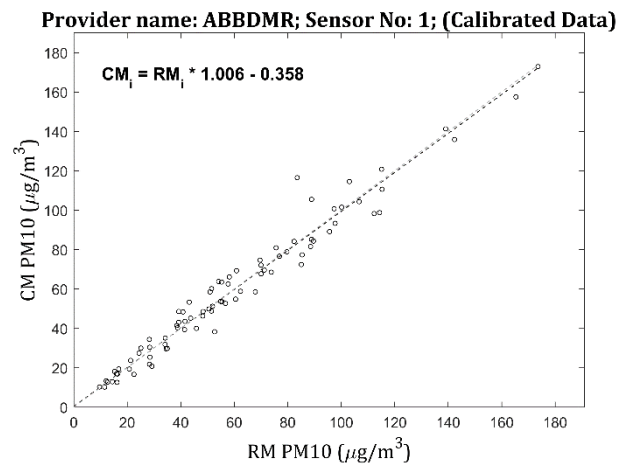
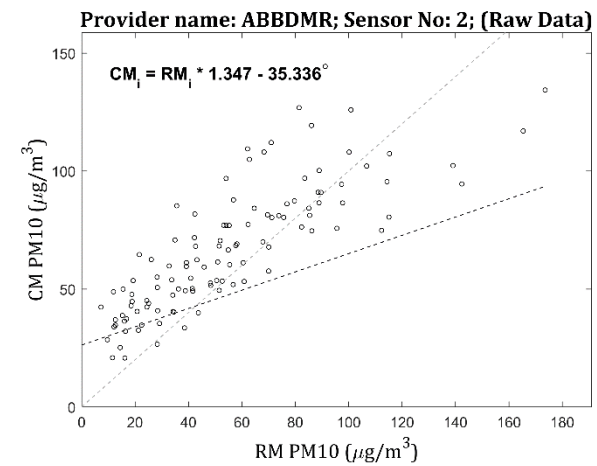
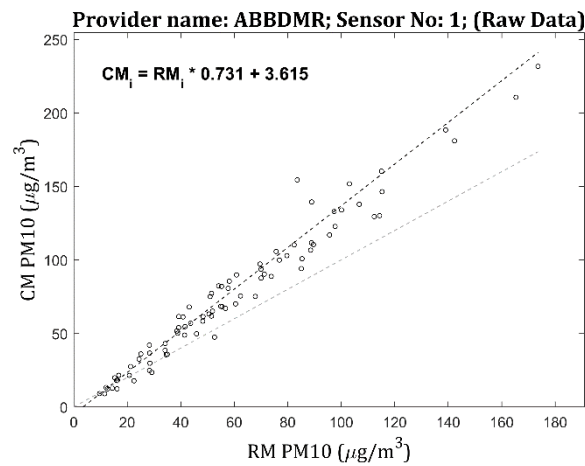
Rysunek 5.2. Krzywe korelacji pomiędzy wartościami mierzonymi przez testowane urządzenia (CM) dostarczone przez firmę Airly_B a metodyką referencyjną (RM) dla frakcji PM₁₀, niezależnie dla obu testowanych czujników (panel lewy czujnik nr 1, panel prawy czujnik nr 2). Na górnych wykresach przedstawiono zależności przed dokonaniem kalibracji urządzeń, na dolnych po wykonaniu kalibracji. Czarnymi okręgami przedstawiono wartości mierzone, czarną linią przerywaną - krzywą regresji liniowej ($CM = B \cdot RM + A$), szarą linią przerywaną - relację tożsamościową ($CM = RM$).



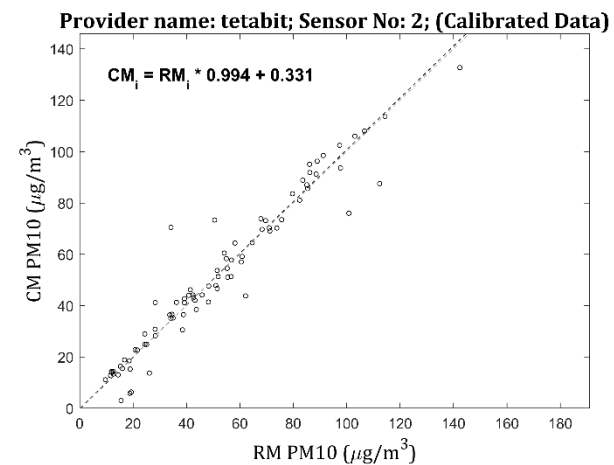
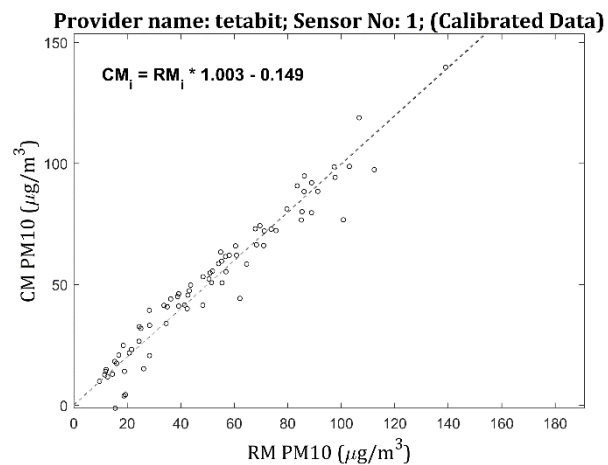
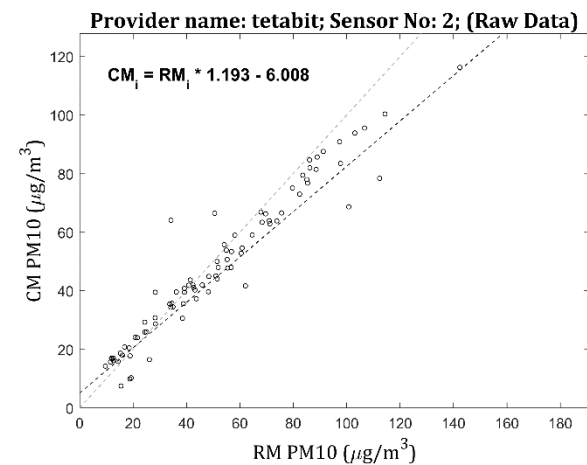
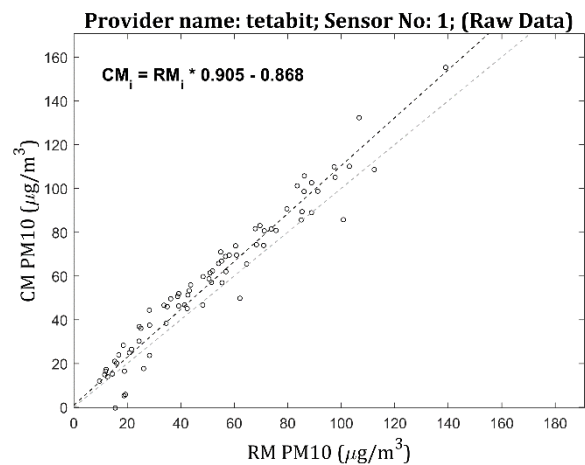
Rysunek 5.3. Krzywe korelacji pomiędzy wartościami mierzonymi przez testowane urządzenia (CM) dostarczone przez firmę Envag a metodyką referencyjną (RM) dla frakcji PM10, niezależnie dla obu testowanych czujników (panel lewy czujnik nr 1, panel prawy czujnik nr 2). Na górnych wykresach przedstawiono zależności przed dokonaniem kalibracji urządzeń, na dolnych po wykonaniu kalibracji. Czarnymi okręgami przedstawiono wartości mierzone, czarną linią przerywaną - krzywą regresji liniowej ($CM = B \cdot RM + A$), szarą linią przerywaną - relację tożsamościową ($CM = RM$).



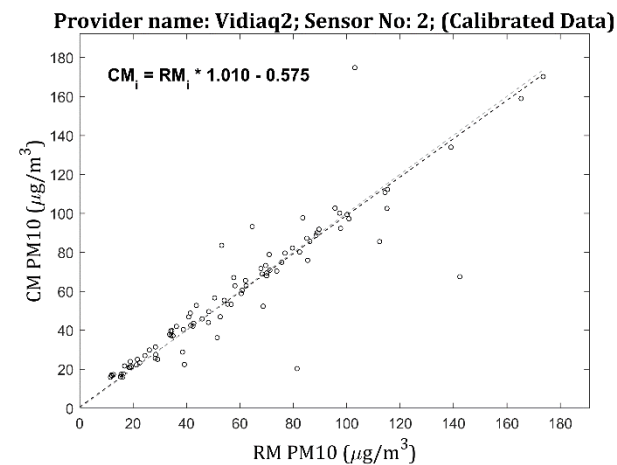
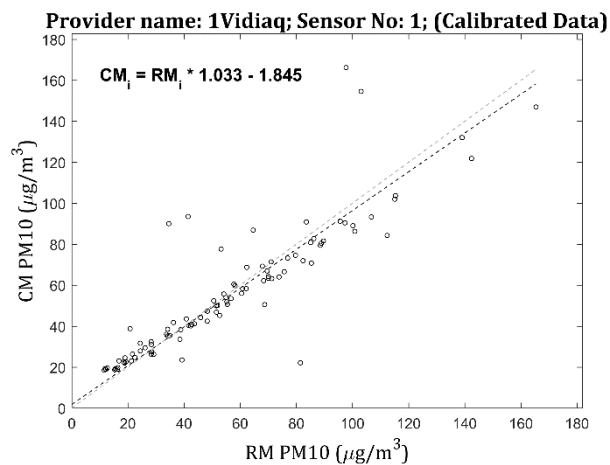
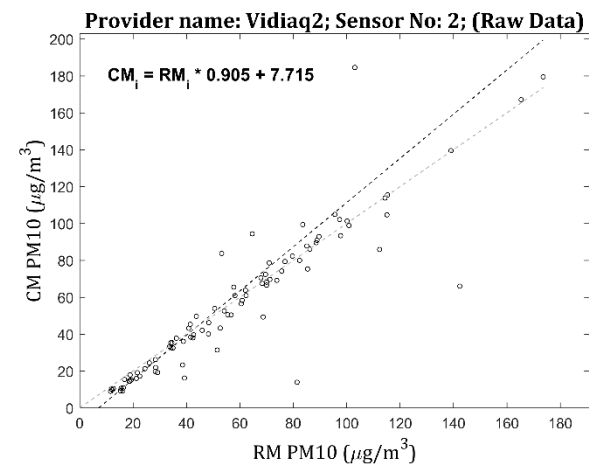
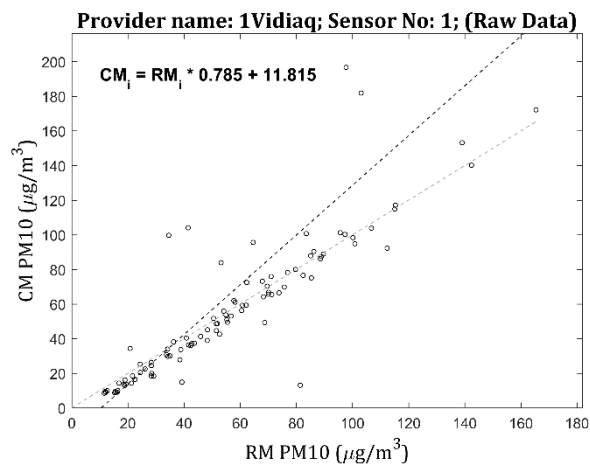
Rysunek 5.4. Krzywe korelacji pomiędzy wartościami mierzonymi przez testowane urządzenia (CM) dostarczone przez firmę FarData a metodyką referencyjną (RM) dla frakcji PM10, niezależnie dla obu testowanych czujników (panel lewy czujnik nr 1, panel prawy czujnik nr 2). Na górnych wykresach przedstawiono zależności przed dokonaniem kalibracji urządzeń, na dolnych po wykonaniu kalibracji. Czarnymi okręgami przedstawiono wartości mierzone, czarną linią przerywaną - krzywą regresji liniowej ($CM = B \cdot RM + A$), szarą linią przerywaną - relację tożsamościową ($CM = RM$).



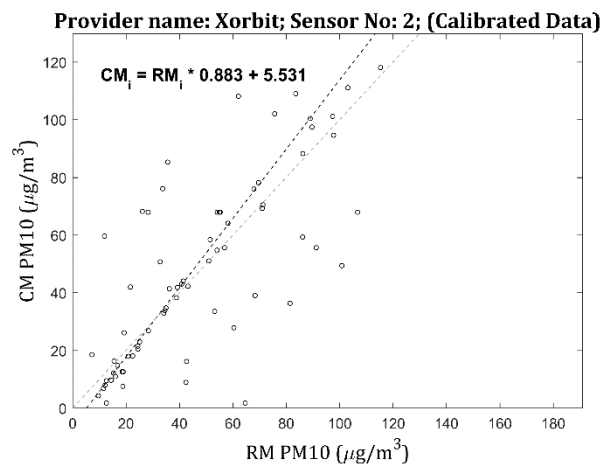
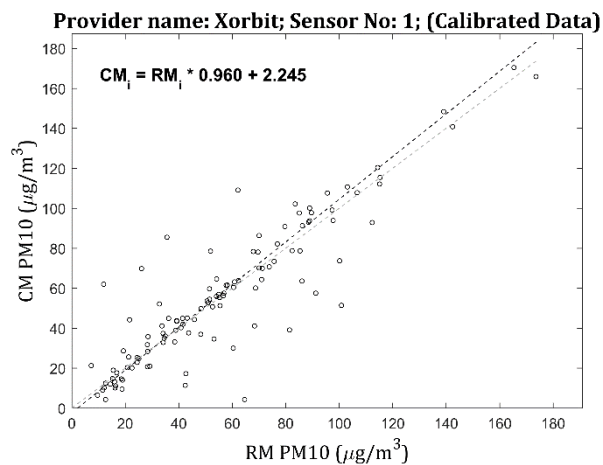
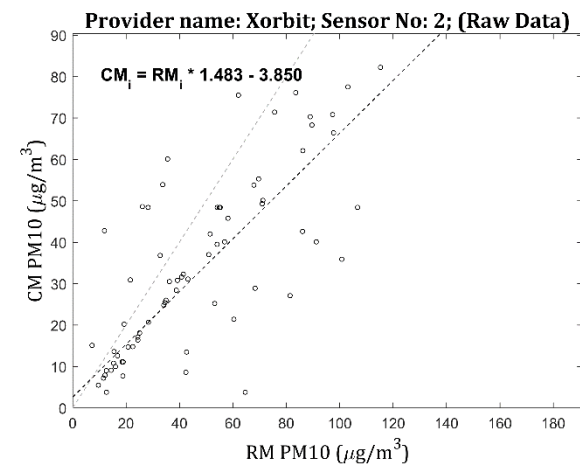
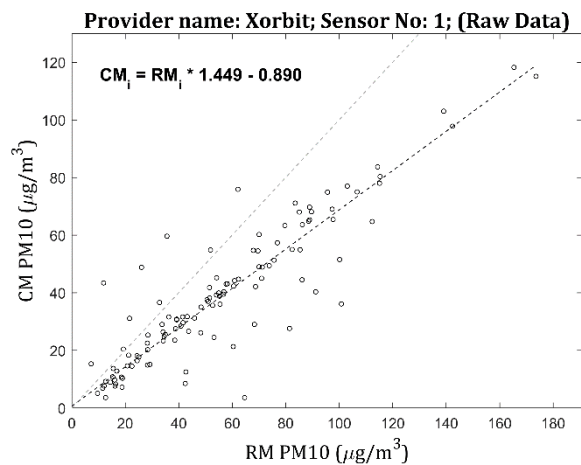
Rysunek 5.5. Krzywe korelacji pomiędzy wartościami mierzonymi przez testowane urządzenia (CM) dostarczone przez Politechnikę Warszawską a metodyką referencyjną (RM) dla frakcji PM10, niezależnie dla obu testowanych czujników (panel lewy czujnik nr 1, panel prawy czujnik nr 2). Na górnych wykresach przedstawiono zależności przed dokonaniem kalibracji urządzeń, na dolnych po wykonaniu kalibracji. Czarnymi okręgami przedstawiono wartości mierzone, czarną linią przerywaną - krzywą regresji liniowej ($CM = B \cdot RM + A$), szarą linią przerywaną - relację tożsamościową ($CM = RM$).



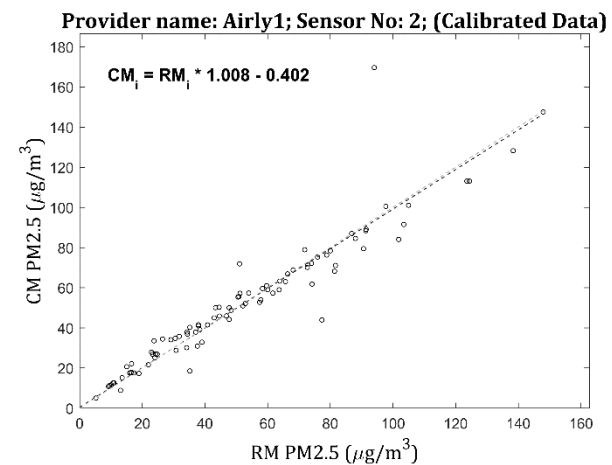
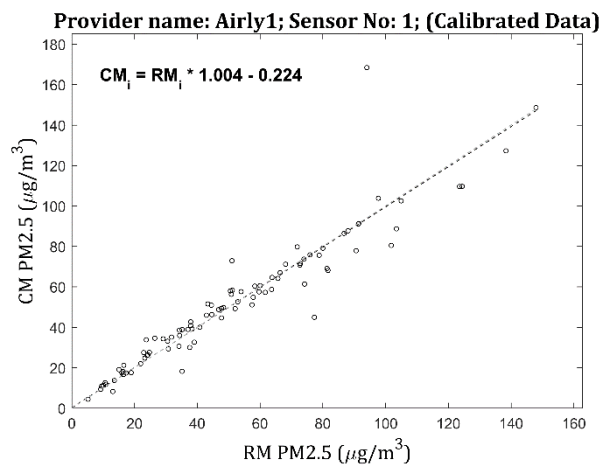
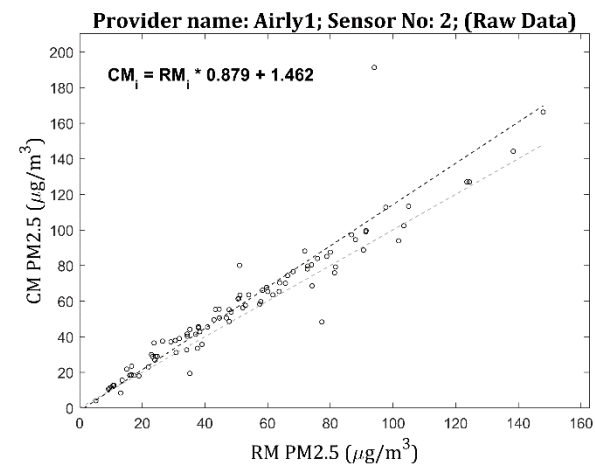
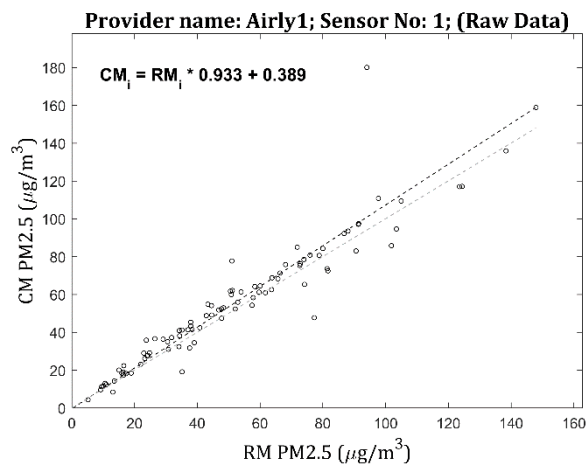
Rysunek 5.6. Krzywe korelacji pomiędzy wartościami mierzonymi przez testowane urządzenia (CM) dostarczone przez firmę Tetabit a metodyką referencyjną (RM) dla frakcji PM10, niezależnie dla obu testowanych czujników (panel lewy czujnik nr 1, panel prawy czujnik nr 2). Na górnych wykresach przedstawiono zależności przed dokonaniem kalibracji urządzeń, na dolnych po wykonaniu kalibracji. Czarnymi okręgami przedstawiono wartości mierzone, czarną linią przerywaną - krzywą regresji liniowej ($CM = B \cdot RM + A$), szarą linią przerywaną - relację tożsamościową ($CM = RM$).



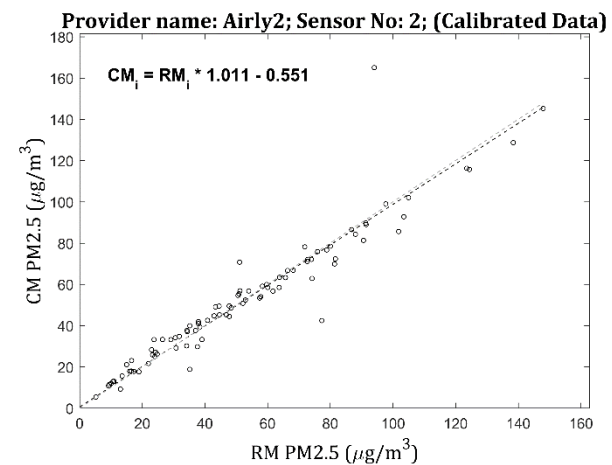
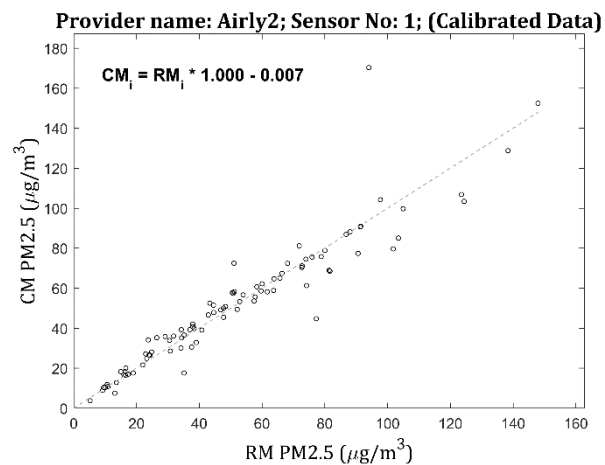
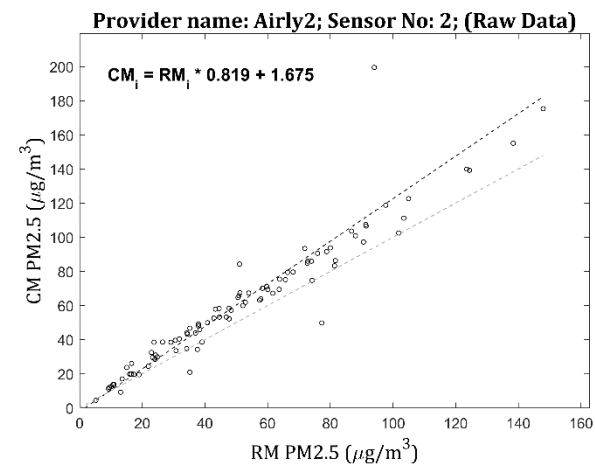
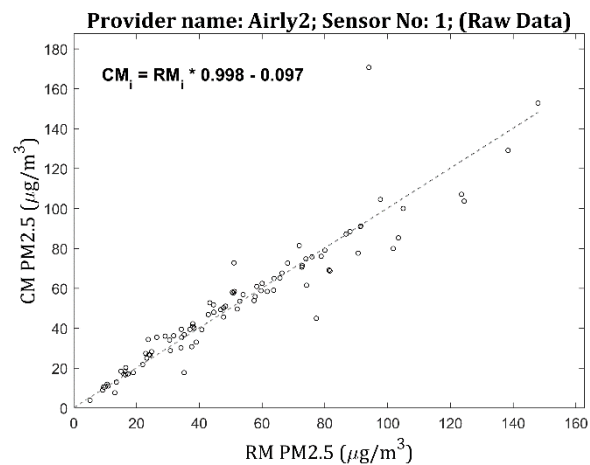
Rysunek 5.7. Krzywe korelacji pomiędzy wartościami mierzonymi przez testowane urządzenia (CM) dostarczone przez firmę Vidiaq a metodyką referencyjną (RM) dla frakcji PM10, niezależnie dla obu testowanych czujników (panel lewy czujnik nr 1, panel prawy czujnik nr 2). Na górnych wykresach przedstawiono zależności przed dokonaniem kalibracji urządzeń, na dolnych po wykonaniu kalibracji. Czarnymi okręgami przedstawiono wartości mierzone, czarną linią przerywaną - krzywą regresji liniowej ($CM = B \cdot RM + A$), szarą linią przerywaną - relację tożsamościową ($CM = RM$).



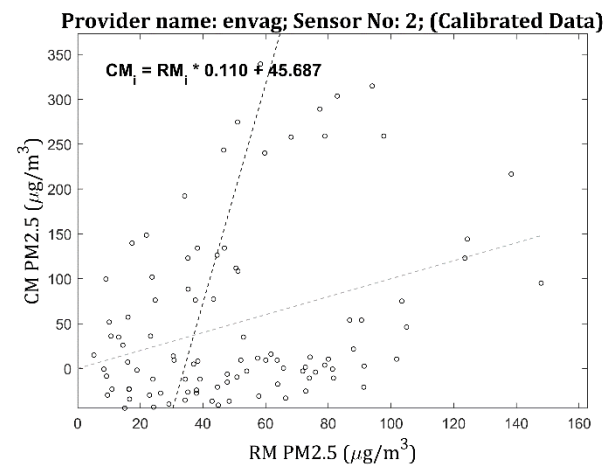
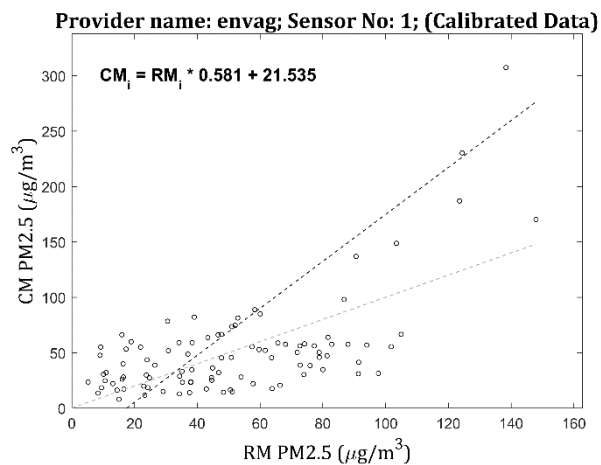
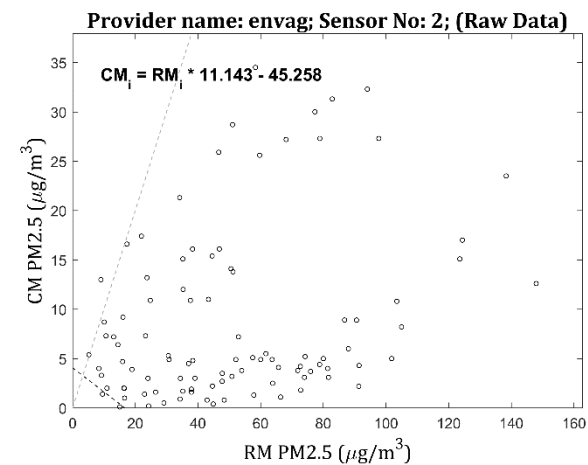
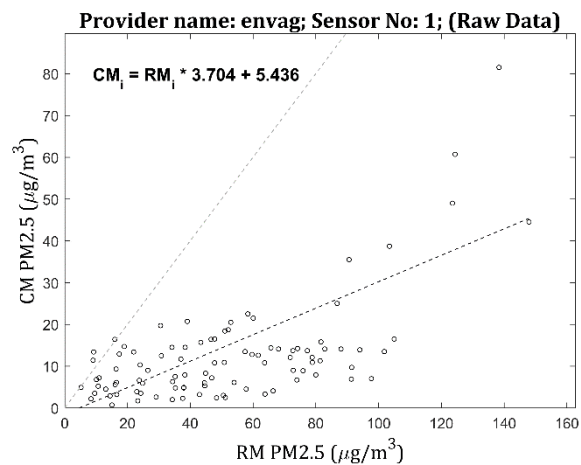
Rysunek 5.8. Krzywe korelacji pomiędzy wartościami mierzonymi przez testowane urządzenia (CM) dostarczone przez firmę Xorbit a metodyką referencyjną (RM) dla frakcji PM10, niezależnie dla obu testowanych czujników (panel lewy czujnik nr 1, panel prawy czujnik nr 2). Na górnych wykresach przedstawiono zależności przed dokonaniem kalibracji urządzeń, na dolnych po wykonaniu kalibracji. Czarnymi okręgami przedstawiono wartości mierzone, czarną linią przerywaną - krzywą regresji liniowej ($CM = B \cdot RM + A$), szarą linią przerywaną - relację tożsamościową ($CM = RM$).



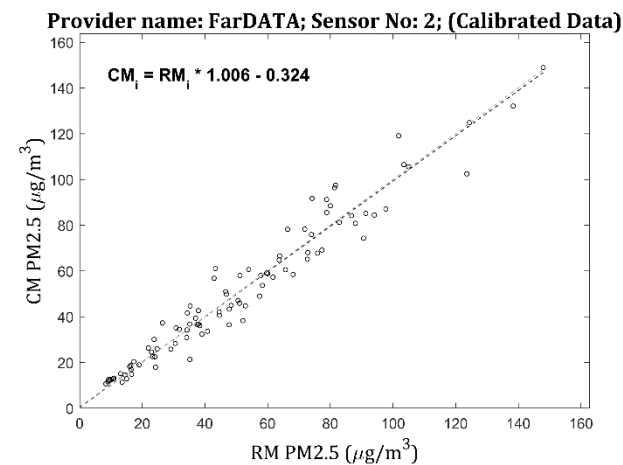
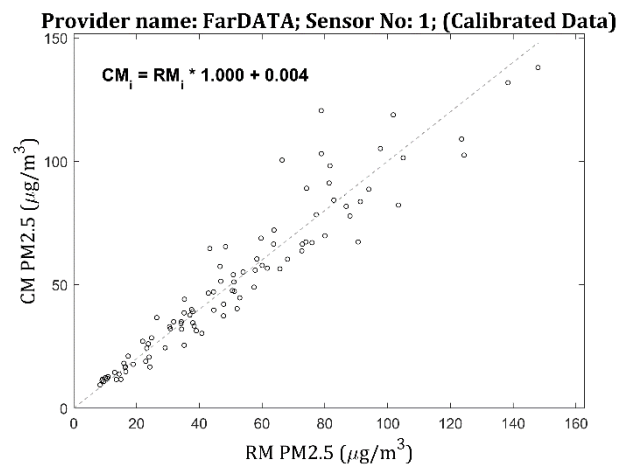
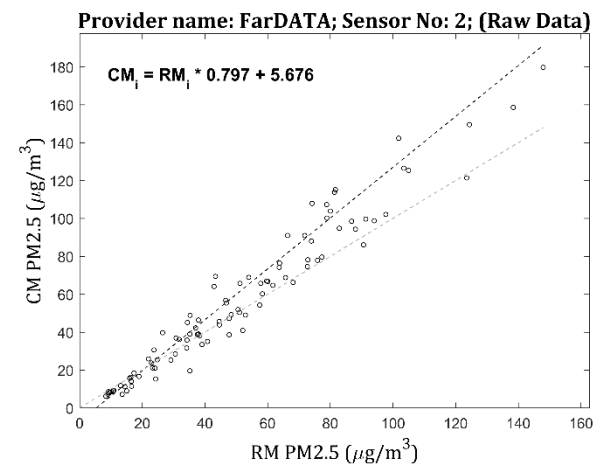
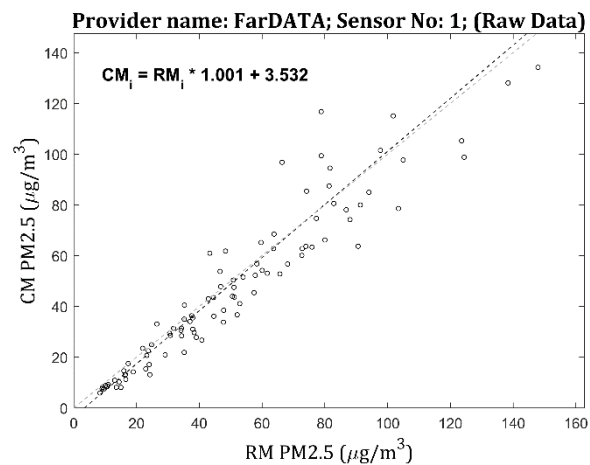
Rysunek 6.1. Krzywe korelacji pomiędzy wartościami mierzonymi przez testowane urządzenia (CM) dostarczone przez firmę Airly_A a metodyką referencyjną (RM) dla frakcji PM_{2.5}, niezależnie dla obu testowanych czujników (panel lewy czujnik nr 1, panel prawy czujnik nr 2). Na górnych wykresach przedstawiono zależności przed dokonaniem kalibracji urządzeń, na dolnych po wykonaniu kalibracji. Czarnymi okręgami przedstawiono wartości mierzone, czarną linią przerywaną - krzywą regresji liniowej ($CM = B \cdot RM + A$), szarą linią przerywaną - relację tożsamościową ($CM = RM$).



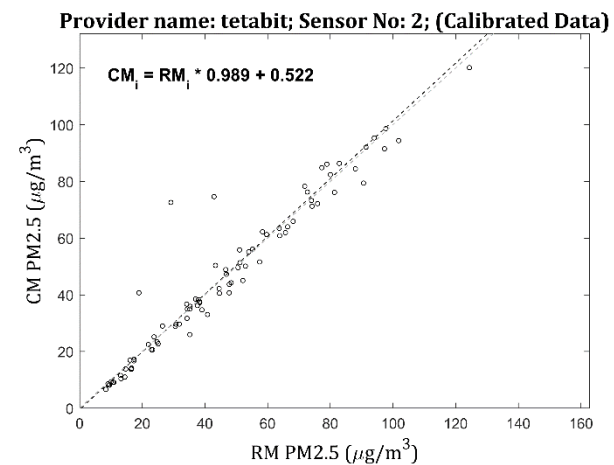
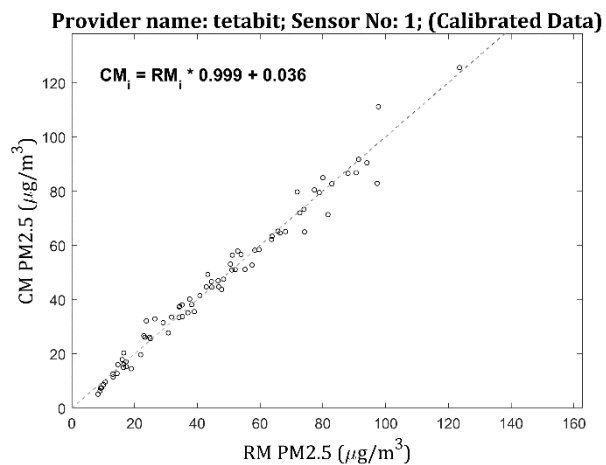
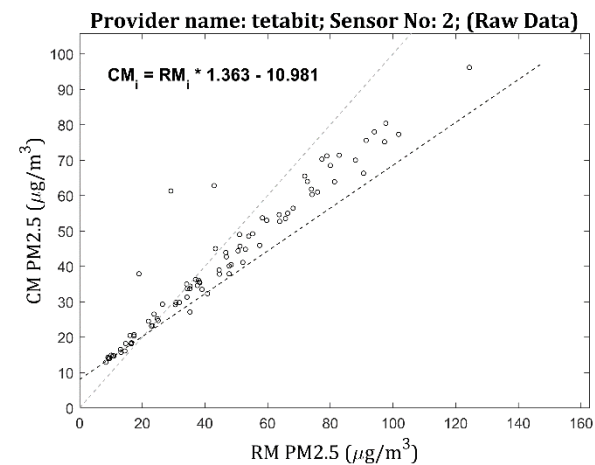
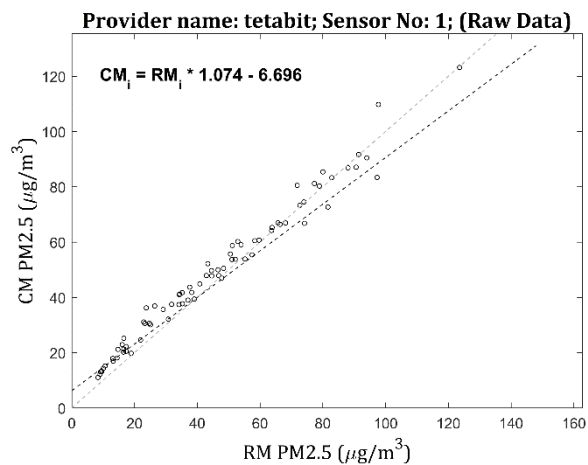
Rysunek 6.2. Krzywe korelacji pomiędzy wartościami mierzonymi przez testowane urządzenia (CM) dostarczone przez firmę Airly_B a metodyką referencyjną (RM) dla frakcji PM_{2.5}, niezależnie dla obu testowanych czujników (panel lewy czujnik nr 1, panel prawy czujnik nr 2). Na górnych wykresach przedstawiono zależności przed dokonaniem kalibracji urządzeń, na dolnych po wykonaniu kalibracji. Czarnymi okręgami przedstawiono wartości mierzone, czarną linią przerywaną - krzywą regresji liniowej ($CM = B \cdot RM + A$), szarą linią przerywaną - relację tożsamościową ($CM = RM$).



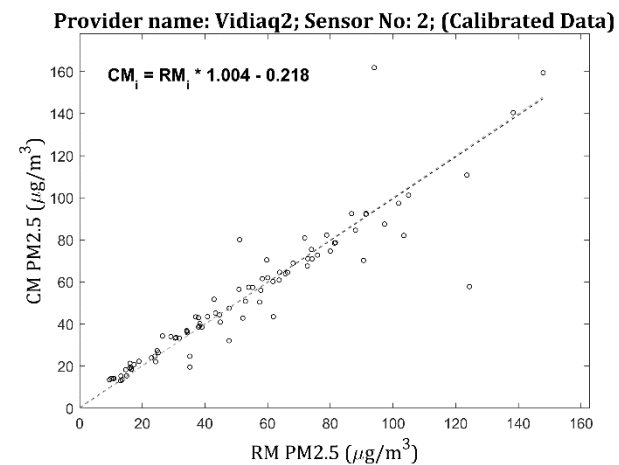
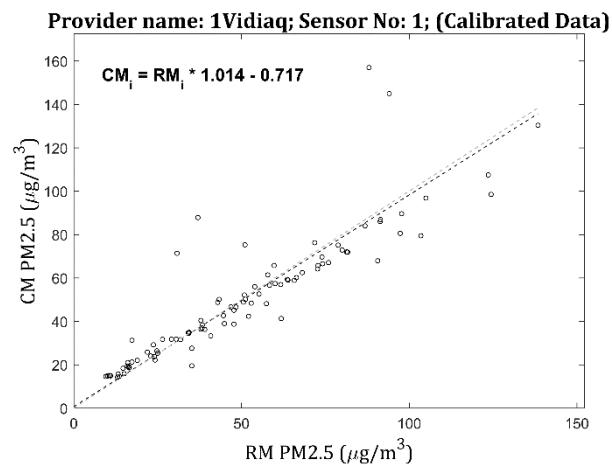
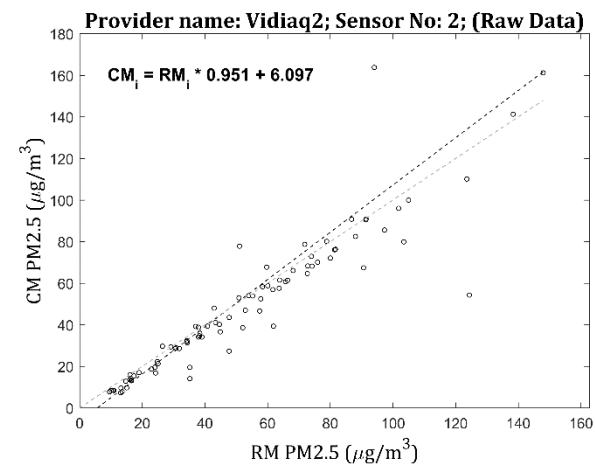
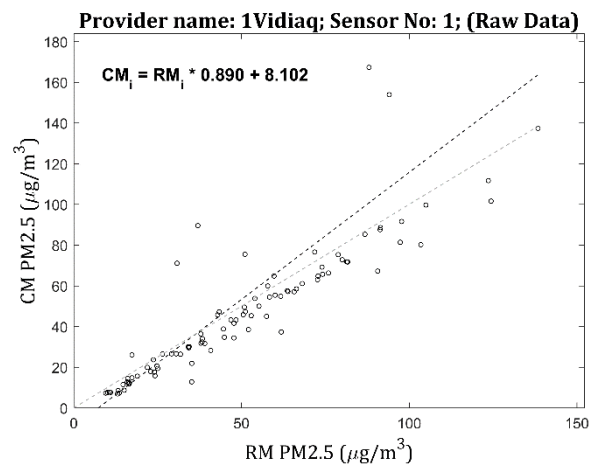
Rysunek 6.3. Krzywe korelacji pomiędzy wartościami mierzonymi przez testowane urządzenia (CM) dostarczone przez firmę Envag a metodyką referencyjną (RM) dla frakcji PM2.5, niezależnie dla obu testowanych czujników (panel lewy czujnik nr 1, panel prawy czujnik nr 2). Na górnych wykresach przedstawiono zależności przed dokonaniem kalibracji urządzeń, na dolnych po wykonaniu kalibracji. Czarnymi okręgami przedstawiono wartości mierzone, czarną linią przerywaną - krzywą regresji liniowej ($CM = B \cdot RM + A$), szarą linią przerywaną - relację tożsamościową ($CM = RM$).



