

POLITECHNIKA ŚLĄSKA W GLIWICACH
WYDZIAŁ INŻYNIERII BIOMEDYCZNEJ

Projekt z Obliczeń Inżynierskich

**Aplikacja wizualizująca dane z uproszczonej stacji
meteorologicznej**

Paulina Klimanek

Gliwice, 22 stycznia 2020

Spis treści

1. Wstęp teoretyczny	1
1.1 Omówienie mierzonych parametrów	1
1.1.1 Pył PM10	1
1.1.2 Pył PM2,5	1
1.1.3 Pył PM1	1
1.1.4 Wpływ zanieczyszczeń powietrza na zdrowie	1
2. Przegląd zbliżonych rozwiązań	3
2.1 Airly	3
2.2 Monitor powietrza Głównego Inspektoratu Ochrony Środowiska	4
2.3 Airmonitor	5
3. Definicja problemu	6
4. Specyfikacja wewnętrzna	7
5. Specyfikacja zewnętrzna	9
6. Testowanie	14
7. Podsumowanie	16

1. Wstęp teoretyczny

1.1 Omówienie mierzonych parametrów

1.1.1 Pył PM10

Pyłem zawieszonym nazywa się cząsteczki stałe i krople cieczy obecne w atmosferze, natomiast pojęcie pyłu odnosi się również do cząstek pyłu pierwotnego emitowanych do atmosfery [1]. Pył PM10 jest mieszaniną zawieszonych w powietrzu cząsteczek o średnicy nie większej niż $10\text{ }\mu\text{m}$. [3] W Polsce normy dla pyłów drobnych PM10 są ustalone na trzech poziomach [4]:

- poziom dopuszczalny $50\text{ }\frac{\mu\text{g}}{\text{m}^3}$ (dobowy),
- poziom informowania $200\text{ }\frac{\mu\text{g}}{\text{m}^3}$ (dobowy),
- poziom alarmowy $300\text{ }\frac{\mu\text{g}}{\text{m}^3}$ (dobowy).

1.1.2 Pył PM2,5

Pył zawieszony PM2,5 to aerozol atmosferyczny o średnicy nie przekraczającej $2,5\text{ }\mu\text{m}$. Jak podaje Światowa Organizacja Zdrowia – pył ten, wśród zróżnicowanych zanieczyszczeń powietrza, jest najbardziej niebezpieczny dla zdrowia człowieka [2]. Jego rozmiar umożliwia przedostanie się bezpośrednio do krwiobiegu. Według informacji podanych przez Główny Inspektorat Ochrony Środowiska poziom dopuszczalny dla pyłu PM2,5 - $25\text{ }\frac{\mu\text{g}}{\text{m}^3}$ (średnioroczny) [4].

1.1.3 Pył PM1

PM1 to frakcja pyłu zawieszonego o średnicach zastępczych cząstek poniżej $1,0\text{ }\mu\text{m}$.

1.1.4 Wpływ zanieczyszczeń powietrza na zdrowie

Wysokie stężenie pyłu ma duży wpływ na [3]:

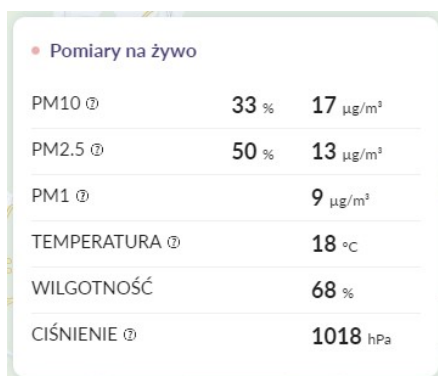
- nasilenie astmy,
- osłabienie czynności płuc,
- nowotwory płuc, gardła i krtani,

- zaburzenia rytmu serca,
- zapalenie naczyń krwionośnych,
- miażdżycę,
- nasilenie objawów chorób związanych z układem krwionośnym i oddechowym.

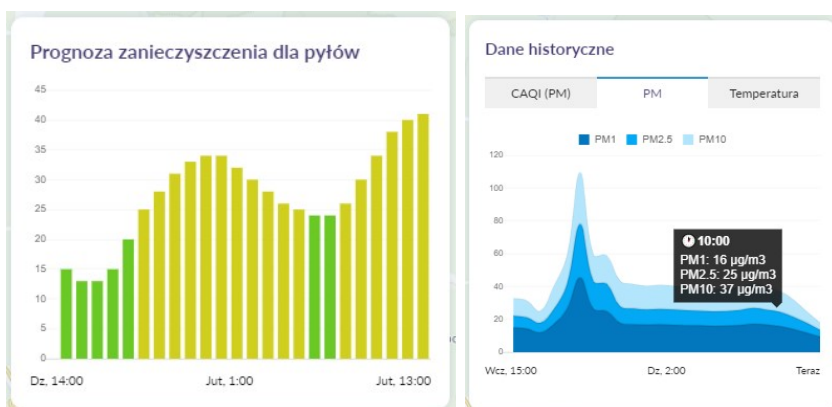
2. Przegląd zbliżonych rozwiązań

2.1 Airly

Jednym z dostępnych i dobrych narzędzi jest Airly - monitor powietrza, pozwala on na sprawdzenie jakości powietrza w okolicy, podając wszystkie interesujące parametry (tj. temperatura, ciśnienie, wilgotność, PM2,5, PM10, PM1). Co więcej, aplikacja umożliwia wgląd w dane historyczne oraz prognozę zanieczyszczenia dla pyłów, które są przedstawione na wykresach, w łatwy w interpretacji sposób.



