

**Wychwytywanie zanieczyszczeń pyłowych przez Mobilane® Green  
Screens wzdłuż drogi A38 Bristol Street w Birmingham  
John Dover<sup>1</sup> & Simon Phillips  
The Green Wall Centre, Staffordshire University, Leek Rd, Stoke-on-  
Trent ST4 2DF, UK**

[www.staffs.ac.uk/research/greenwall](http://www.staffs.ac.uk/research/greenwall)

\*\*\*Ustalenia wstępne\*\*\*



mobilane®  
Building Green

21<sup>st</sup> July 2015

<sup>1</sup> Autor: [j.w.dover@staffs.ac.uk](mailto:j.w.dover@staffs.ac.uk) Tel: +44 (0) 1782 294611

## Wstęp

Poprawa "przyjazności dla życia" obszarów miejskich ma coraz większe znaczenie, ponieważ ludzie stają się gatunkiem miejskim. W Wielkiej Brytanii ponad połowa ludności mieszka obecnie w miastach i oczekuje się, że odsetek ten będzie nadal wzrastał. Uczynienie miast atrakcyjnymi miejscami do życia staje się coraz ważniejsze i coraz bardziej wymagające, w obliczu konkurencyjnej presji na przestrzeń dla budynków i infrastruktury. Skupienie dużej liczby ludzi w zwartych miastach ma potencjalne korzyści dla środowiska, na przykład łatwiej jest przemieszczać ludzi i świadczyć usługi. Niestety, obecnie istnieje również wiele niekorzyści, w tym ciągłe problemy z zanieczyszczeniem powietrza, a zwłaszcza z zanieczyszczeniami pochodzącymi z silników diesla i innych źródeł spalania paliw kopalnych. Słabe walory wizualne można uznać za formę zanieczyszczenia i mogą one mieć znaczny wpływ na samopoczucie psychiczne. Podobnie, zanieczyszczenie powietrza może mieć poważny wpływ na zdrowie, w tym zwiększoną śmiertelność z powodu szeregu chorób, w tym chorób układu oddechowego i sercowo-naczyniowego, miażdżycy, raka płuc i zwiększonej zachorowalności na astmę. Frakcje wielkości o szczególnym znaczeniu to PM<sub>10</sub> i poniżej (cząstki "piersiowe") oraz PM<sub>2.5</sub> i poniżej (znane jako cząstki respirabilne). PM<sub>2.5</sub> i poniżej mogą dostać się dalej do płuc i są najbardziej szkodliwą frakcją wielkości z tych dwóch.

Od pewnego czasu wiadomo, że roślinność jest w stanie wychwytywać zanieczyszczenia powietrza, ale konwencjonalne nasadzenia na poziomie gruntu są niepraktyczne w wielu obszarach miejskich. Ostatnie osiągnięcia w dziedzinie ogrodnictwa zaowocowały powstaniem wielu systemów ułatwiających uprawę roślin w pionie. Niektóre z nich są jedynie rozszerzeniem systemów kratownic i drutów używanych od wieków do uprawy roślin na ścianach, ale inne są bardziej zaawansowane technologicznie, takie jak hydroponiczne systemy żywych ścian, które pozwalają na uprawę na ścianach roślin, które normalnie nie byłyby w stanie skolonizować pionowych powierzchni. Inne systemy obejmują zielone ekrany, w których rośliny takie jak bluszcz (*Hedera helix*) są wstępnie uprawiane na mocnych panelach z siatki metalowej w szkółce szklarniowej przez około 2 lata, zanim zostaną zasadzone na miejscu. W tym systemie, korzenie są wspierane przez kanał w kształcie litery "u" z siatki ułatwiający przeniesienie ze szkółki do miejsca sadzenia. Panele są podtrzymywane przez pionowe słupy lub inną infrastrukturę<sup>2</sup>.

W tym projekcie zielone ekrany zamontowane na istniejących zabezpieczeniach dla pieszych były pilotowane przez firmę Atkins przy wsparciu finansowym dzielnicy Southside Business Improvement District w Birmingham jako sposób na poprawienie wizualnej atrakcyjności A38 (Bristol Street), jak również przyczynienie się do poprawy jakości powietrza w tym rejonie. Centrum Zielonej Ściany na Uniwersytecie Staffordshire dostarczyło ekspertyzę w zakresie wizualizacji cząstek stałych na liściach, aby wykazać, że ekrany z bluszczu są w stanie wychwytywać zanieczyszczenia przenoszone przez powietrze. W tym badaniu zbadaliśmy liście pod kątem zanieczyszczenia przez PM<sub>10</sub> do PM<sub>1.0</sub>; mniejsze cząstki mogą być wizualizowane, ale wymagałoby to więcej zasobów niż jest to konieczne dla tej pierwszej oceny skuteczności zielonych ekranów. Jako porównanie wyjściowe, próbki "czystych" liści zostały pobrane ze szkółki uprawiającej zielone ekrany i porównane z ładunkami cząstek stałych na zielonych ekranach posadzonych wzdłuż A38.