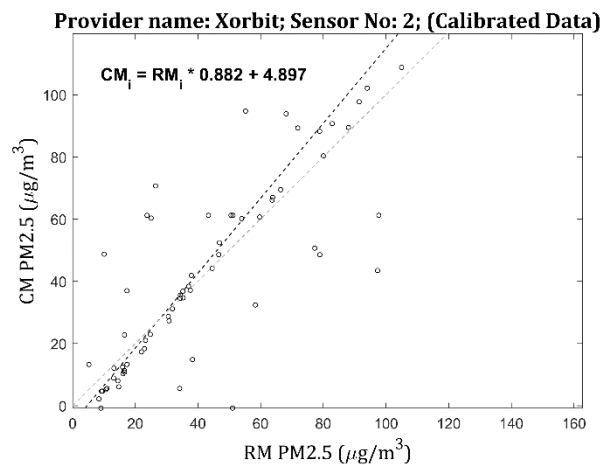
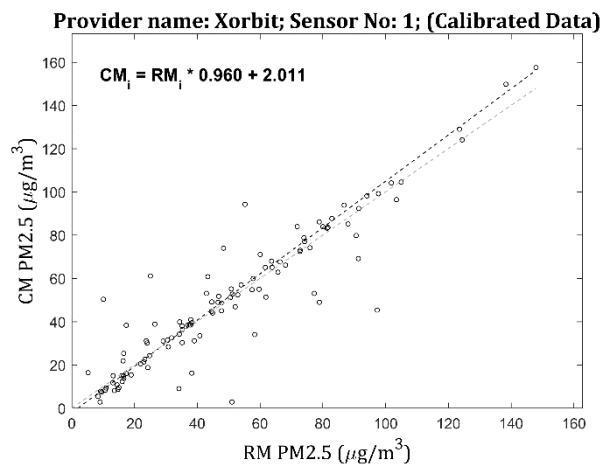
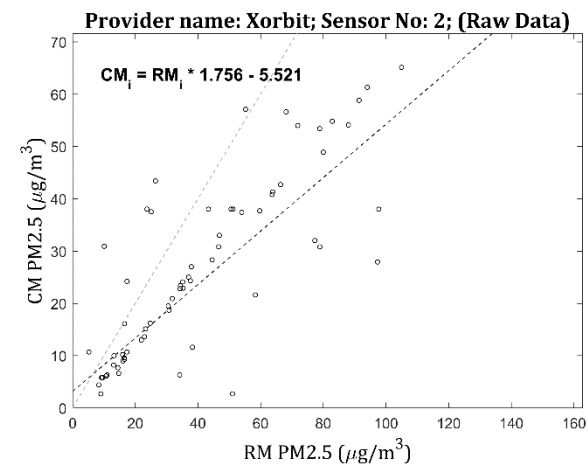
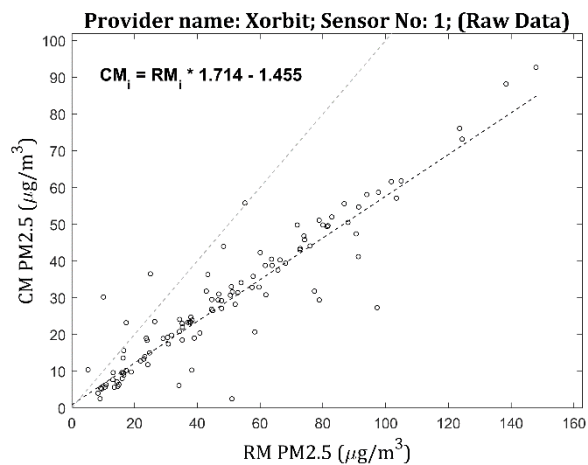
Rysunek 6.4. Krzywe korelacji pomiędzy wartościami mierzonymi przez testowane urządzenia (CM) dostarczone przez firmę FarData a metodyką referencyjną (RM) dla frakcji PM2.5, niezależnie dla obu testowanych czujników (panel lewy czujnik nr 1, panel prawy czujnik nr 2). Na górnych wykresach przedstawiono zależności przed dokonaniem kalibracji urządzeń, na dolnych po wykonaniu kalibracji. Czarnymi okręgami przedstawiono wartości mierzone, czarną linią przerywaną - krzywą regresji liniowej ($CM = B \cdot RM + A$), szarą linią przerywaną - relację tożsamościową ($CM = RM$).



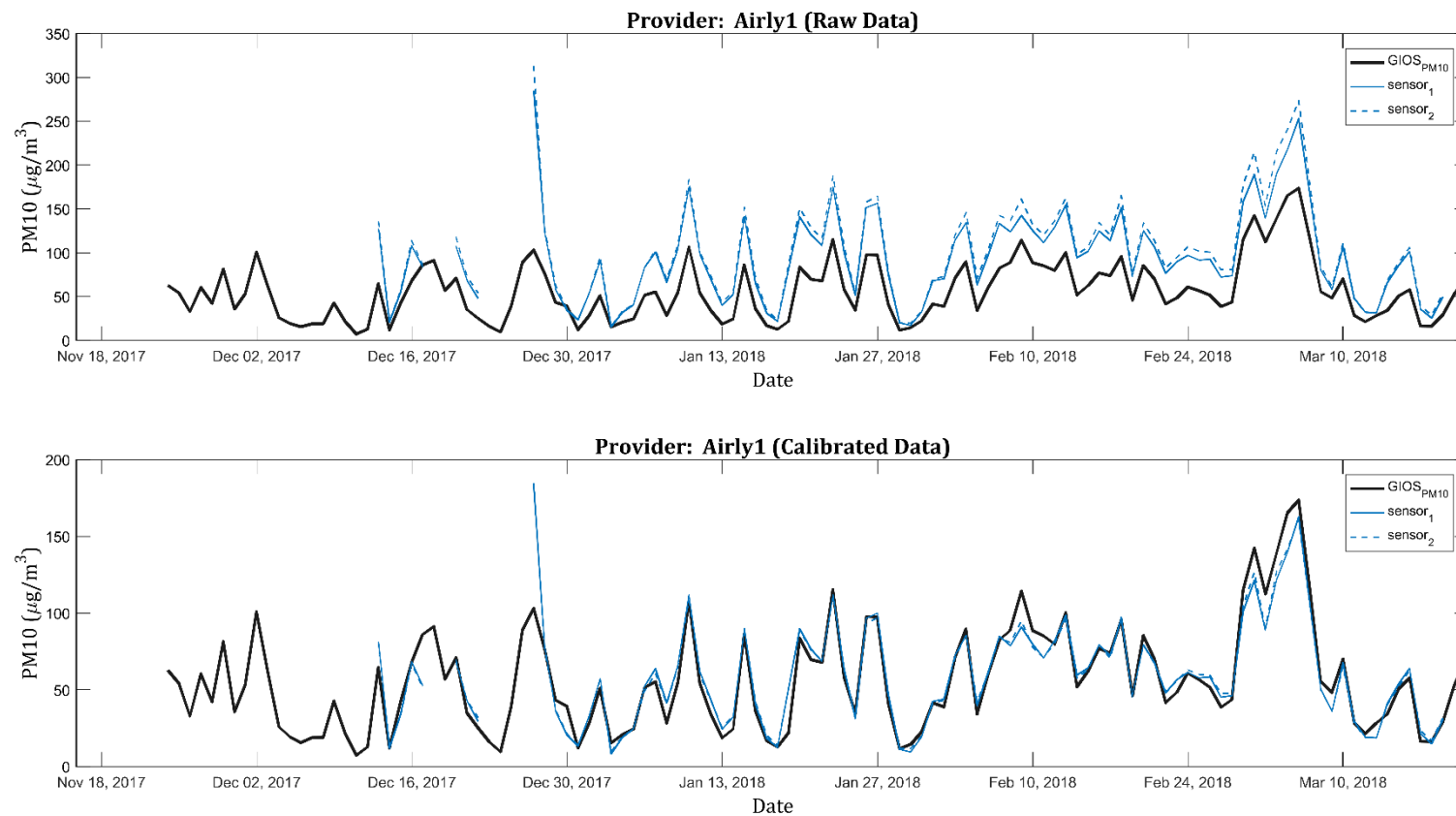
Rysunek 6.5. Krzywe korelacji pomiędzy wartościami mierzonymi przez testowane urządzenia (CM) dostarczone przez firmę Tetabit a metodyką referencyjną (RM) dla frakcji PM2.5, niezależnie dla obu testowanych czujników (panel lewy czujnik nr 1, panel prawy czujnik nr 2). Na górnych wykresach przedstawiono zależności przed dokonaniem kalibracji urządzeń, na dolnych po wykonaniu kalibracji. Czarnymi okręgami przedstawiono wartości mierzone, czarną linią przerywaną - krzywą regresji liniowej ($CM = B \cdot RM + A$), szarą linią przerywaną - relację tożsamościową ($CM = RM$).



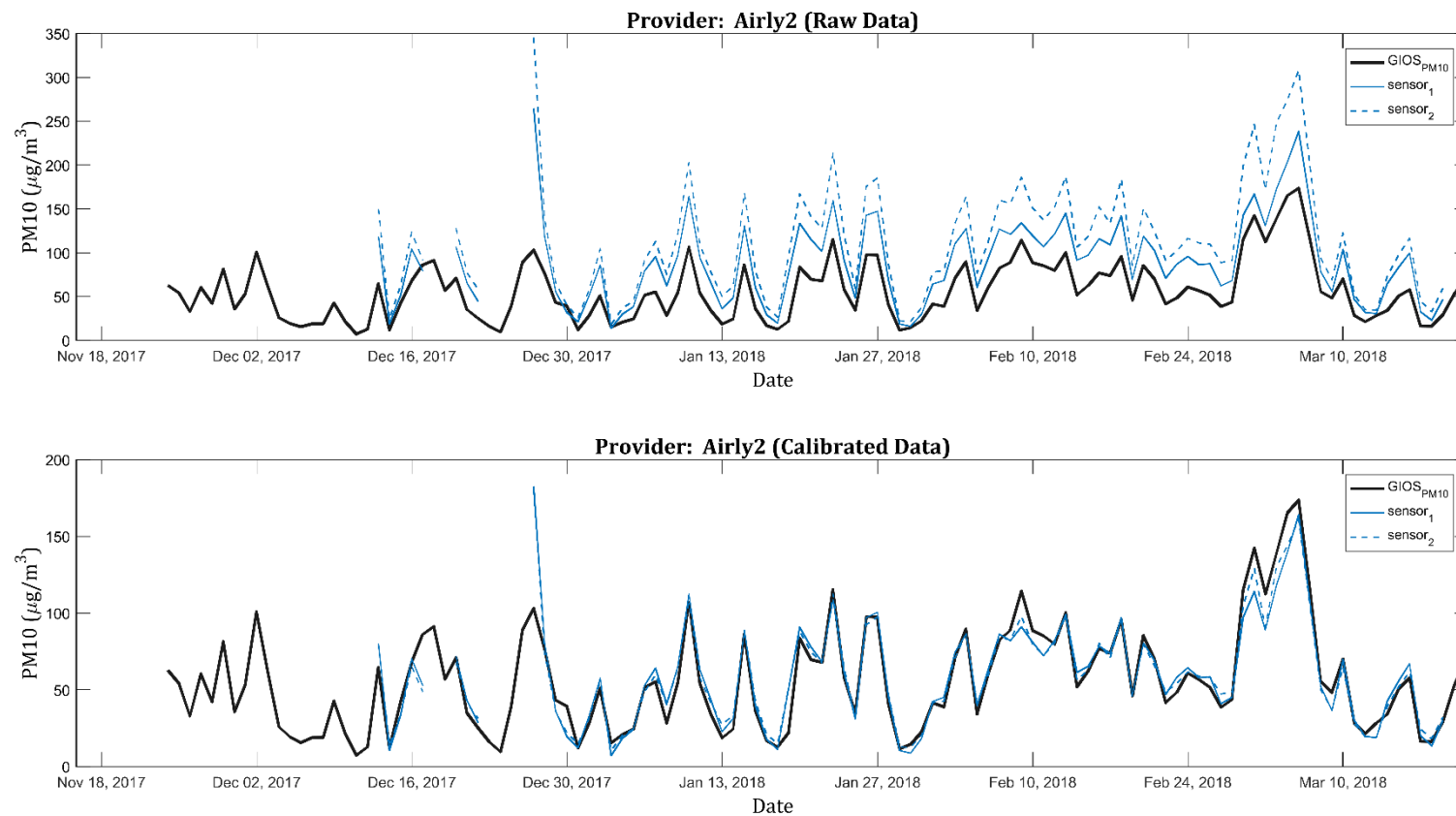
Rysunek 6.6. Krzywe korelacji pomiędzy wartościami mierzonymi przez testowane urządzenia (CM) dostarczone przez firmę Vidiaq a metodyką referencyjną (RM) dla frakcji PM2.5, niezależnie dla obu testowanych czujników (panel lewy czujnik nr 1, panel prawy czujnik nr 2). Na górnych wykresach przedstawiono zależności przed dokonaniem kalibracji urządzeń, na dolnych po wykonaniu kalibracji. Czarnymi okręgami przedstawiono wartości mierzone, czarną linią przerywaną - krzywą regresji liniowej ($CM = B \cdot RM + A$), szarą linią przerywaną - relację tożsamościową ($CM = RM$).



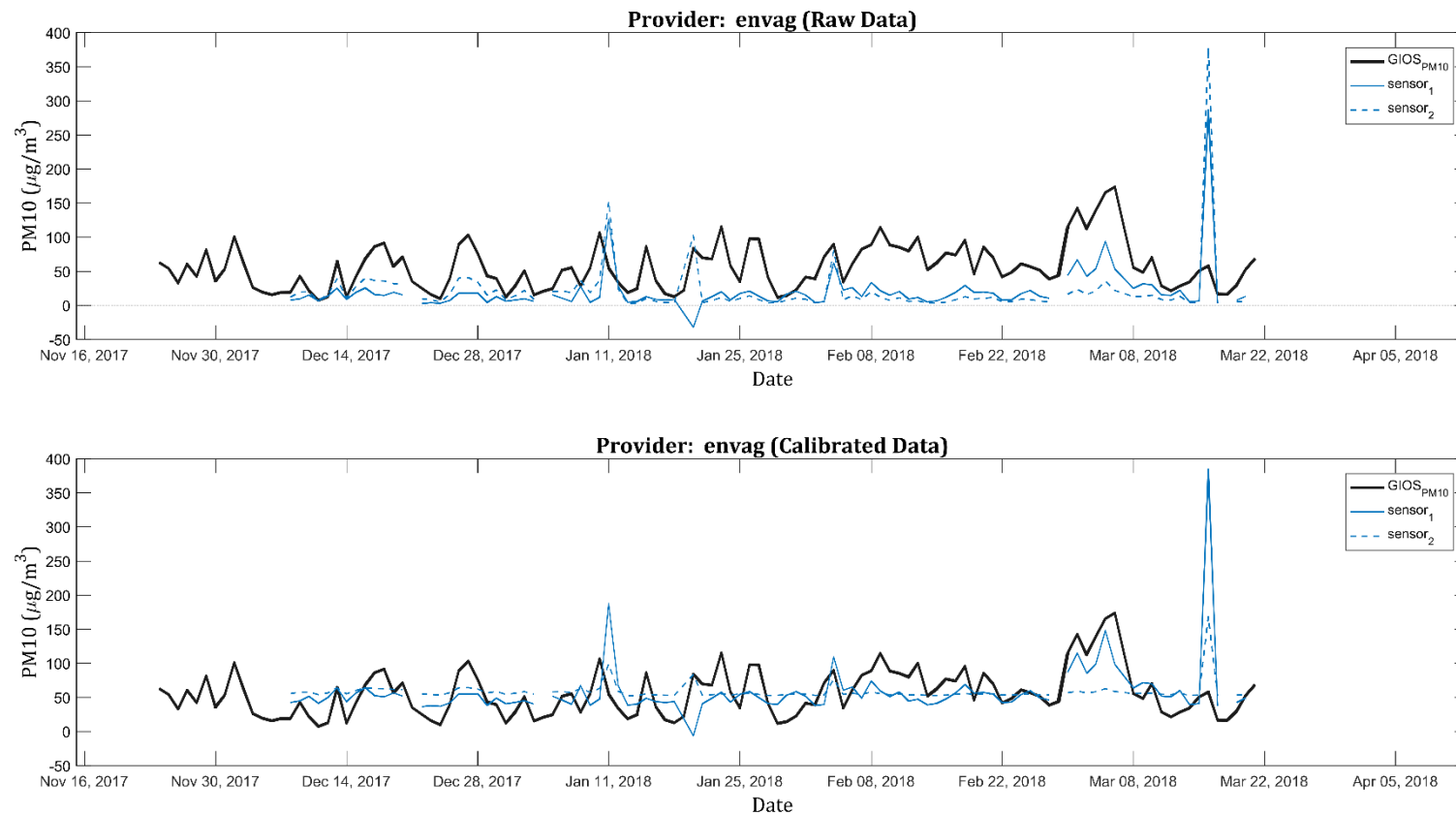
Rysunek 6.7. Krzywe korelacji pomiędzy wartościami mierzonymi przez testowane urządzenia (CM) dostarczone przez firmę Xorbit a metodyką referencyjną (RM) dla frakcji PM2.5, niezależnie dla obu testowanych czujników (panel lewy czujnik nr 1, panel prawy czujnik nr 2). Na górnych wykresach przedstawiono zależności przed dokonaniem kalibracji urządzeń, na dolnych po wykonaniu kalibracji. Czarnymi okręgami przedstawiono wartości mierzone, czarną linią przerywaną - krzywą regresji liniowej ($CM = B \cdot RM + A$), szarą linią przerywaną - relację tożsamościową ($CM = RM$).



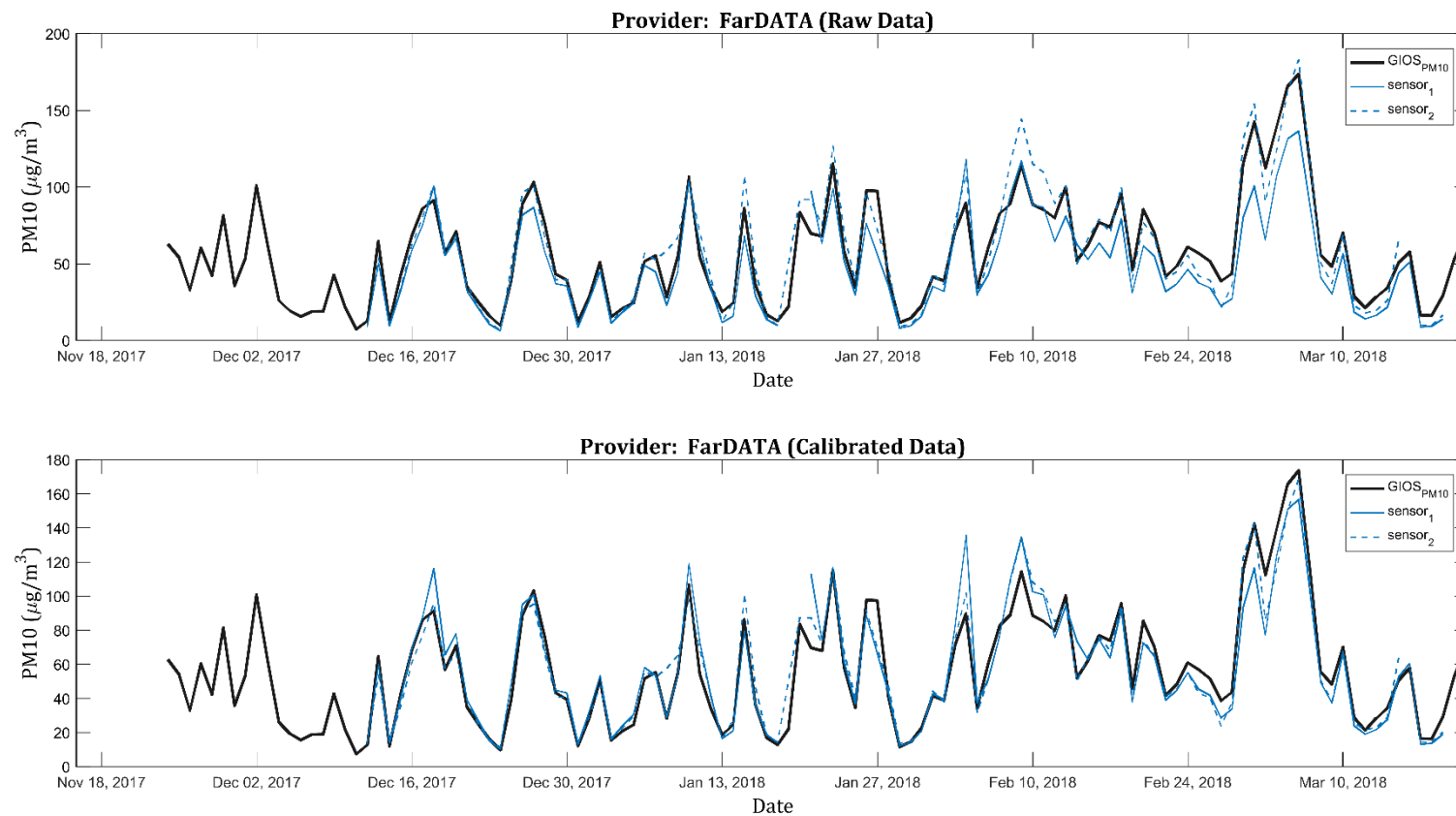
Rysunek 7.1. Przebiegi wartości średnich dobowych stężeń pyłu zawieszonego PM10 pochodzące z dwóch urządzeń firmy Airly_A – niebieskie linie, w porównaniu z wartościami dostarczonymi przez KLRiW GIOŚ – czarna linia. Na górnym panelu przedstawiono wartości przed kalibracją, na dolnym po kalibracji.



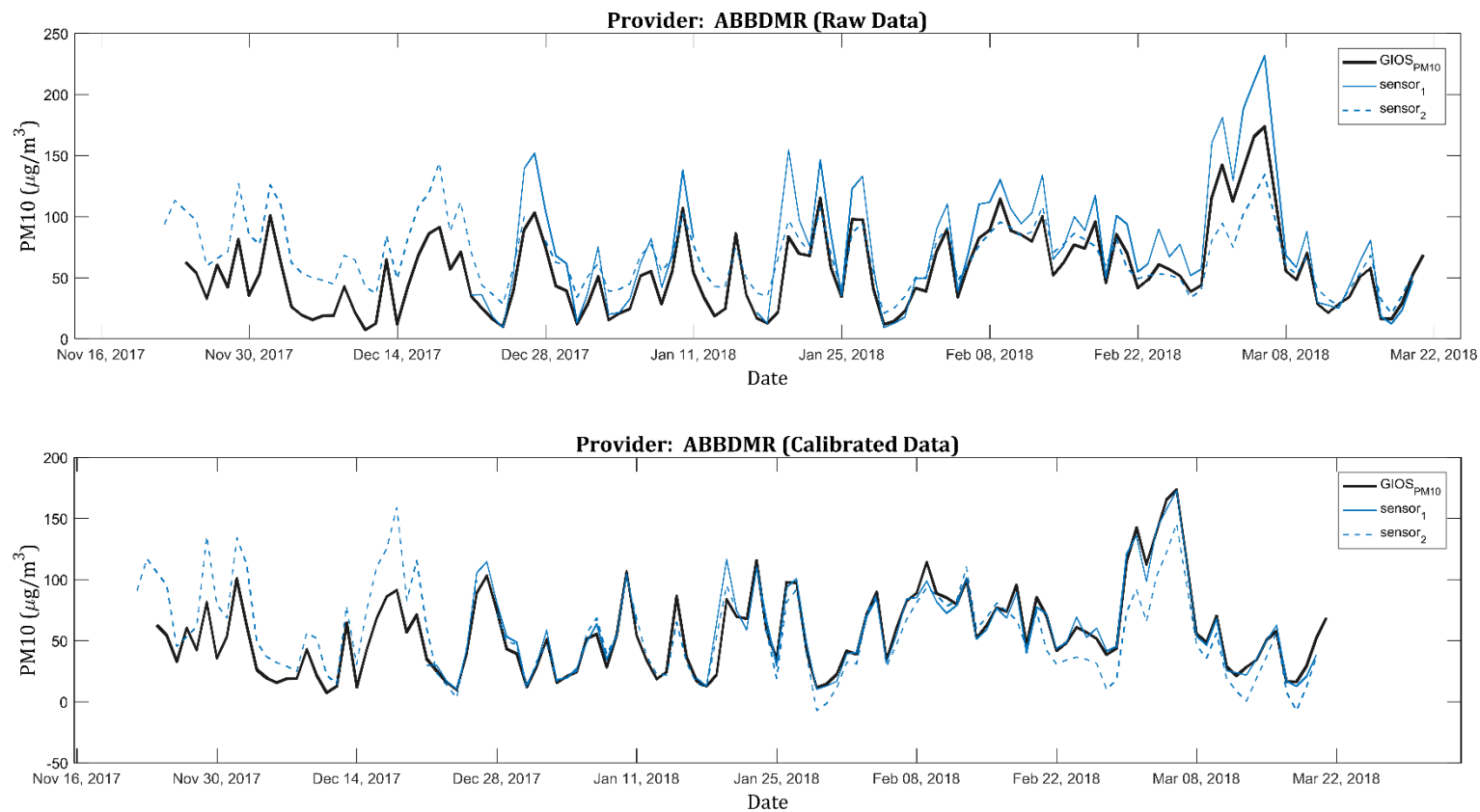
Rysunek 7.2. Przebiegi wartości średnich dobowych stężeń pyłu zawieszonego PM10 pochodzące z dwóch urządzeń firmy Airly_B – niebieskie linie, w porównaniu z wartościami dostarczonymi przez KLRiW GIOŚ – czarna linia. Na górnym panelu przedstawiono wartości przed kalibracją, na dolnym po kalibracji.



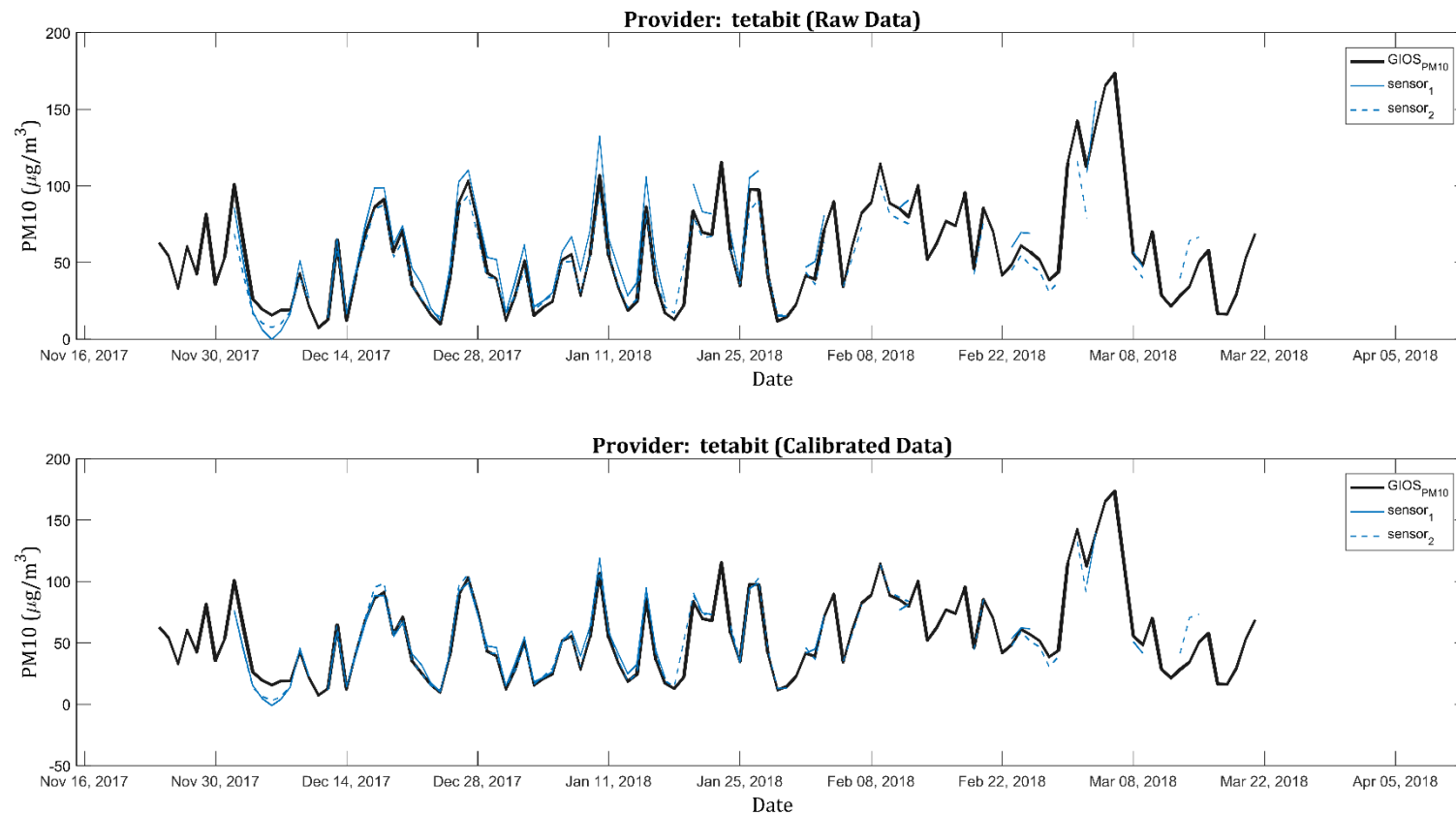
Rysunek 7.3. Przebiegi wartości średnich dobowych stężeń pyłu zawieszonego PM10 pochodzące z dwóch urządzeń firmy Envag – niebieskie linie, w porównaniu z wartościami dostarczonymi przez KLiW GIOŚ – czarna linia. Na górnym panelu przedstawiono wartości przed kalibracją, na dolnym po kalibracji.



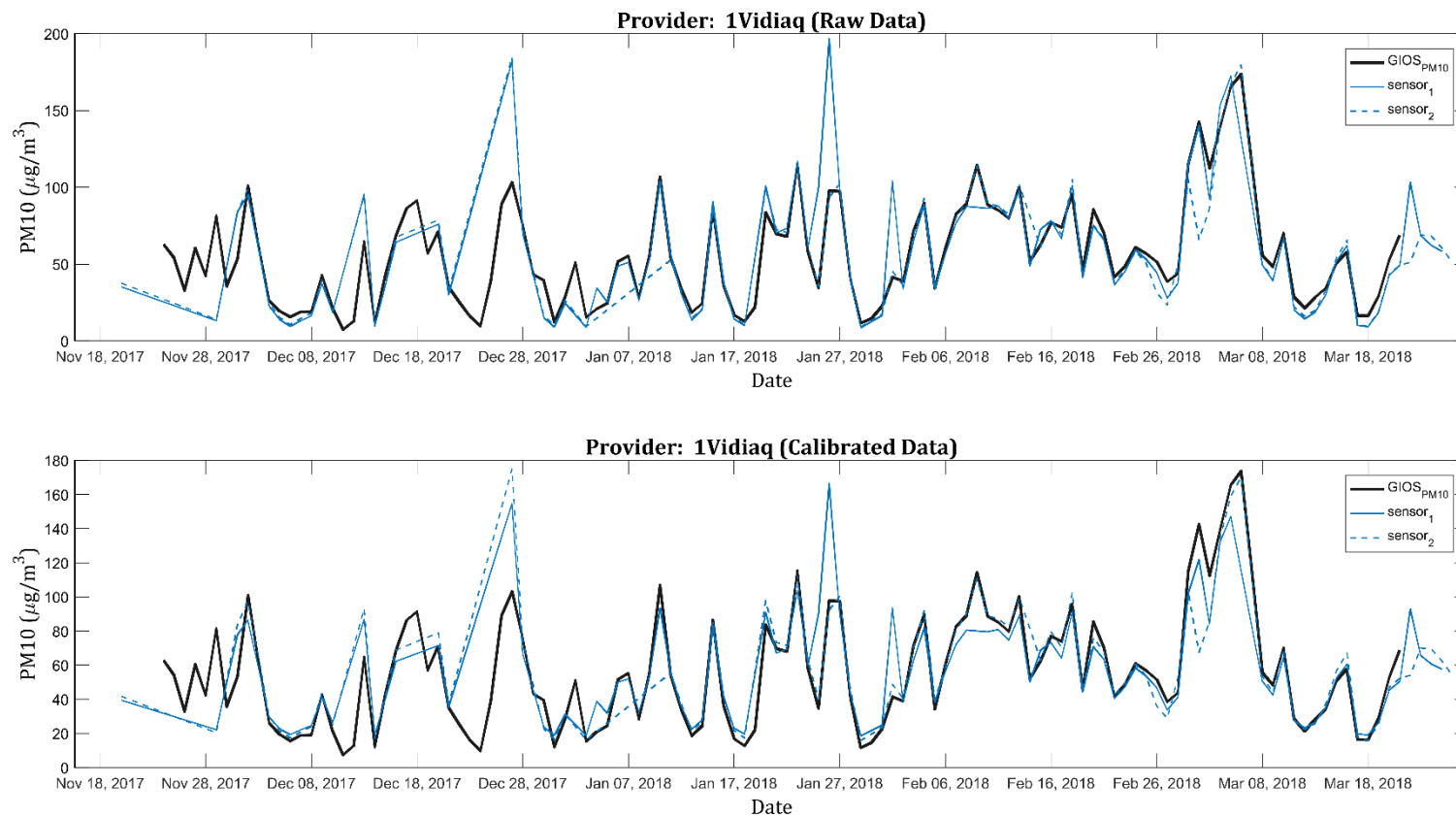
Rysunek 7.4. Przebiegi wartości średnich dobowych stężeń pyłu zawieszonego PM10 pochodzące z dwóch urządzeń firmy FarData – niebieskie linie, w porównaniu z wartościami dostarczonymi przez KLiW GIOŚ – czarna linia. Na górnym panelu przedstawiono wartości przed kalibracją, na dolnym po kalibracji.



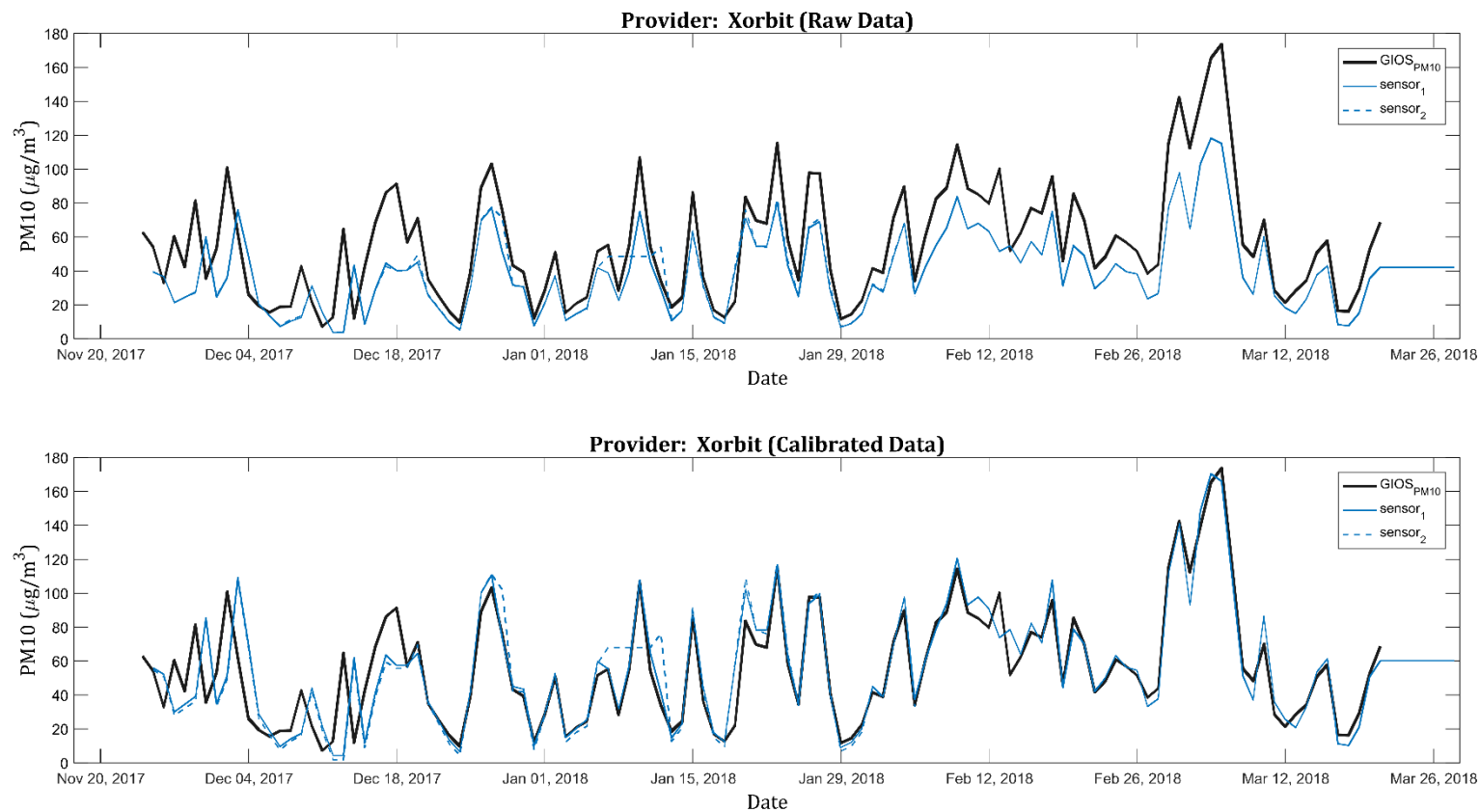
Rysunek 7.5. Przebiegi wartości średnich dobowych stężeń pyłu zawieszonego PM10 pochodzące z dwóch urządzeń Politechniki Warszawskiej – niebieskie linie, w porównaniu z wartościami dostarczonymi przez KLRiW GIOŚ – czarna linia. Na górnym panelu przedstawiono wartości przed kalibracją, na dolnym po kalibracji.



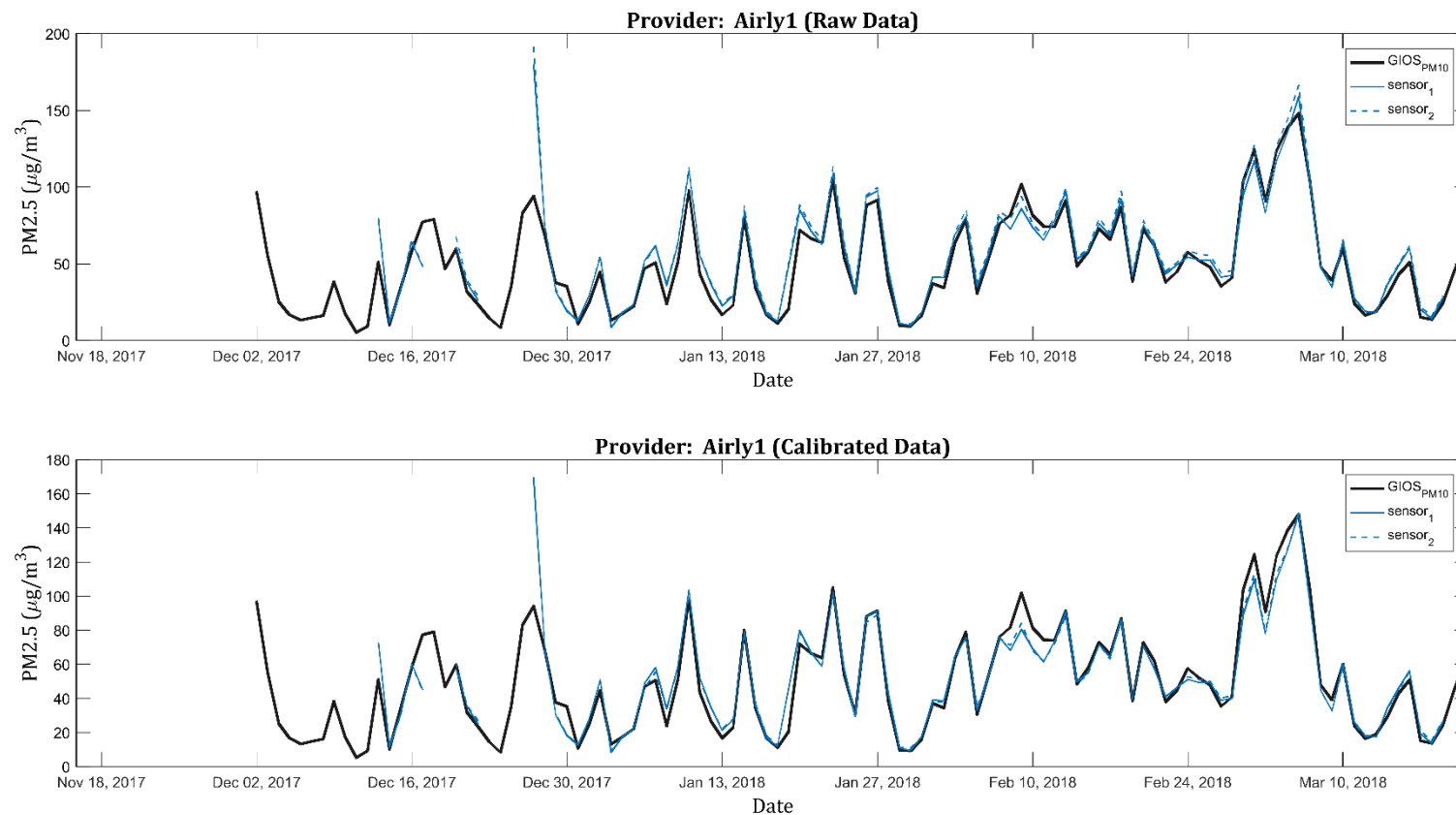
Rysunek 7.6. Przebiegi wartości średnich dobowych stężeń pyłu zawieszonego PM10 pochodzące z dwóch urządzeń firmy Tetabit – niebieskie linie, w porównaniu z wartościami dostarczonymi przez KLRiW GIOŚ – czarna linia. Na górnym panelu przedstawiono wartości przed kalibracją, na dolnym po kalibracji.



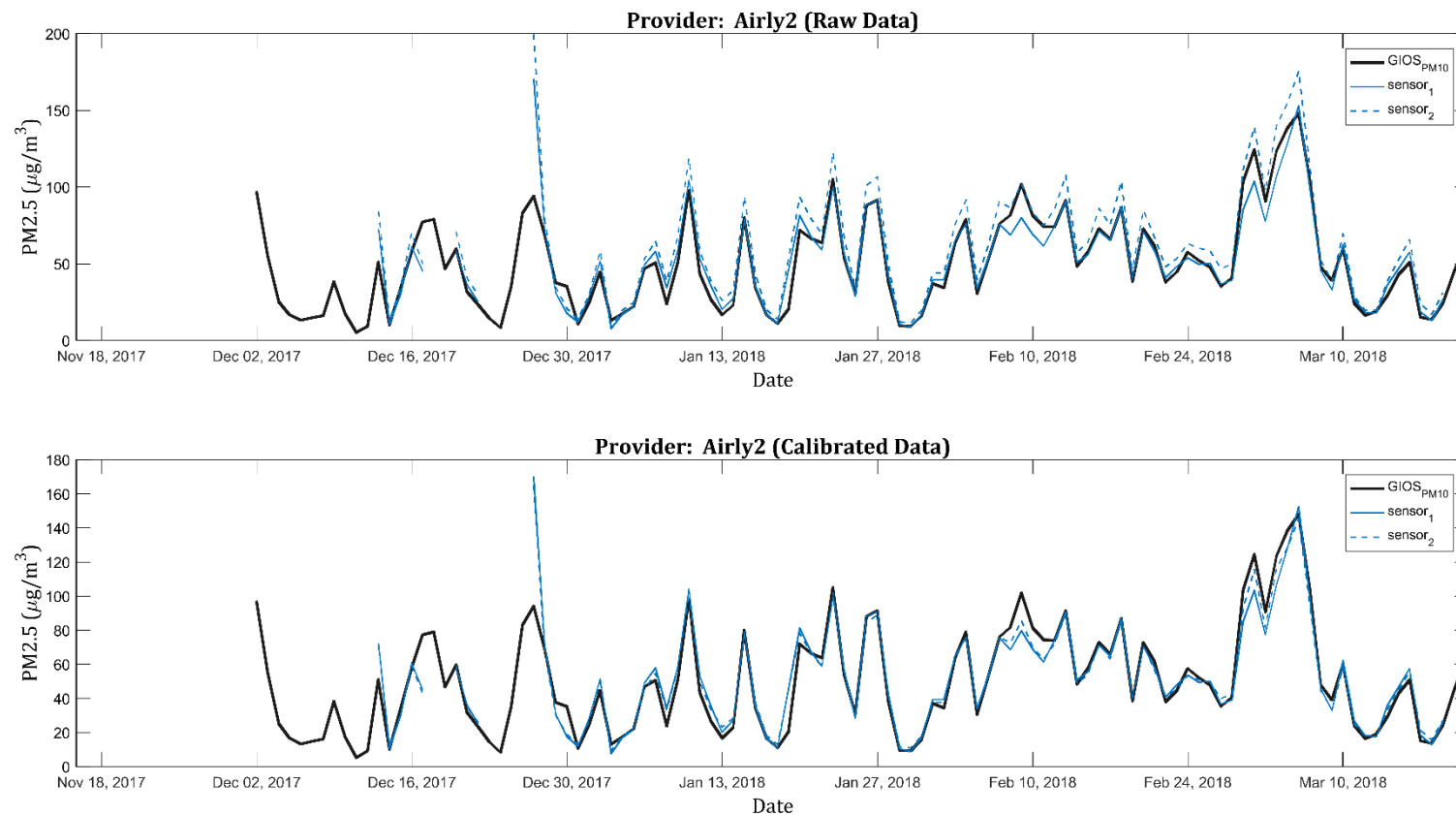
Rysunek 7.7. Przebiegi wartości średnich dobowych stężeń pyłu zawieszonego PM10 pochodzące z dwóch urządzeń firmy Vidiaq – niebieskie linie, w porównaniu z wartościami dostarczonymi przez KLiW GIOŚ – czarna linia. Na górnym panelu przedstawiono wartości przed kalibracją, na dolnym po kalibracji.