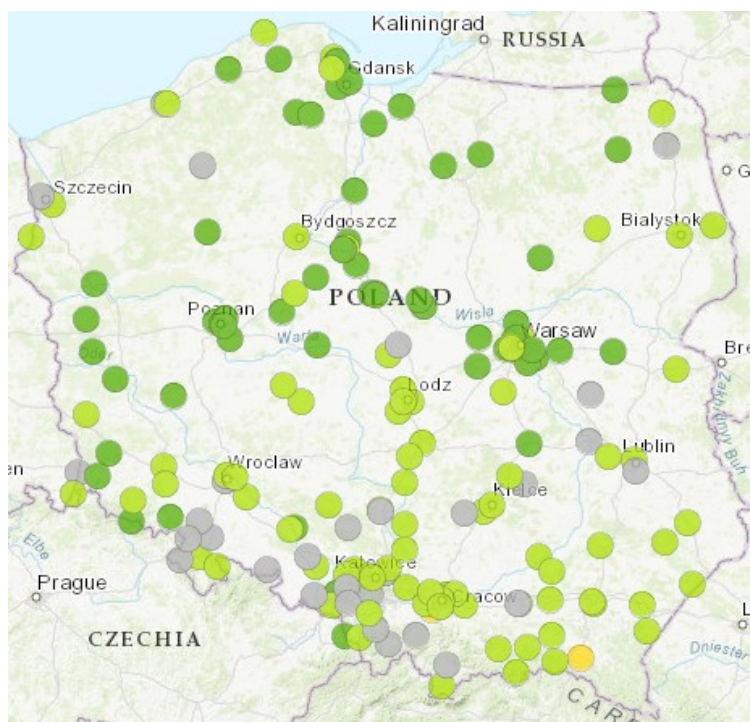
Rys. 2.1: Pomiary możliwe do obserwacji w aplikacji Airly [8].



Rys. 2.2: Przykłady wizualizacji graficznej pomiarów przez Airly [8].

2.2 Monitor powietrza Głównego Inspektoratu Ochrony Środowiska

Innym narzędziem o zbliżonych funkcjonalnościach do wyżej wspomnianego Airly jest monitor jakości powietrza oferowany przez GIOŚ.



Rys. 2.3: Mapa dostępna w aplikacji GIOS [9].

Narzędzie udostępnia możliwość skontrolowania stężeń takich związków jak: SO_2 , CO , O_3 , NO_2 , benzen, pył PM_{10} i $PM_{2,5}$.

GIOŚ podaje również legendę (skalę), według której dane wyniki pomiarów oraz stan powietrza są klasyfikowane.

Indeks jakości powietrza	PM10 [µg/m³]	PM2,5 [µg/m³]	O ₃ [µg/m³]	NO ₂ [µg/m³]	SO ₂ [µg/m³]	C ₆ H ₆ [µg/m³]	CO [mg/m³]
Bardzo dobry	0 - 20	0 - 13	0 - 70	0 - 40	0 - 50	0 - 6	0 - 3
Dobry	20,1 - 50	13,1 - 35	70,1 - 120	40,1 - 100	50,1 - 100	6,1 - 11	3,1 - 7
Umiarkowany	50,1 - 80	35,1 - 55	120,1 - 150	100,1 - 150	100,1 - 200	11,1 - 16	7,1 - 11
Dostateczny	80,1 - 110	55,1 - 75	150,1 - 180	150,1 - 200	200,1 - 350	16,1 - 21	11,1 - 15
Zły	110,1 - 150	75,1 - 110	180,1 - 240	200,1 - 400	350,1 - 500	21,1 - 51	15,1 - 21
Bardzo zły	> 150	> 110	> 240	> 400	> 500	> 51	> 21
Brak indeksu	Indeks jakości powietrza nie jest wyznaczony z powodu braku pomiaru zanieczyszczenia dominującego w województwie.						

Rys. 2.4: Zakresy wartości poszczególnych zanieczyszczeń powietrza [4].

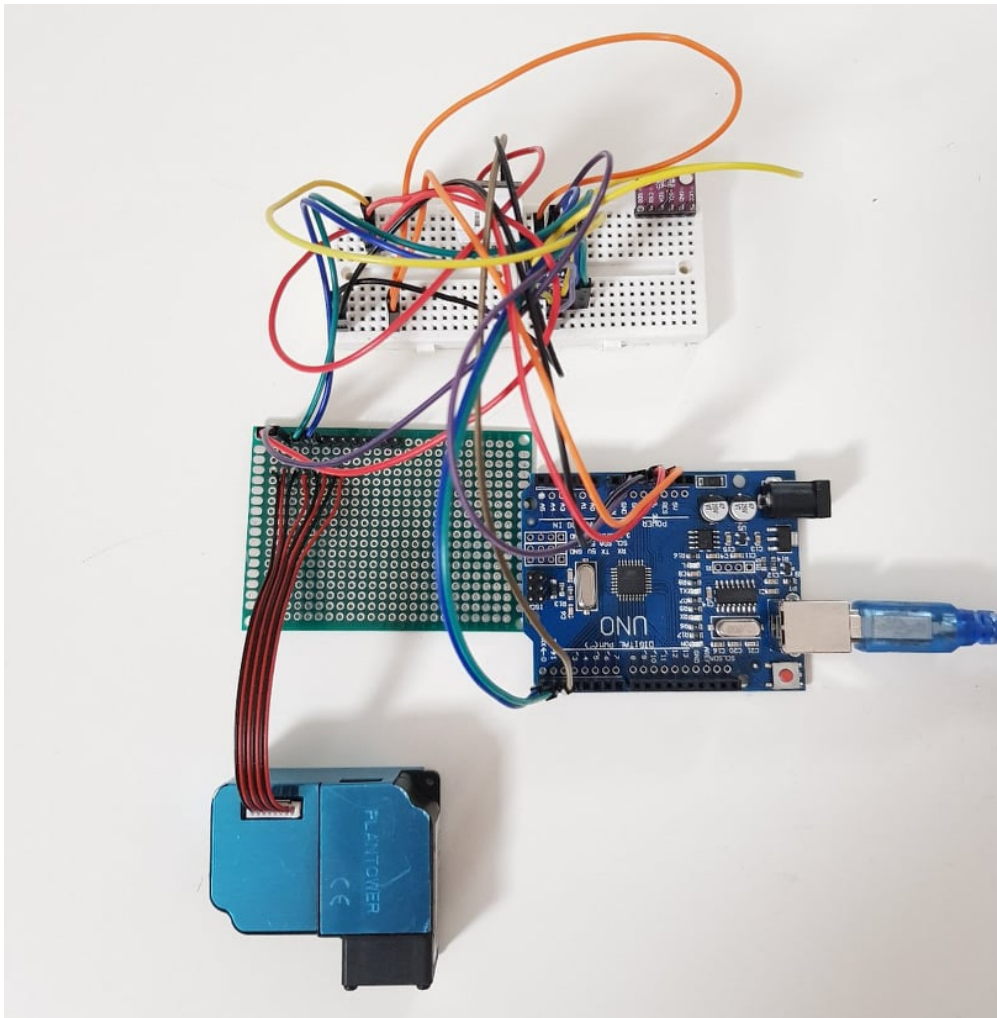
2.3 Airmonitor

Witryna Airmonitor posiada takie same własności jak powyższe narzędzia [10].