<sup>2</sup> Więcej informacji na temat wielorakich wartości roślinności na obszarach miejskich można znaleźć na stronie Dover, J.W. (2015) *Green Infrastructure: Incorporating plants and enhancing biodiversity in building and urban environments*. Routledge, Abingdon.

## Metodologia

### *Źródło liści - poziom podstawowy*

W dniu 28 kwietnia 2015 r. pobrano losowo próbki 18 liści z zielonych ekranów bluszczu uprawianego w szklarniach RPG Herbs, Congleton (tablica 1). Próbki te zostały pobrane, aby stanowić punkt odniesienia dla zanieczyszczenia liści w środowisku, które nie jest narażone na intensywne zanieczyszczenie powietrza przez ruch kołowy. Szkółka znajduje się na wsi Cheshire. Próbki liści przechowywano w szczelnie zamkniętym plastikowym pudełku do transportu do laboratorium Uniwersytetu Staffordshire w Stoke-on-Trent i przetwarzano tego samego dnia. Liście były zabezpieczone przed ocieraniem się o siebie nawzajem poprzez przymocowanie ich łodyg do wewnętrznych powierzchni pudełka za pomocą Blu-tack®.



**Tablica 1.** Zielone ekrany uprawiane dla holenderskiej firmy Mobilane® w szkółkach RPG Herbs w Congleton, Cheshire. Ekrany są (a) wyhodowane z sadzonek i (b) rosnące pędy owinięte wokół metalowego szkieletu przez dwa lata zanim będą (c) gotowe do instalacji; (d) liście przechowywane do transportu do laboratorium.



### *Źródło liści - próba drogowa*

1 maja 2015 roku zielone ekrany, wyhodowane w Holandii dla Mobilane, zostały zasadzone w centralnej rezerwie drogi A38 (Bristol Street) w Birmingham wzdłuż południowej strony. Ekrany zostały przymocowane do istniejących barierek, a rośliny znajdowały się po stronie pasów od strony barierki (Tablica 2).



**Tablica 2.** Ekrany Ivy Green Screens instalowane wzdłuż południowej strony A38 (Bristol St) w Birmingham, pokazujące

(a) szczegóły instalacji i (b) korzenie wstępnie wyrosniętych ekranów w rowie do sadzenia.

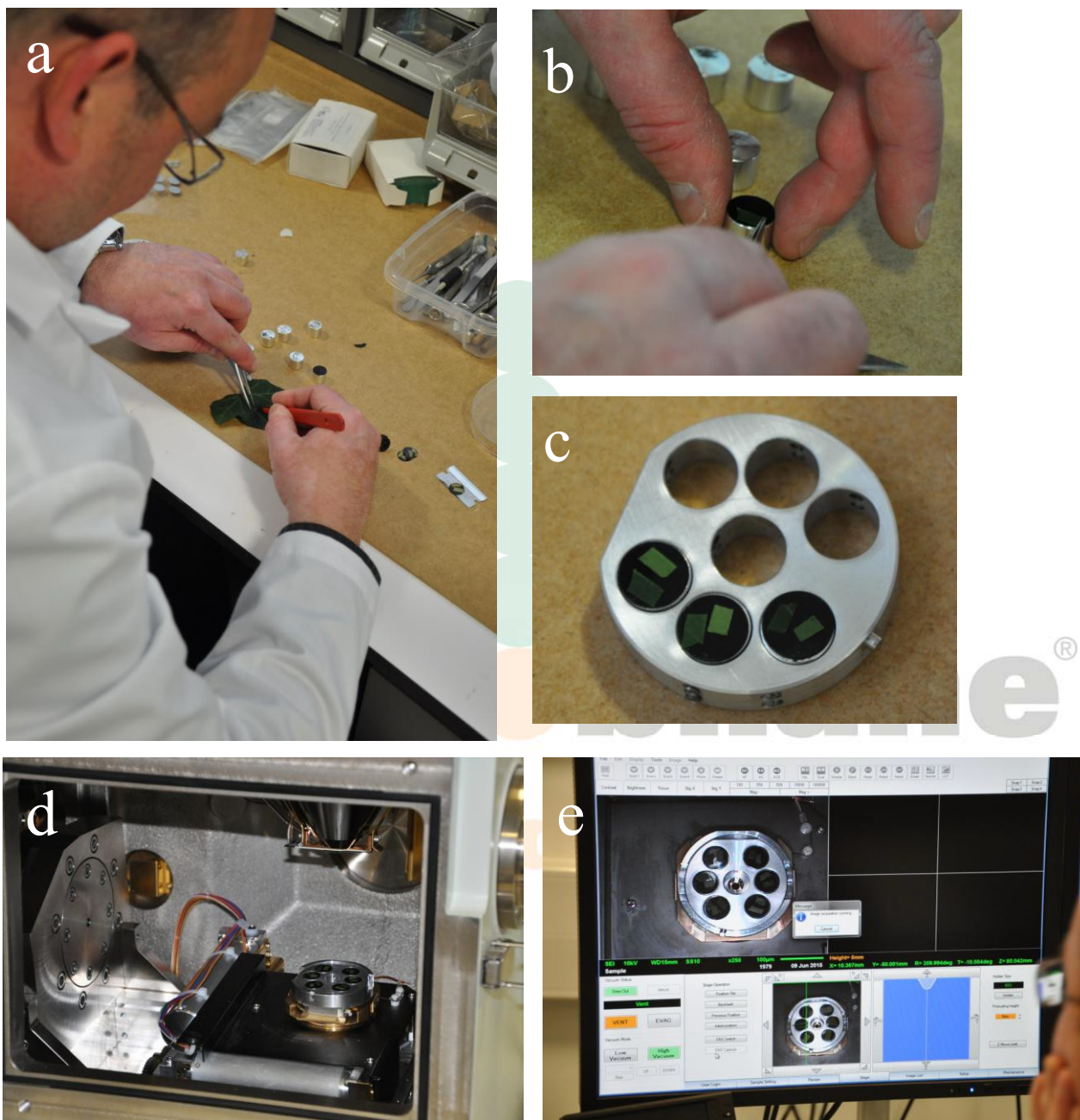
6 lipca 2015 roku pobrano próbki z 18 liści zielonych ekranów od strony drogi i zabrano je do laboratorium w Stoke-on-Trent. Ze względu na bezpieczeństwo i higienę pracy, rośliny zostały pobrane z wyłączonej z ruchu drogowego strony centralnej rezerwy i ostrożnie usunięte, tak aby nie ocierały się o inne liście, gdy były przeciągane od strony drogi (Tablica 3). Dwadzieścia kwadratów o wymiarach 25x25 cm wykorzystano do oceny pokrycia liściowego, a szacunkową powierzchnię liści określono przy użyciu oprogramowania do analizy obrazu Image-J.