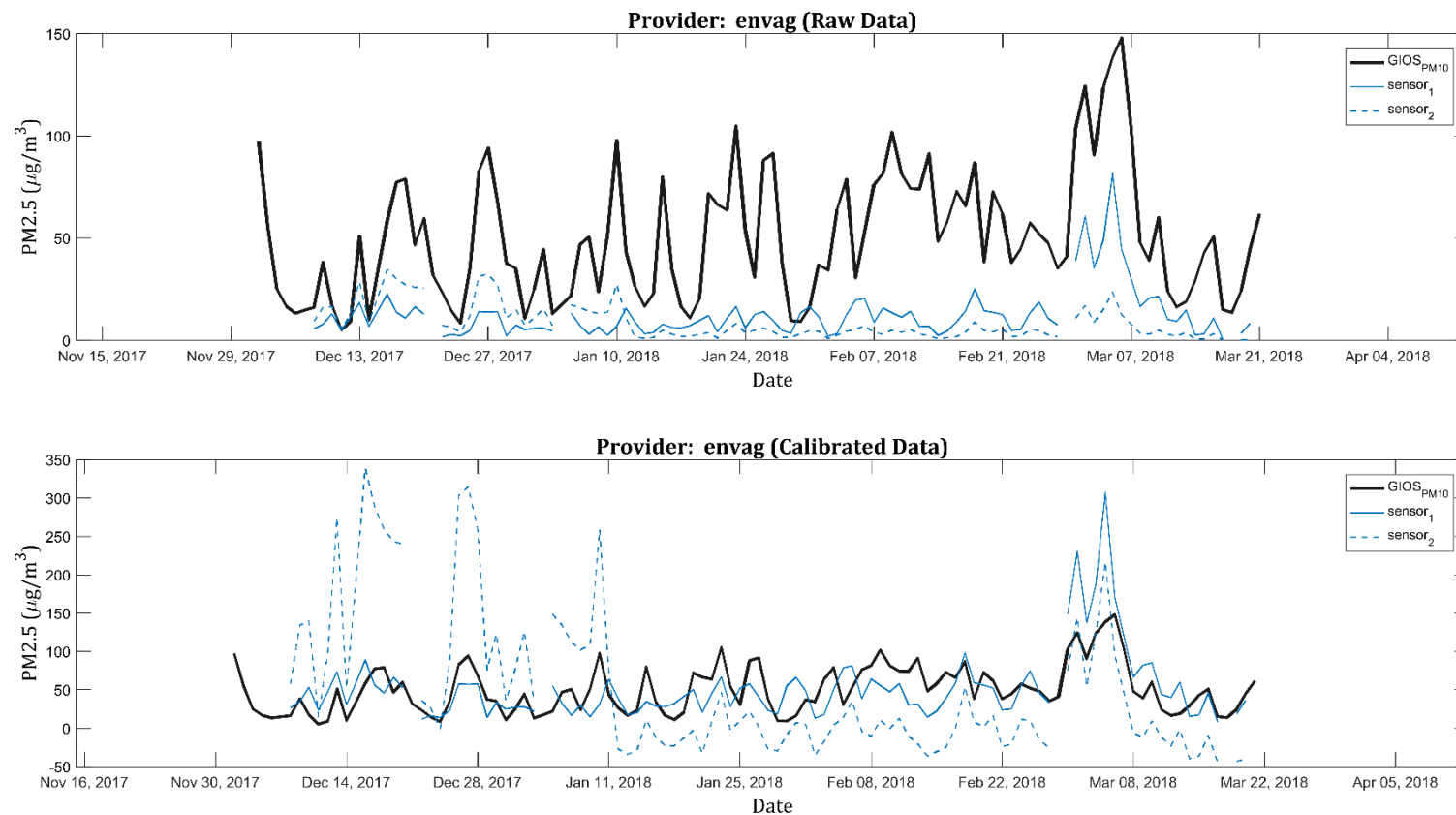
Rysunek 7.8. Przebiegi wartości średnich dobowych stężeń pyłu zawieszonego PM10 pochodzące z dwóch urządzeń firmy Xorbit – niebieskie linie, w porównaniu z wartościami dostarczonymi przez KLiWiW GIOŚ – czarna linia. Na górnym panelu przedstawiono wartości przed kalibracją, na dolnym po kalibracji.



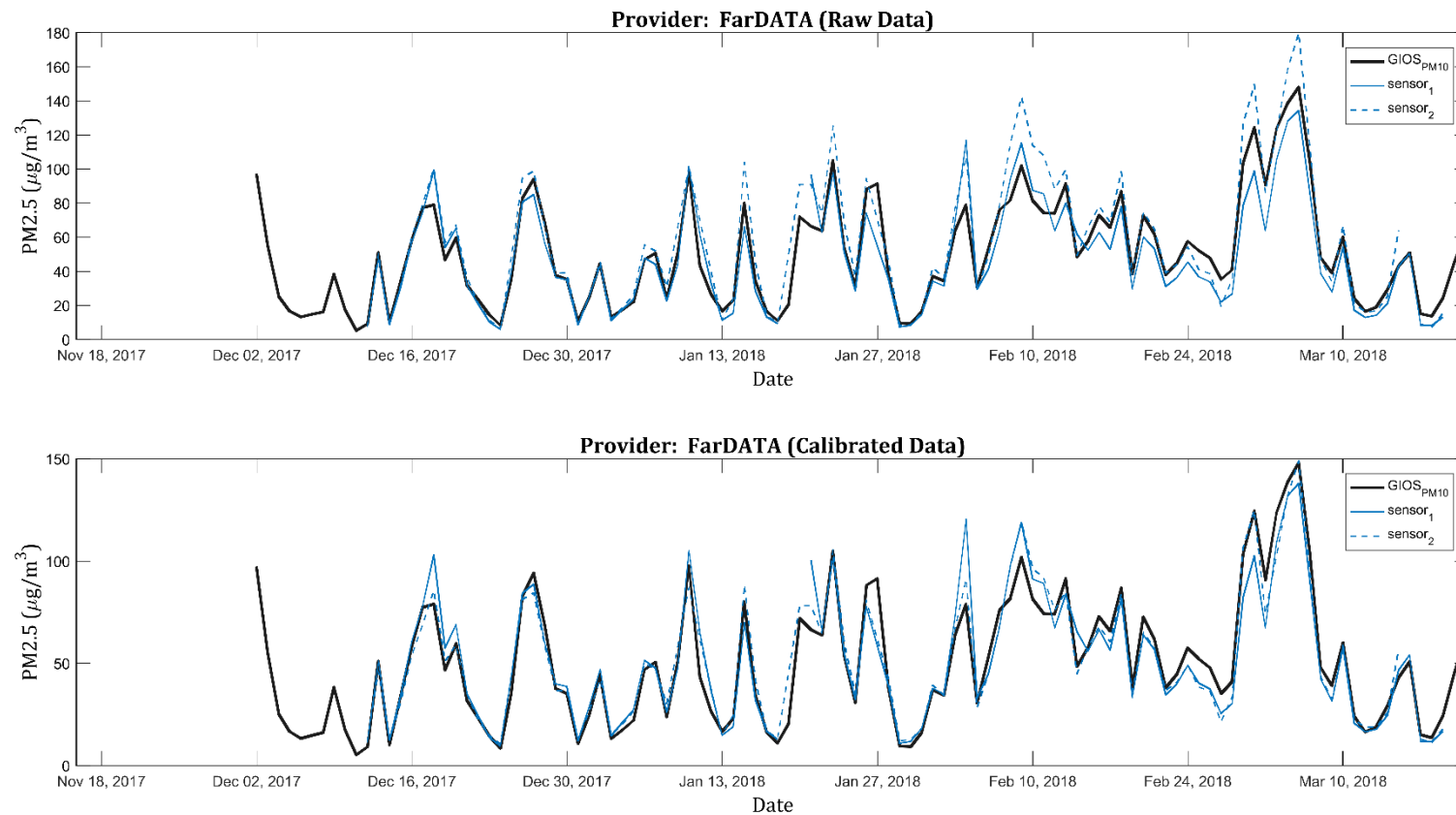
Rysunek 8.1. Przebiegi wartości średnich dobowych stężeń pyłu zawieszonego PM2.5 pochodzące z dwóch urządzeń firmy Airly_A – niebieskie linie, w porównaniu z wartościami dostarczonymi przez KLiW GIOŚ – czarna linia. Na górnym panelu przedstawiono wartości przed kalibracją, na dolnym po kalibracji.



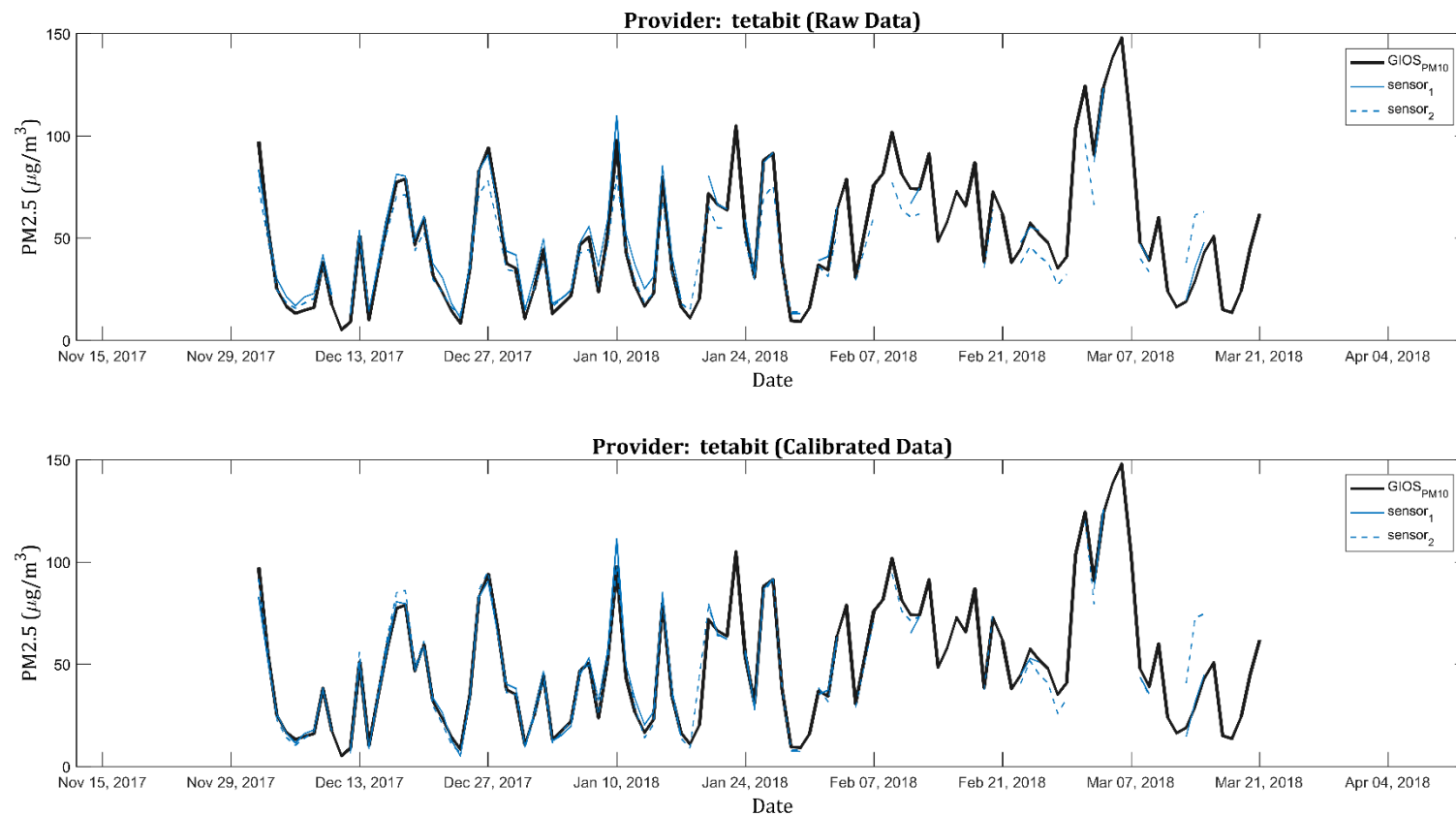
Rysunek 8.2. Przebiegi wartości średnich dobowych stężeń pyłu zawieszonego PM2.5 pochodzące z dwóch urządzeń firmy Airly_B – niebieskie linie, w porównaniu z wartościami dostarczonymi przez KLRiW GIOŚ – czarna linia. Na górnym panelu przedstawiono wartości przed kalibracją, na dolnym po kalibracji.



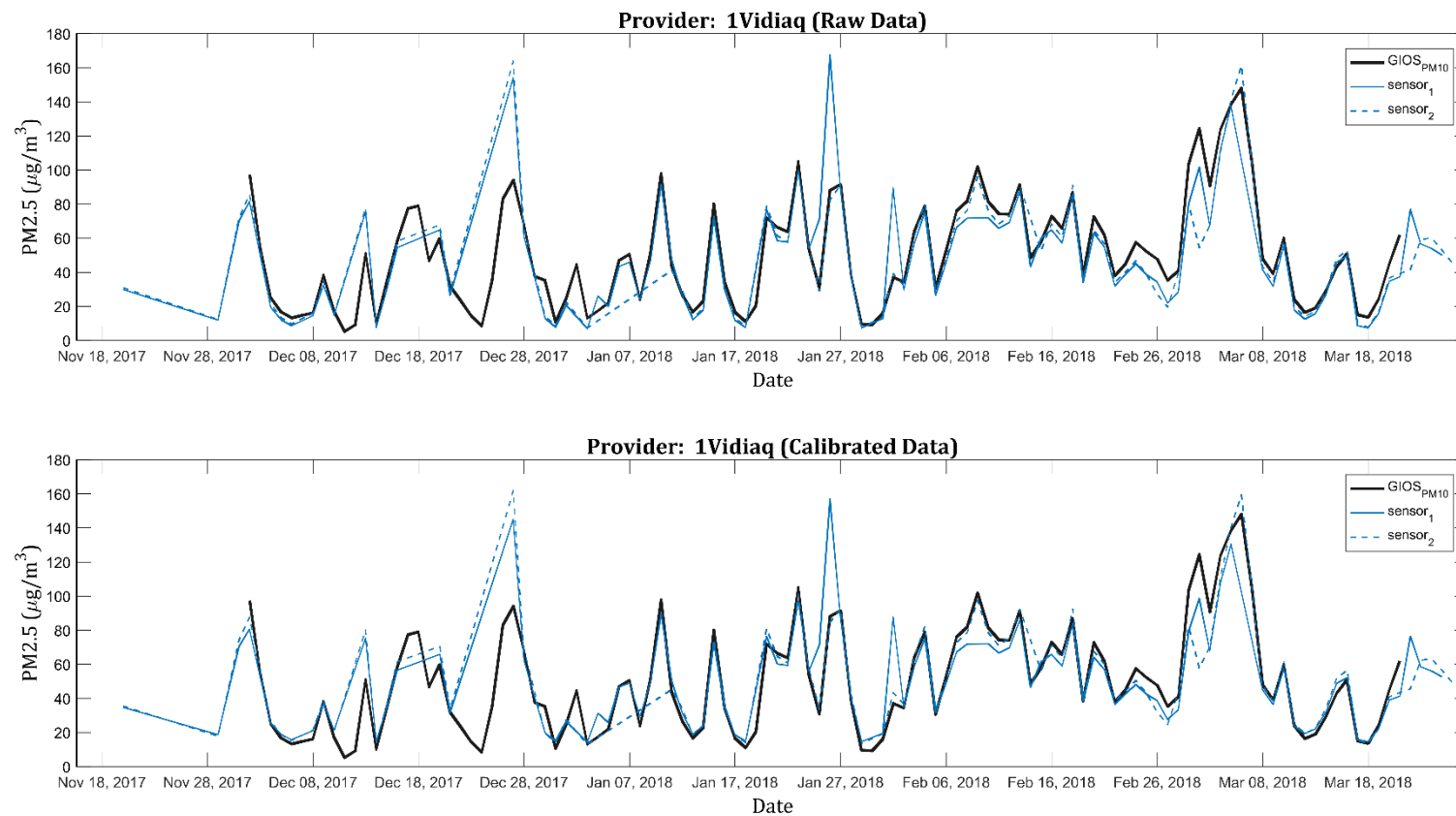
Rysunek 8.3. Przebiegi wartości średnich dobowych stężeń pyłu zawieszonego PM2.5 pochodzące z dwóch urządzeń firmy Envag – niebieskie linie, w porównaniu z wartościami dostarczonymi przez KLRiW GIOŚ – czarna linia. Na górnym panelu przedstawiono wartości przed kalibracją, na dolnym po kalibracji.



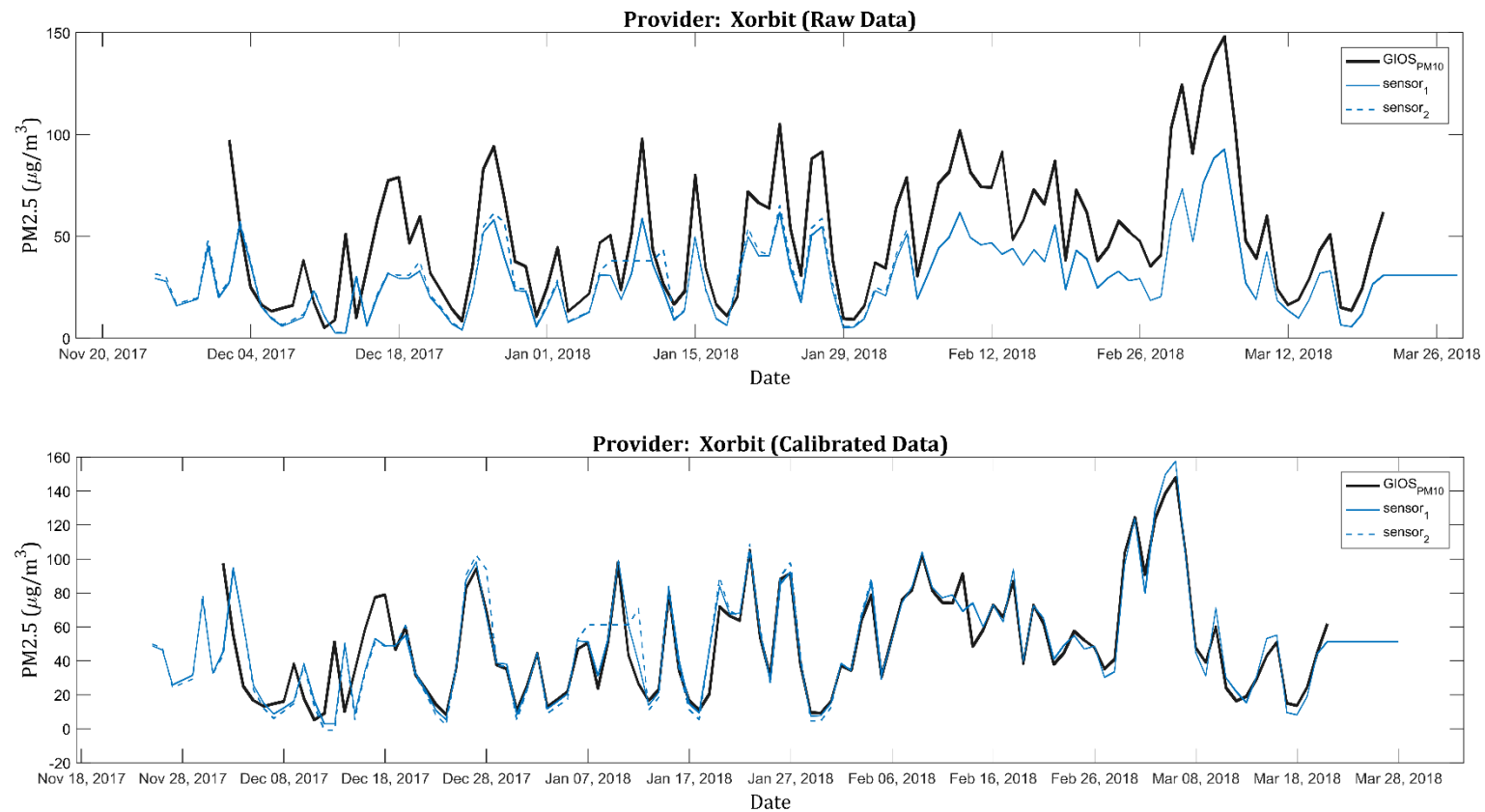
Rysunek 8.4. Przebiegi wartości średnich dobowych stężeń pyłu zawieszonego PM2.5 pochodzące z dwóch urządzeń firmy FarData – niebieskie linie, w porównaniu z wartościami dostarczonymi przez KLRIW GIOŚ – czarna linia. Na górnym panelu przedstawiono wartości przed kalibracją, na dolnym po kalibracji.



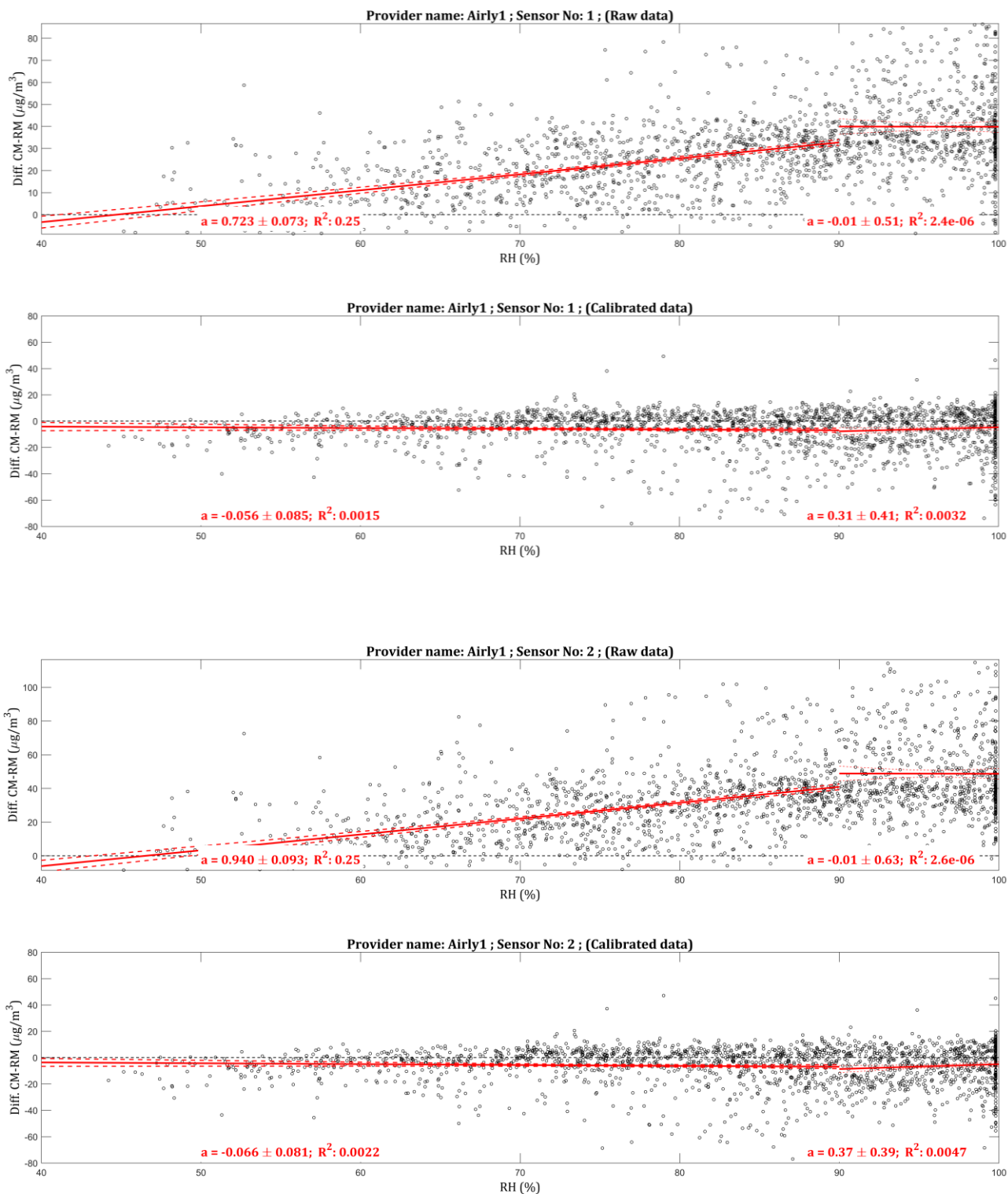
Rysunek 8.6. Przebiegi wartości średnich dobowych stężeń pyłu zawieszonego PM2.5 pochodzące z dwóch urządzeń firmy Tetabit – niebieskie linie, w porównaniu z wartościami dostarczonymi przez KLRiW GIOŚ – czarna linia. Na górnym panelu przedstawiono wartości przed kalibracją, na dolnym po kalibracji.



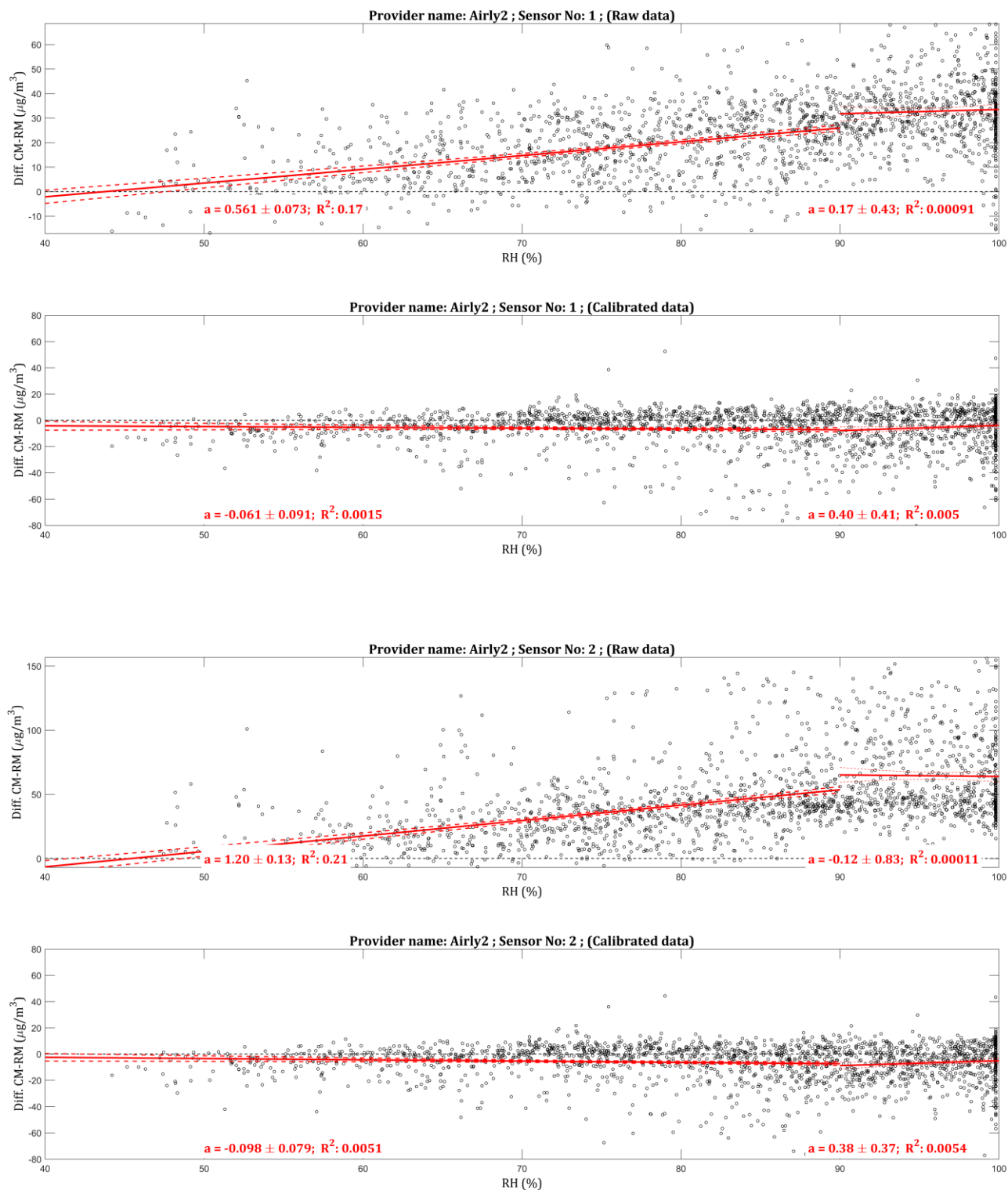
Rysunek 8.7. Przebiegi wartości średnich dobowych stężeń pyłu zawieszonego PM2.5 pochodzące z dwóch urządzeń firmy Vidiaq – niebieskie linie, w porównaniu z wartościami dostarczonymi przez KLRIW GIOŚ – czarna linia. Na górnym panelu przedstawiono wartości przed kalibracją, na dolnym po kalibracji.



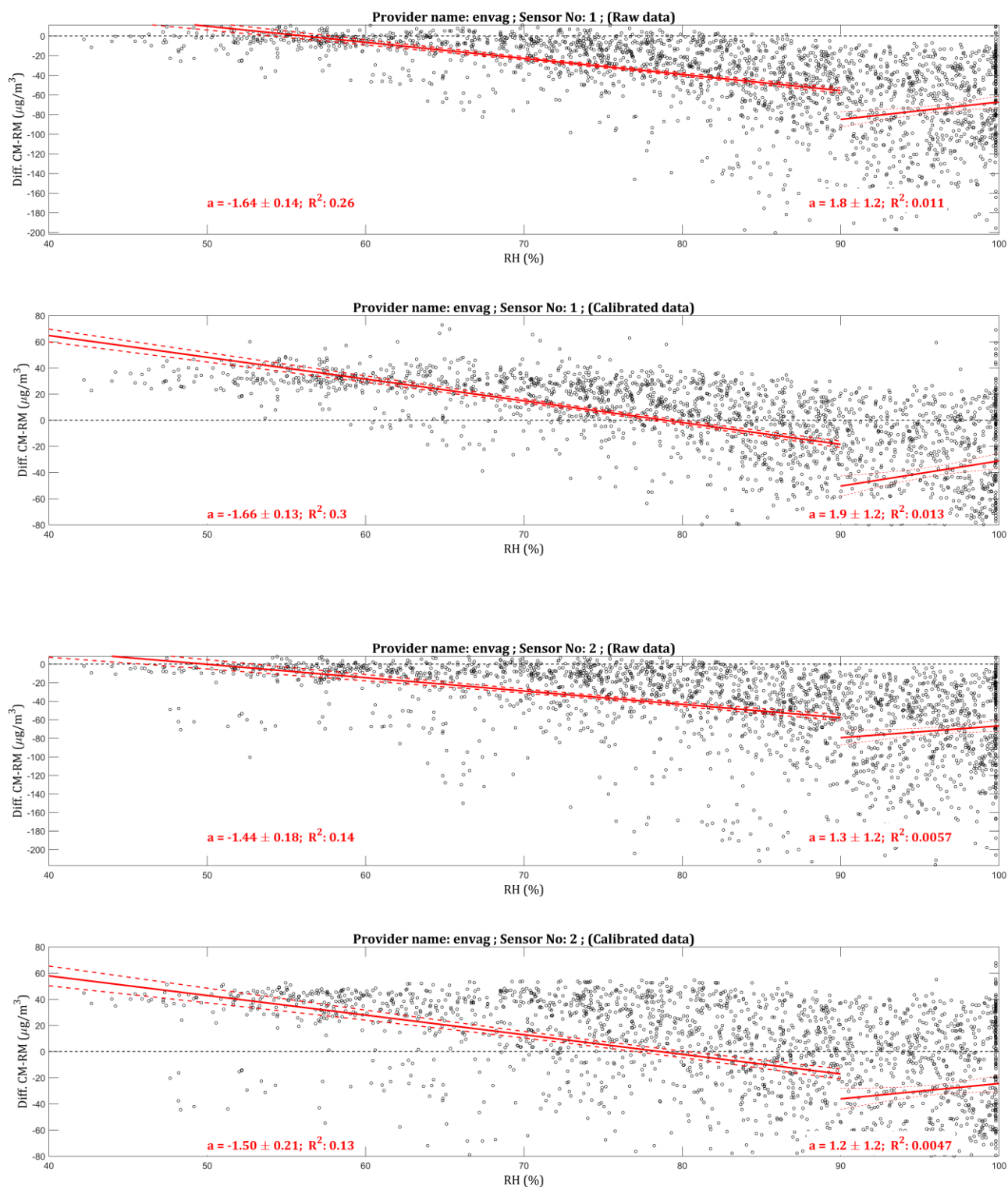
Rysunek 8.8. Przebiegi wartości średnich dobowych stężeń pyłu zawieszonego PM2.5 pochodzące z dwóch urządzeń firmy Xorbit – niebieskie linie, w porównaniu z wartościami dostarczonymi przez KLRiW GIOŚ – czarna linia. Na górnym panelu przedstawiono wartości przed kalibracją, na dolnym po kalibracji.



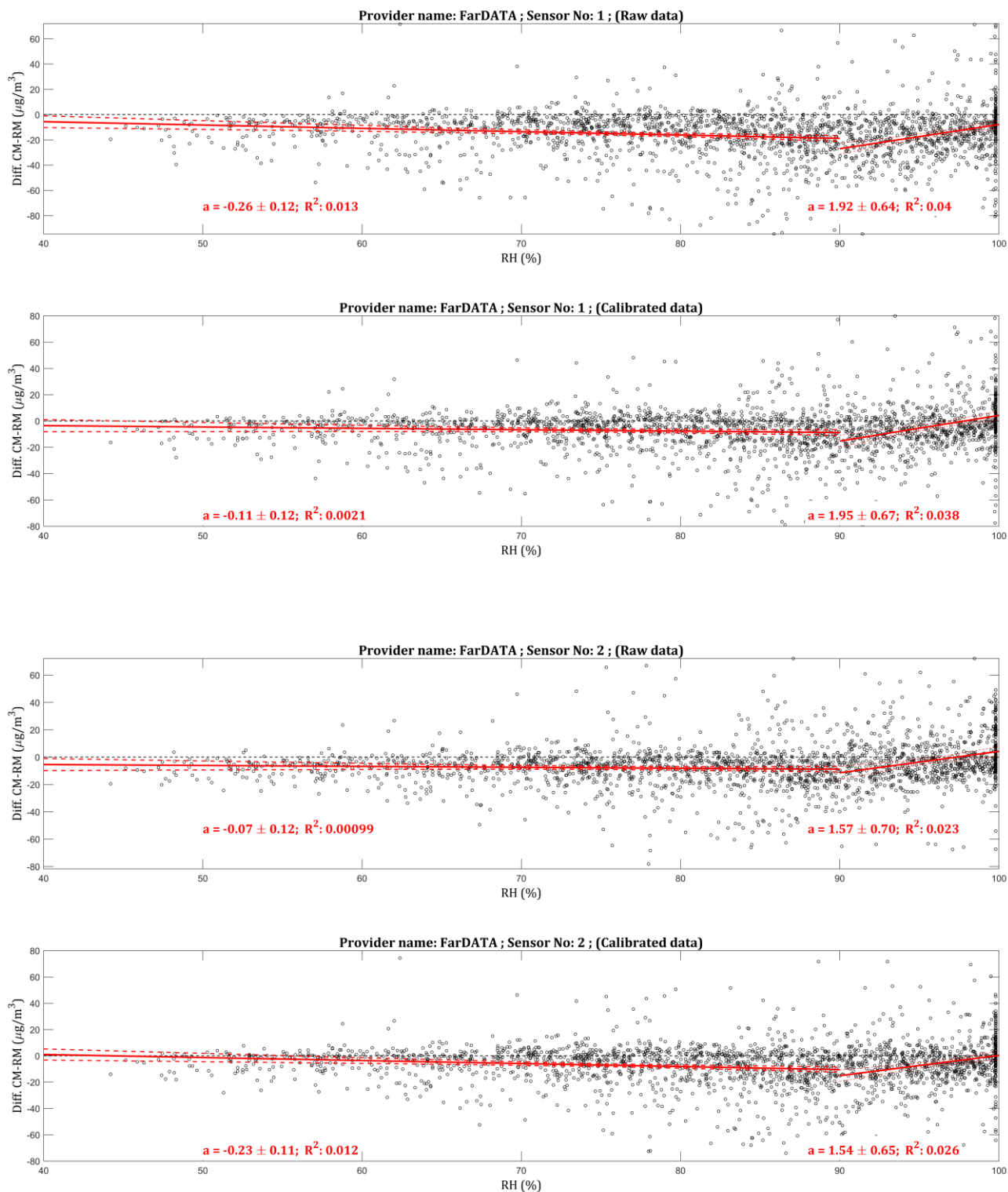
Rysunek 9.1. Zależność pomiędzy różnicą wskazań ocenianego czujnika i metodyką o wykazanej równoważności oraz wilgotnością względną powietrza dla czujników firmy AirlyA. Dwa górne panele przedstawiają zależności dla czujnika nr 1, dwa dolne dla czujnika nr 2. Panele nr 1 i 3 przedstawiają zależności dla danych surowych, panele nr 2 i 4 dla danych po kalibracji. Czarnymi okręgami zaznaczono wartości wyznaczone, czerwone linie przedstawiają trendy wykreślone metodą regresji liniowej dla zakresów wilgotności odpowiednio 40 – 90% oraz 90 – 100% wraz z poziomami ufności. Na wykresach zaznaczono współczynniki nachylenia linii trendu (a) wraz z jego niepewnością na poziomie ufności 95% oraz współczynniki korelacji (R^2).



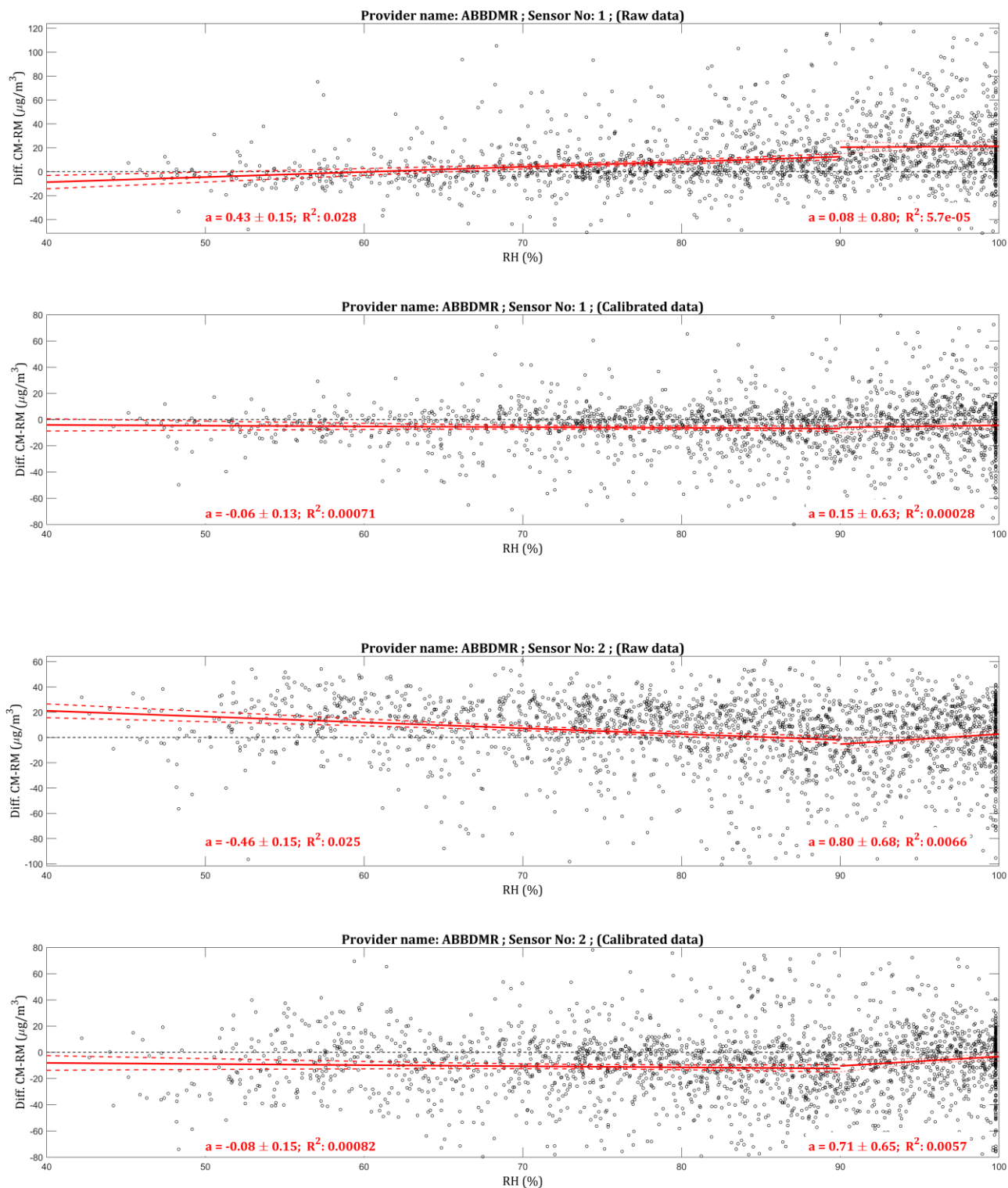
Rysunek 9.2. Zależność pomiędzy różnicą wskazań ocenianego czujnika i metodyką o wykazanej równoważności oraz wilgotnością względną powietrza dla czujników firmy AirlyB. Dwa górne panele przedstawiają zależności dla czujnika nr 1, dwa dolne dla czujnika nr 2. Panele nr 1 i 3 przedstawiają zależności dla danych surowych, panele nr 2 i 4 dla danych po kalibracji. Czarnymi okręgami zaznaczono wartości wyznaczone, czerwone linie przedstawiają trendy wykreślone metodą regresji liniowej dla zakresów wilgotności odpowiednio 40 – 90% oraz 90 – 100% wraz z poziomami ufności. Na wykresach zaznaczono współczynniki nachylenia linii trendu (a) wraz z jego niepewnością na poziomie ufności 95% oraz współczynniki korelacji (R^2).