3. Definicja problemu

Problemem omawianym w pracy jest pomiar podstawowych parametrów dotyczących jakości powietrza oraz temperatury i wilgotności.

Celem tego projektu jest zbudowanie układu spełniającego funkcję uproszczonej stacji pogodowej. Zamontowane czujniki, takie jak czujnik pyłu PM2,5, kontrolujący jakość powietrza, czy też czujnik temperatury i wilgotności, będą mierzyły podstawowe parametry, natomiast zaimplementowany program będzie umożliwiał obliczenie średnich parametrów z danego okresu (ostatnia doba, dane historyczne - dotychczas zmierzone).



Rys. 3.1: Złożony układ.

4. Specyfikacja wewnętrzna

Układ prostej stacji pogodowej, przedstawiony na rysunku 3.1, składa się z:

- Czujnika temperatury i wilgotności DHT22 - 8-bitowego, cyfrowego czujnika, potrafiącego mierzyć temperaturę z zakresu od $-40^{\circ}C$ do $125^{\circ}C$ oraz wilgotność powietrza od 0% do 100%RH. Błąd pomiarowy powinien wynosić odpowiednio $\pm 0,5^{\circ}C$ i $\pm 5\%RH$ (błędy te zależą jednak w dużej mierze od warunków otoczenia w jakich znajduje się czujnik) [12].
- Cyfrowy czujnik pyłu (PM1, PM2,5 oraz PM10) PMS3003 - 5V UART - umożliwia monitorowanie czystości powietrza, a dokładniej mierzy stężenie pyłu o 3 wielkościach, korzystając z zasady rozpraszania lasera. Rozproszone światło umożliwia wykrycie cząstek pyłu zawieszonych w powietrzu [13].
- Arduino Uno (klon) - płytką mikrokontrolera, pozwalająca na kontrolę nad dołączonymi czujnikami.

W opracowaniu kodu pozwalającego na wykorzystanie powyżej wymienionych czujników skorzystano z bezpłatnej biblioteki dht.h, którą załączono do stworzonego projektu w środowisku Arduino IDE. Biblioteka ta umożliwia pracę z niedrogimi czujnikami temperatury i wilgotności DHT11, czy też DHT22 (w tym przypadku DHT22). Posiada podstawowe funkcje pozwalające m.in. na odczyt mierzonych wartości z czujnika [11].

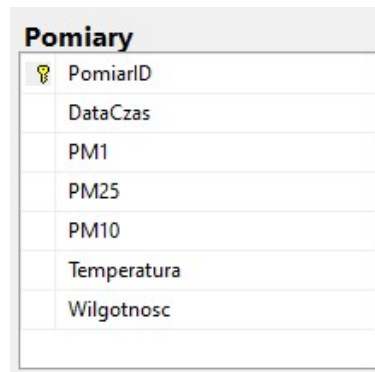
W celu przechwycenia i zapisania do bazy danych MS SQL 2014 zmierzonych wartości, stworzono projekt w środowisku Visual Studio 2019, gdzie skorzystanie z narzędzia mapowania obiektowo-relacyjnego, jakim jest Entity Framework, umożliwiło łatwe podłączenie stworzonej uprzednio bazy danych MS SQL (podejście ang. *database first*) oraz zapis nowych informacji do niej. W programie stworzone zostały zabezpieczenia przed zapisem nieprawidłowych wartości do bazy, spowodowanych np. uszkodzeniem czujnika.

Kolejno została stworzona aplikacja graficzna w technologii Windows Forms, pozwalająca na odczyt i wizualizację danych z bazy. Dzięki temu, użytkownik w łatwy sposób otrzymuje dostęp do mierzonych parametrów, a także ma możliwość wygenerowania raportu z wyliczonymi parametrami, co dokładniej opisane zostało w kolejnym rozdziale dokumentacji.

Aplikacja graficzna składa się z okna głównego, zapisanego w pliku Form1.cs. Na okno główne aplikacji nakładane są kolejno, dla każdego widoku aplikacji, uprzednio stworzone elementy kontrolki użytkownika (ang. *User Control*).

Dla widoku startowego, przedstawionego na rysunku 5.1, została stworzona kontrolka dashboard.cs, zawierająca jedynie pola tekstowe (ang. *label*), a także grafiki w postaci ikon.

Kolejny widok „Today”, widoczny na rysunku 5.3, został stworzony poprzez nałożenie na główne okno aplikacji (Form1.cs), kontrolki o nazwie Today.cs. Klasa Today, dziedzicząca po



Rys. 4.1: Diagram stworzonej bazy danych.

UserControl, posiada obiekt klasy `MeteoDBEntities`, będący swego rodzaju połączeniem kontrolki z bazą danych. Metoda `Today.Load`, wygenerowana automatycznie, została rozszerzona o zapytania LINQ, które pobierają dane z bazy. Na ich podstawie zostają obliczone średnie parametry, które następnie umieszczane są jako wartości odpowiednich pól tekstowych. Kolejnym elementem jest nadanie odpowiednich kolorów napisom, umieszczonym w wyżej wspomnianych polach tekstowych. Jest to wykonane za pomocą instrukcji warunkowych. W zależności od obliczonych wartości, napis ma kolor zielony, pomarańczowy bądź czerwony (Rys. 5.4). Następną zaimplementowaną metodą jest `WyswietlWykres()`. Funkcja ta nie zwraca żadnej wartości (typ ang. *void*), a także nie przyjmuje żadnych argumentów. Zawiera zapytania LINQ, pobierające żądane wartości z bazy danych i umieszczające je na wykresie słupkowym.

Widok przedstawiony na rysunku 5.5, jest wynikiem nałożenia na okno główne kontrolki `historicData.cs`. W tej klasie również znajduje się obiekt klasy `MeteoDBEntities`, pełniący tę samą funkcję, co w przypadku `Today.cs`. W metodzie `historicData.Load`, tak jak w poprzednim przypadku, również pobierane są wartości z bazy danych przy pomocy zapytań LINQ, a także dostosowywany jest kolor tekstu w zależności od wyliczonych wartości.