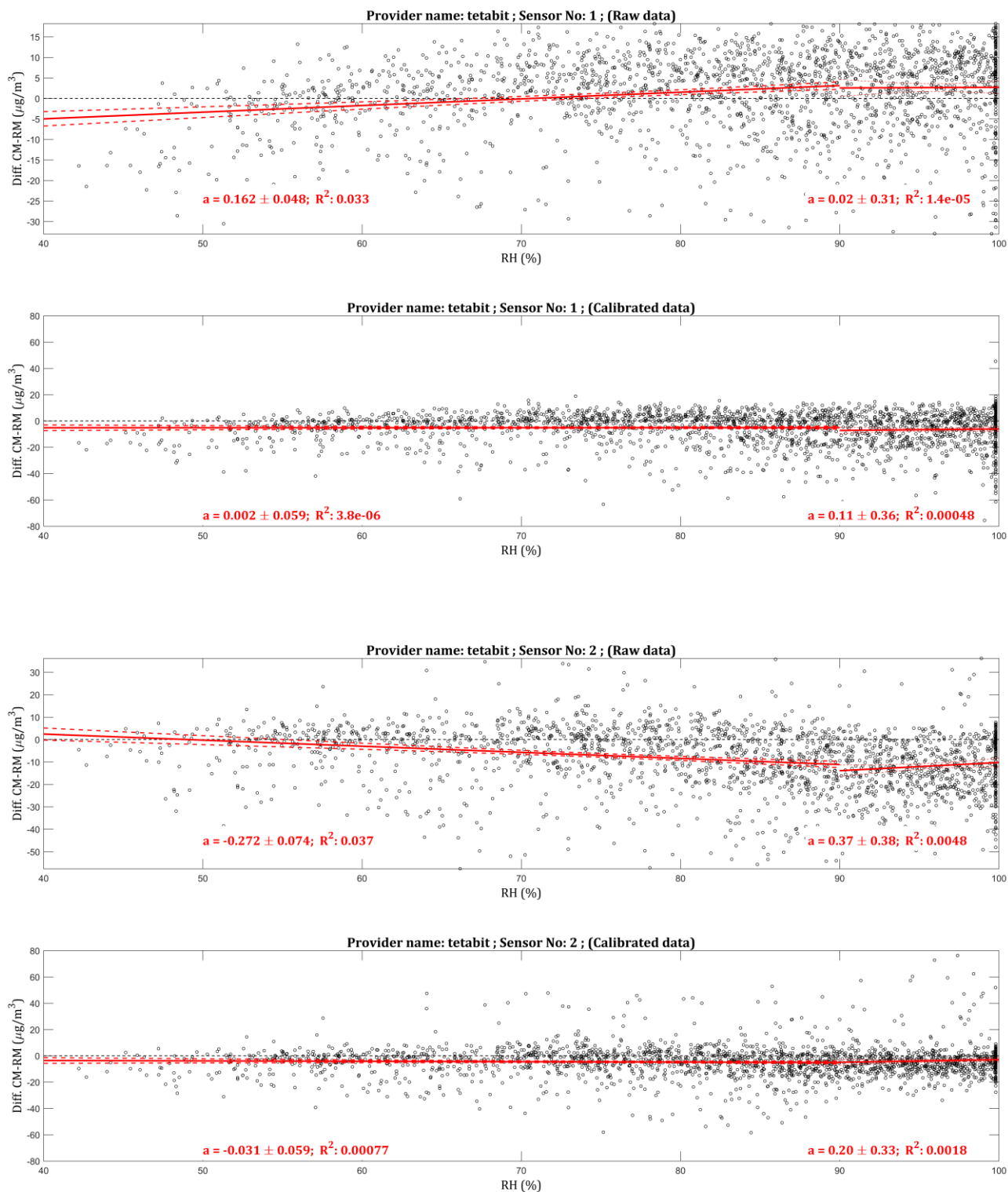
Rysunek 9.3. Zależność pomiędzy różnicą wskazań ocenianego czujnika i metodyką o wykazanej równoważności oraz wilgotnością względną powietrza dla czujników firmy Envag. Dwa górne panele przedstawiają zależności dla czujnika nr 1, dwa dolne dla czujnika nr 2. Panele nr 1 i 3 przedstawiają zależności dla danych surowych, panele nr 2 i 4 dla danych po kalibracji. Czarnymi okręgami zaznaczono wartości wyznaczone, czerwone linie przedstawiają trendy wykreślone metodą regresji liniowej dla zakresów wilgotności odpowiednio 40 – 90% oraz 90 – 100% wraz z poziomami ufności. Na wykresach zaznaczono współczynniki nachylenia linii trendu (a) wraz z jego niepewnością na poziomie ufności 95% oraz współczynniki korelacji (R^2).



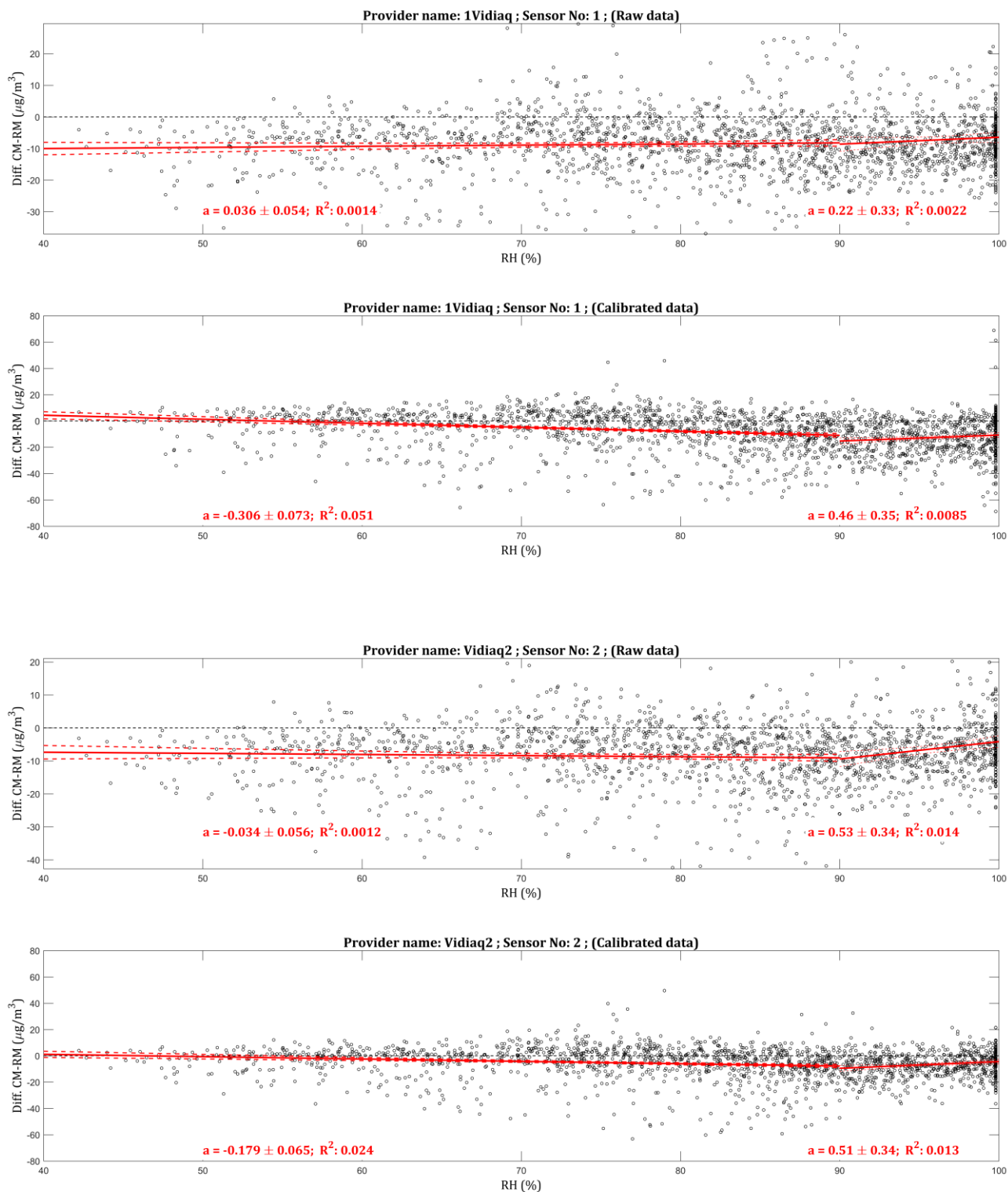
Rysunek 9.4. Zależność pomiędzy różnicą wskazań ocenianego czujnika i metodyką o wykazanej równoważności oraz wilgotnością względną powietrza dla czujników firmy FarData. Dwa górne panele przedstawiają zależności dla czujnika nr 1, dwa dolne dla czujnika nr 2. Panele nr 1 i 3 przedstawiają zależności dla danych surowych, panele nr 2 i 4 dla danych po kalibracji. Czarnymi okręgami zaznaczono wartości wyznaczone, czerwone linie przedstawiają trendy wykreślone metodą regresji liniowej dla zakresów wilgotności odpowiednio 40 – 90% oraz 90 – 100% wraz z poziomami ufności. Na wykresach zaznaczono współczynniki nachylenia linii trendu (a) wraz z jego niepewnością na poziomie ufności 95% oraz współczynniki korelacji (R^2).



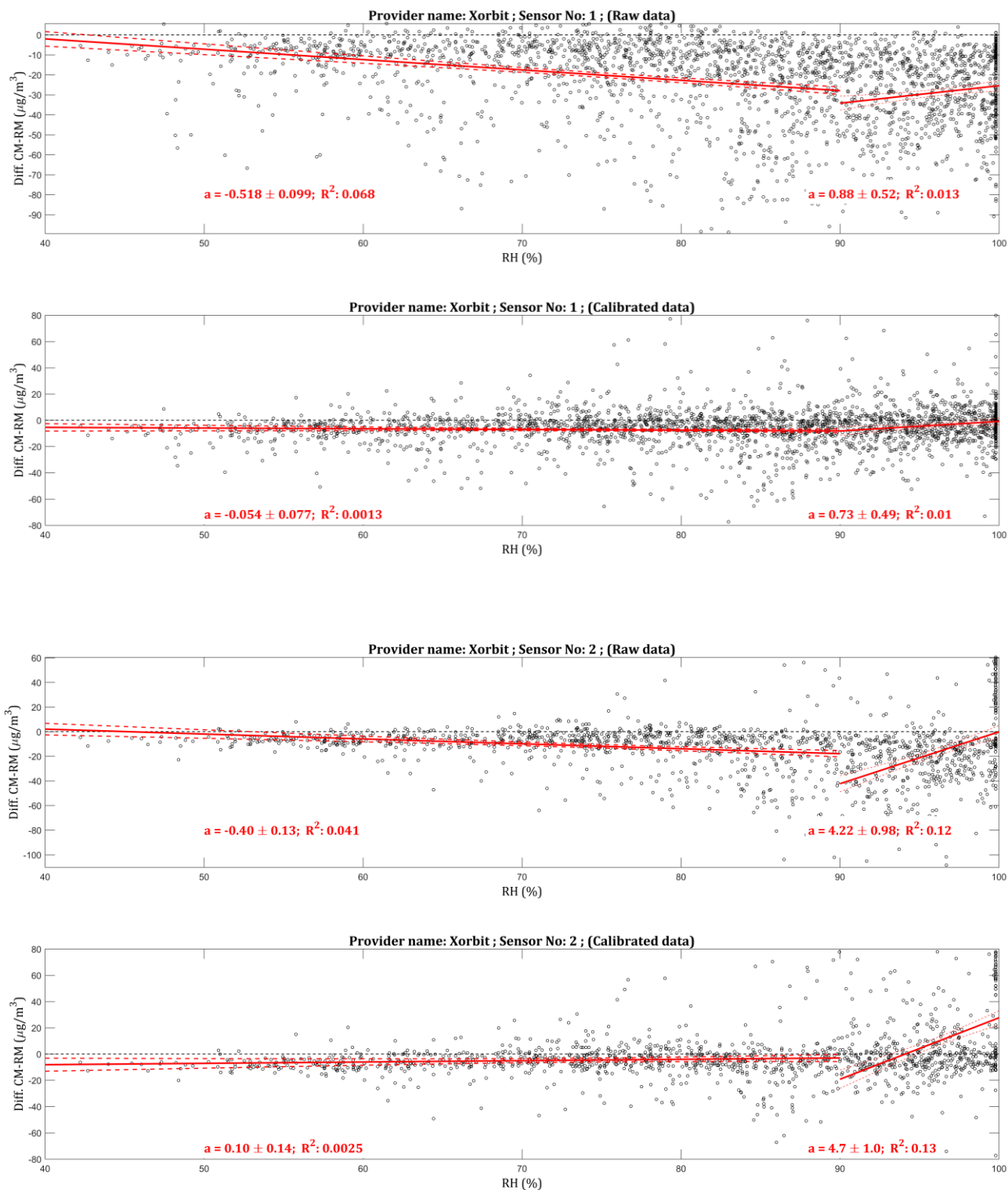
Rysunek 9.5. Zależność pomiędzy różnicą wskazań ocenianego czujnika i metodyką o wykazanej równoważności oraz wilgotnością względną powietrza dla czujników firmy Politechniki Warszawskiej. Dwa górne panele przedstawiają zależności dla czujnika nr 1, dwa dolne dla czujnika nr 2. Panele nr 1 i 3 przedstawiają zależności dla danych surowych, panele nr 2 i 4 dla danych po kalibracji. Czarnymi okręgami zaznaczono wartości wyznaczone, czerwone linie przedstawiają trendy wykreślone metodą regresji liniowej dla zakresów wilgotności odpowiednio 40 – 90% oraz 90 – 100% wraz z poziomami ufności. Na wykresach zaznaczono współczynniki nachylenia linii trendu (a) wraz z jego niepewnością na poziomie ufności 95% oraz współczynniki korelacji (R^2).



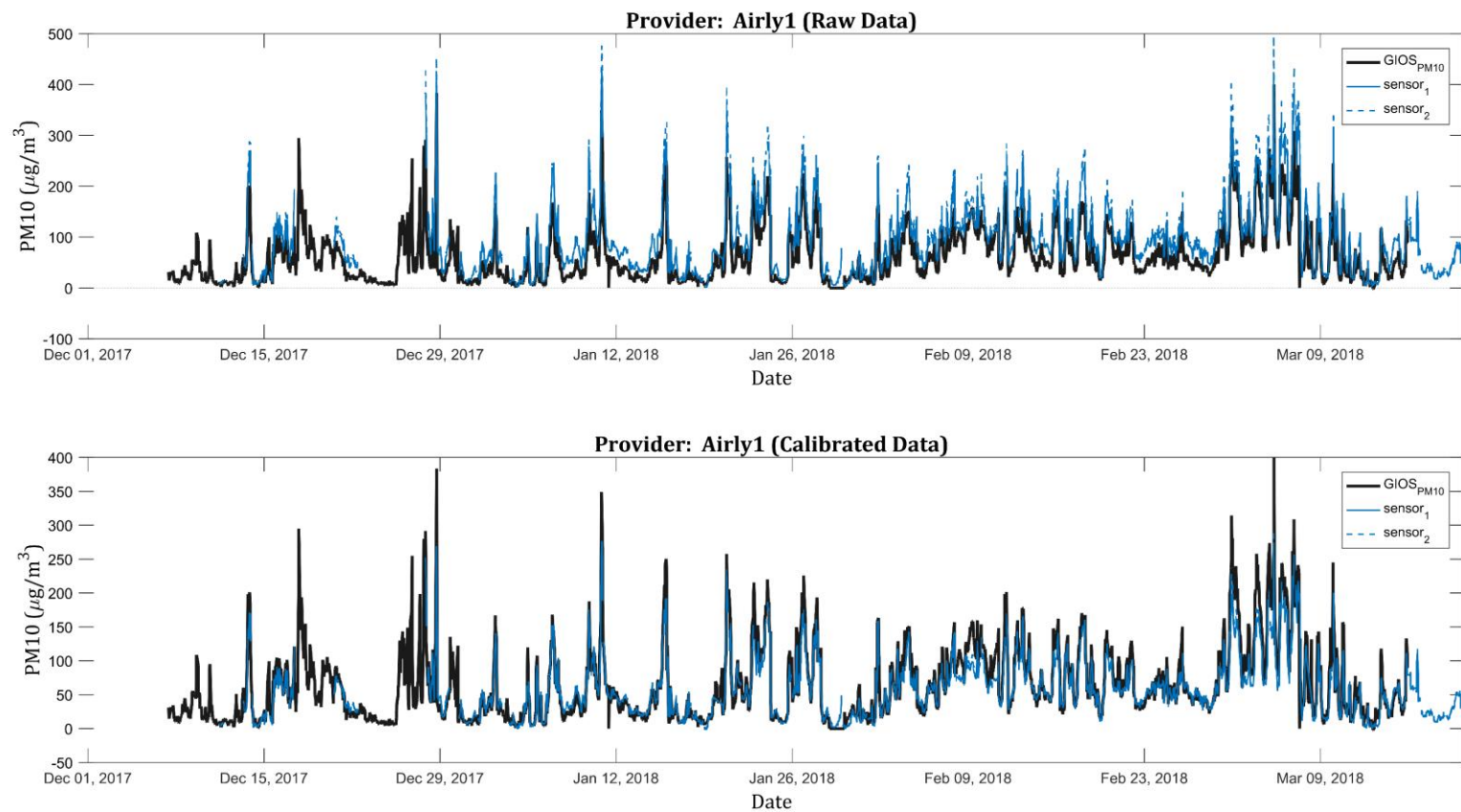
Rysunek 9.6. Zależność pomiędzy różnicą wskazań ocenianego czujnika i metodyką o wykazanej równoważności oraz wilgotnością względną powietrza dla czujników firmy Tetabit. Dwa górne panele przedstawiają zależności dla czujnika nr 1, dwa dolne dla czujnika nr 2. Panele nr 1 i 3 przedstawiają zależności dla danych surowych, panele nr 2 i 4 dla danych po kalibracji. Czarnymi okręgami zaznaczono wartości wyznaczone, czerwone linie przedstawiają trendy wykreślone metodą regresji liniowej dla zakresów wilgotności odpowiednio 40 – 90% oraz 90 – 100% wraz z poziomami ufności. Na wykresach zaznaczono współczynniki nachylenia linii trendu (a) wraz z jego niepewnością na poziomie ufności 95% oraz współczynniki korelacji (R^2).



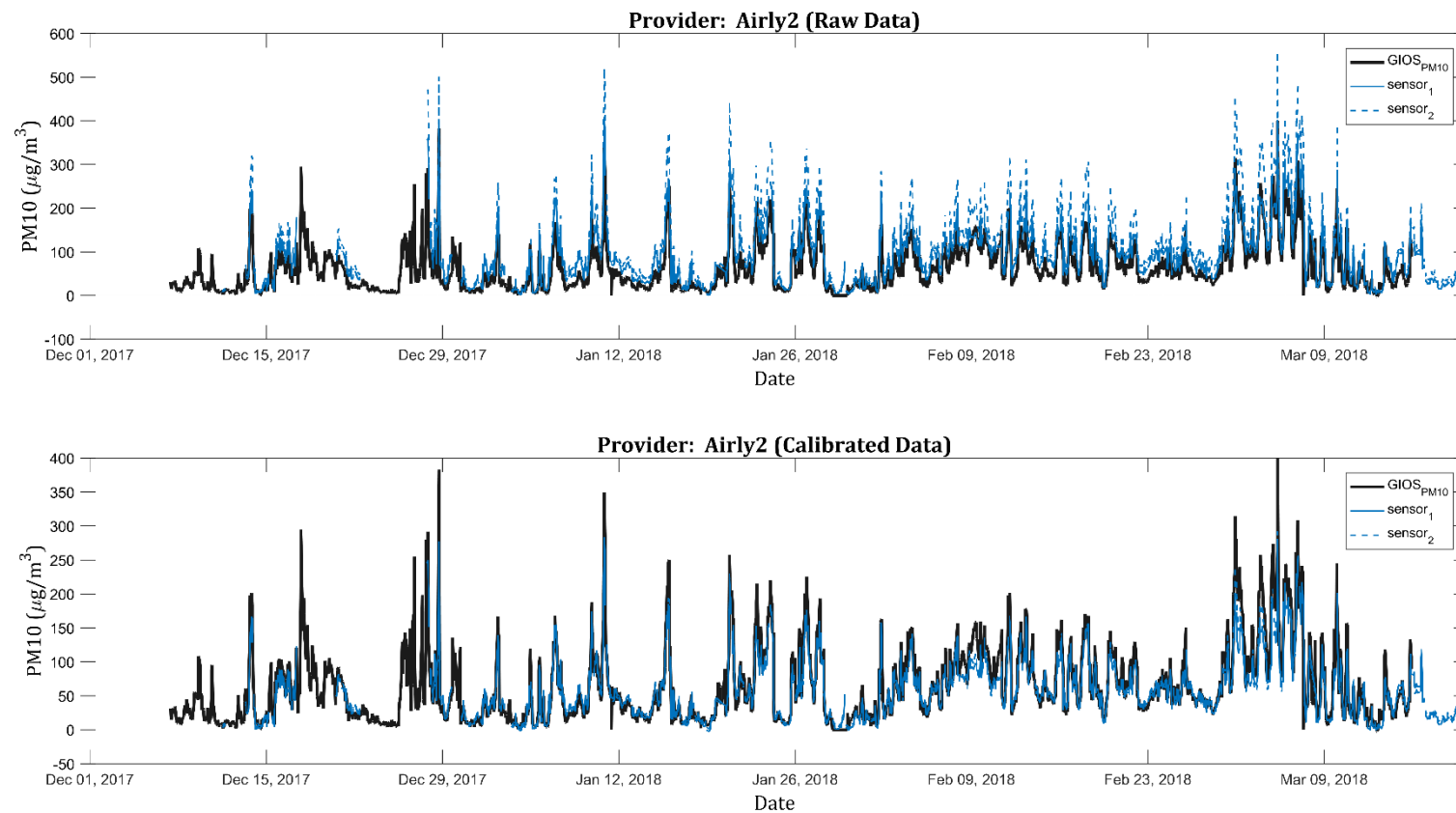
Rysunek 9.7. Zależność pomiędzy różnicą wskazań ocenianego czujnika i metodyką o wykazanej równoważności oraz wilgotnością względną powietrza dla czujników firmy Vidiaq. Dwa górne panele przedstawiają zależności dla czujnika nr 1, dwa dolne dla czujnika nr 2. Panele nr 1 i 3 przedstawiają zależności dla danych surowych, panele nr 2 i 4 dla danych po kalibracji. Czarnymi okręgami zaznaczono wartości wyznaczone, czerwone linie przedstawiają trendy wykreślone metodą regresji liniowej dla zakresów wilgotności odpowiednio 40 – 90% oraz 90 – 100% wraz z poziomami ufności. Na wykresach zaznaczono współczynniki nachylenia linii trendu (a) wraz z jego niepewnością na poziomie ufności 95% oraz współczynniki korelacji (R^2).



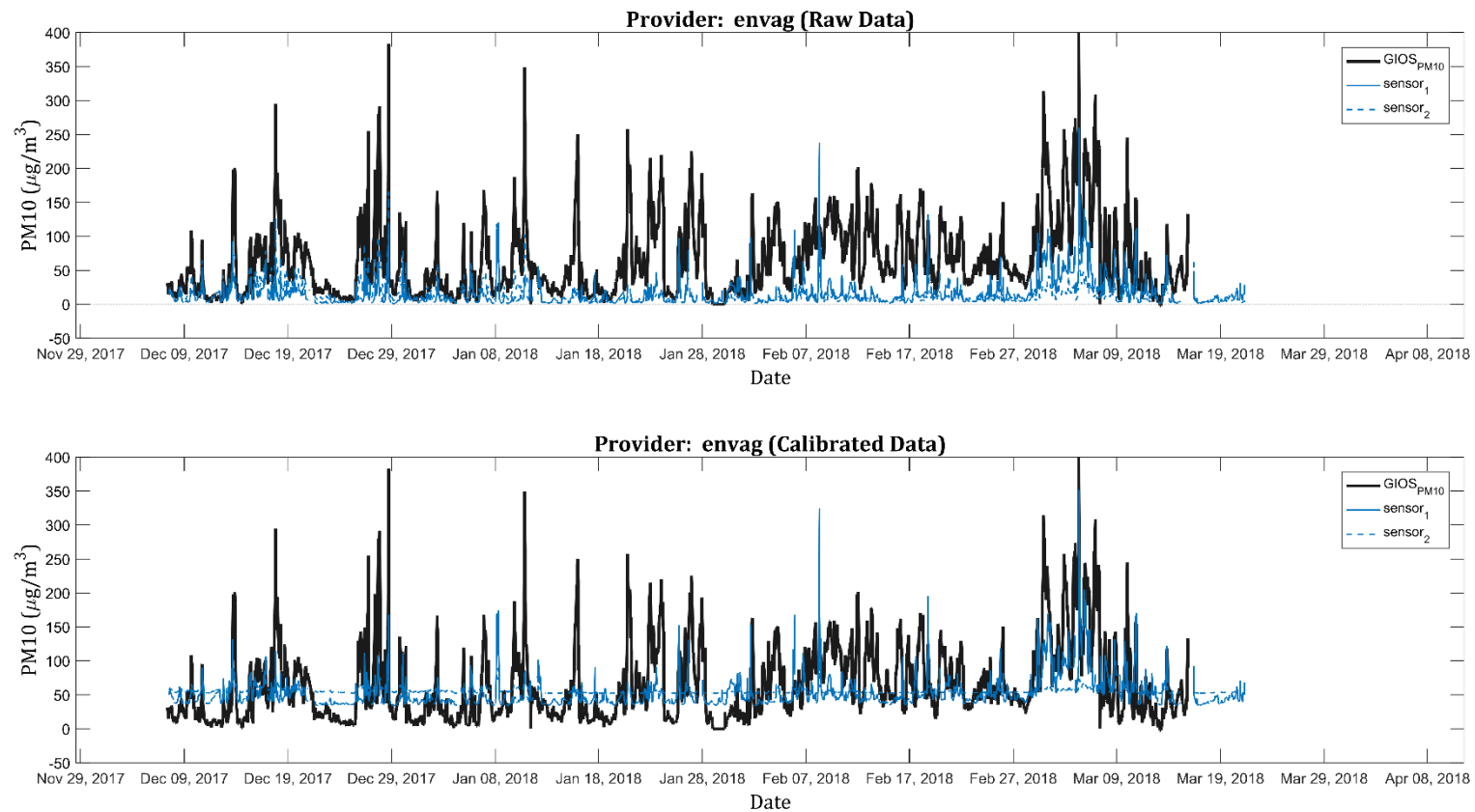
Rysunek 9.8. Zależność pomiędzy różnicą wskazań ocenianego czujnika i metodyką o wykazanej równoważności oraz wilgotnością względną powietrza dla czujników firmy Xorbit. Dwa górne panele przedstawiają zależności dla czujnika nr 1, dwa dolne dla czujnika nr 2. Panele nr 1 i 3 przedstawiają zależności dla danych surowych, panele nr 2 i 4 dla danych po kalibracji. Czarnymi okręgami zaznaczono wartości wyznaczone, czerwone linie przedstawiają trendy wykreślone metodą regresji liniowej dla zakresów wilgotności odpowiednio 40 – 90% oraz 90 – 100% wraz z poziomami ufności. Na wykresach zaznaczono współczynniki nachylenia linii trendu (a) wraz z jego niepewnością na poziomie ufności 95% oraz współczynniki korelacji (R^2).



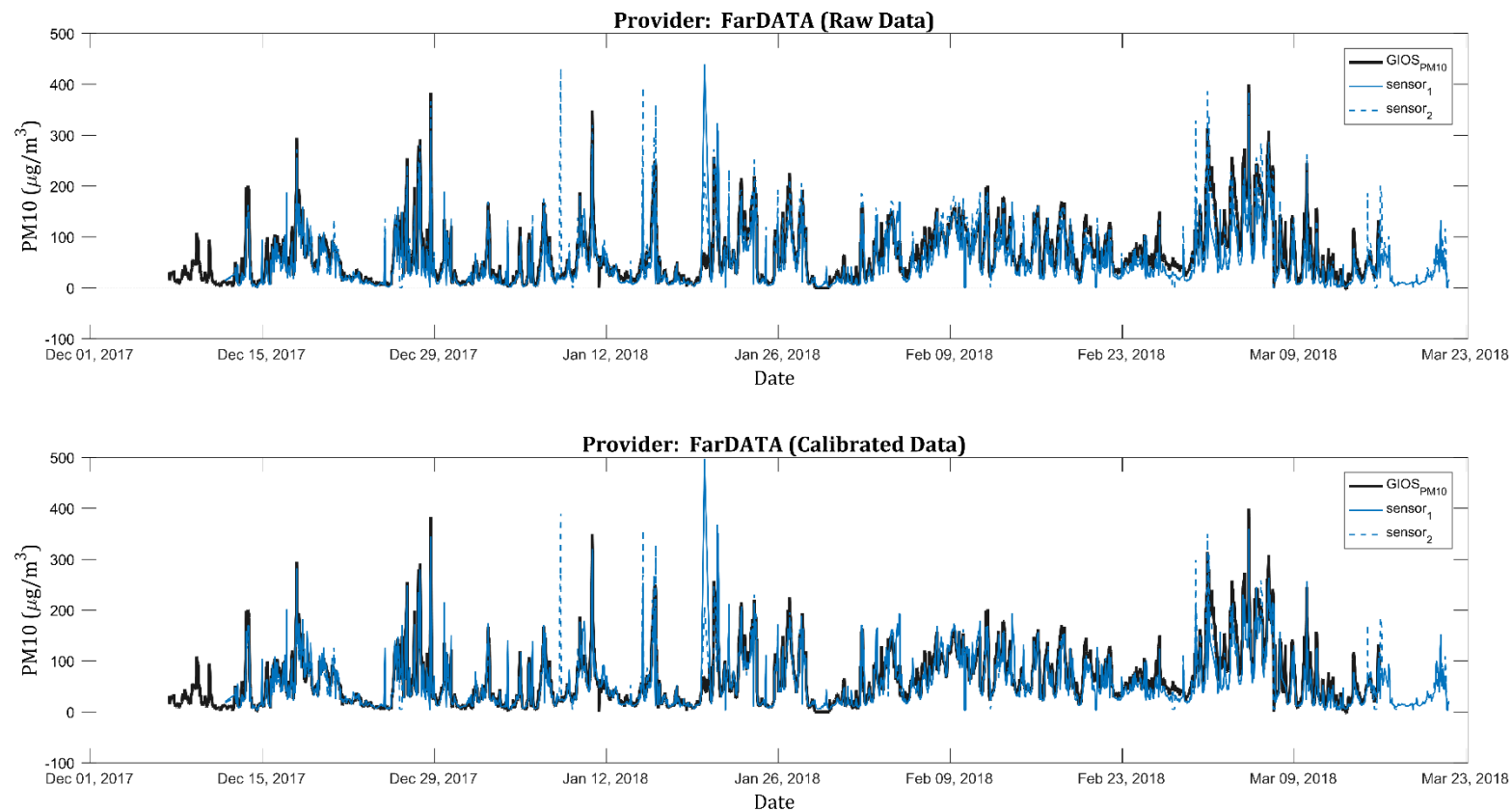
Rysunek 10.1. Przebiegi wartości średnich godzinnych stężeń pyłu zawieszonego PM10 pochodzące z dwóch urządzeń firmy Airly_A – niebieskie linie, w porównaniu z wartościami dostarczonymi przez KLRiW GIOŚ – czarna linia. Na górnym panelu przedstawiono wartości przed kalibracją, na dolnym po kalibracji.



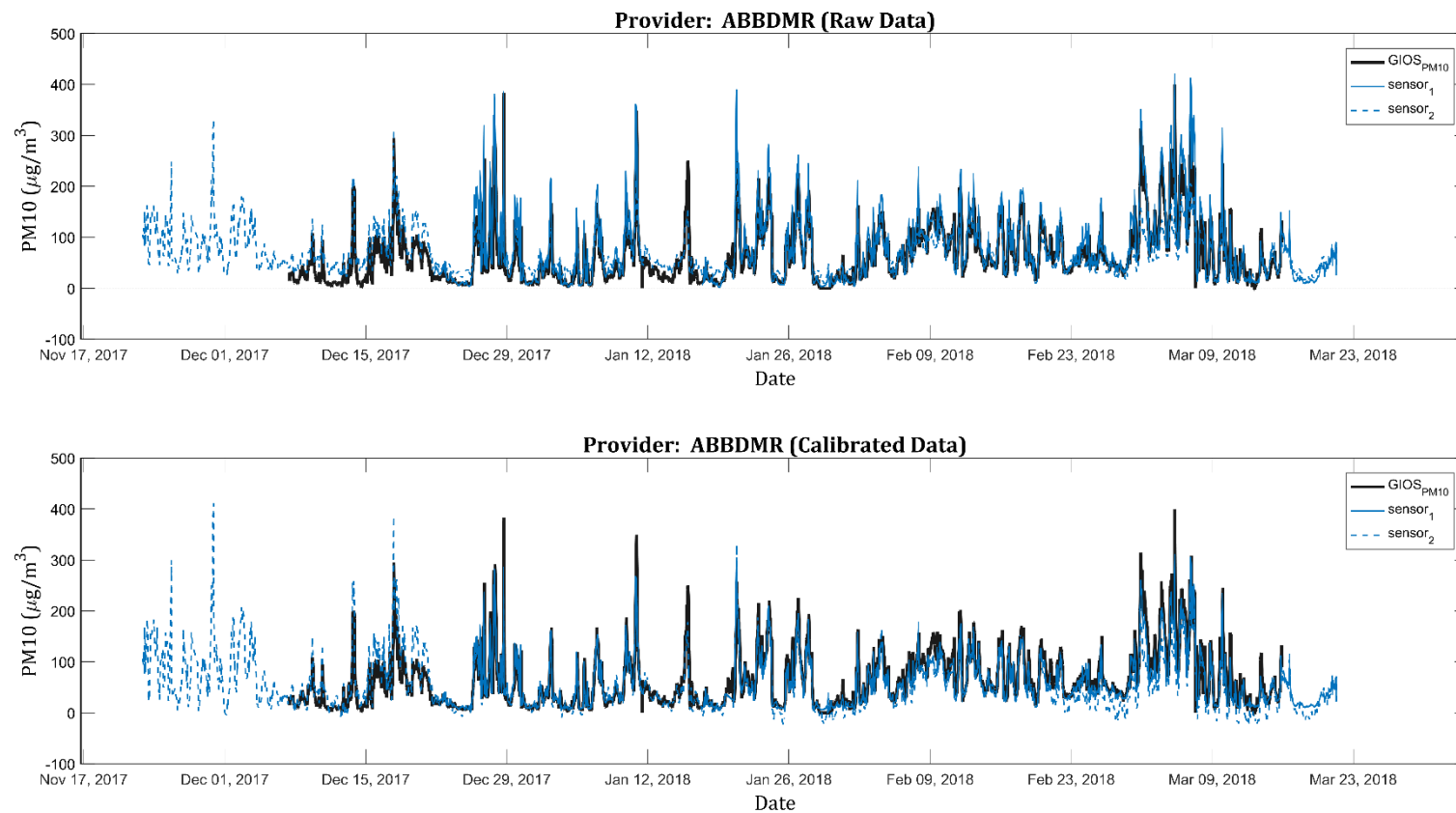
Rysunek 10.2. Przebiegi wartości średnich godzinnych stężeń pyłu zawieszonego PM10 pochodzące z dwóch urządzeń firmy Airly_s – niebieskie linie, w porównaniu z wartościami dostarczonymi przez KLRiW GIOŚ – czarna linia. Na górnym panelu przedstawiono wartości przed kalibracją, na dolnym po kalibracji.



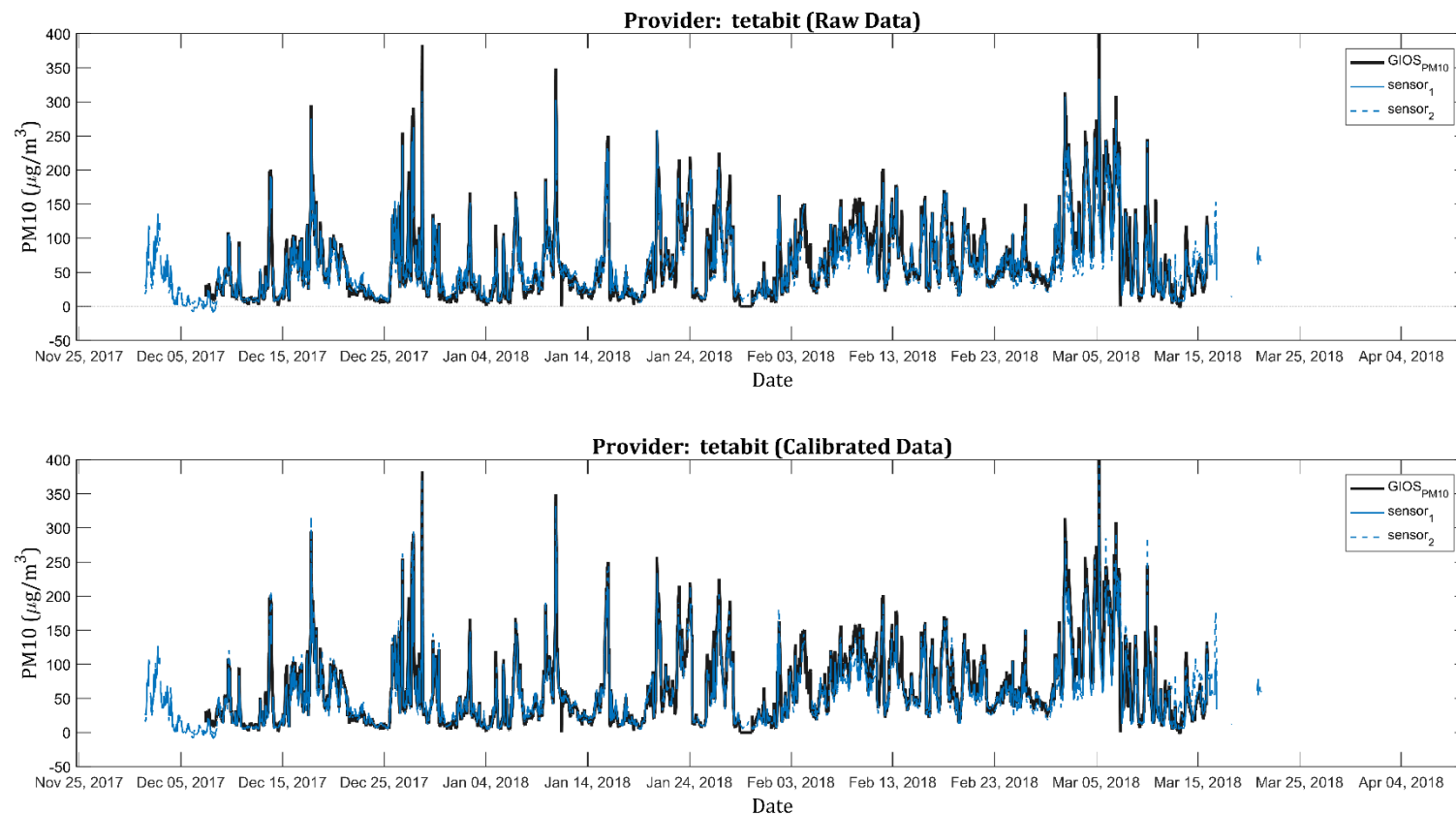
Rysunek 10.3. Przebiegi wartości średnich godzinnych stężeń pyłu zawieszonego PM10 pochodzące z dwóch urządzeń firmy Envag – niebieskie linie, w porównaniu z wartościami dostarczonymi przez KLiW GIOŚ – czarna linia. Na górnym panelu przedstawiono wartości przed kalibracją, na dolnym po kalibracji.



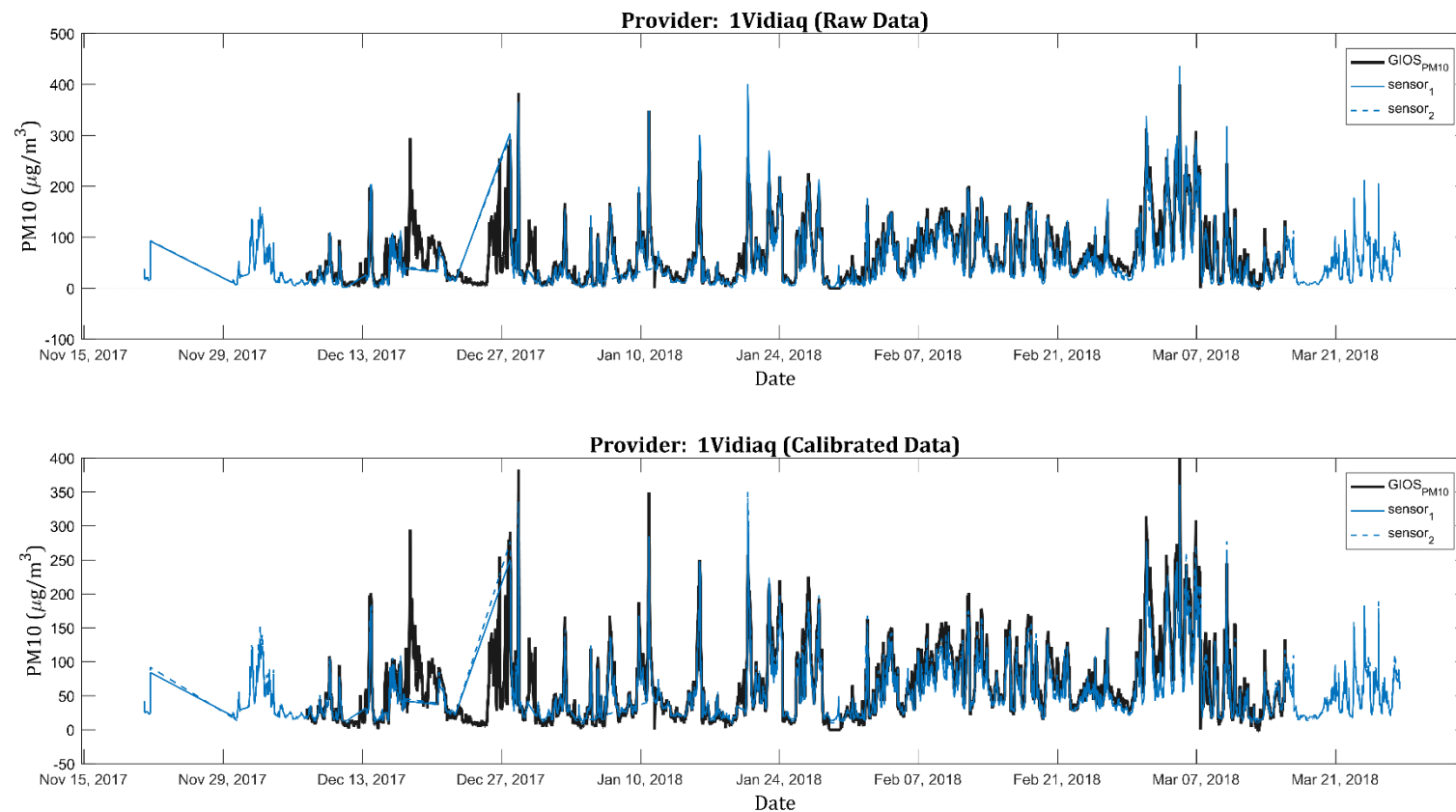
Rysunek 10.4. Przebiegi wartości średnich godzinnych stężeń pyłu zawieszonego PM10 pochodzące z dwóch urządzeń firmy FarData – niebieskie linie, w porównaniu z wartościami dostarczonymi przez KLRiW GIOŚ – czarna linia. Na górnym panelu przedstawiono wartości przed kalibracją, na dolnym po kalibracji.