W przypadku tego widoku, możliwe jest wyświetlenie danych (w sposób domyślny) na wykresie słupkowym, oraz przez zaznaczenie okienka typu ang. *checkbox* za pomocą wykresu liniowego. Wygenerowana automatycznie funkcja `checkBox1.CheckedChanged`, obsługująca zdarzenie zaznaczenia, została poszerzona o instrukcję warunkową, sprawdzającą czy pole jest zaznaczone – gdy jest – wywołana zostanie funkcja `WyswietlWykresLiniowy()`, natomiast gdy pole jest odznaczone – wywoła się funkcja `WyswietlWykresSłupkowy()`. Obie funkcje nie zwracają żadnych wartości oraz są bezargumentowe. Ich działanie polega odczytaniu zmierzonych wartości z bazy, a następnie wyświetleniu serii danych na wykresie liniowym lub w drugim przypadku słupkowym.

5. Specyfikacja zewnętrzna

Obsługa aplikacji jest bardzo intuicyjna - po jej włączeniu pojawia się główny widok aplikacji zawierający informacje odnośnie do mierzonych parametrów (Rys. 5.1). Ma na celu zaznajomienie użytkownika z podstawową wiedzą na temat zanieczyszczeń powietrza.

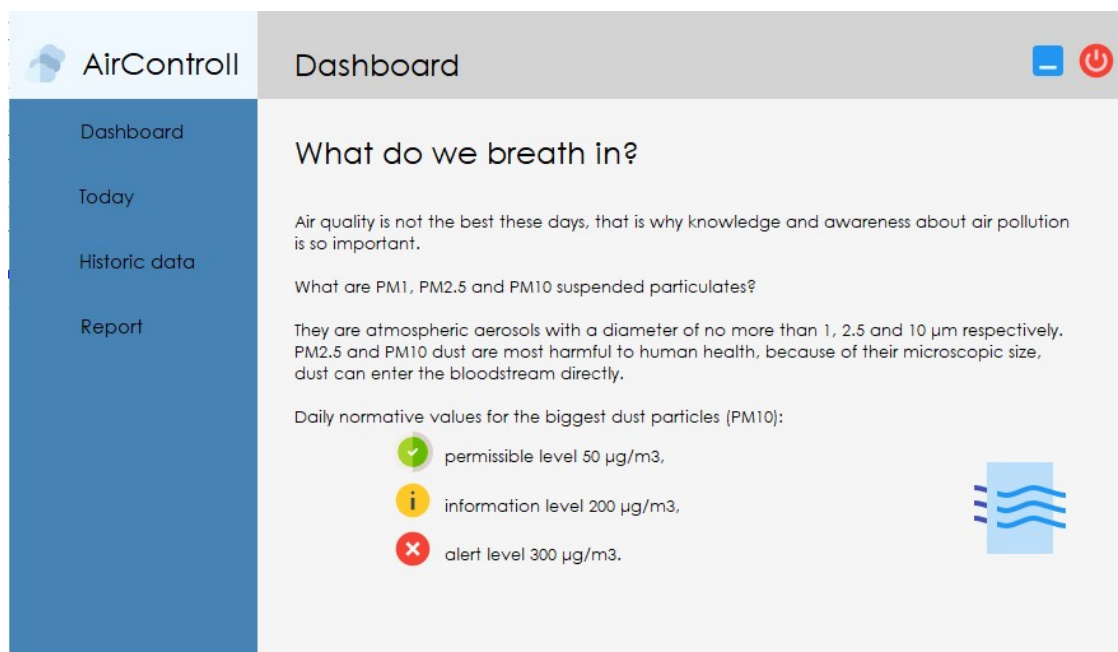
W prawym górnym rogu okna aplikacji (Rys. 5.2) znajdują się przyciski służące kolejno do minimalizacji oraz zamknięcia okna.

Po lewej stronie okna znajduje się panel z odnośnikami do kolejnych widoków aplikacji. Wciśnięcie panelu „Today” przenosi użytkownika do okna, przedstawionego na rysunku 5.3. Dane dotyczące stężenia pyłu PM1, PM2,5 oraz PM10 przedstawione są przy pomocy wykresu słupkowego, gdzie możliwe jest odczytanie średniego stężenia każdego (mierzonego) rodzaju pyłu w powietrzu. Wartości te podane są w $\frac{\mu g}{m^3}$.

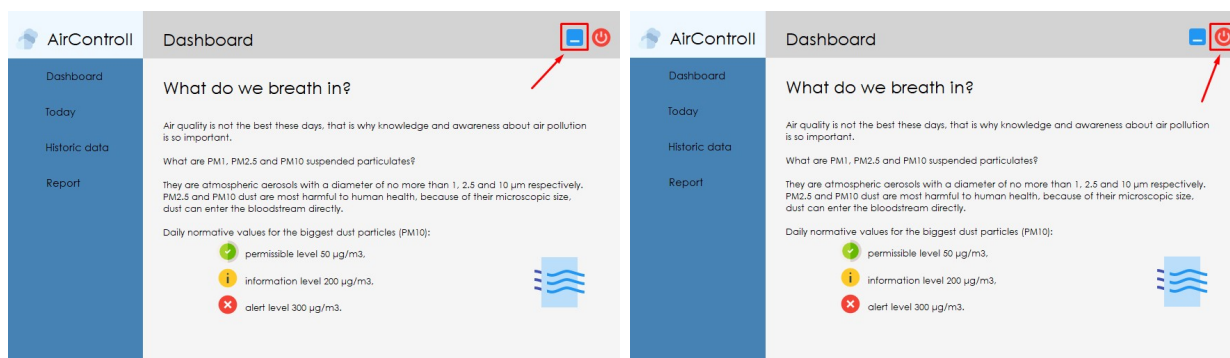
Dodatkowo po lewej stronie wykresu podane są dokładne wartości liczbowe poszczególnych stężeń w raz z wyróżnieniem przy pomocy koloru (Rys. 5.4).