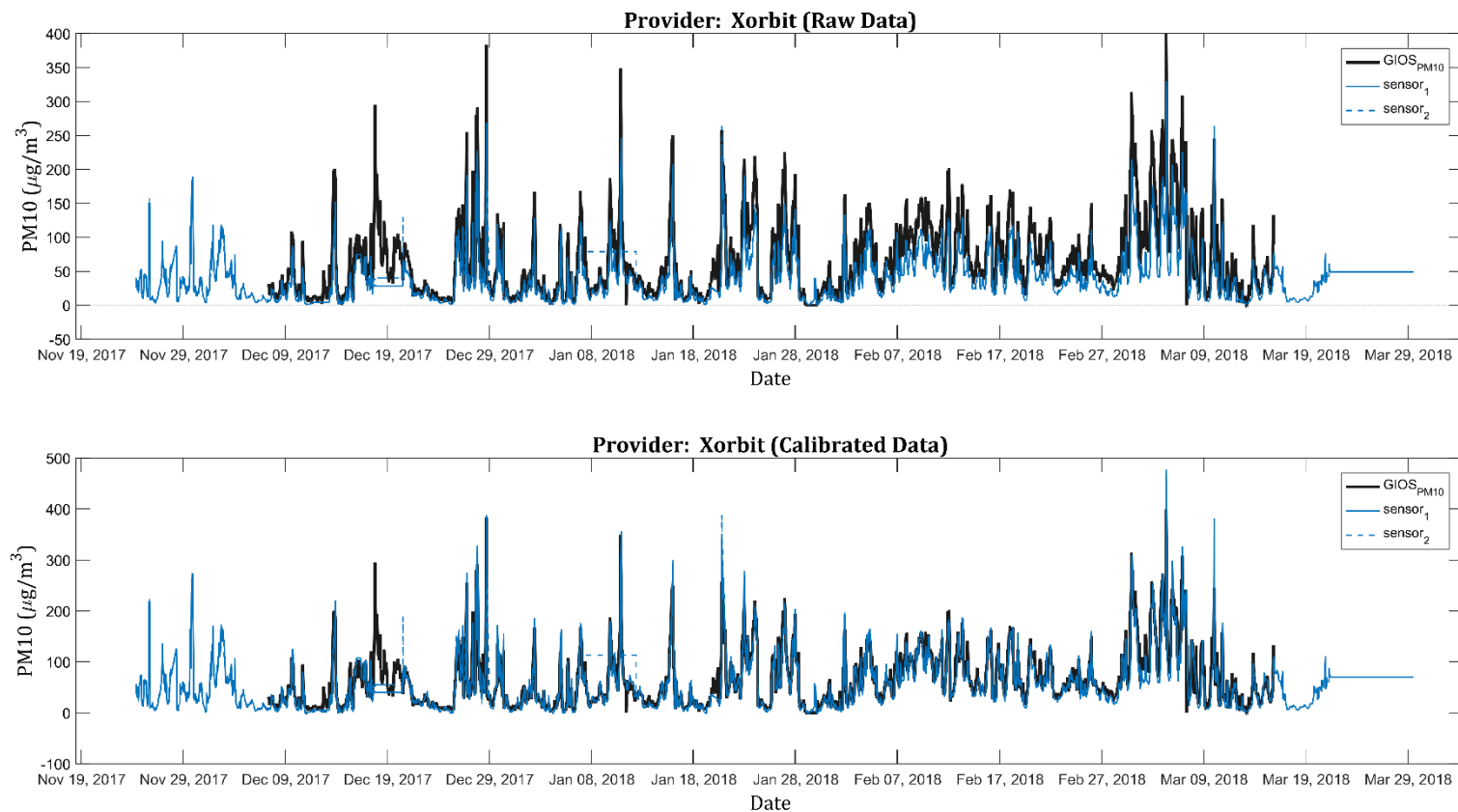
Rysunek 10.5. Przebiegi wartości średnich godzinnych stężeń pyłu zawieszonego PM10 pochodzące z dwóch urządzeń Politechniki Warszawskiej – niebieskie linie, w porównaniu z wartościami dostarczonymi przez KLRIW GIOŚ – czarna linia. Na górnym panelu przedstawiono wartości przed kalibracją, na dolnym po kalibracji.



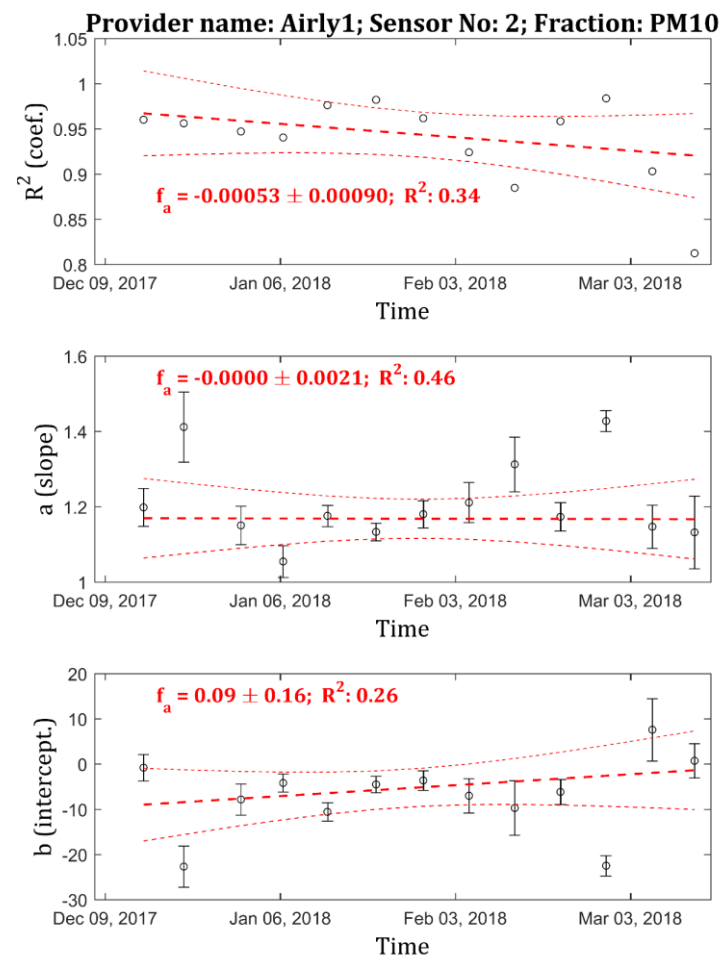
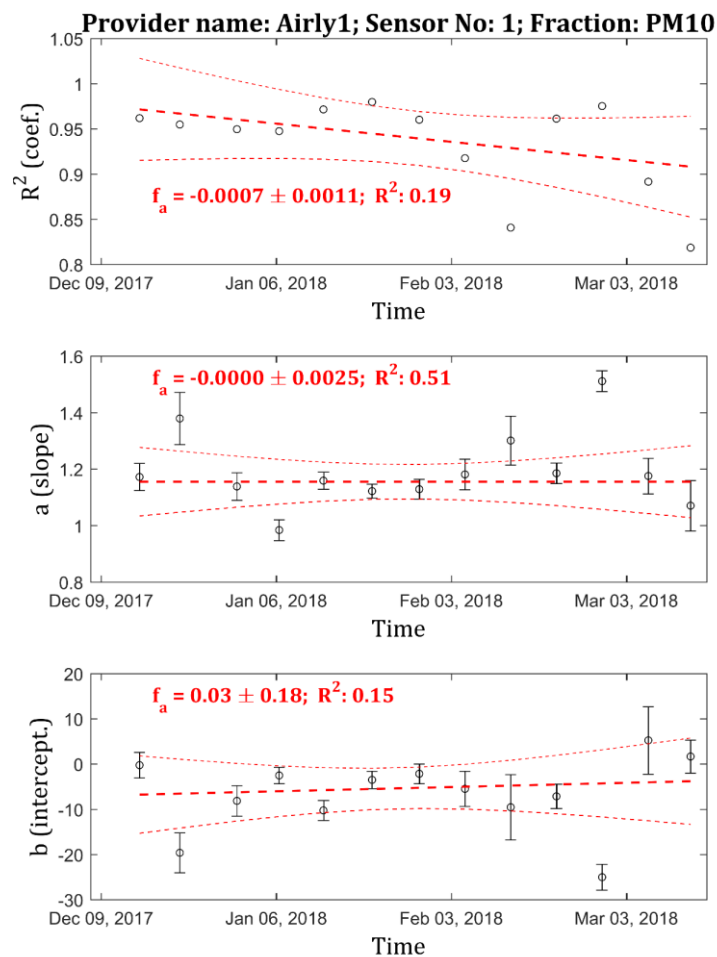
Rysunek 10.6. Przebiegi wartości średnich godzinnych stężeń pyłu zawieszonego PM10 pochodzące z dwóch urządzeń firmy Tetabit – niebieskie linie, w porównaniu z wartościami dostarczonymi przez KLRiW GIOŚ – czarna linia. Na górnym panelu przedstawiono wartości przed kalibracją, na dolnym po kalibracji.



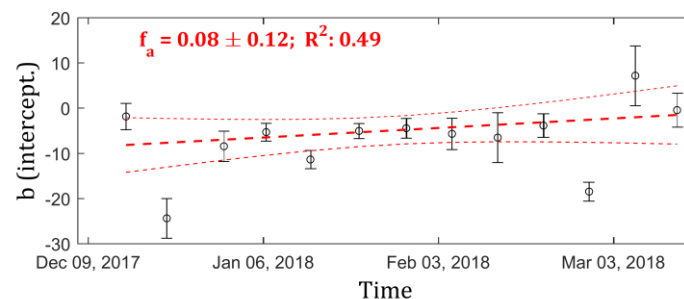
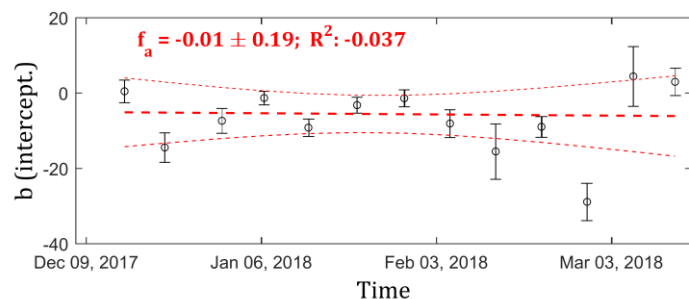
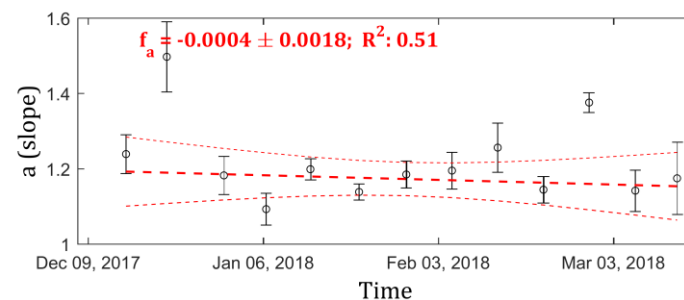
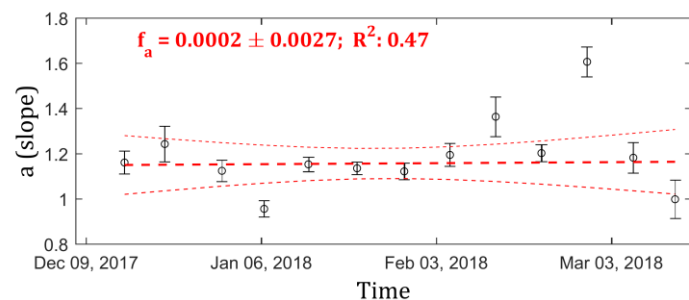
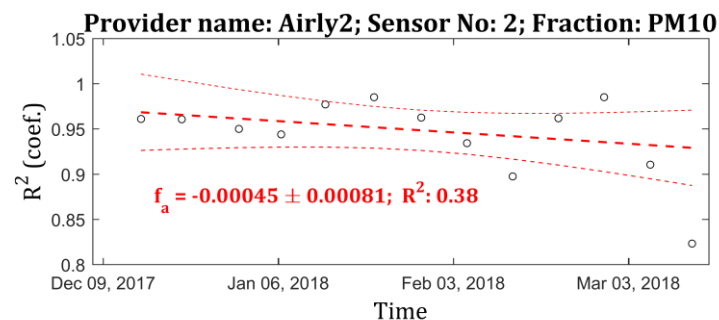
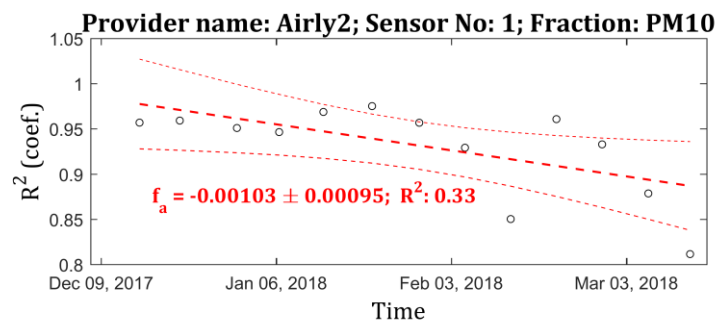
Rysunek 10.7. Przebiegi wartości średnich godzinnych stężeń pyłu zawieszonego PM10 pochodzące z dwóch urządzeń firmy Vidiaq – niebieskie linie, w porównaniu z wartościami dostarczonymi przez KLRiW GIOŚ – czarna linia. Na górnym panelu przedstawiono wartości przed kalibracją, na dolnym po kalibracji.



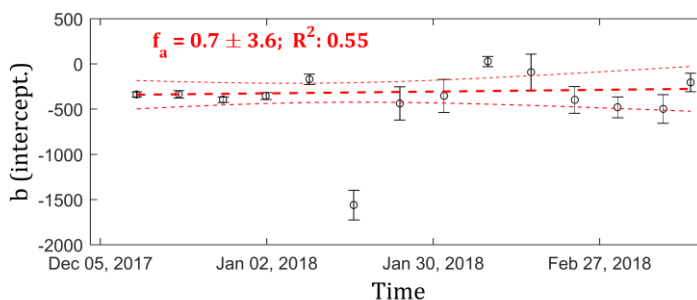
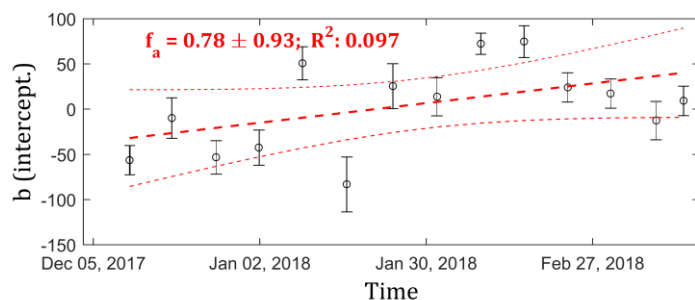
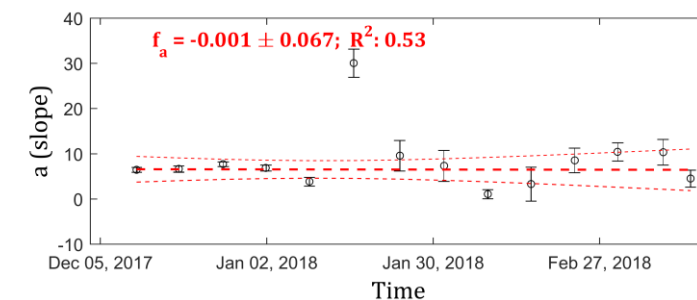
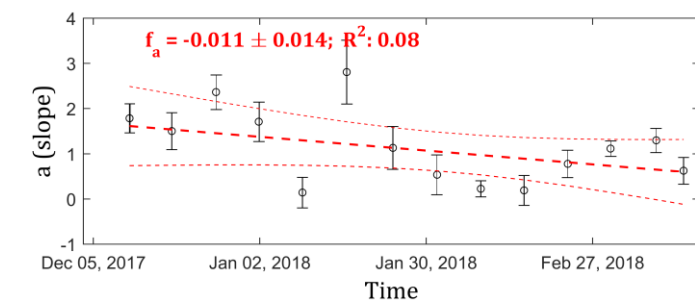
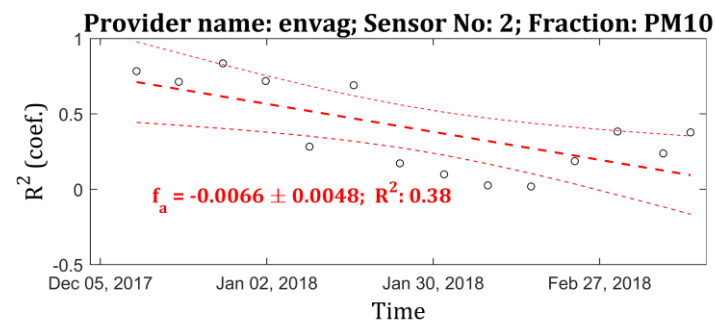
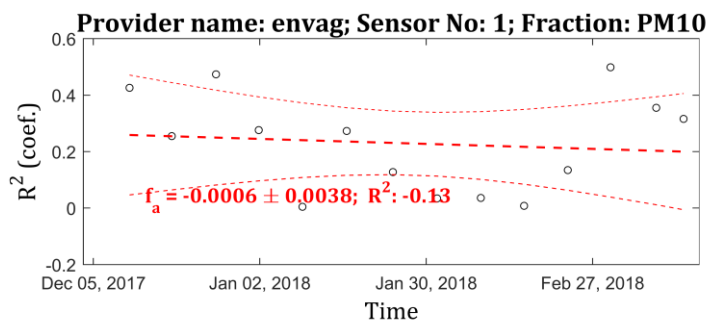
Rysunek 10.8. Przebiegi wartości średnich godzinnych stężeń pyłu zawieszonego PM10 pochodzące z dwóch urządzeń firmy Xorbit – niebieskie linie, w porównaniu z wartościami dostarczonymi przez KLiW GIOŚ – czarna linia. Na górnym panelu przedstawiono wartości przed kalibracją, na dolnym po kalibracji.



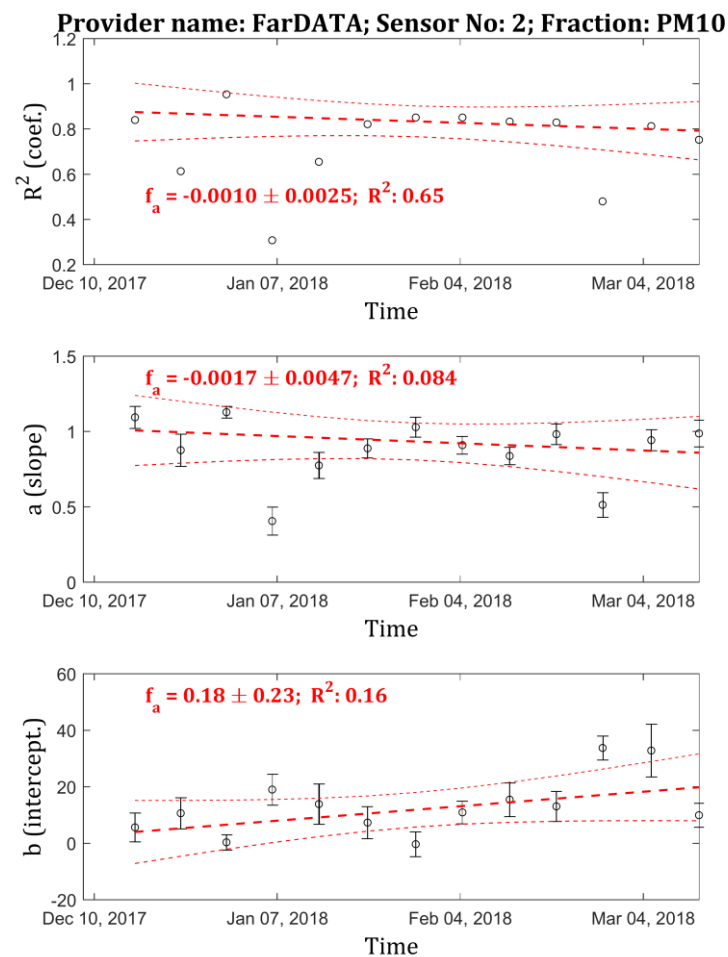
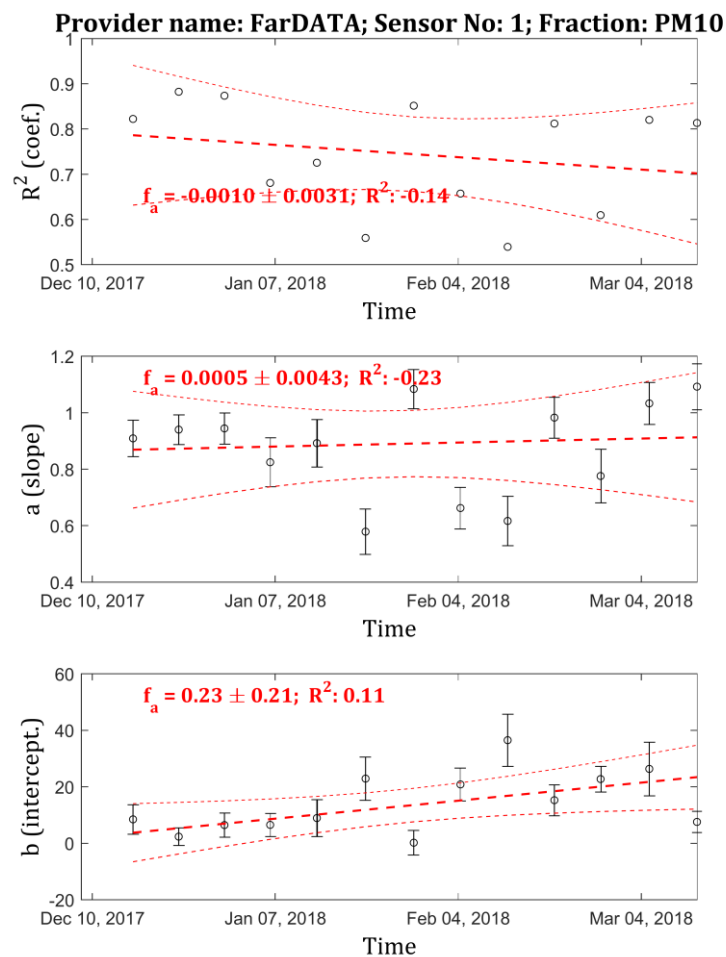
Rysunek 11.1. Przebiegi czasowe współczynników dopasowania krzywych regresji liniowej pomiędzy wartościami mierzonymi przez testowane urządzenia (CM) dostarczone przez firmę AirlyA a metodyką równoważną z referencyjną (RM) dla frakcji PM10 dla wydzielonych tygodniowych (168 średnich godzinnych) okresów pomiarów. Punkty na wykresach wyznaczono w oparciu o dane średniogodzinne po kalibracji w oparciu o metodykę referencyjną i średnie dobowe. Parametry wyznaczono niezależnie dla obu testowanych czujników (panel lewy czujnik nr 1, panel prawy czujnik nr 2). Na górnym panelu wykreślono przebieg czasowy współczynnika korelacji Pearsona (R^2) – czarne okręgi, wraz z jego krzywą trendu – gruba czerwona przerywana linia, oraz jej przedziałem ufności na poziomie 95% - cienkie czerwone przerywane linie, podano również liczbową wartość współczynnika nachylenia krzywej trendu wraz z niepewnościami na poziomie ufności 95% oraz współczynnikiem korelacji. Na środkowym panelu wykonano analogiczną analizę jak powyżej dla współczynnika nachylenia krzywej kalibracji (a) dla okresów tygodniowych. Na dolnym panelu wykonano analogiczną analizę jak powyżej dla współczynnika przesunięcia krzywej kalibracji (b) dla okresów tygodniowych.



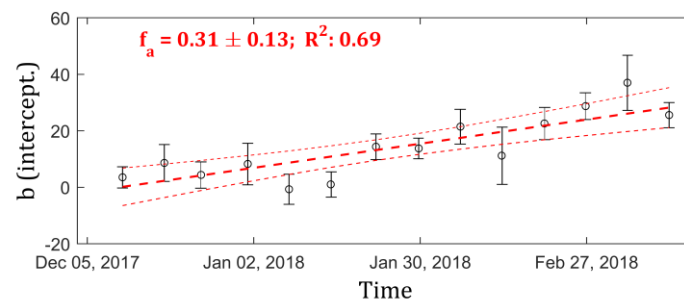
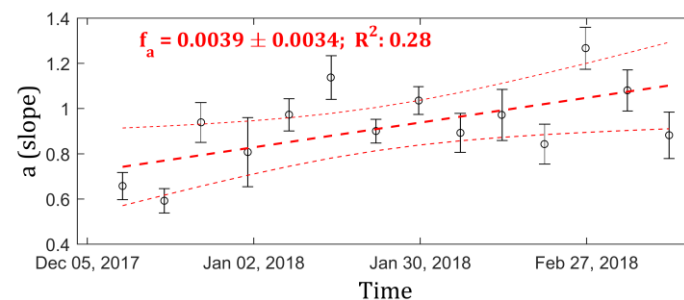
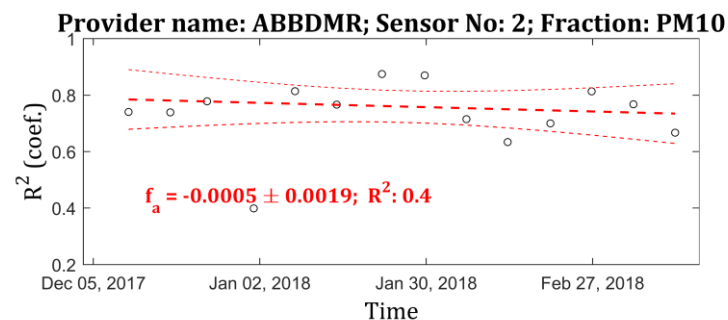
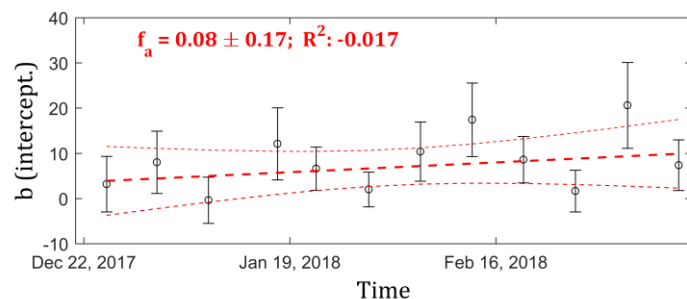
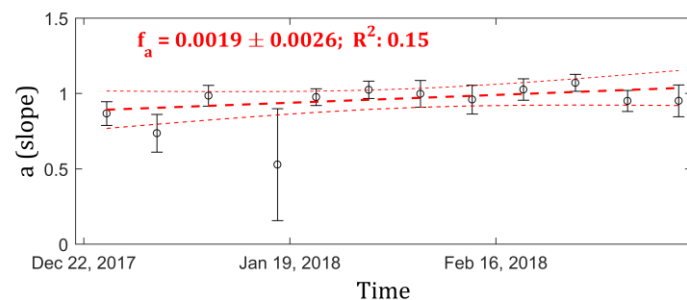
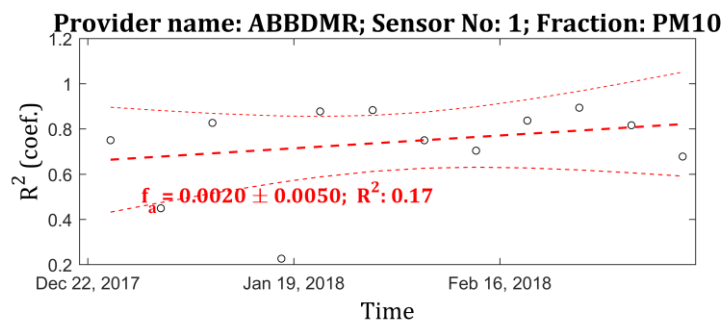
Rysunek 11.2. Przebiegi czasowe współczynników dopasowania krzywych regresji liniowej pomiędzy wartościami mierzonymi przez testowane urządzenia (CM) dostarczone przez firmę Airly_s a metodyką równoważną z referencyjną (RM) dla frakcji PM10 dla wydzielonych tygodniowych (168 średnich godzinnych) okresów pomiarów. Punkty na wykresach wyznaczono w oparciu o dane średniogodzinne po kalibracji w oparciu o metodykę referencyjną i średnie dobowe. Parametry wyznaczono niezależnie dla obu testowanych czujników (panel lewy czujnik nr 1, panel prawy czujnik nr 2). Na górnym panelu wykreślono przebieg czasowy współczynnika korelacji Pearsona (R^2) – czarne okręgi, wraz z jego krzywą trendu – gruba czerwona przerywana linia, oraz jej przedziałem ufności na poziomie 95% - cienkie czerwone przerywane linie, podano również liczbową wartość współczynnika nachylenia krzywej trendu wraz z niepewnościami na poziomie ufności 95% oraz współczynnikiem korelacji. Na środkowym panelu wykonano analogiczną analizę jak powyżej dla współczynnika nachylenia krzywej kalibracji (a) dla okresów tygodniowych. Na dolnym panelu wykonano analogiczną analizę jak powyżej dla współczynnika przesunięcia krzywej kalibracji (b) dla okresów tygodniowych.



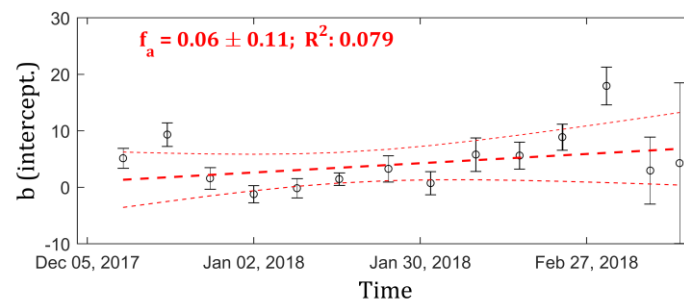
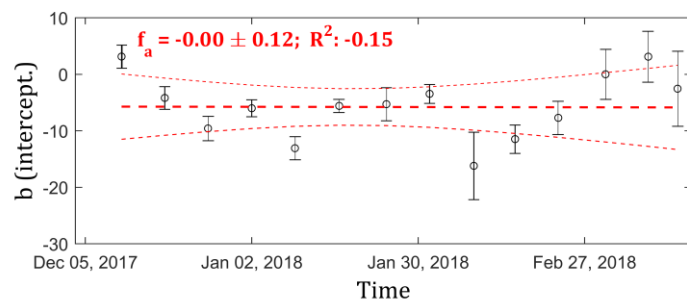
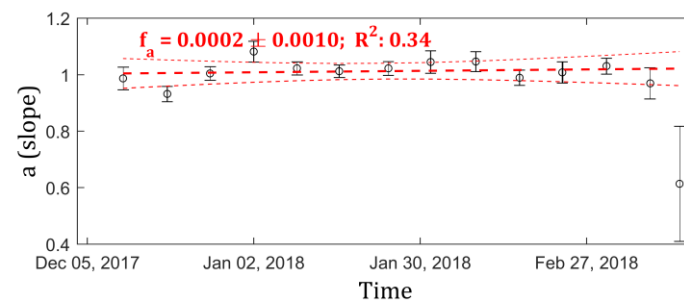
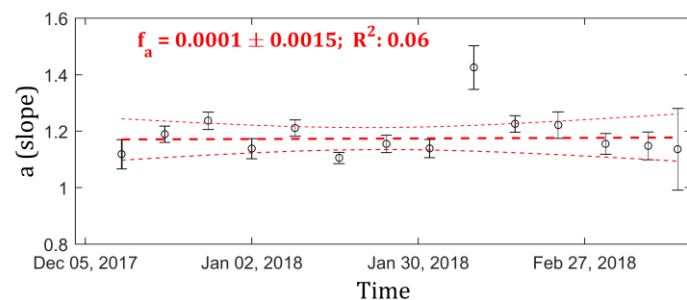
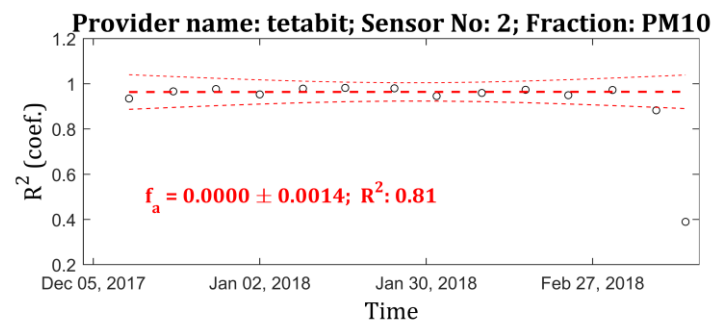
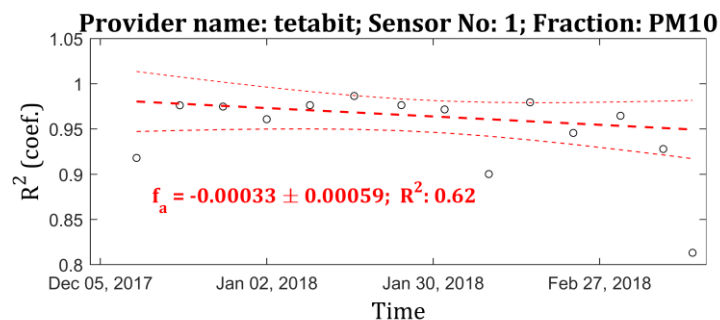
Rysunek 11.3. Przebiegi czasowe współczynników dopasowania krzywych regresji liniowej pomiędzy wartościami mierzonymi przez testowane urządzenia (CM) dostarczone przez firmę Envag a metodyką równoważną z referencyjną (RM) dla frakcji PM10 dla wydzielonych tygodniowych (168 średnich godzinnych) okresów pomiarów. Punkty na wykresach wyznaczono w oparciu o dane średniogodzinne po kalibracji w oparciu o metodykę referencyjną i średnie dobowe. Parametry wyznaczono niezależnie dla obu testowanych czujników (panel lewy czujnik nr 1, panel prawy czujnik nr 2). Na górnym panelu wykreślono przebieg czasowy współczynnika korelacji Pearsona (R^2) – czarne okręgi, wraz z jego krzywą trendu – gruba czerwona przerywana linia, oraz jej przedziałem ufności na poziomie 95% - cienkie czerwone przerywane linie, podano również liczbową wartość współczynnika nachylenia krzywej trendu wraz z niepewnościami na poziomie ufności 95% oraz współczynnikiem korelacji. Na środkowym panelu wykonano analogiczną analizę jak powyżej dla współczynnika nachylenia krzywej kalibracji (a) dla okresów tygodniowych. Na dolnym panelu wykonano analogiczną analizę jak powyżej dla współczynnika przesunięcia krzywej kalibracji (b) dla okresów tygodniowych.



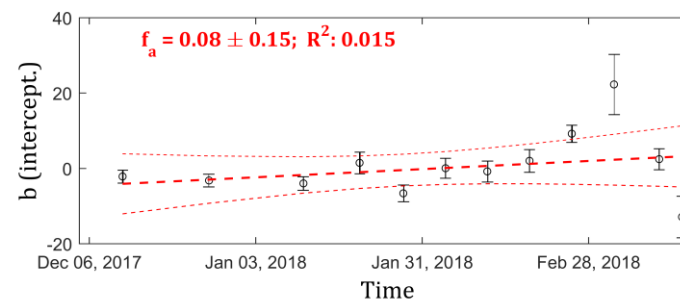
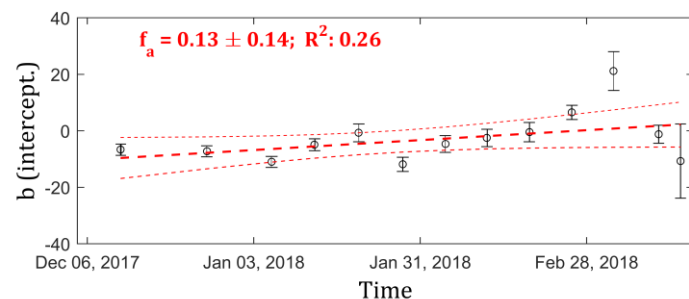
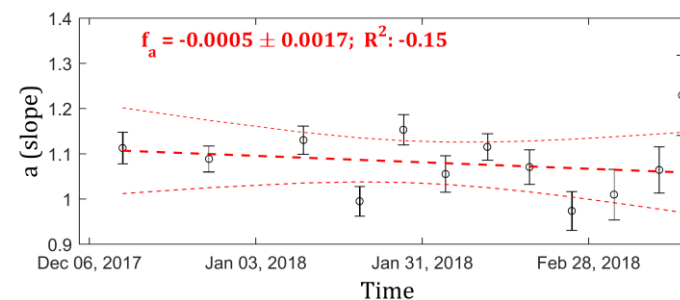
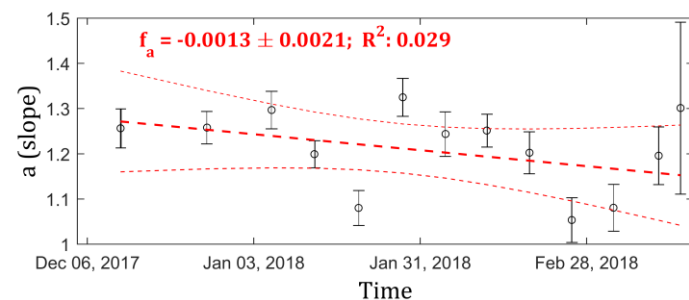
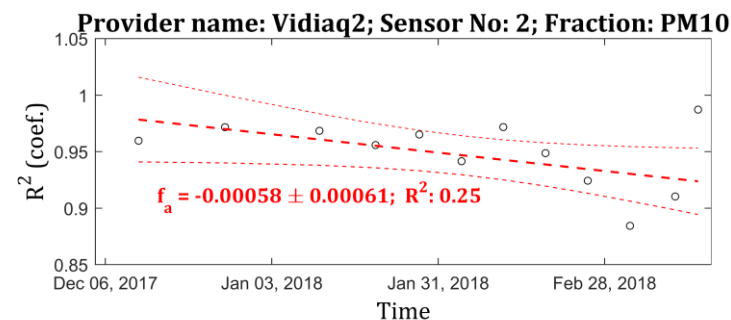
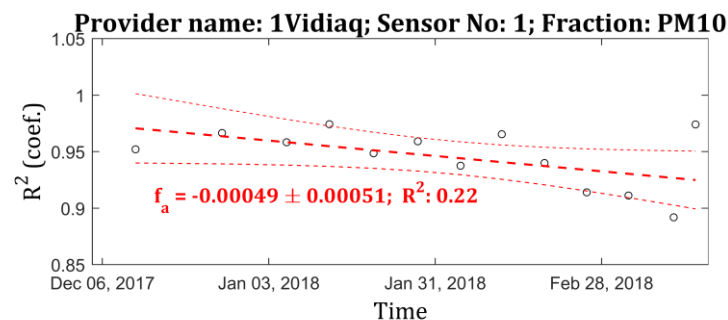
Rysunek 11.4. Przebiegi czasowe współczynników dopasowania krzywych regresji liniowej pomiędzy wartościami mierzonymi przez testowane urządzenia (CM) dostarczone przez firmę FarData a metodyką równoważną z referencyjną (RM) dla frakcji PM10 dla wydzielonych tygodniowych (168 średnich godzinnych) okresów pomiarów. Punkty na wykresach wyznaczono w oparciu o dane średniogodzinne po kalibracji w oparciu o metodykę referencyjną i średnie dobowe. Parametry wyznaczono niezależnie dla obu testowanych czujników (panel lewy czujnik nr 1, panel prawy czujnik nr 2). Na górnym panelu wykreślono przebieg czasowy współczynnika korelacji Pearsona (R^2) – czarne okręgi, wraz z jego krzywą trendu – gruba czerwona przerywana linia, oraz jej przedziałem ufności na poziomie 95% - cienkie czerwone przerywane linie, podano również liczbową wartość współczynnika nachylenia krzywej trendu wraz z niepewnościami na poziomie ufności 95% oraz współczynnikiem korelacji. Na środkowym panelu wykonano analogiczną analizę jak powyżej dla współczynnika nachylenia krzywej kalibracji (a) dla okresów tygodniowych. Na dolnym panelu wykonano analogiczną analizę jak powyżej dla współczynnika przesunięcia krzywej kalibracji (b) dla okresów tygodniowych.



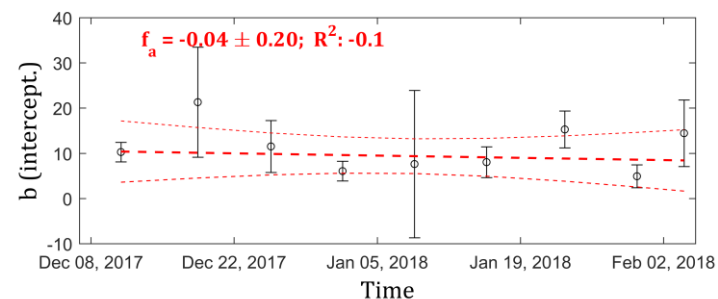
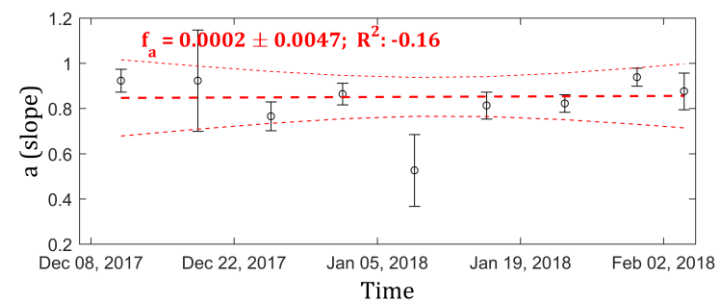
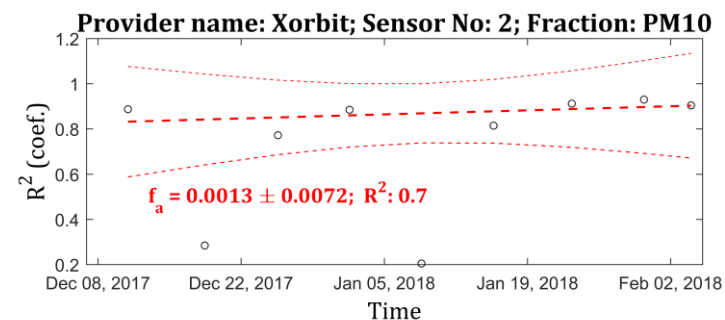
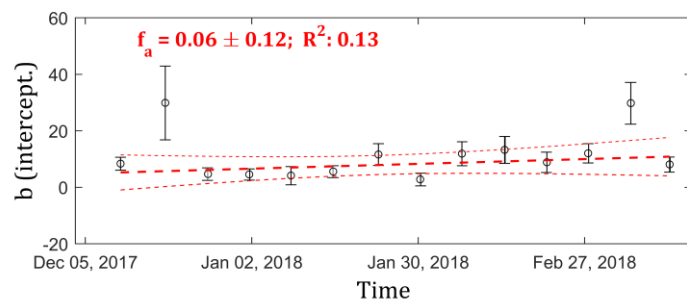
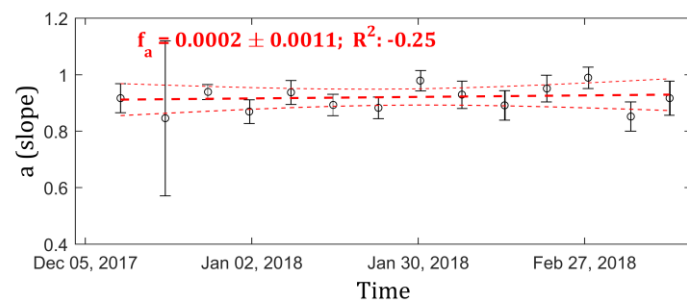
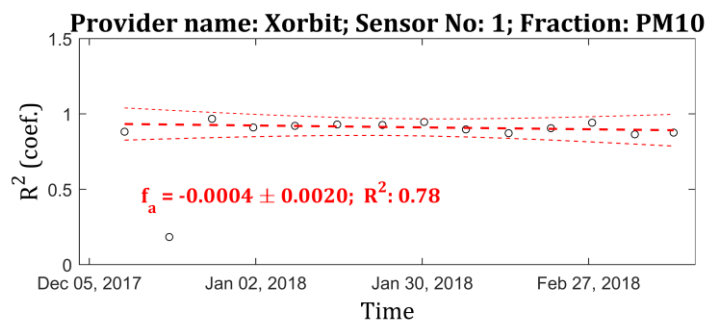
Rysunek 11.5. Przebiegi czasowe współczynników dopasowania krzywych regresji liniowej pomiędzy wartościami mierzonymi przez testowane urządzenia (CM) dostarczone przez Politechnikę Warszawską a metodyką równoważną z referencyjną (RM) dla frakcji PM10 dla wydzielonych tygodniowych (168 średnich godzinnych) okresów pomiarów. Punkty na wykresach wyznaczono w oparciu o dane średniogodzinne po kalibracji w oparciu o metodykę referencyjną i średnie dobowe. Parametry wyznaczono niezależnie dla obu testowanych czujników (panel lewy czujnik nr 1, panel prawy czujnik nr 2). Na górnym panelu wykreślono przebieg czasowy współczynnika korelacji Pearsona (R^2) – czarne okręgi, wraz z jego krzywą trendu – gruba czerwona przerywana linia, oraz jej przedziałem ufności na poziomie 95% - cienkie czerwone przerywane linie, podano również liczbową wartość współczynnika nachylenia krzywej trendu wraz z niepewnościami na poziomie ufności 95% oraz współczynnikiem korelacji. Na środkowym panelu wykonano analogiczną analizę jak powyżej dla współczynnika nachylenia krzywej kalibracji (a) dla okresów tygodniowych. Na dolnym panelu wykonano analogiczną analizę jak powyżej dla współczynnika przesunięcia krzywej kalibracji (b) dla okresów tygodniowych.



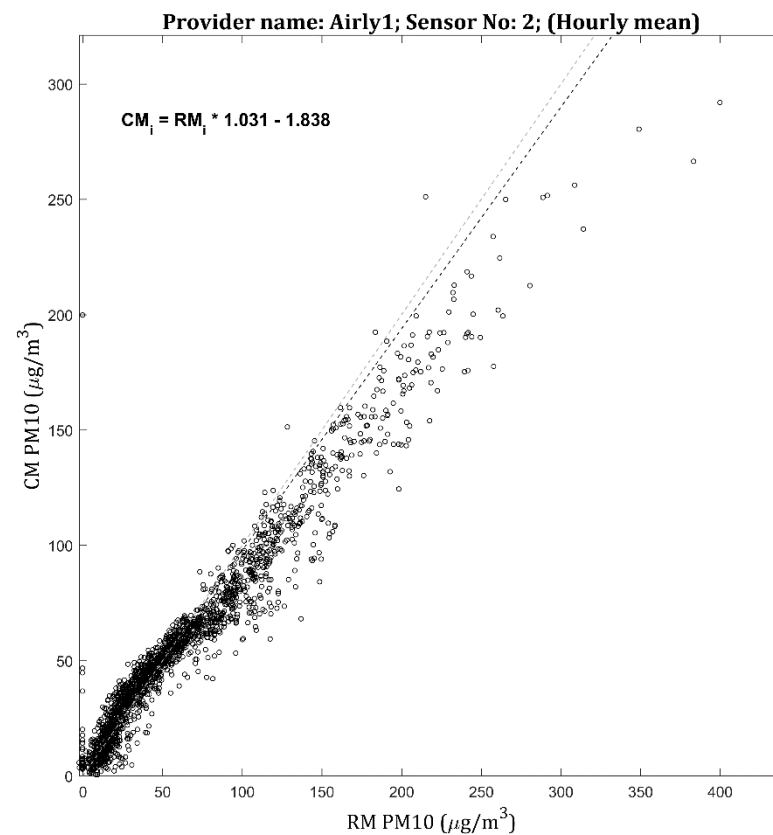
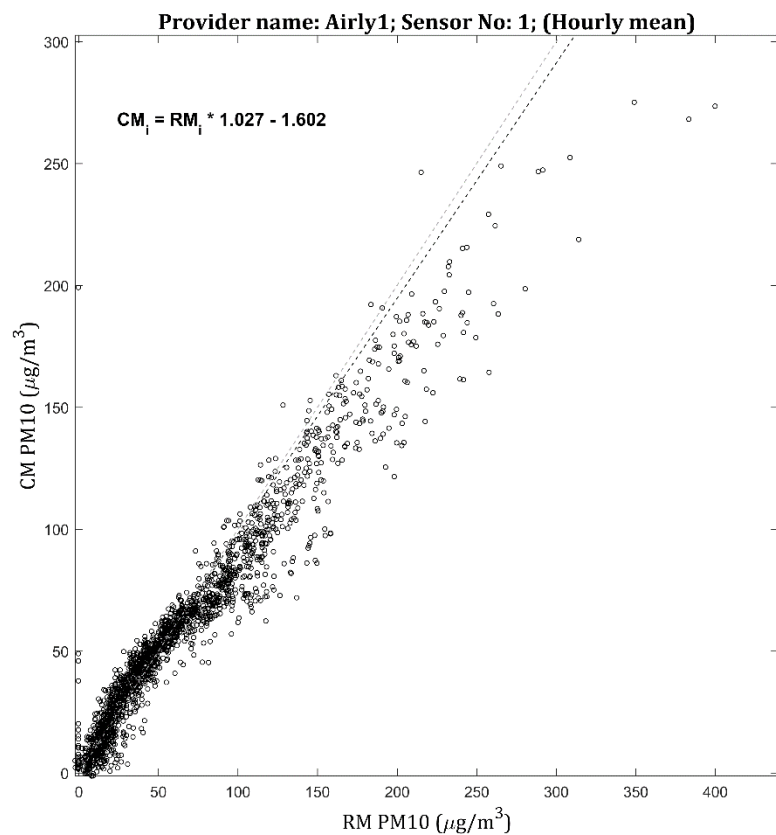
Rysunek 11.6. Przebiegi czasowe współczynników dopasowania krzywych regresji liniowej pomiędzy wartościami mierzonymi przez testowane urządzenia (CM) dostarczone przez firmę Tetabit a metodyką równoważną z referencyjną (RM) dla frakcji PM10 dla wydzielonych tygodniowych (168 średnich godzinnych) okresów pomiarów. Punkty na wykresach wyznaczono w oparciu o dane średniogodzinne po kalibracji w oparciu o metodykę referencyjną i średnie dobowe. Parametry wyznaczono niezależnie dla obu testowanych czujników (panel lewy czujnik nr 1, panel prawy czujnik nr 2). Na górnym panelu wykreślono przebieg czasowy współczynnika korelacji Pearsona (R^2) – czarne okręgi, wraz z jego krzywą trendu – gruba czerwona przerywana linia, oraz jej przedziałem ufności na poziomie 95% - cienkie czerwone przerywane linie, podano również liczbową wartość współczynnika nachylenia krzywej trendu wraz z niepewnościami na poziomie ufności 95% oraz współczynnikiem korelacji. Na środkowym panelu wykonano analogiczną analizę jak powyżej dla współczynnika nachylenia krzywej kalibracji (a) dla okresów tygodniowych. Na dolnym panelu wykonano analogiczną analizę jak powyżej dla współczynnika przesunięcia krzywej kalibracji (b) dla okresów tygodniowych.



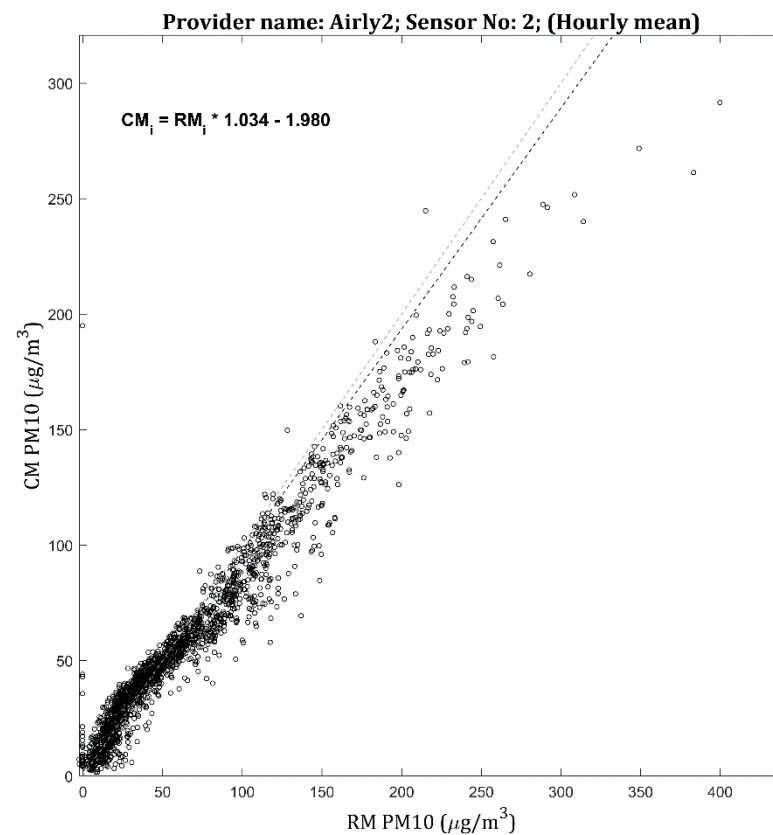
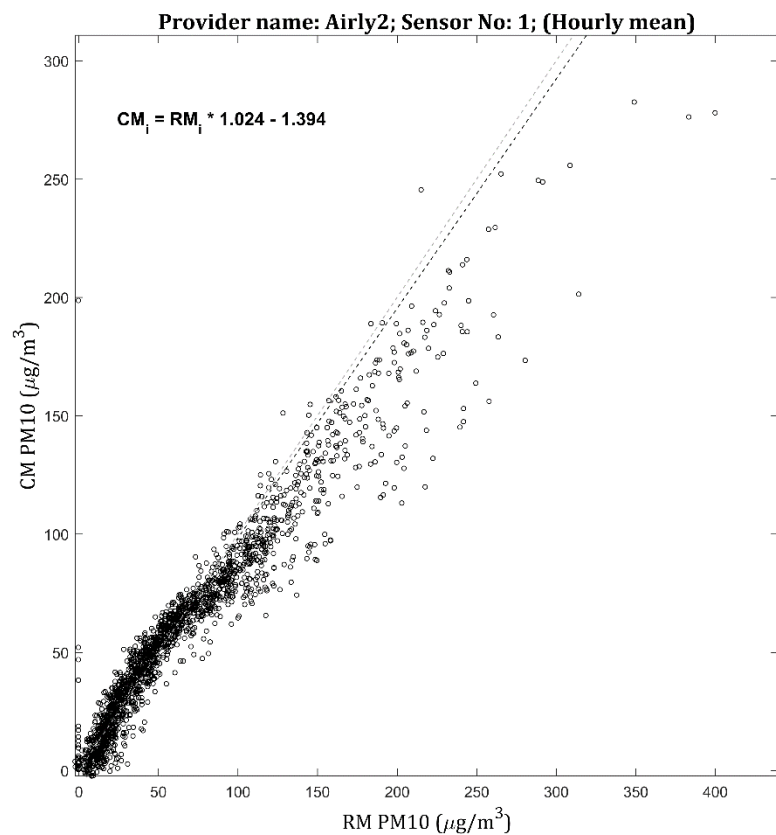
Rysunek 11.7. Przebiegi czasowe współczynników dopasowania krzywych regresji liniowej pomiędzy wartościami mierzonymi przez testowane urządzenia (CM) dostarczone przez firmę Vidiaq a metodyką równoważną z referencyjną (RM) dla frakcji PM10 dla wydzielonych tygodniowych (168 średnich godzinnych) okresów pomiarów. Punkty na wykresach wyznaczono w oparciu o dane średniodobowe po kalibracji w oparciu o metodykę referencyjną i średnie dobowe. Parametry wyznaczono niezależnie dla obu testowanych czujników (panel lewy czujnik nr 1, panel prawy czujnik nr 2). Na górnym panelu wykreślono przebieg czasowy współczynnika korelacji Pearsona (R^2) – czarne okręgi, wraz z jego krzywą trendu – gruba czerwona przerywana linia, oraz jej przedziałem ufności na poziomie 95% - cienkie czerwone przerywane linie, podano również liczbową wartość współczynnika nachylenia krzywej trendu wraz z niepewnościami na poziomie ufności 95% oraz współczynnikiem korelacji. Na środkowym panelu wykonano analogiczną analizę jak powyżej dla współczynnika nachylenia krzywej kalibracji (a) dla okresów tygodniowych. Na dolnym panelu wykonano analogiczną analizę jak powyżej dla współczynnika przesunięcia krzywej kalibracji (b) dla okresów tygodniowych.



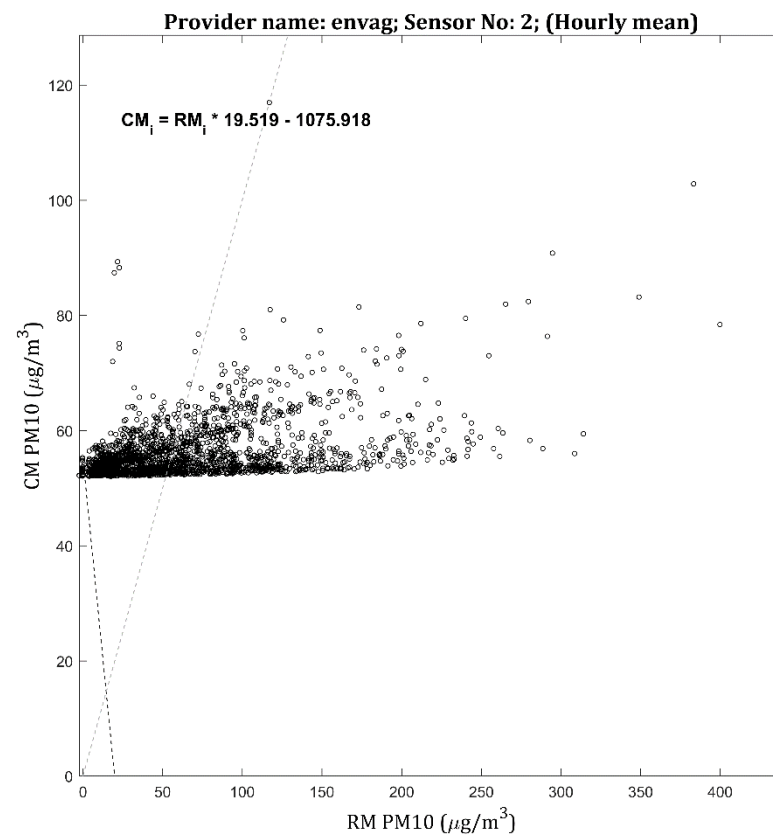
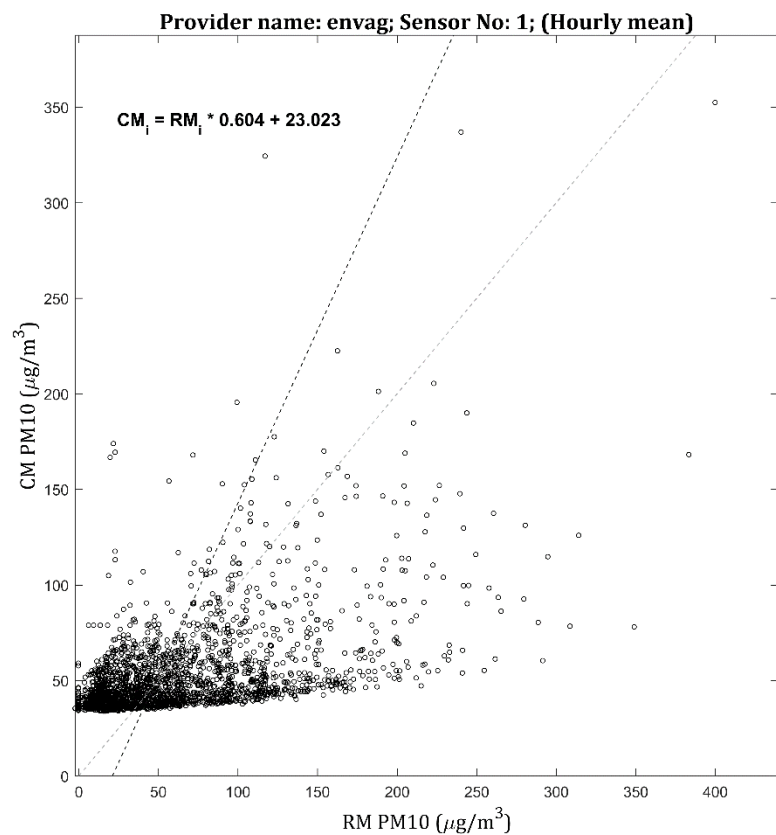
Rysunek 11.8. Przebiegi czasowe współczynników dopasowania krzywych regresji liniowej pomiędzy wartościami mierzonymi przez testowane urządzenia (CM) dostarczone przez firmę Xorbit a metodyką równoważną z referencyjną (RM) dla frakcji PM10 dla wydzielonych tygodniowych (168 średnich godzinnych) okresów pomiarów. Punkty na wykresach wyznaczono w oparciu o dane średniogodzinne po kalibracji w oparciu o metodykę referencyjną i średnie dobowe. Parametry wyznaczono niezależnie dla obu testowanych czujników (panel lewy czujnik nr 1, panel prawy czujnik nr 2). Na górnym panelu wykreślono przebieg czasowy współczynnika korelacji Pearsona (R^2) – czarne okręgi, wraz z jego krzywą trendu – gruba czerwona przerywana linia, oraz jej przedziałem ufności na poziomie 95% - cienkie czerwone przerywane linie, podano również liczbową wartość współczynnika nachylenia krzywej trendu wraz z niepewnościami na poziomie ufności 95% oraz współczynnikiem korelacji. Na środkowym panelu wykonano analogiczną analizę jak powyżej dla współczynnika nachylenia krzywej kalibracji (a) dla okresów tygodniowych. Na dolnym panelu wykonano analogiczną analizę jak powyżej dla współczynnika przesunięcia krzywej kalibracji (b) dla okresów tygodniowych.



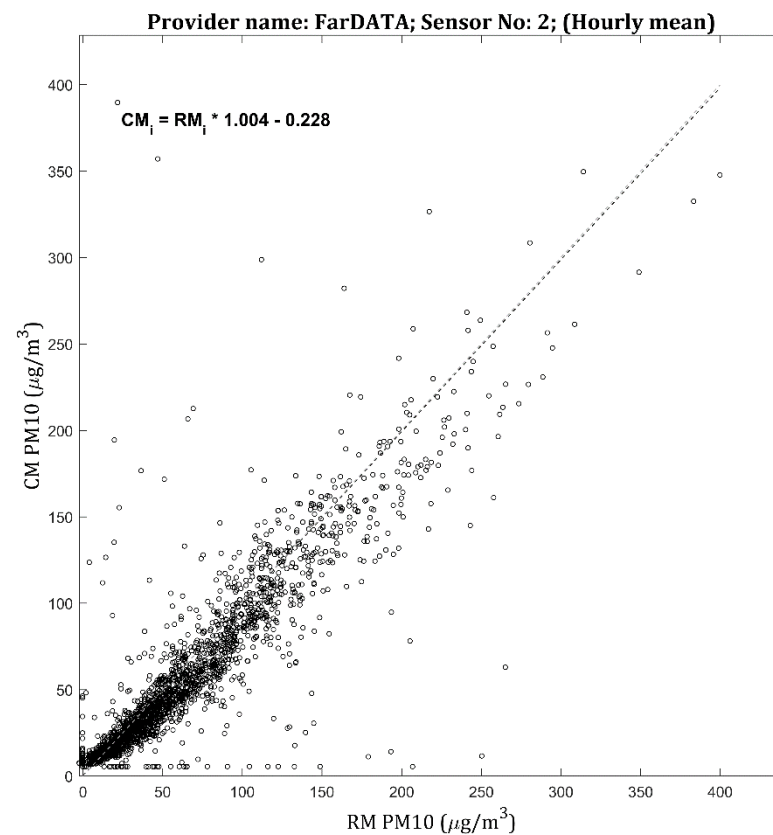
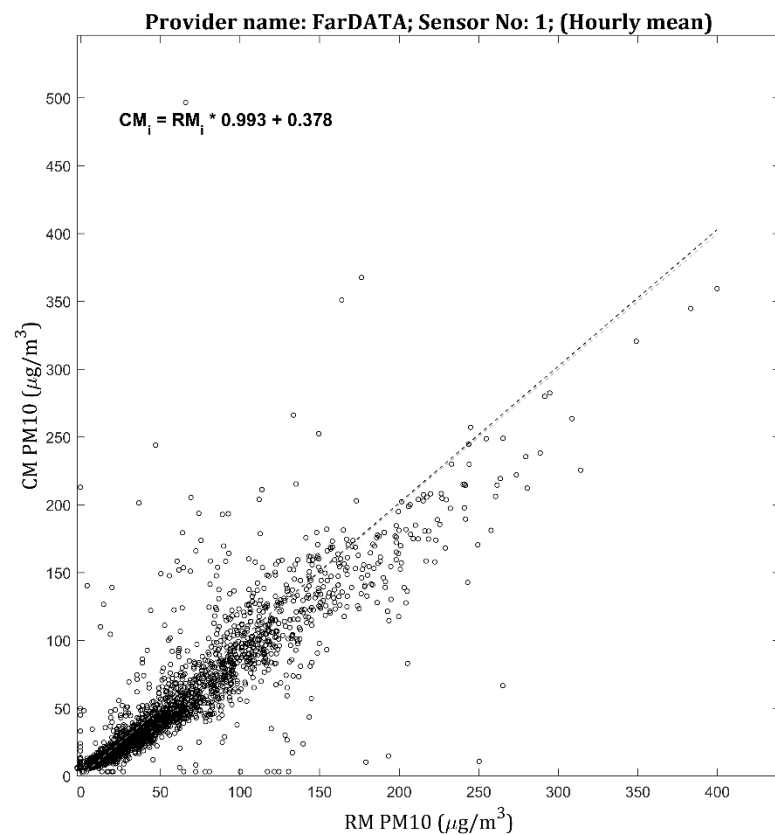
Rysunek 12.1. Krzywe korelacji średnich godzinnych pomiędzy wartościami mierzonymi przez testowane urządzenia (CM) dostarczone przez firmę Airly_A a metodyką równoważną z referencyjną (RM) dla frakcji PM₁₀, niezależnie dla obu testowanych czujników (panel lewy czujnik nr 1, panel prawy czujnik nr 2). Dane na wykresach są danymi po kalibracji w oparciu o metodykę referencyjną i średnie dobowe. Czarnymi okręgami przedstawiono wartości mierzone, czarną linią przerywaną - krzywą regresji liniowej ($CM = B \cdot RM + A$), szarą linią przerywaną - relację tożsamościową ($CM = RM$).



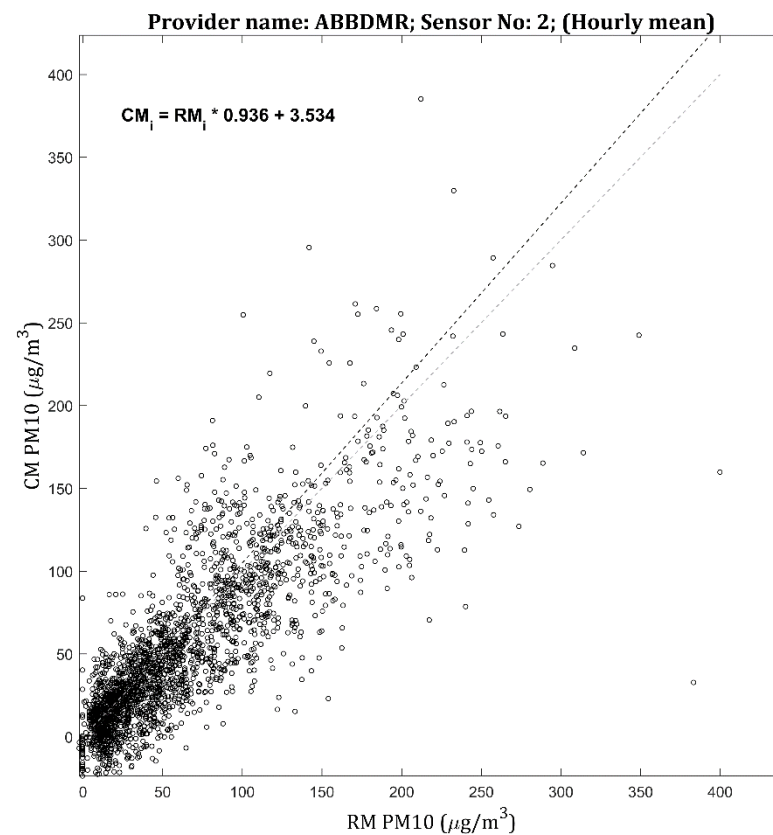
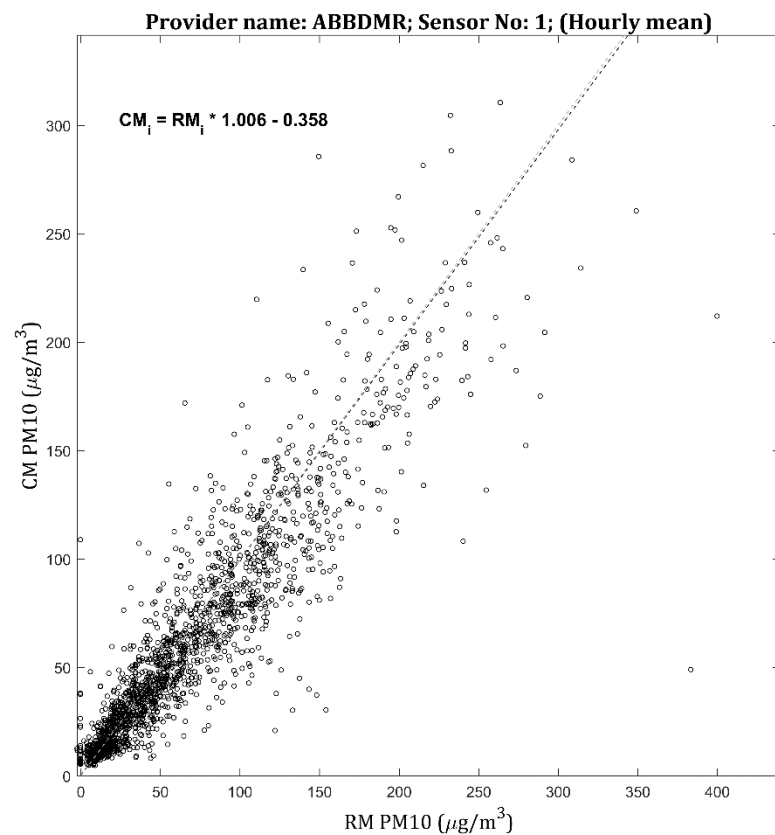
Rysunek 12.2. Krzywe korelacji średnich godzinnych pomiędzy wartościami mierzonymi przez testowane urządzenia (CM) dostarczone przez firmę Airly_s a metodyką równoważną z referencyjną (RM) dla frakcji PM₁₀, niezależnie dla obu testowanych czujników (panel lewy czujnik nr 1, panel prawy czujnik nr 2). Dane na wykresach są danymi po kalibracji w oparciu o metodykę referencyjną i średnie dobowe. Czarnymi okręgami przedstawiono wartości mierzone, czarną linią przerywaną - krzywą regresji liniowej ($CM = B \cdot RM + A$), szarą linią przerywaną - relację tożsamościową ($CM = RM$).



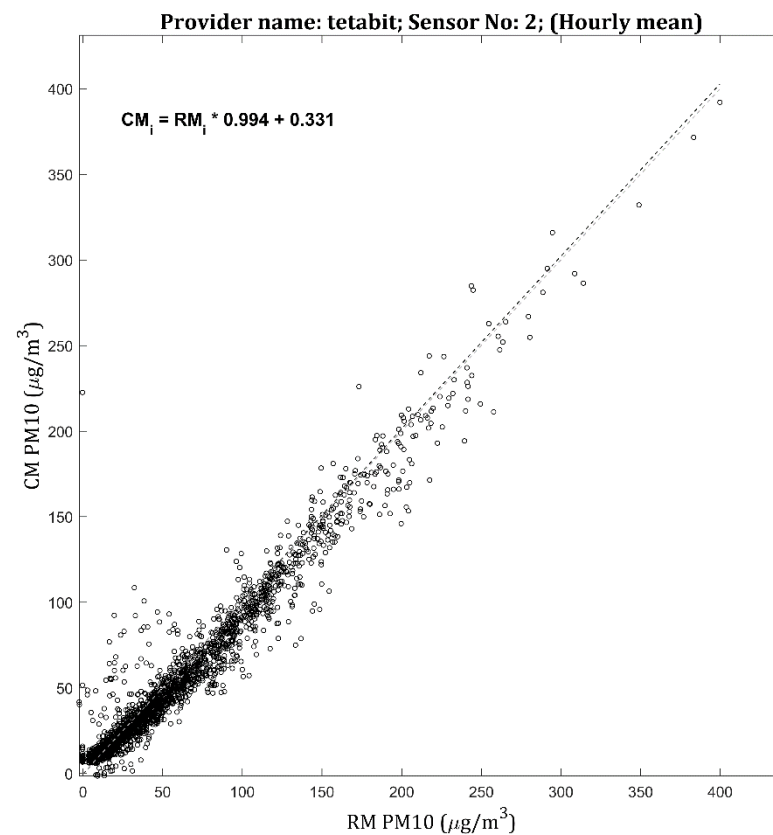
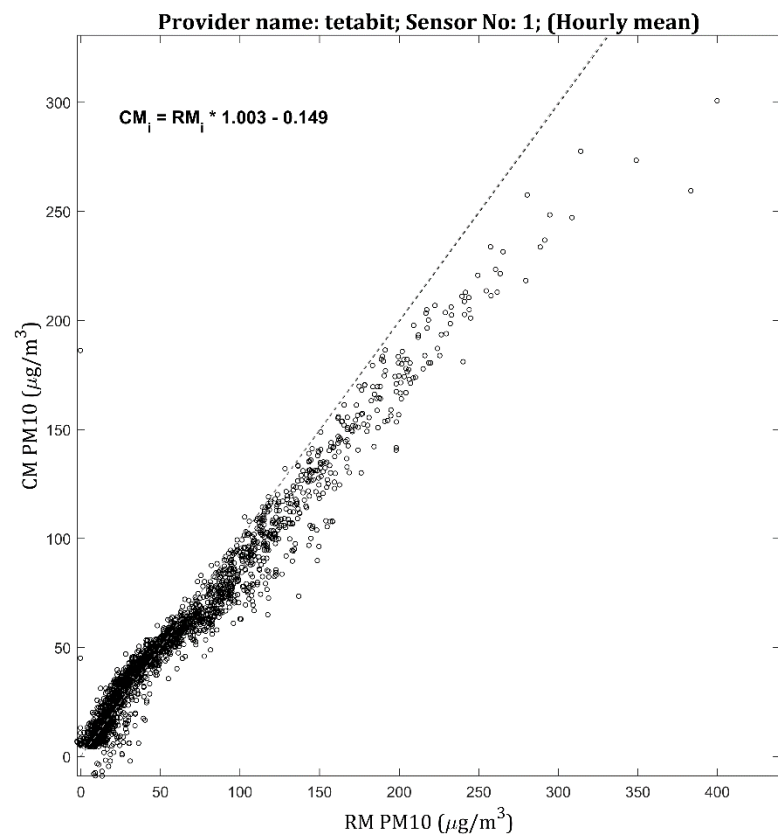
Rysunek 12.3. Krzywe korelacji średnich godzinnych pomiędzy wartościami mierzonymi przez testowane urządzenia (CM) dostarczone przez firmę Envag a metodyką równoważną z referencyjną (RM) dla frakcji PM10, niezależnie dla obu testowanych czujników (panel lewy czujnik nr 1, panel prawy czujnik nr 2). Dane na wykresach są danymi po kalibracji w oparciu o metodykę referencyjną i średnie dobowe. Czarnymi okręgami przedstawiono wartości mierzone, czarną linią przerywaną - krzywą regresji liniowej ($CM = B \cdot RM + A$), szarą linią przerywaną - relację tożsamościową ($CM = RM$).



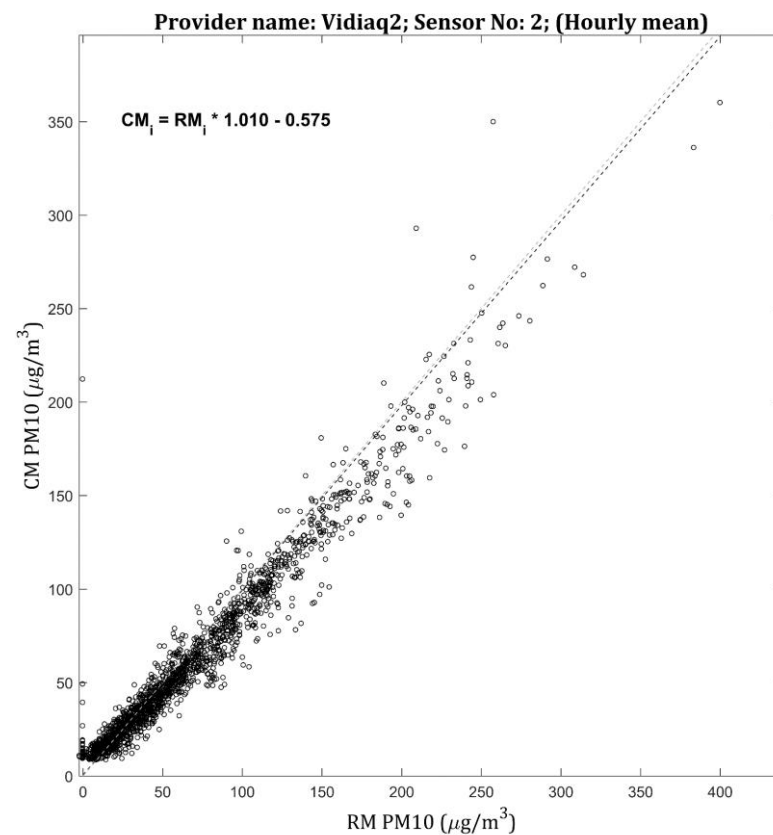
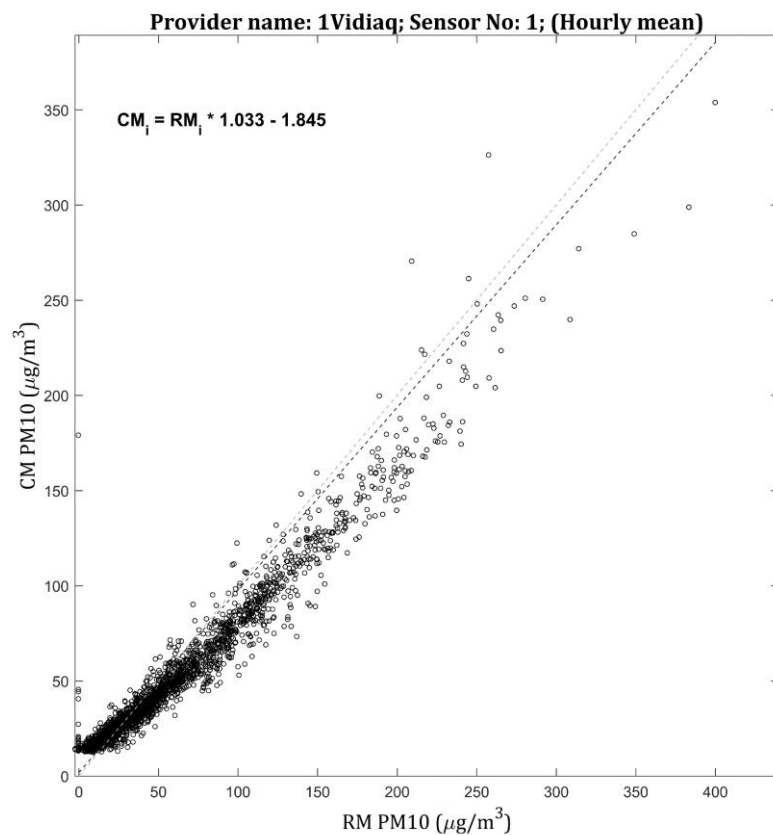
Rysunek 12.4. Krzywe korelacji średnich godzinnych pomiędzy wartościami mierzonymi przez testowane urządzenia (CM) dostarczone przez firmę FarData a metodyką równoważną z referencyjną (RM) dla frakcji PM10, niezależnie dla obu testowanych czujników (panel lewy czujnik nr 1, panel prawy czujnik nr 2). Dane na wykresach są danymi po kalibracji w oparciu o metodykę referencyjną i średnie dobowe. Czarnymi okręgami przedstawiono wartości mierzone, czarną linią przerywaną - krzywą regresji liniowej ($CM = B \cdot RM + A$), szarą linią przerywaną - relację tożsamościową ($CM = RM$).



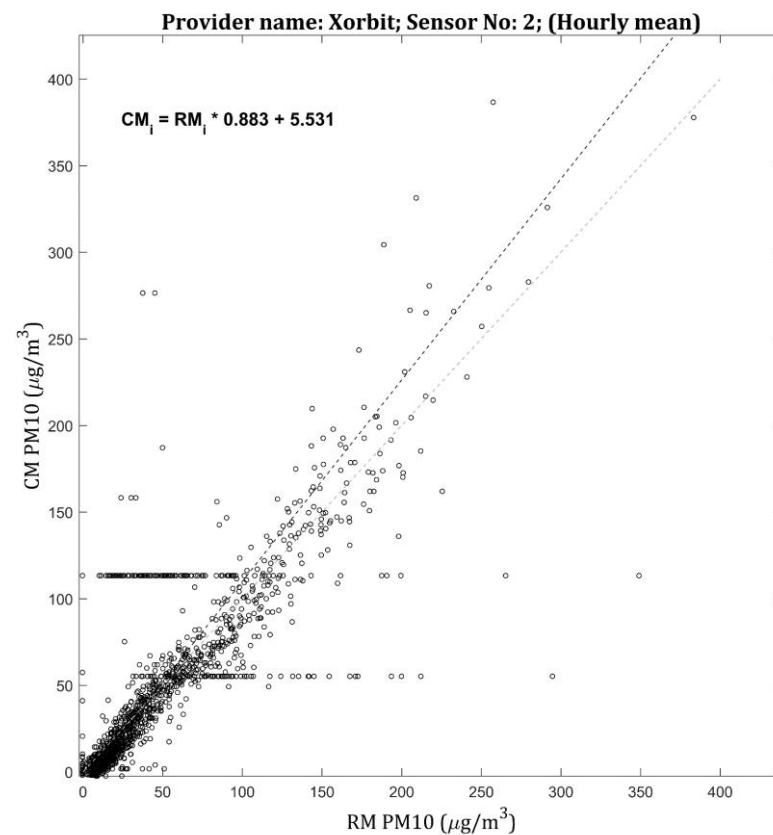
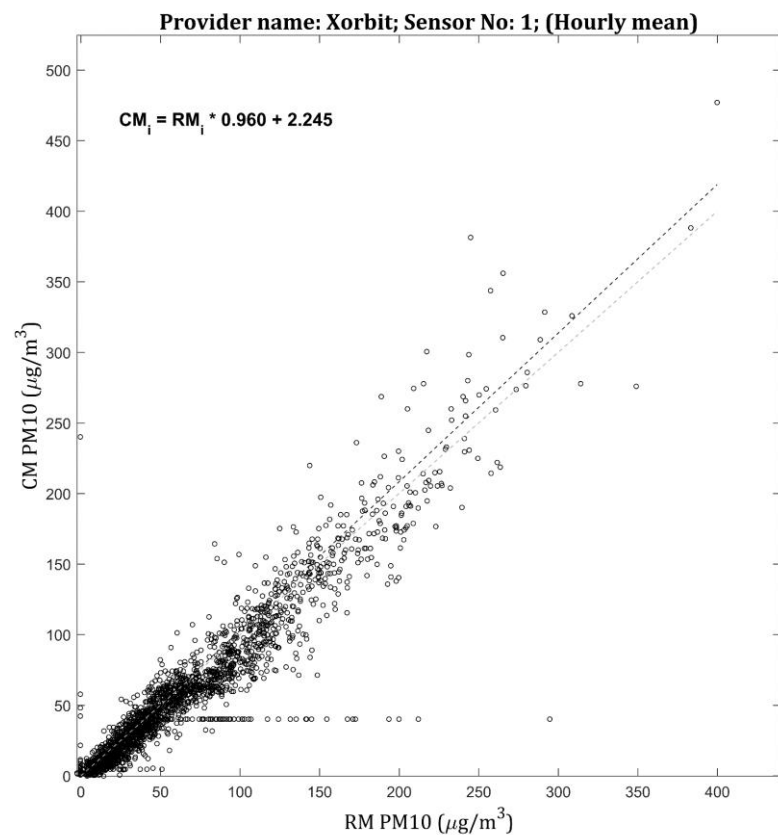
Rysunek 12.5. Krzywe korelacji średnich godzinnych pomiędzy wartościami mierzonymi przez testowane urządzenia (CM) dostarczone przez Politechnikę Warszawską a metodyką równoważną z referencyjną (RM) dla frakcji PM10, niezależnie dla obu testowanych czujników (panel lewy czujnik nr 1, panel prawy czujnik nr 2). Dane na wykresach są danymi po kalibracji w oparciu o metodykę referencyjną i średnie dobowe. Czarnymi okręgami przedstawiono wartości mierzone, czarną linią przerywaną - krzywą regresji liniowej ($CM = B \cdot RM + A$), szarą linią przerywaną - relację tożsamościową ($CM = RM$).