Zgodnie z tabelą 2.4, wartości znajdujące się w przedziałach:

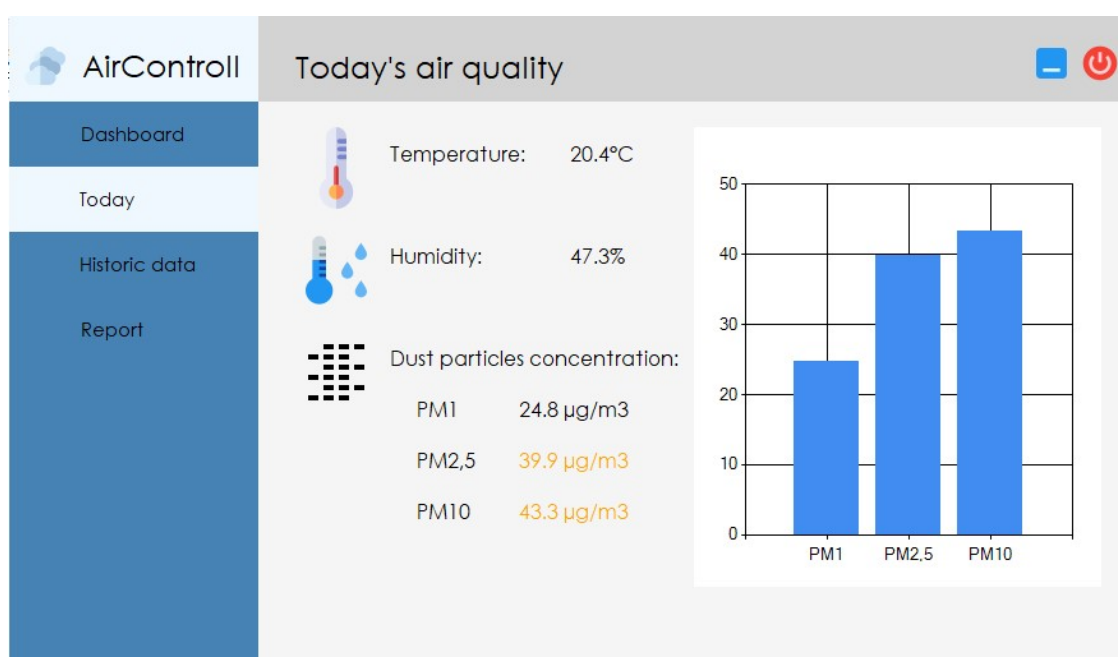
- bardzo dobrym i dobrym oznaczone są kolorem zielonym,
- umiarkowanym i dostatecznym oznaczone są kolorem pomarańczowym,



Rys. 5.1: Widok startowy aplikacji AirControll.



Rys. 5.2: Minimalizacja oraz zamknięcie okna aplikacji.



Rys. 5.3: Widok aplikacji przedstawiający dane z danego dnia.

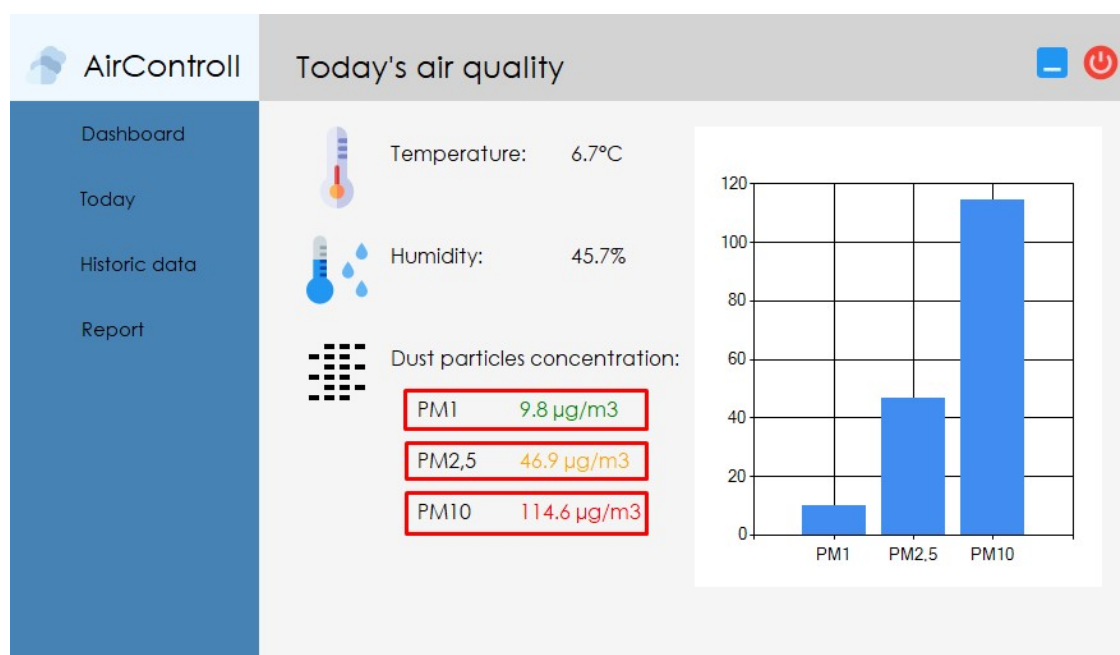
- złym i bardzo złym oznaczone są kolorem czerwonym.

Wciśnięcie panelu „Historic data” powoduje przeniesienie do widoku danych historycznych - zawierających średnie z wszystkich pomiarów jak dotąd wykonanych w ramach działania tej aplikacji (Rys. 5.5). W tym przypadku, tak jak w poprzednim (zakładce „Today”) widoczne są średnie wartości temperatury i wilgotności powietrza (Rys. 5.6).

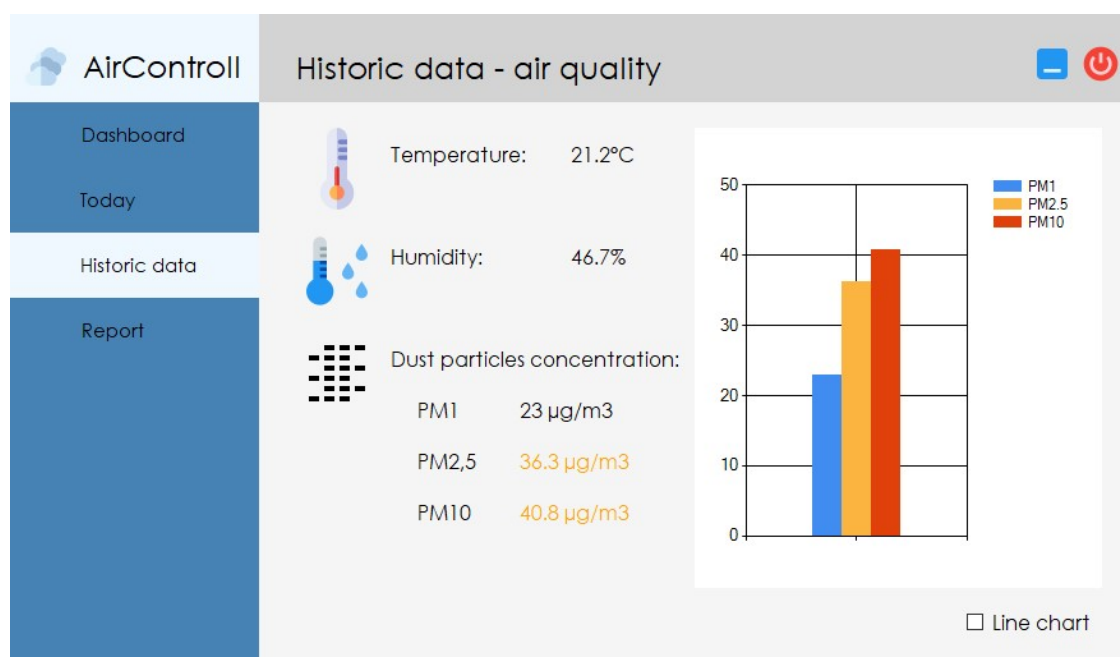
W przypadku widoku danych historycznych możliwe jest jednokrotne dokonanie zmiany typu wykresu ze słupkowego na liniowy, poprzez zaznaczenie okienka (typu ang. *checkbox*). Wykres liniowy przedstawia rysunek 5.7.