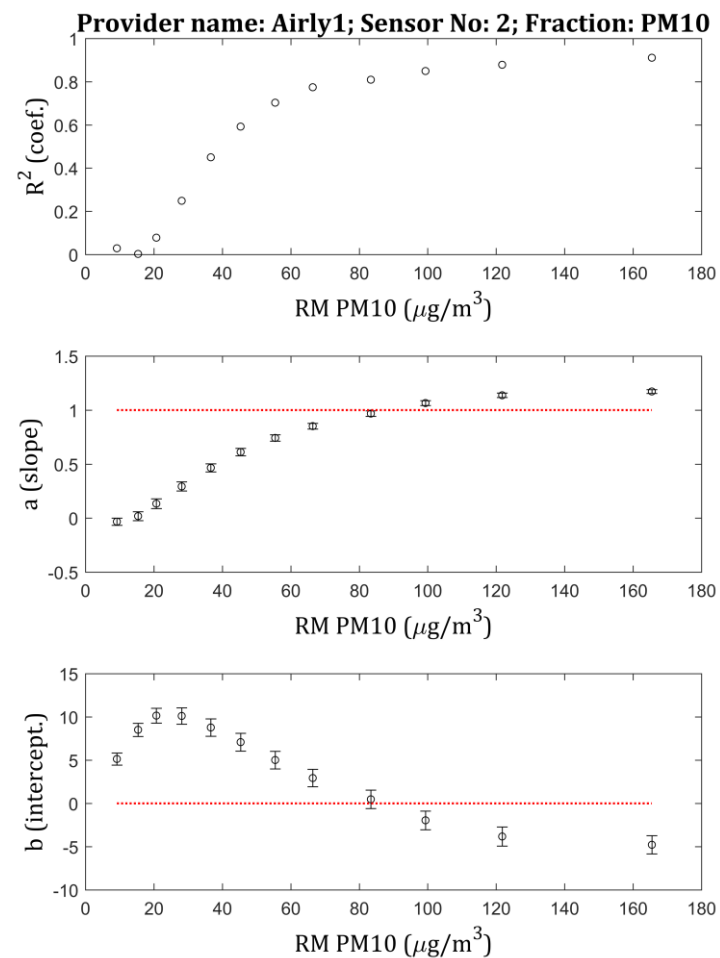
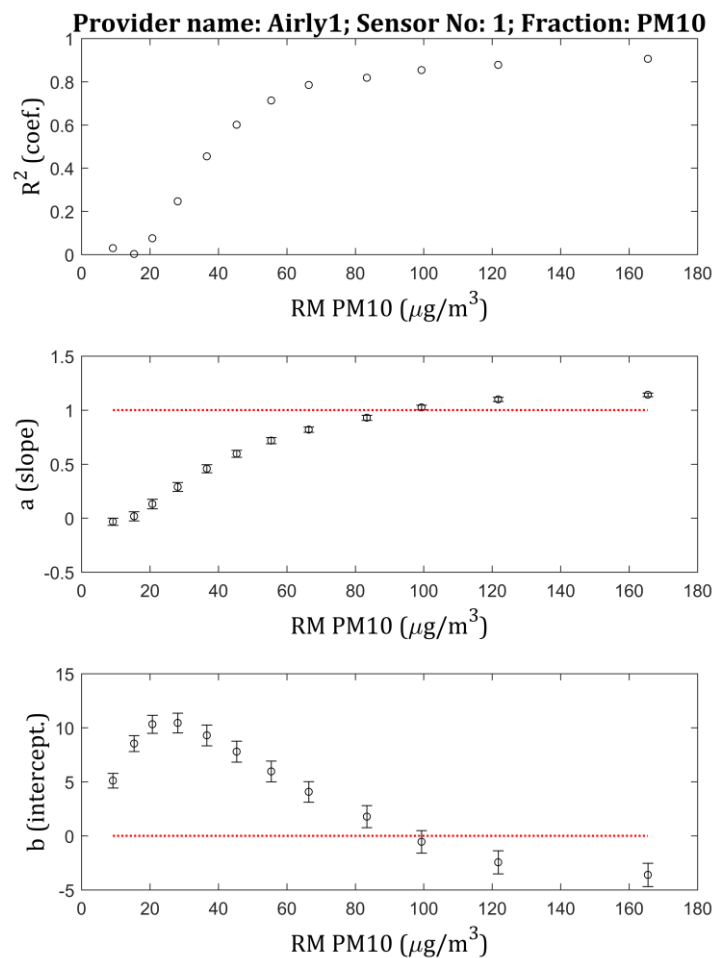
Rysunek 12.6. Krzywe korelacji średnich godzinnych pomiędzy wartościami mierzonymi przez testowane urządzenia (CM) dostarczone przez firmę Tetabit a metodyką równoważną z referencyjną (RM) dla frakcji PM10, niezależnie dla obu testowanych czujników (panel lewy czujnik nr 1, panel prawy czujnik nr 2). Dane na wykresach są danymi po kalibracji w oparciu o metodykę referencyjną i średnie dobowe. Czarnymi okręgami przedstawiono wartości mierzone, czarną linią przerywaną - krzywą regresji liniowej ($CM = B \cdot RM + A$), szarą linią przerywaną - relację tożsamościową ($CM = RM$).



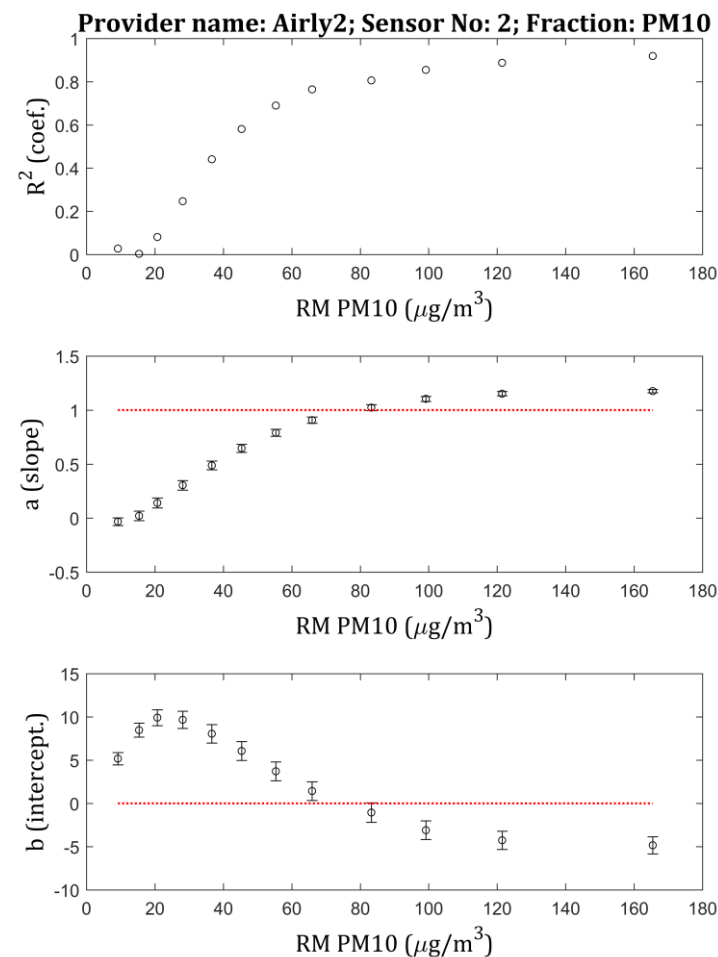
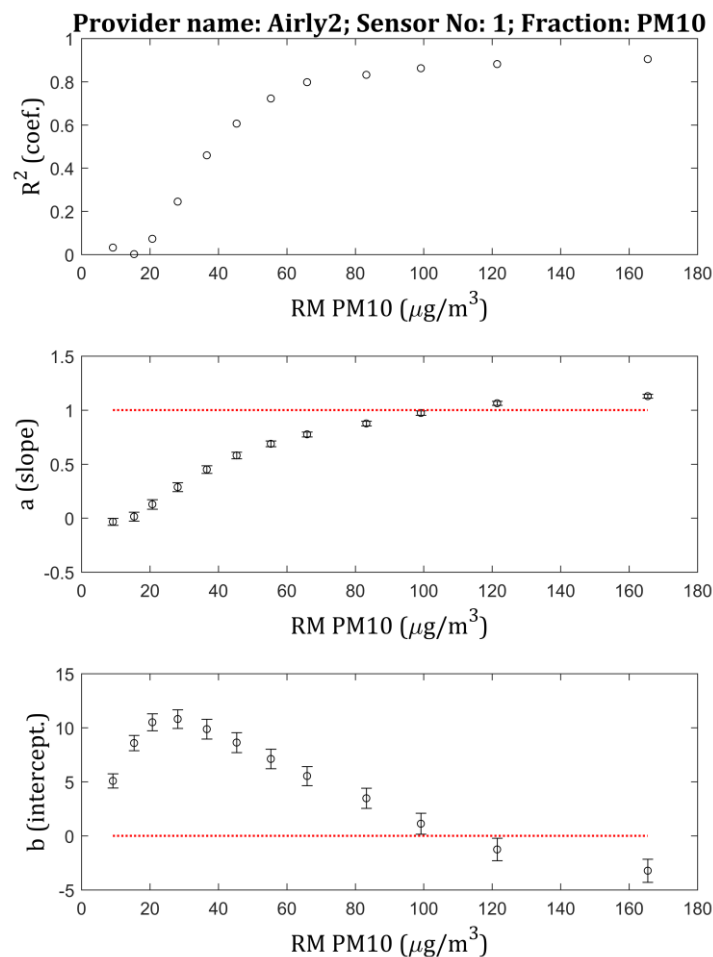
Rysunek 12.7. Krzywe korelacji średnich godzinnych pomiędzy wartościami mierzonymi przez testowane urządzenia (CM) dostarczone przez firmę Vidiaq a metodyką równoważną z referencyjną (RM) dla frakcji PM10, niezależnie dla obu testowanych czujników (panel lewy czujnik nr 1, panel prawy czujnik nr 2). Dane na wykresach są danymi po kalibracji w oparciu o metodykę referencyjną i średnie dobowe. Czarnymi okręgami przedstawiono wartości mierzone, czarną linią przerywaną - krzywą regresji liniowej ($CM = B \cdot RM + A$), szarą linią przerywaną - relację tożsamościową ($CM = RM$).



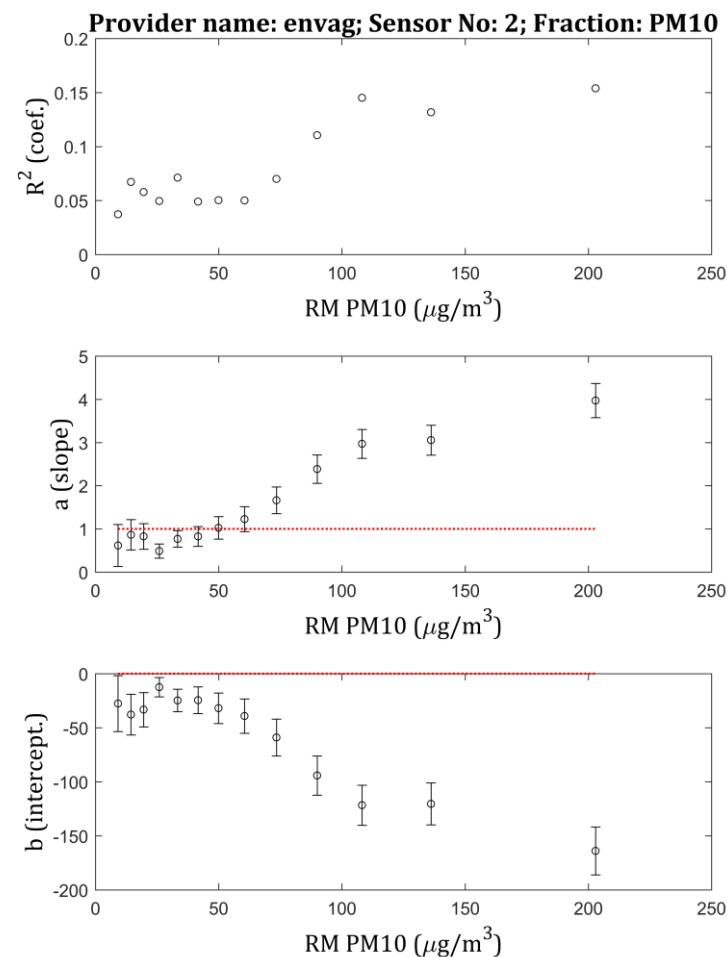
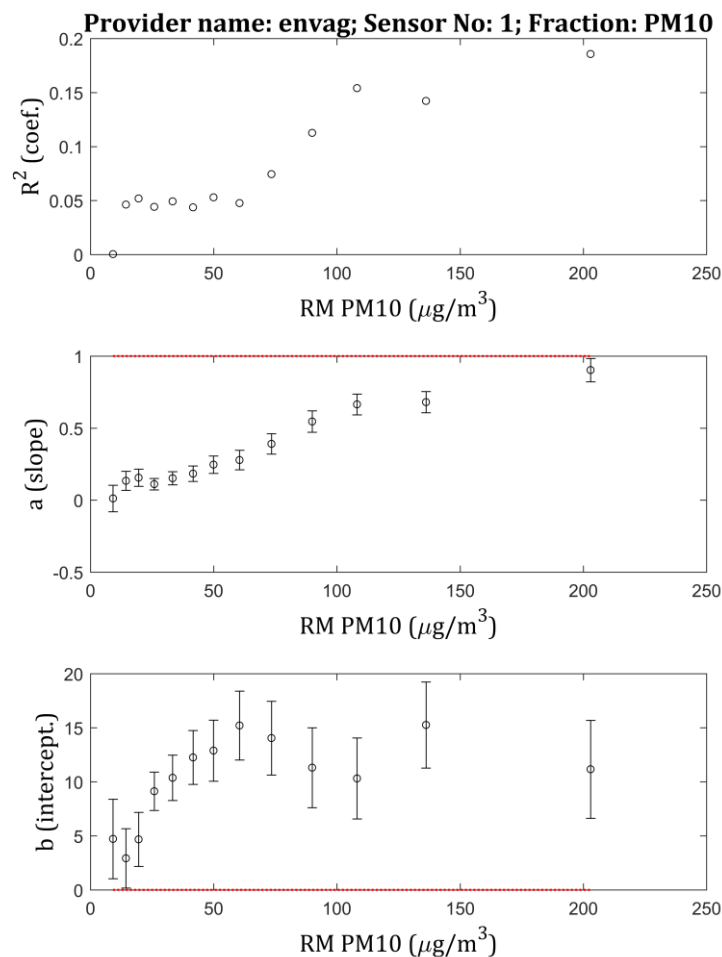
Rysunek 12.8. Krzywe korelacji średnich godzinnych pomiędzy wartościami mierzonymi przez testowane urządzenia (CM) dostarczone przez firmę Xorbit a metodyką równoważną z referencyjną (RM) dla frakcji PM10, niezależnie dla obu testowanych czujników (panel lewy czujnik nr 1, panel prawy czujnik nr 2). Dane na wykresach są danymi po kalibracji w oparciu o metodykę referencyjną i średnie dobowe. Czarnymi okręgami przedstawiono wartości mierzone, czarną linią przerywaną - krzywą regresji liniowej ($CM = B \cdot RM + A$), szarą linią przerywaną - relację tożsamościową ($CM = RM$).



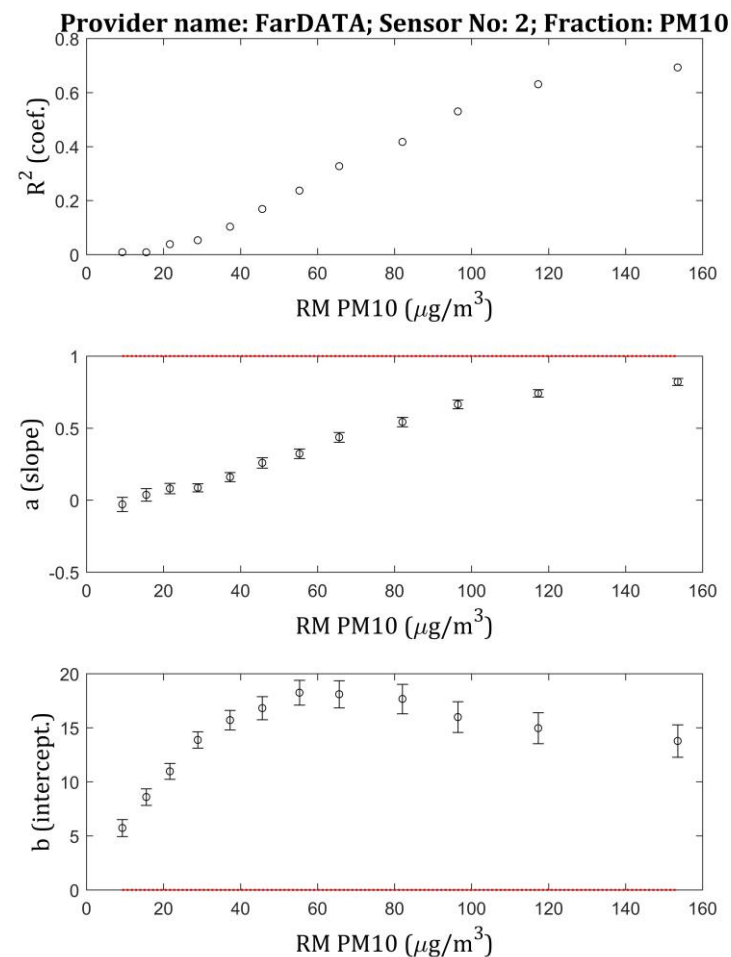
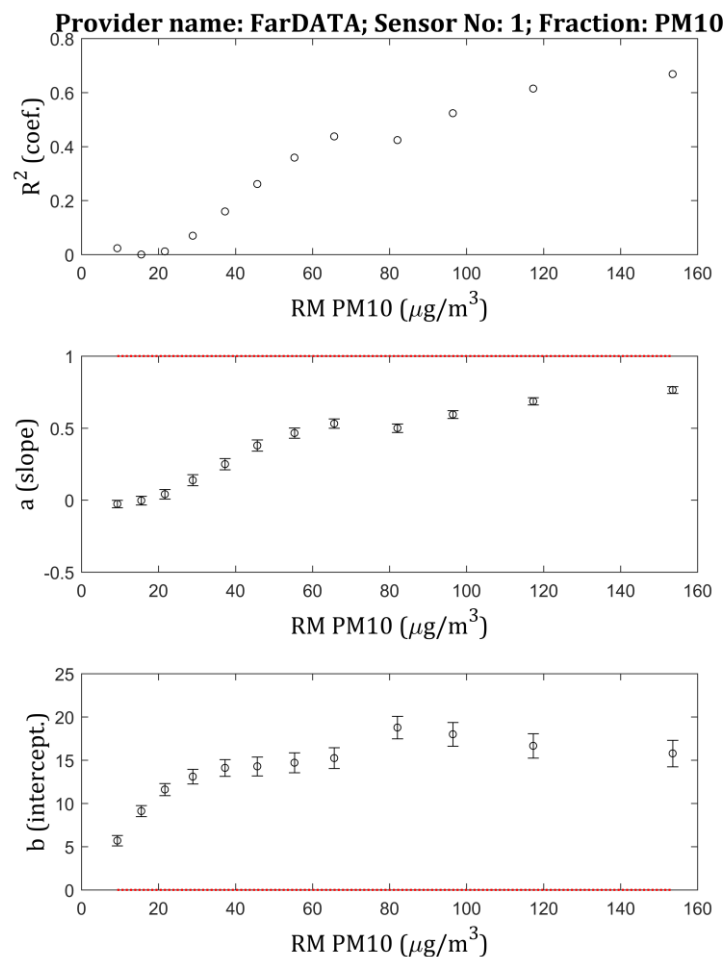
Rysunek 13.1. Zmienność w funkcji stężenia współczynników dopasowania krzywych regresji liniowej pomiędzy wartościami mierzonymi przez testowane urządzenia (CM) dostarczone przez firmę Airly a metodą równoważną z referencyjną (RM) dla frakcji PM10 dla skumulowanych przedziałów stężeń rosnących od najniższych co 168 kolejnych wartości. Punkty na wykresach wyznaczono w oparciu o dane średniogodzinne po kalibracji w oparciu o metodykę referencyjną i średnie dobowe. Parametry wyznaczono niezależnie dla obu testowanych czujników (panel lewy czujnik nr 1, panel prawy czujnik nr 2). Na górnym panelu wykreślono współczynnik korelacji Pearsona (R^2) w funkcji średniego stężenia z metodyki referencyjnej – czarne okręgi. Na środkowym panelu wykreślono współczynnik nachylenia krzywej kalibracji (a), w funkcji średniego stężenia z metodyki referencyjnej – czarne okręgi, oraz jego wartość docelową „1” – czerwona kropkowana krzywa. Na dolnym panelu wykreślono współczynnik przesunięcia krzywej kalibracji (b), w funkcji średniego stężenia z metodyki referencyjnej – czarne okręgi, oraz jego wartość docelową „0” – czerwona kropkowana krzywa.



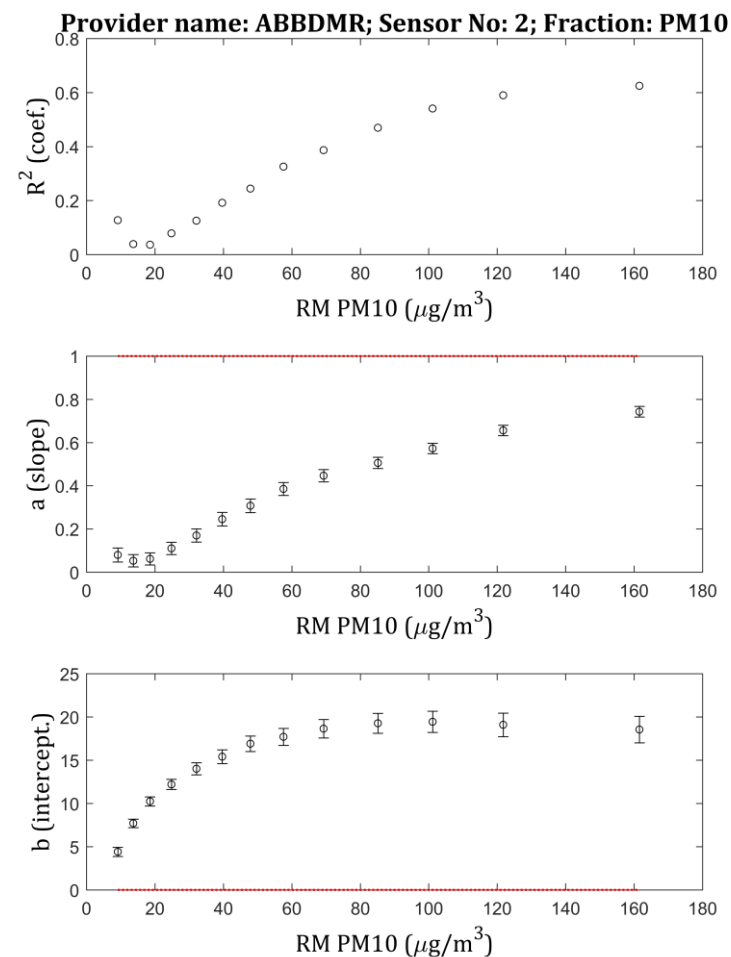
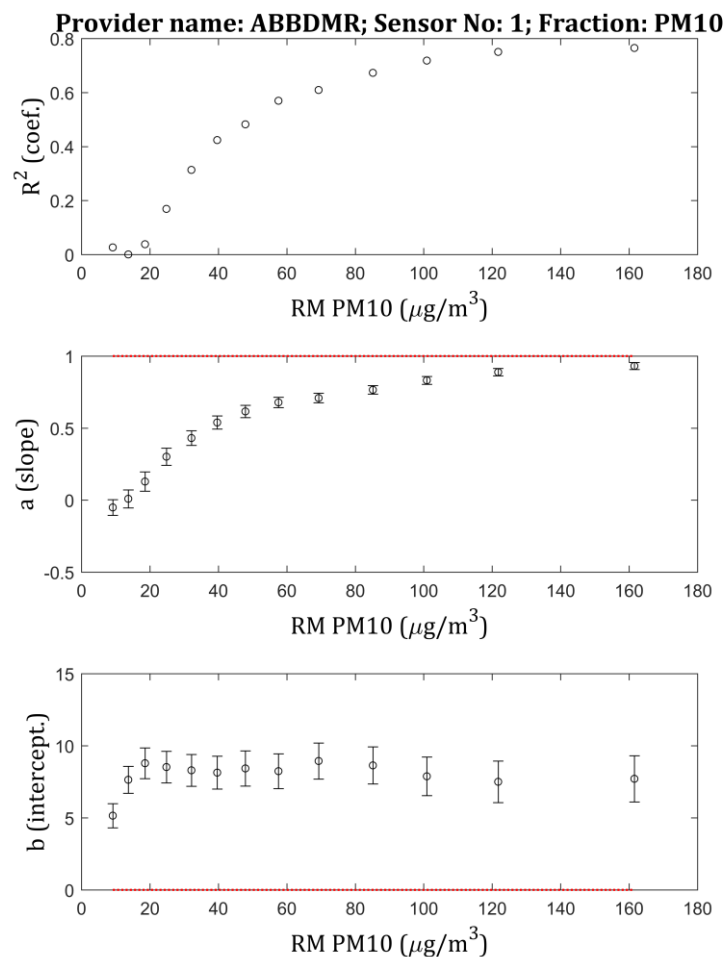
Rysunek 13.2. Zmienność w funkcji stężenia współczynników dopasowania krzywych regresji liniowej pomiędzy wartościami mierzonymi przez testowane urządzenia (CM) dostarczone przez firmę Airly_s a metodyką równoważną z referencyjną (RM) dla frakcji PM10 dla skumulowanych przedziałów stężeń rosnących od najniższych co 168 kolejnych wartości. Punkty na wykresach wyznaczono w oparciu o dane średniodobowe po kalibracji w oparciu o metodykę referencyjną i średnie dobowe. Parametry wyznaczono niezależnie dla obu testowanych czujników (panel lewy czujnik nr 1, panel prawy czujnik nr 2). Na górnym panelu wykreślono współczynnik korelacji Pearsona (R^2) w funkcji średniego stężenia z metodyki referencyjnej – czarne okręgi. Na środkowym panelu wykreślono współczynnik nachylenia krzywej kalibracji (a), w funkcji średniego stężenia z metodyki referencyjnej – czarne okręgi, oraz jego wartość docelową „1” – czerwona kropkowana krzywa. Na dolnym panelu wykreślono współczynnik przesunięcia krzywej kalibracji (b), w funkcji średniego stężenia z metodyki referencyjnej – czarne okręgi, oraz jego wartość docelową „0” – czerwona kropkowana krzywa.



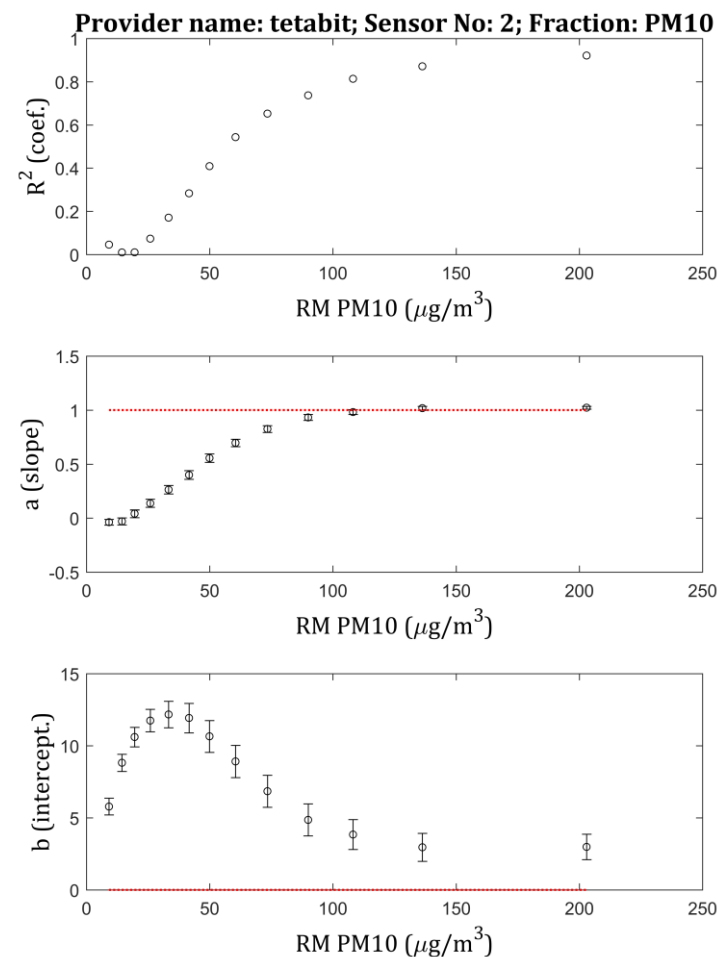
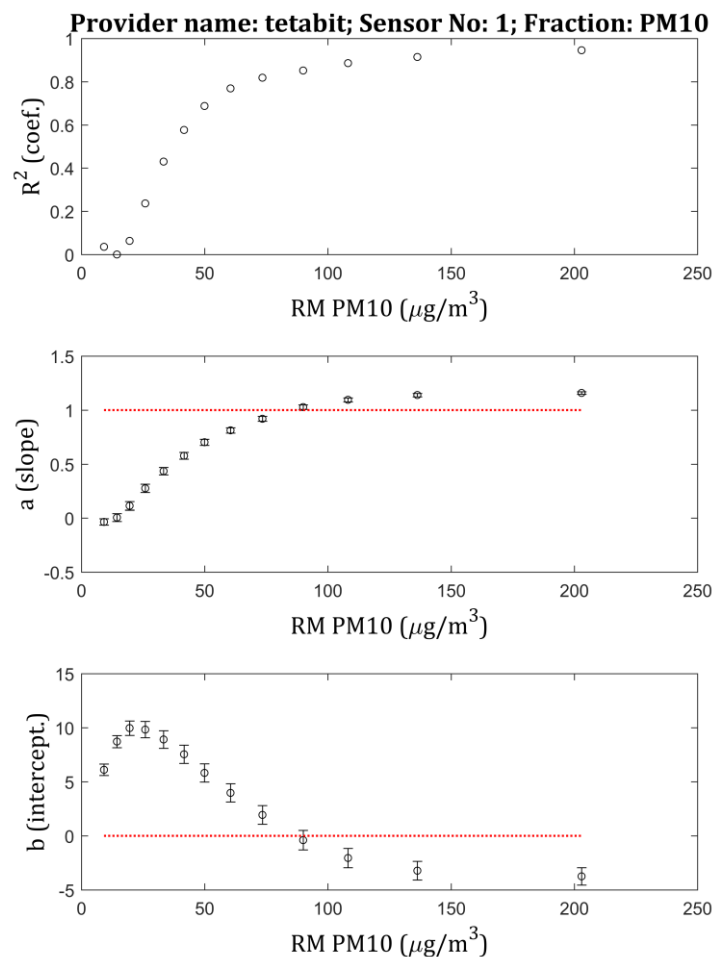
Rysunek 13.3. Zmienność w funkcji stężenia współczynników dopasowania krzywych regresji liniowej pomiędzy wartościami mierzonymi przez testowane urządzenia (CM) dostarczone przez firmę Envag a metodyką równoważną z referencyjną (RM) dla frakcji PM10 dla skumulowanych przedziałów stężeń rosnących od najniższych co 168 kolejnych wartości. Punkty na wykresach wyznaczono w oparciu o dane średniodobowe po kalibracji w oparciu o metodykę referencyjną i średnie dobowe. Parametry wyznaczono niezależnie dla obu testowanych czujników (panel lewy czujnik nr 1, panel prawy czujnik nr 2). Na górnym panelu wykreślono współczynnik korelacji Pearsona (R^2) w funkcji średniego stężenia z metodyki referencyjnej – czarne okręgi. Na środkowym panelu wykreślono współczynnik nachylenia krzywej kalibracji (a), w funkcji średniego stężenia z metodyki referencyjnej – czarne okręgi, oraz jego wartość docelową „1” – czerwona kropkowana krzywa. Na dolnym panelu wykreślono współczynnik przesunięcia krzywej kalibracji (b), w funkcji średniego stężenia z metodyki referencyjnej – czarne okręgi, oraz jego wartość docelową „0” – czerwona kropkowana krzywa.



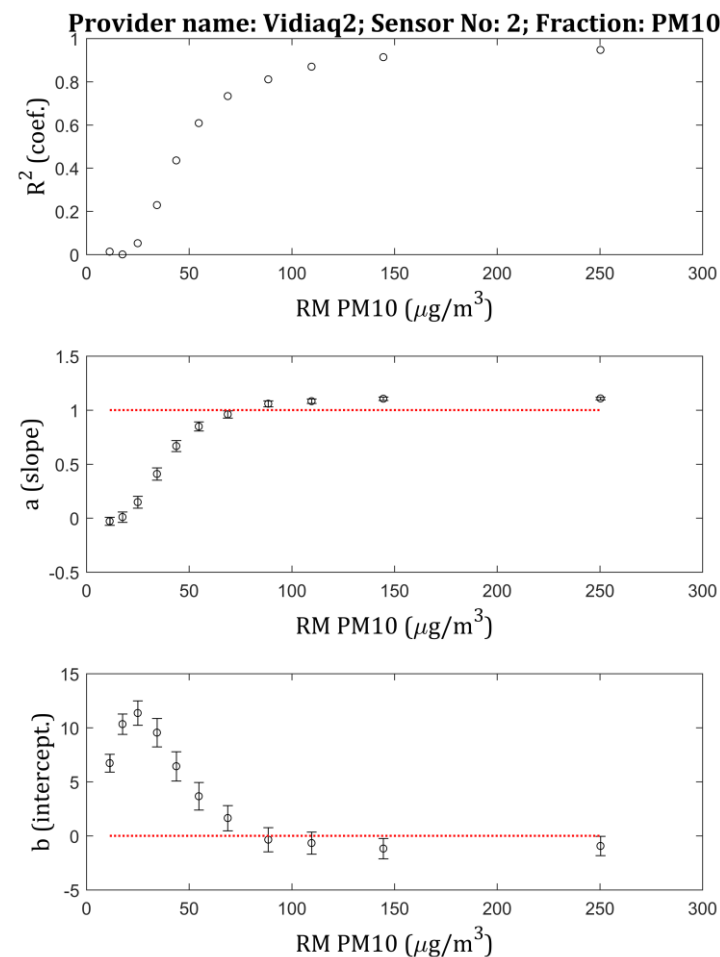
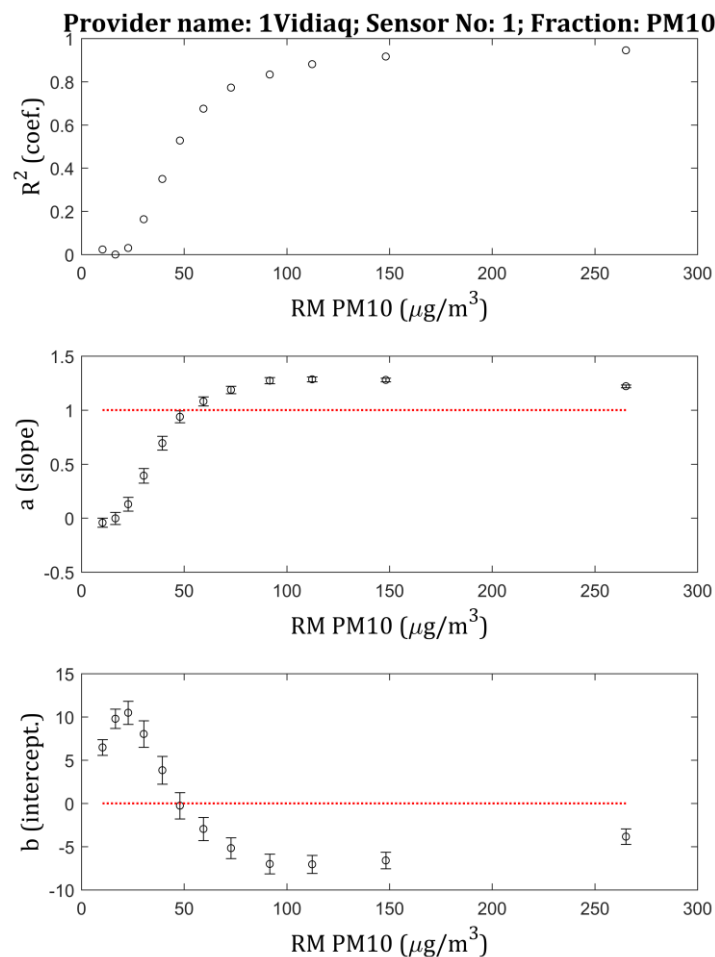
Rysunek 13.4. Zmienność w funkcji stężenia współczynników dopasowania krzywych regresji liniowej pomiędzy wartościami mierzonymi przez testowane urządzenia (CM) dostarczone przez firmę FarData a metodyką równoważną z referencyjną (RM) dla frakcji PM10 dla skumulowanych przedziałów stężeń rosnących od najniższych co 168 kolejnych wartości. Punkty na wykresach wyznaczono w oparciu o dane średniodobowe po kalibracji w oparciu o metodykę referencyjną i średnie dobowe. Parametry wyznaczono niezależnie dla obu testowanych czujników (panel lewy czujnik nr 1, panel prawy czujnik nr 2). Na górnym panelu wykreślono współczynnik korelacji Pearsona (R^2) w funkcji średniego stężenia z metodyki referencyjnej – czarne okręgi. Na środkowym panelu wykreślono współczynnik nachylenia krzywej kalibracji (a), w funkcji średniego stężenia z metodyki referencyjnej – czarne okręgi, oraz jego wartość docelową „1” – czerwona kropkowana krzywa. Na dolnym panelu wykreślono współczynnik przesunięcia krzywej kalibracji (b), w funkcji średniego stężenia z metodyki referencyjnej – czarne okręgi, oraz jego wartość docelową „0” – czerwona kropkowana krzywa.



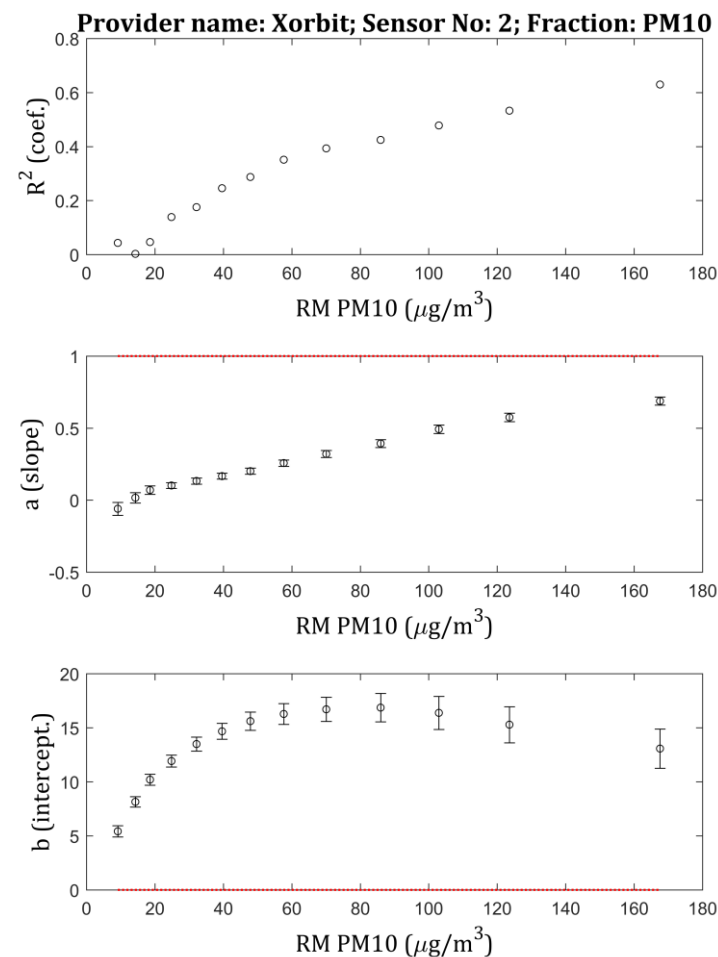
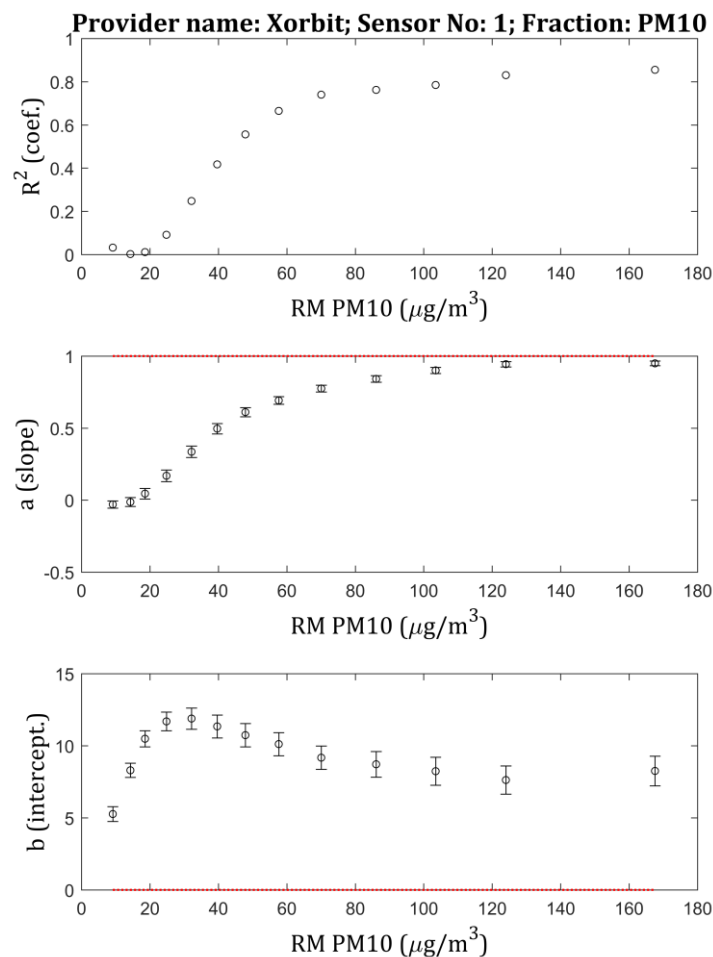
Rysunek 13.5. Zmienność w funkcji stężenia współczynników dopasowania krzywych regresji liniowej pomiędzy wartościami mierzonymi przez testowane urządzenia (CM) dostarczone przez Politechnikę Warszawską a metodyką równoważną z referencyjną (RM) dla frakcji PM10 dla skumulowanych przedziałów stężeń rosnących od najniższych co 168 kolejnych wartości. Punkty na wykresach wyznaczono w oparciu o dane średniogodzinne po kalibracji w oparciu o metodykę referencyjną i średnie dobowe. Parametry wyznaczono niezależnie dla obu testowanych czujników (panel lewy czujnik nr 1, panel prawy czujnik nr 2). Na górnym panelu wykreślono współczynnik korelacji Pearsona (R^2) w funkcji średniego stężenia z metodyki referencyjnej – czarne okręgi. Na środkowym panelu wykreślono współczynnik nachylenia krzywej kalibracji (a), w funkcji średniego stężenia z metodyki referencyjnej – czarne okręgi, oraz jego wartość docelową „1” – czerwona kropkowana krzywa. Na dolnym panelu wykreślono współczynnik przesunięcia krzywej kalibracji (b), w funkcji średniego stężenia z metodyki referencyjnej – czarne okręgi, oraz jego wartość docelową „0” – czerwona kropkowana krzywa.



Rysunek 13.6. Zmienność w funkcji stężenia współczynników dopasowania krzywych regresji liniowej pomiędzy wartościami mierzonymi przez testowane urządzenia (CM) dostarczone przez firmę Tetabit a metodyką równoważną z referencyjną (RM) dla frakcji PM10 dla skumulowanych przedziałów stężeń rosnących od najniższych co 168 kolejnych wartości. Punkty na wykresach wyznaczono w oparciu o dane średniodobowe po kalibracji w oparciu o metodykę referencyjną i średnie dobowe. Parametry wyznaczono niezależnie dla obu testowanych czujników (panel lewy czujnik nr 1, panel prawy czujnik nr 2). Na górnym panelu wykreślono współczynnik korelacji Pearsona (R^2) w funkcji średniego stężenia z metodyki referencyjnej – czarne okręgi. Na środkowym panelu wykreślono współczynnik nachylenia krzywej kalibracji (a), w funkcji średniego stężenia z metodyki referencyjnej – czarne okręgi, oraz jego wartość docelową „1” – czerwona kropkowana krzywa. Na dolnym panelu wykreślono współczynnik przesunięcia krzywej kalibracji (b), w funkcji średniego stężenia z metodyki referencyjnej – czarne okręgi, oraz jego wartość docelową „0” – czerwona kropkowana krzywa.



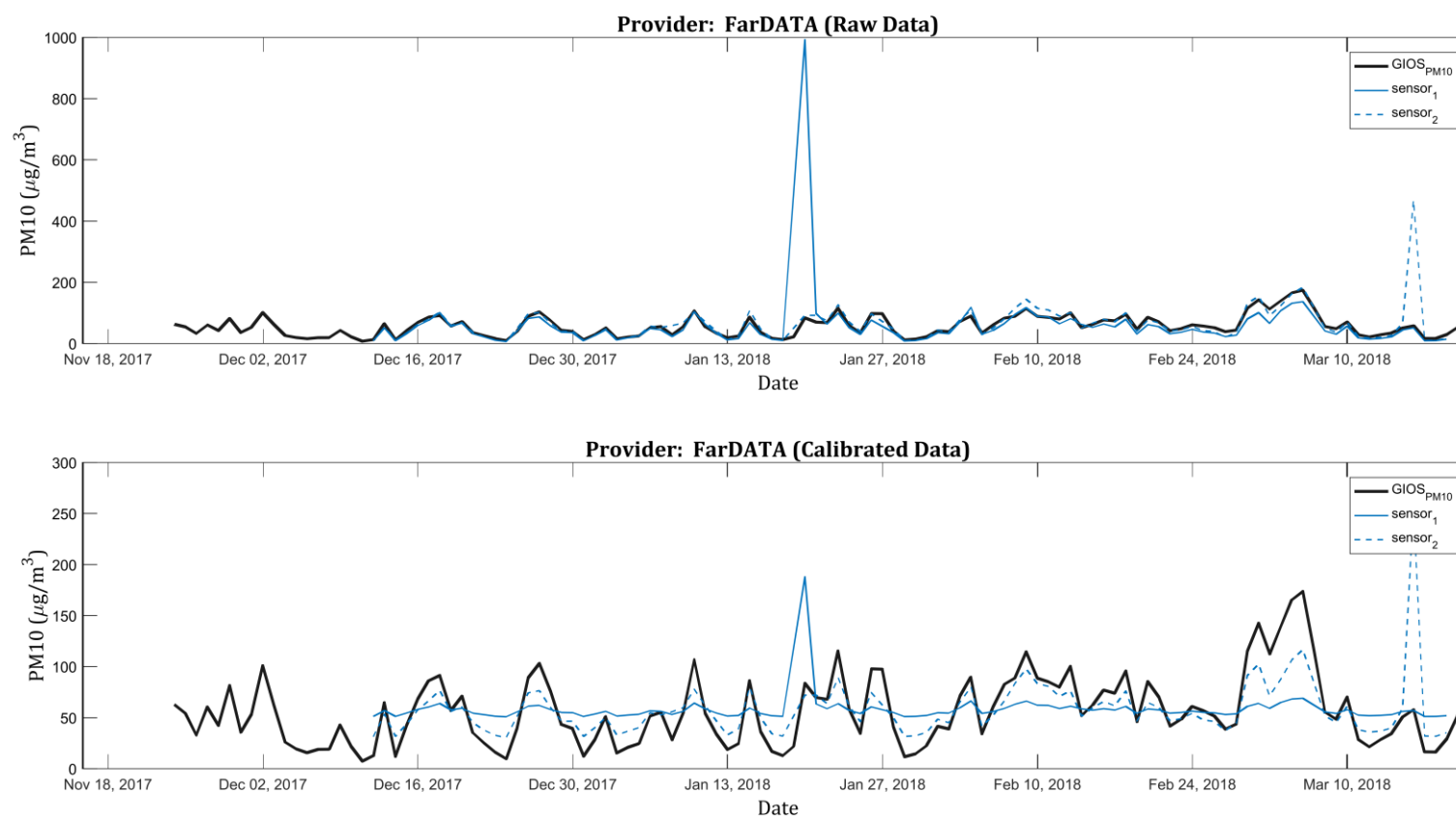
Rysunek 13.7. Zmienność w funkcji stężenia współczynników dopasowania krzywych regresji liniowej pomiędzy wartościami mierzonymi przez testowane urządzenia (CM) dostarczone przez firmę Vidiag a metodyką równoważną z referencyjną (RM) dla frakcji PM10 dla skumulowanych przedziałów stężeń rosnących od najniższych co 168 kolejnych wartości. Punkty na wykresach wyznaczono w oparciu o dane średniogodzinne po kalibracji w oparciu o metodykę referencyjną i średnie dobowe. Parametry wyznaczono niezależnie dla obu testowanych czujników (panel lewy czujnik nr 1, panel prawy czujnik nr 2). Na górnym panelu wykreślono współczynnik korelacji Pearsona (R^2) w funkcji średniego stężenia z metodyki referencyjnej – czarne okręgi. Na środkowym panelu wykreślono współczynnik nachylenia krzywej kalibracji (a), w funkcji średniego stężenia z metodyki referencyjnej – czarne okręgi, oraz jego wartość docelową „1” – czerwona kropkowana krzywa. Na dolnym panelu wykreślono współczynnik przesunięcia krzywej kalibracji (b), w funkcji średniego stężenia z metodyki referencyjnej – czarne okręgi, oraz jego wartość docelową „0” – czerwona kropkowana krzywa.



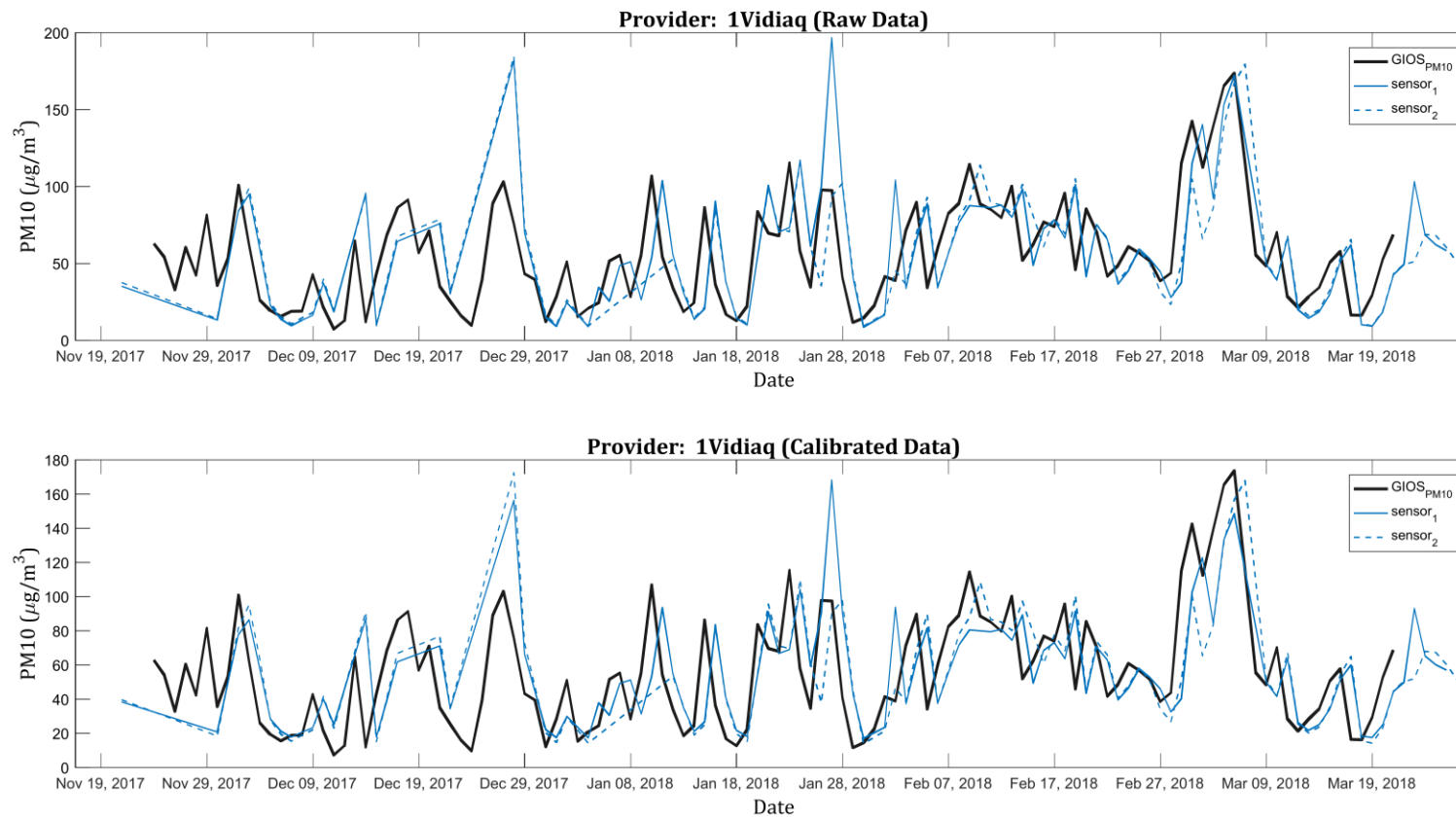
Rysunek 13.8. Zmienność w funkcji stężenia współczynników dopasowania krzywych regresji liniowej pomiędzy wartościami mierzonymi przez testowane urządzenia (CM) dostarczone przez firmę Xorbit a metodyką równoważną z referencyjną (RM) dla frakcji PM10 dla skumulowanych przedziałów stężeń rosnących od najniższych co 168 kolejnych wartości. Punkty na wykresach wyznaczono w oparciu o dane średniogodzinne po kalibracji w oparciu o metodykę referencyjną i średnie dobowe. Parametry wyznaczono niezależnie dla obu testowanych czujników (panel lewy czujnik nr 1, panel prawy czujnik nr 2). Na górnym panelu wykreślono współczynnik korelacji Pearsona (R^2) w funkcji średniego stężenia z metodyki referencyjnej – czarne okręgi. Na środkowym panelu wykreślono współczynnik nachylenia krzywej kalibracji (a), w funkcji średniego stężenia z metodyki referencyjnej – czarne okręgi, oraz jego wartość docelową „1” – czerwona kropkowana krzywa. Na dolnym panelu wykreślono współczynnik przesunięcia krzywej kalibracji (b), w funkcji średniego stężenia z metodyki referencyjnej – czarne okręgi, oraz jego wartość docelową „0” – czerwona kropkowana krzywa.

7. Dodatek B

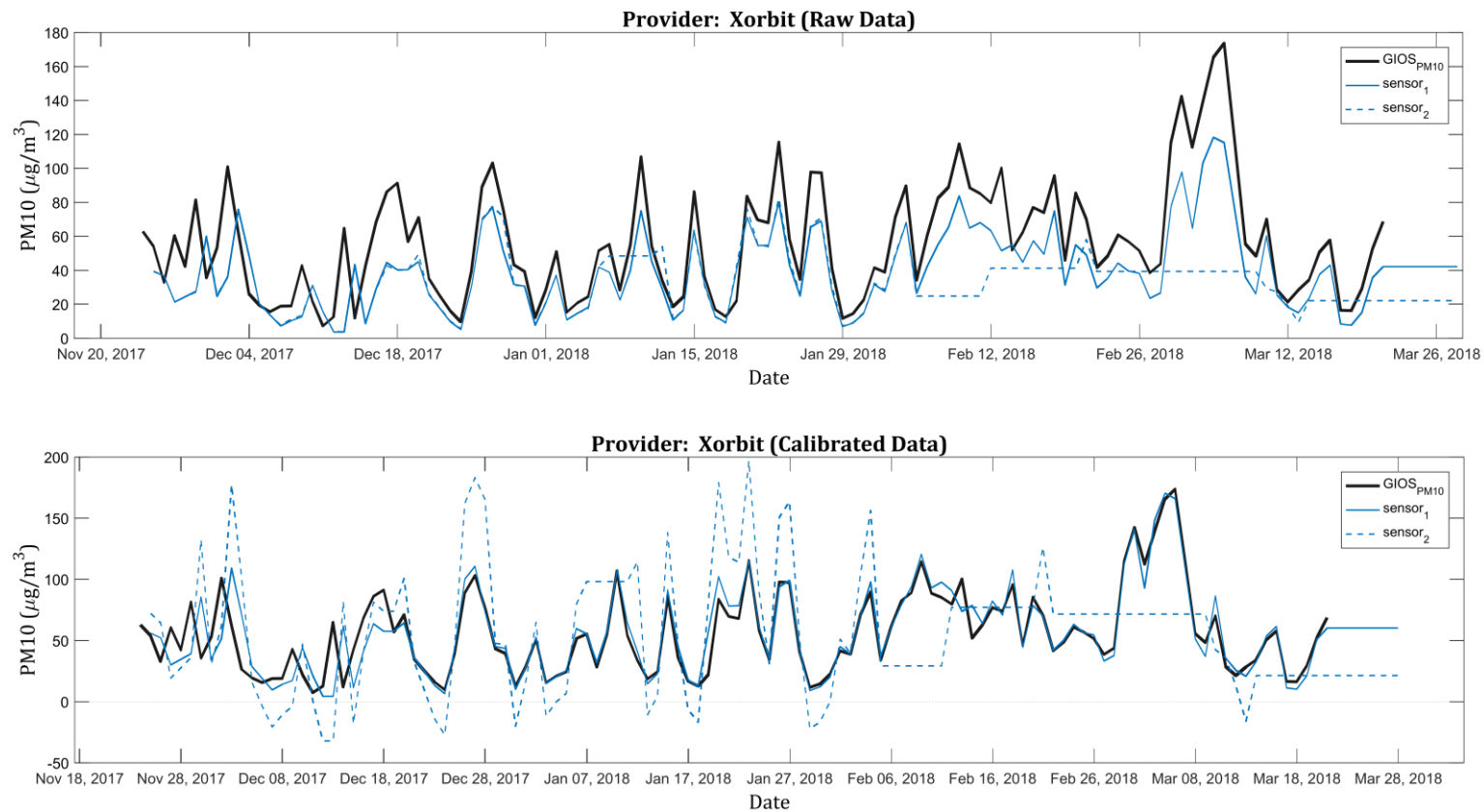
(W dodatku zastosowano nieciągłą numerację rysunków z uwagi na zachowanie spójności z dodatkiem A)



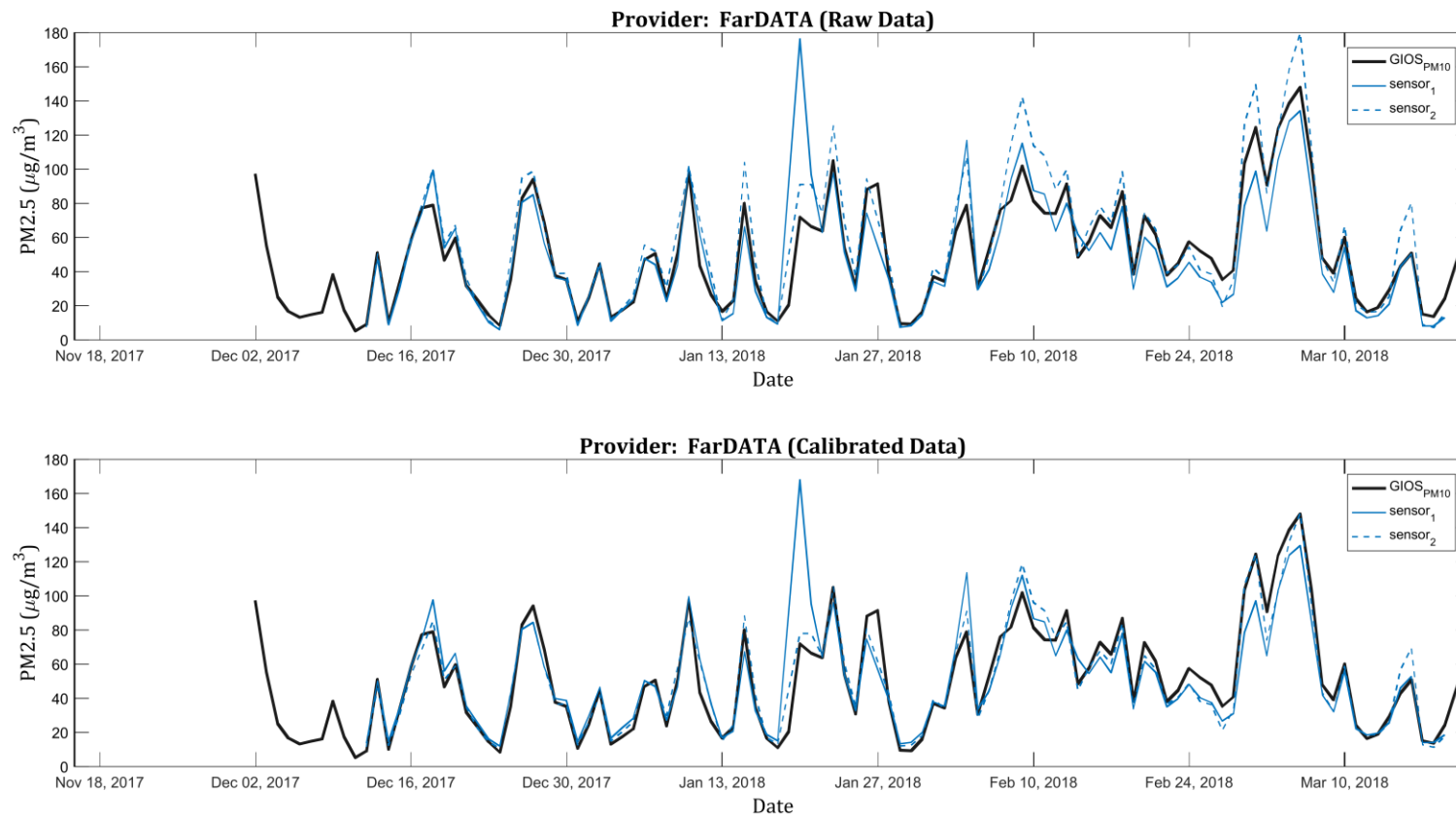
Rysunek 14.4. Przebiegi wartości średnich dobowych stężeń pyłu zawieszonego PM10 pochodzące z dwóch urządzeń firmy FarData – niebieskie linie, w porównaniu z wartościami dostarczonymi przez KLiWiW GIOŚ – czarna linia. Na górnym panelu przedstawiono wartości przed kalibracją, na dolnym po kalibracji. Wartości wprost z bazy danych bez korekt opisanych w punkcie 1.1.



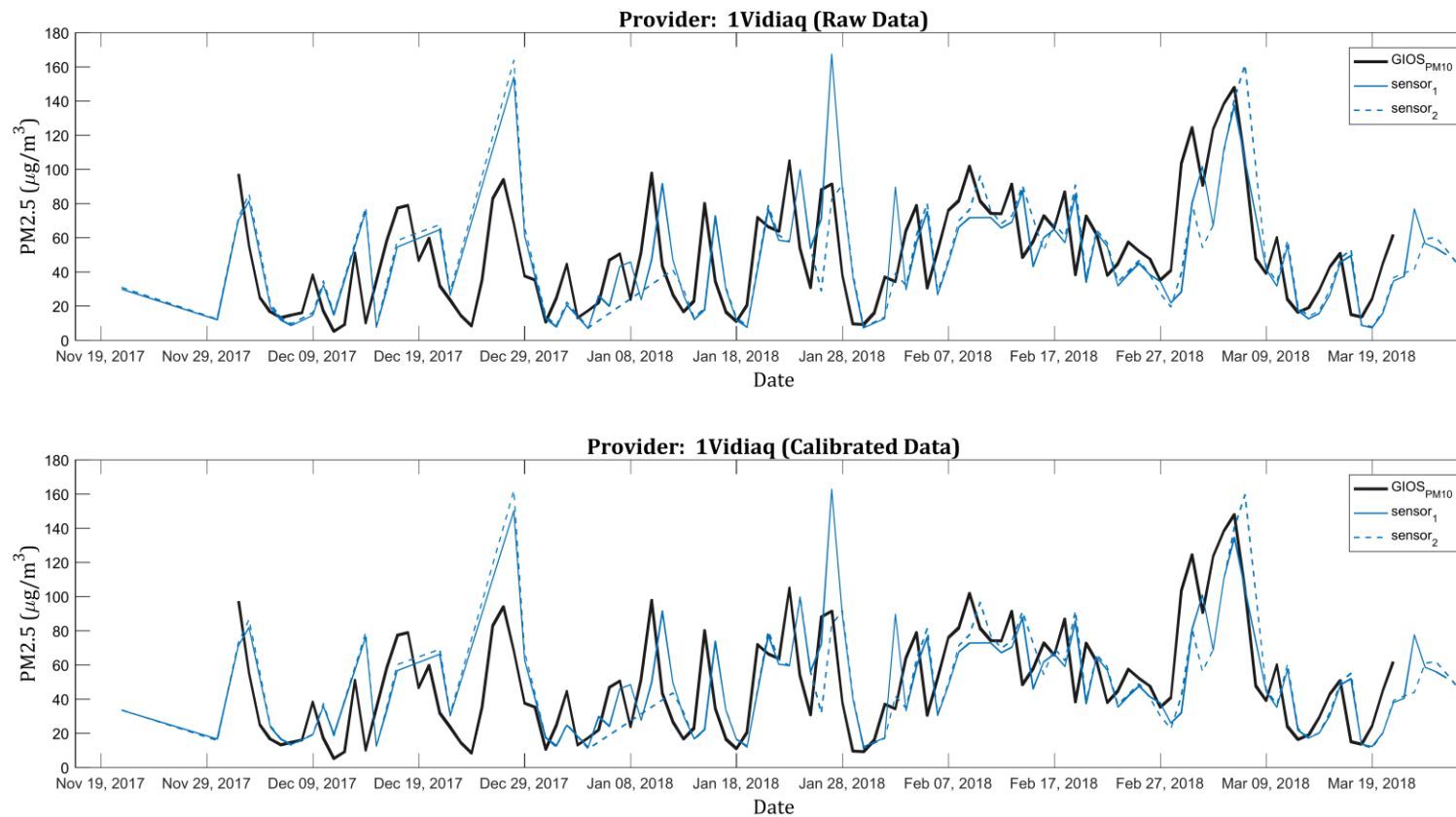
Rysunek 14.7. Przebiegi wartości średnich dobowych stężeń pyłu zawieszonego PM10 pochodzące z dwóch urządzeń firmy Vidiaq – niebieskie linie, w porównaniu z wartościami dostarczonymi przez KLiW GIOŚ – czarna linia. Na górnym panelu przedstawiono wartości przed kalibracją, na dolnym po kalibracji. Wartości wprost z bazy danych bez korekt opisanych w punkcie 1.1.



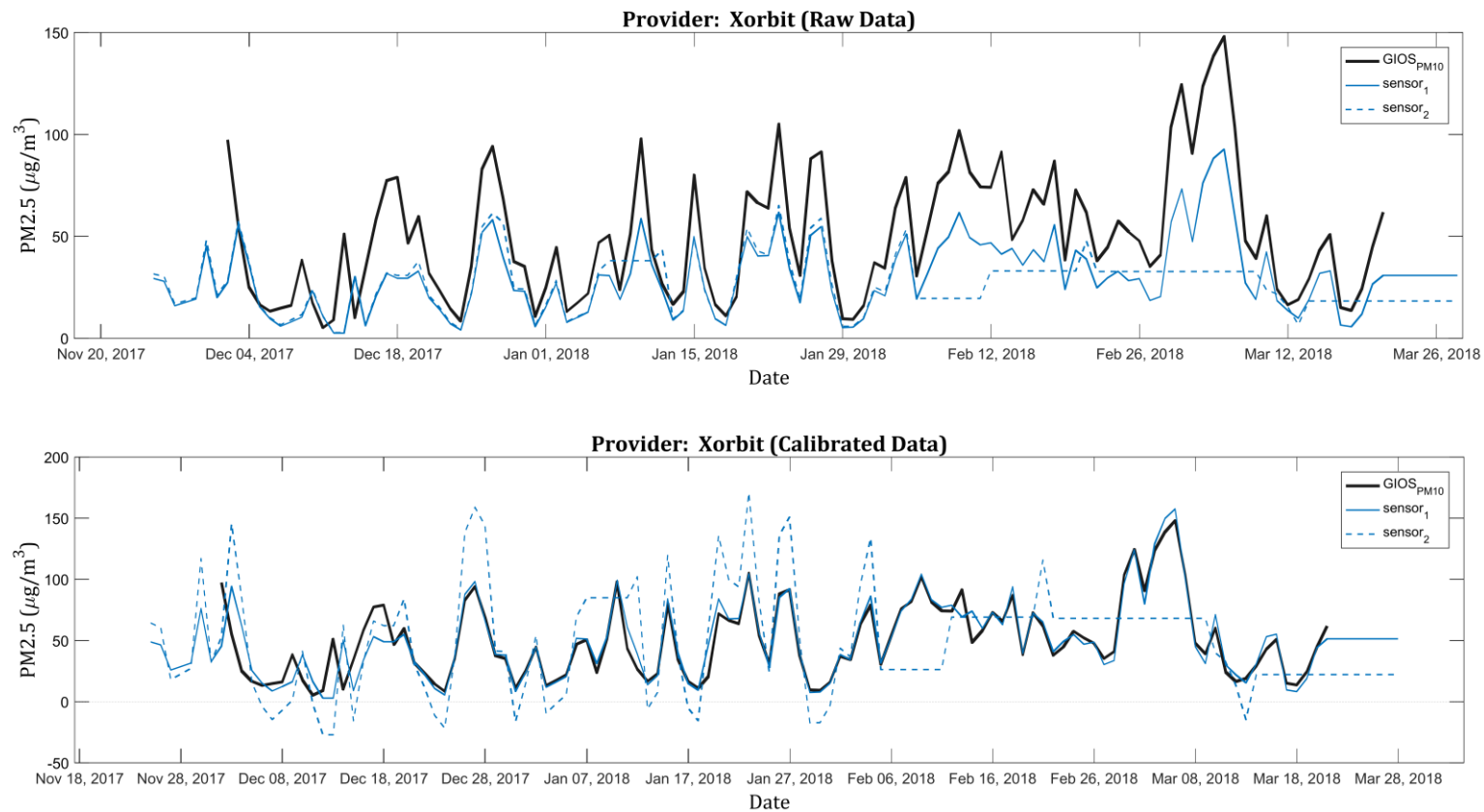
Rysunek 14.8. Przebiegi wartości średnich dobowych stężeń pyłu zawieszonego PM10 pochodzące z dwóch urządzeń firmy Xorbit – niebieskie linie, w porównaniu z wartościami dostarczonymi przez KLiW GIOŚ – czarna linia. Na górnym panelu przedstawiono wartości przed kalibracją, na dolnym po kalibracji. Wartości wprost z bazy danych bez korekt opisanych w punkcie 1.1.



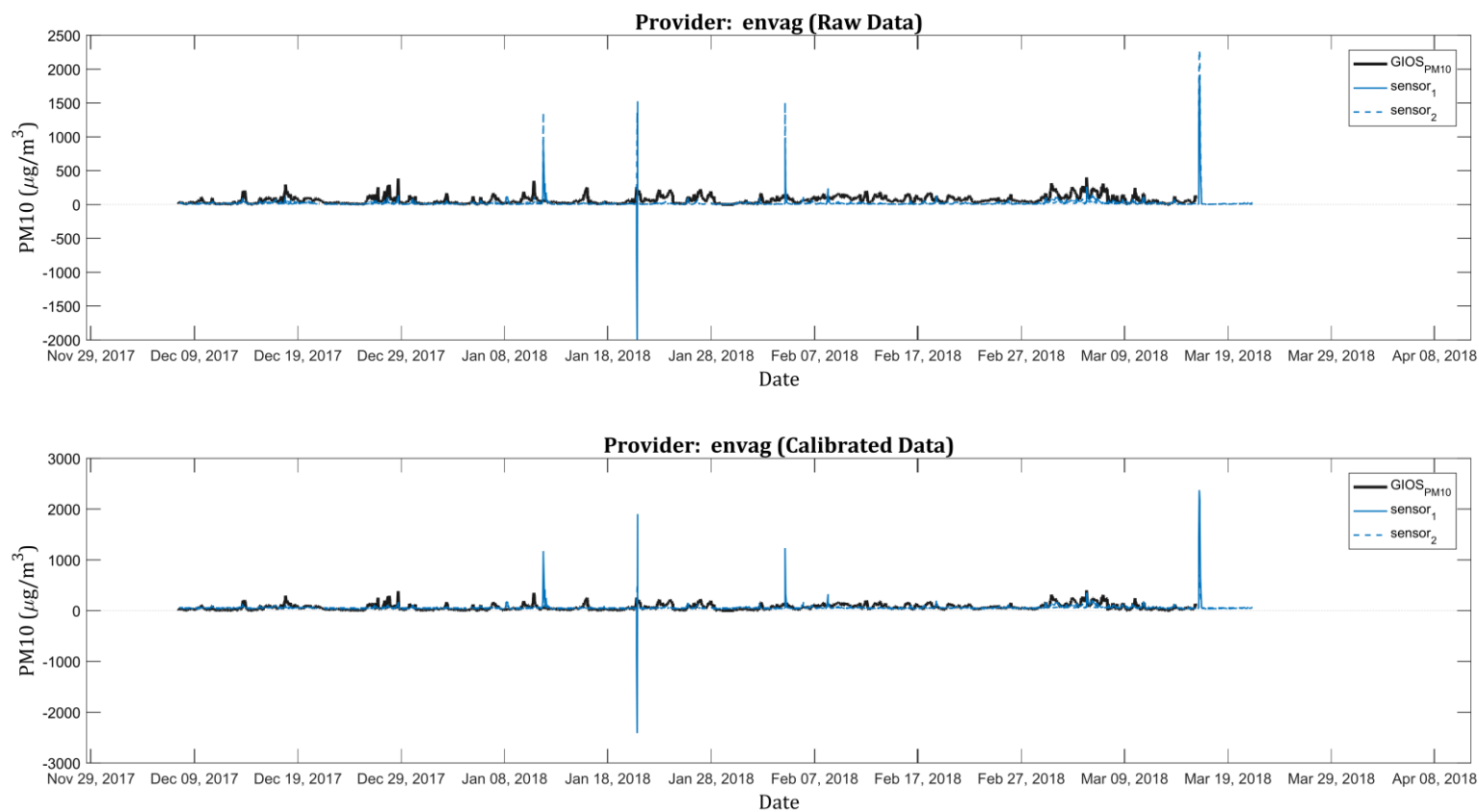
Rysunek 15.4. Przebiegi wartości średnich dobowych stężeń pyłu zawieszonego PM2.5 pochodzące z dwóch urządzeń firmy FarData – niebieskie linie, w porównaniu z wartościami dostarczonymi przez KLiW GIOŚ – czarna linia. Na górnym panelu przedstawiono wartości przed kalibracją, na dolnym po kalibracji. Wartości wprost z bazy danych bez korekt opisanych w punkcie 1.1.



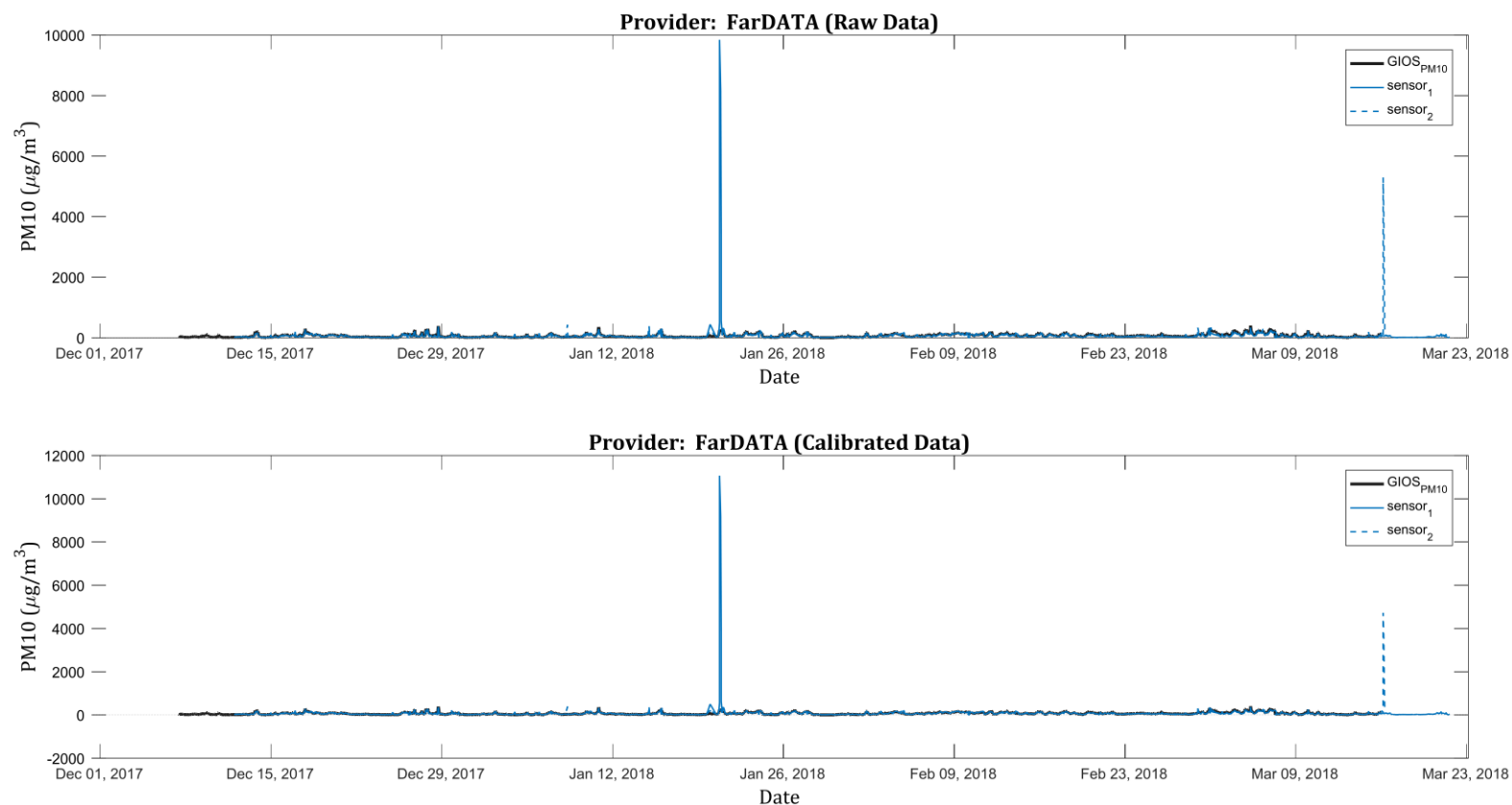
Rysunek 15.7. Przebiegi wartości średnich dobowych stężeń pyłu zawieszonego PM2.5 pochodzące z dwóch urządzeń firmy Vidiq – niebieskie linie, w porównaniu z wartościami dostarczonymi przez KLiW GIOŚ – czarna linia. Na górnym panelu przedstawiono wartości przed kalibracją, na dolnym po kalibracji. Wartości wprost z bazy danych bez korekt opisanych w punkcie 1.1.



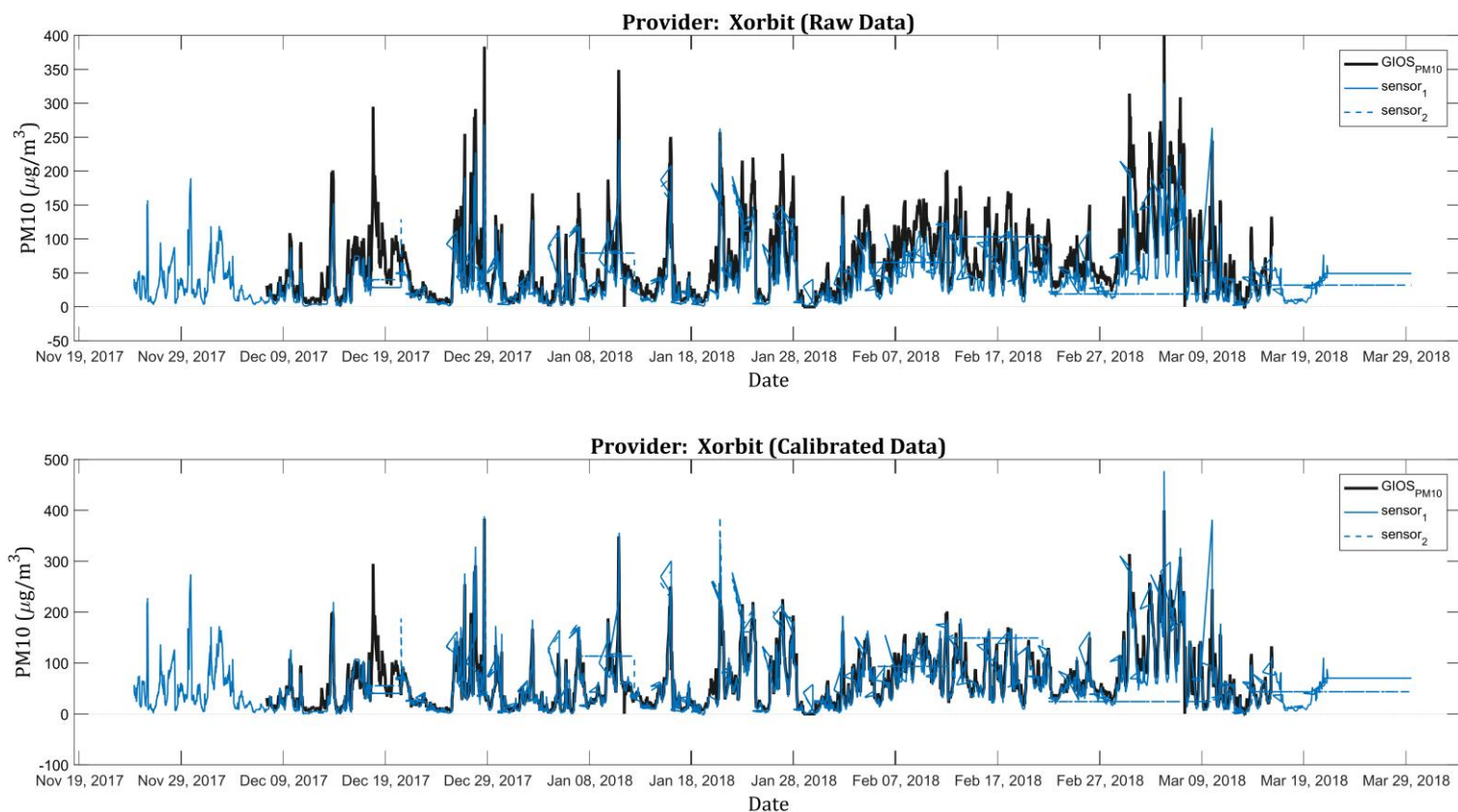
Rysunek 15.8. Przebiegi wartości średnich dobowych stężeń pyłu zawieszonego PM2.5 pochodzące z dwóch urządzeń firmy Xorbit – niebieskie linie, w porównaniu z wartościami dostarczonymi przez KLRIW GIOŚ – czarna linia. Na górnym panelu przedstawiono wartości przed kalibracją, na dolnym po kalibracji. *Wartości wprost z bazy danych bez korekt opisanych w punkcie 1.1.*



Rysunek 16.3. Przebiegi wartości średnich godzinnych stężeń pyłu zawieszonego PM10 pochodzące z dwóch urządzeń firmy Envag – niebieskie linie, w porównaniu z wartościami dostarczonymi przez KLiWiW GIOŚ – czarna linia. Na górnym panelu przedstawiono wartości przed kalibracją, na dolnym po kalibracji. Wartości wprost z bazy danych bez korekt opisanych w punkcie 1.1.



Rysunek 16.4. Przebiegi wartości średnich godzinnych stężeń pyłu zawieszonego PM10 pochodzące z dwóch urządzeń firmy FarData – niebieskie linie, w porównaniu z wartościami dostarczonymi przez KLRIW GIOŚ – czarna linia. Na górnym panelu przedstawiono wartości przed kalibracją, na dolnym po kalibracji. Wartości wprost z bazy danych bez korekt opisanych w punkcie 1.1.



Rysunek 16.8. Przebiegi wartości średnich godzinnych stężeń pyłu zawieszonego PM10 pochodzące z dwóch urządzeń firmy Xorbit – niebieskie linie, w porównaniu z wartościami dostarczonymi przez KLiW GIOŚ – czarna linia. Na górnym panelu przedstawiono wartości przed kalibracją, na dolnym po kalibracji. Wartości wprost z bazy danych bez korekt opisanych w punkcie 1.1.