Kolejnym, ostatnim już widokiem aplikacji jest generowanie raportu, opcja ta, dostępna jest po wciśnięciu panelu „Report” (Rys. 5.8). Po naciśnięciu guzika „Print” otworzy się okno z wygenerowanym raportem gotowym do wydruku (Rys. 5.9).

Aplikacja jest w języku angielskim w celu zwiększenia grupy jej ewentualnych użytkowników.

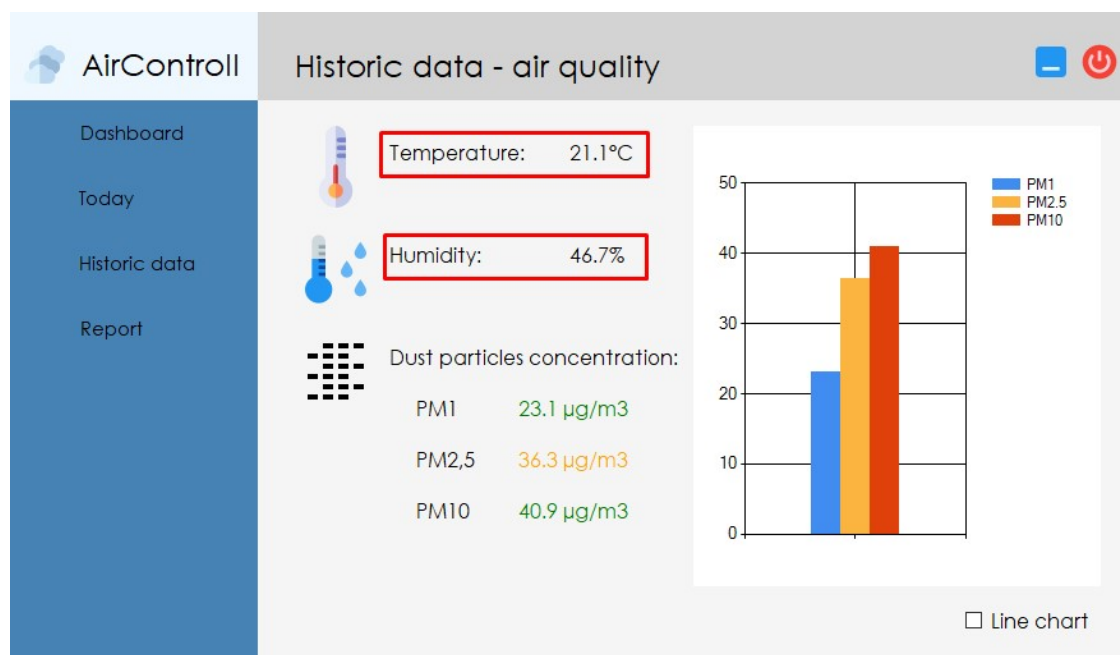


Rys. 5.4: Wartości stężeń pyłów oznaczone odpowiednimi kolorami.

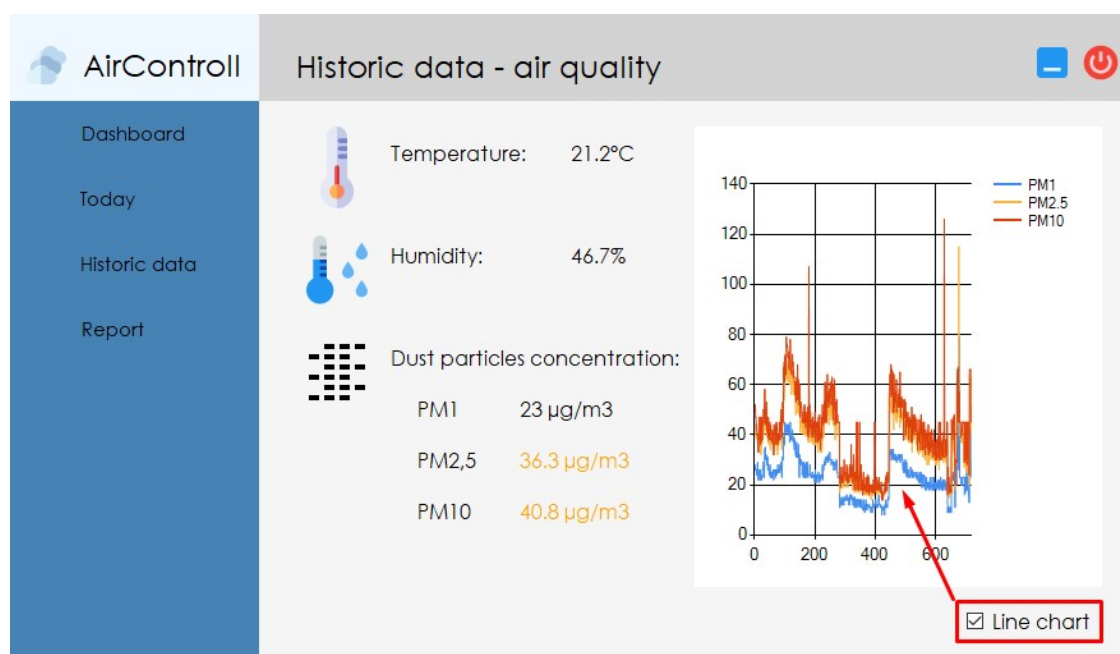


Rys. 5.5: Widok aplikacji przedstawiający dane historyczne.

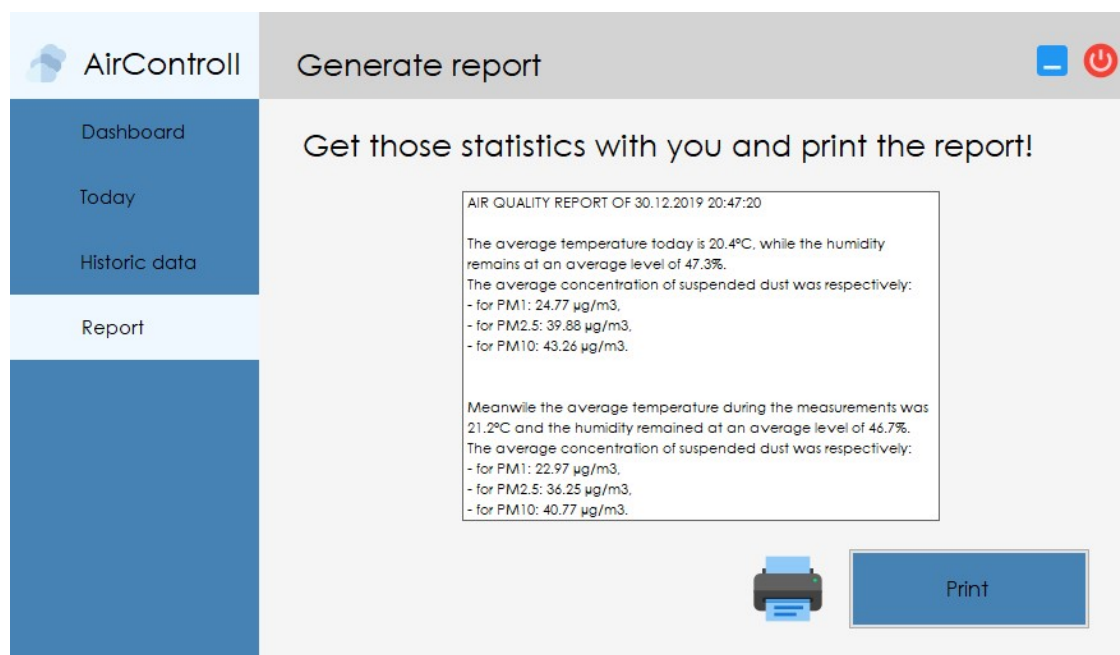
ników. Dla pyłu zawieszonego PM1 nie podaje się norm wartości, dlatego aby odczytywanie danych było prostsze i bardziej przejrzyste, przyjęto oznaczenia kolorów takie, jak dla wartości normalnych PM2,5, ze względu na zawierające się w nim cząsteczki pyłu PM1.



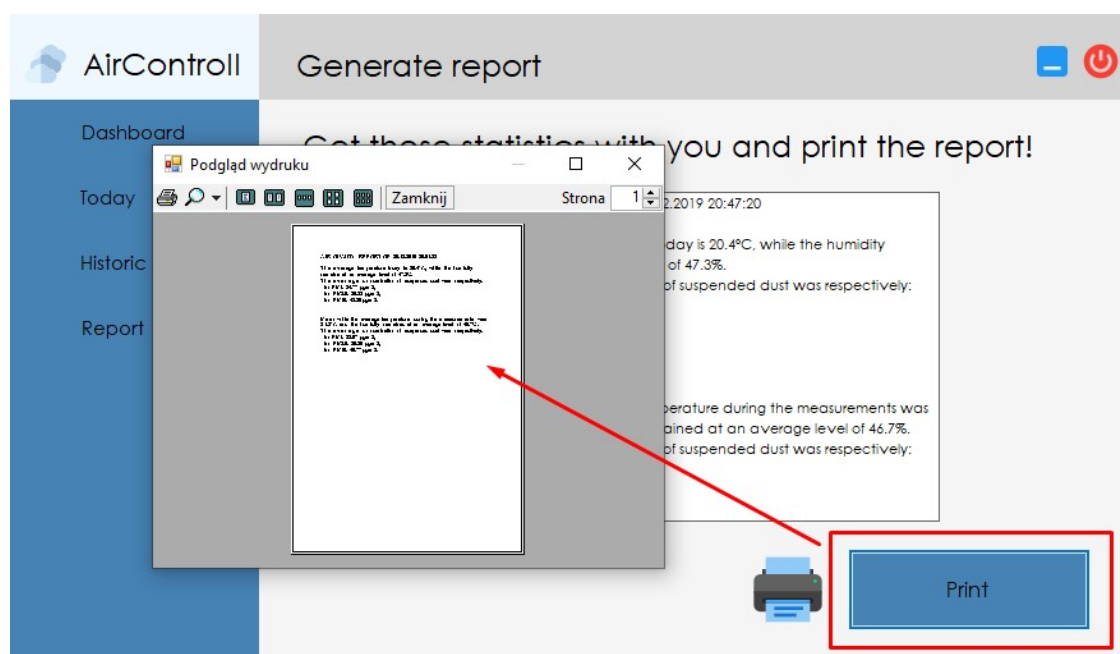
Rys. 5.6: Obliczone średnie wartości temperatury i wilgotności.



Rys. 5.7: Wykres liniowy stężeń pyłów zawieszonych.



Rys. 5.8: Widok podglądu utworzonego raportu do wydruku.



Rys. 5.9: Zachowanie aplikacji po wciśnięciu guzika „Print”.

6. Testowanie

W ramach testowania aplikacji, przeprowadzono próbę zaburzenia wyników poprzez umieszczenie złożonego układu w środowisku zapyłonym. Zgodnie z oczekiwaniami, wpłynęło to na otrzymane wyniki - podwyższyło stężenie pyłu zawieszonego, w szczególności PM10, zgodnie z tabelą 6.1.

671	2088	2019-12-30 18:05:19.347	35	56	61	18.4	31.2
672	2089	2019-12-30 18:06:22.770	35	56	61	18.4	31.2
673	2090	2019-12-30 18:07:25.797	30	58	66	18.2	35
674	2091	2019-12-30 18:08:28.817	26	46	47	18	34.2
675	2092	2019-12-30 18:09:31.837	31	53	67	17.5	34.8
676	2093	2019-12-30 18:10:34.857	39	57	60	17.1	35.7

Rys. 6.1: Podwyższone wartości pomiarów stężenia pyłu w pomieszczeniu zapyłonym.

Podjęto również próbę wykonania pomiaru na zewnątrz w sezonie grzewczym w godzinach wieczornych, gdzie wskazania czujnika pyłu zawieszonego podniosły się zgodnie z oczekiwaniami, co zostało przedstawione w tabeli 6.2.

Zauważalna jest jednak stosunkowo wysoka wartość temperatury, która spowodowana jest wykonaniem tego pomiaru od razu po wyjściu z ogrzewanego pomieszczenia - przez co czujnik nie zdążył się wychłodzić i wskazał temperaturę w niewielkim stopniu obniżoną względem temperatury wewnątrz budynku.

674	2091	2019-12-30 18:08:28.817	26	46	47	18	34.2
675	2092	2019-12-30 18:09:31.837	31	53	67	17.5	34.8
676	2093	2019-12-30 18:10:34.857	39	57	60	17.1	35.7
677	2094	2019-12-30 18:11:37.880	44	115	45	17	36
678	2095	2019-12-30 18:12:40.920	27	46	57	16.6	39.6
679	2096	2019-12-30 18:13:43.953	79	40	45	14.3	29.5
680	2097	2019-12-30 18:14:46.977	23	40	45	8.9	36.6

Rys. 6.2: Podwyższone wartości pomiarów stężenia pyłu po wyjściu na wolne powietrze w godzinach wieczornych (grzewczych).

Przeprowadzono również próbę manipulacji wynikami, poprzez ogrzanie czujnika DHT22 suszarką. Strumień powietrza z suszarki został skierowany bezpośrednio (przez około 2 mi-

nuty) na zmontowany układ czujników, co wiązało się ze wzrostem mierzonej temperatury oraz znacznym spadkiem wilgotności powietrza.

666	2083	2019-12-30 15:28:58.710	19	27	28	10	17.4
667	2084	2019-12-30 15:29:49.160	21	29	30	91.1	19
668	2085	2019-12-30 15:30:52.410	21	29	30	91.1	19
669	2086	2019-12-30 15:31:55.420	20	28	29	77.3	16.8
670	2087	2019-12-30 15:32:58.430	21	28	29	62.3	17.1
671	2088	2019-12-30 18:05:19.347	35	56	61	18.4	31.2

Rys. 6.3: Wartości zmierzone przez czujniki po skierowaniu na nie strumienia powietrza z suszarki.

Aplikacja została zabezpieczona przed różnego rodzaju błędami, takimi jak wprowadzanie do bazy danych pomiarów znacznie odchodzących od normy (wynikających np. z błędu czujnika), czy też przed niepoprawnym generowaniem się dokumentu z raportem. Umieszczono również komunikat (Rys. 6.4) informujący o braku aktualnych danych (z danego dnia) w bazie, co powoduje wyświetlenie się ostatniego (czyli najświeższego) pomiaru widniejącego w bazie danych.



Rys. 6.4: Komunikat pojawiający się przy braku aktualnych danych w bazie.

7. Podsumowanie

Zaletami aplikacji powstałej w ramach tego projektu jest zdecydowanie łatwość jej użytkowania. Program umożliwia sprawdzenie średnich parametrów opracowanych na podstawie licznych odczytów z czujników oraz ich prostą w odczycie wizualizację.

Zdecydowaną wadą jest dokładność używanych mierników. Ich odczyty mieszczą się w realnych zakresach wartości, jednak są one nieco zaburzone względem odczytów podawanych przez konkurencyjne aplikacje takie jak Airly czy Airmonitor.

Możliwością rozwoju projektu z pewnością byłaby wymiana czujników na lepszej klasy urządzenia o znacznie wyższej dokładności pomiarów. Kolejnym etapem mogłoby być rozbudowanie aplikacji tak, aby pozwalała na wybór konkretnego przedziału czasu, z którego odczyty chcemy zobaczyć. W tym celu należałoby również dopasować złożone urządzenie do komunikacji za pośrednictwem LAN, aby umożliwić nieprzerwany zapis parametrów do bazy danych, dzięki temu użytkownik miałby dowolność w wyborze daty.

Podsumowując, realizacja powyżej opisanego projektu pozwoliła na poszerzenie wiedzy dotyczącej tworzenia aplikacji graficznych za pomocą technologii Windows Forms w języku C#, a także skorzystania z Entity Framework. Umożliwiła również lepsze poznanie środowiska Arduino IDE oraz pracę z mikrokontrolerami typu Arduino.

Bibliografia

- [1] Katarzyna Judy-Rezler, Barbara Toczko „*Pyły drobne w atmosferze. Kompendium wiedzy o zanieczyszczeniu powietrza pyłem zawieszonym w Polsce*” Inspekcja Ochrony Środowiska
- [2] <https://pl.wikipedia.org/wiki/PM2,5>
- [3] <https://airly.eu/pl/pyl-zawieszony-czym-jest-pm10-a-czym-pm2-5-aerозole-atmosferyczne>
- [4] <http://www.gios.gov.pl/pl/aktualnosci/294-normy-dla-pylow-drobnych-w-polsce>
- [5] <https://abc-rc.pl/Stacja-jakosci-powietrza-pomiar-PM10-PM2-5-Projekt-i-wykonanie-kro.html>
- [6] <http://www.jarzebski.pl/arduino/czujniki-i-sensory/czujnik-pylu-gp2y1010au0f.html>
- [7] <https://imagazine.pl/2018/01/09/jak-zbudowac-wlasny-miernik-smogu/>
- [8] <https://airly.eu/map/pl/>
- [9] <http://powietrze.gios.gov.pl/pjp/current>
- [10] <http://mapa.airmonitor.pl/>
- [11] <https://github.com/adafruit/DHT-sensor-library>
- [12] <http://www.jarzebski.pl/arduino/czujniki-i-sensory/czujnik-wilgotnosci-i-temperatury-dht11-dht22.html>
- [13] <https://botland.com.pl/pl/czujniki-czystosci-powietrza/13442-czujnik-pylu-czystosci-powietrza-pm10-pm25-pm10-pms3003-5v-uart.html>
- [14] <https://icons8.com/icons>
- [15] <https://www.flaticon.com/>
- [16] link do repozytorium, gdzie znajduje się aplikacja – stan na 22.01.2020
<https://github.com/paulkli355/StacjaMeteorologiczna>