**Tablica 3.** Próbkę liści usuwane z Zielonych Ekranów zainstalowanych wzdłuż południowej jezdni A38 (Bristol St), Birmingham.

### *Obróbka próbek liści*

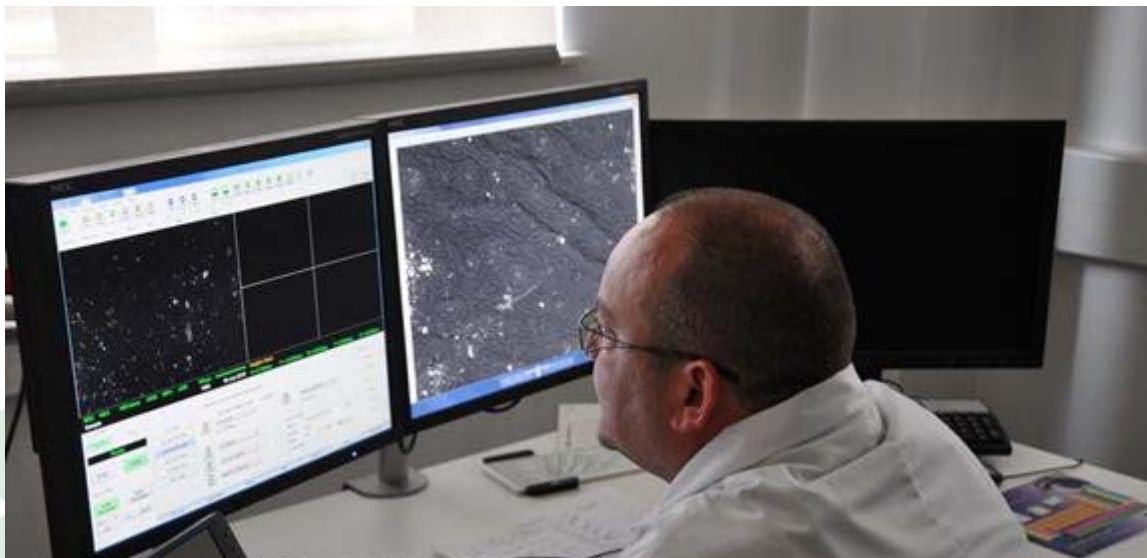
Po powrocie do Laboratorium Skaningowego Mikroskopu Elektronowego (ESEM) w Stoke-on-Trent, liście zostały przygotowane do wizualizacji (Płyta 4). Próbkki zostały następnie zogniskowane w ESEM przy powiększeniu x250 i w trzech oddzielnych miejscach zobrazowano górną i dolną stronę liści (Tablica 5). Obrazy zostały zapisane jako pliki .jpg, a następnie przeanalizowane przy użyciu oprogramowania Image-J Image Analysis Software.



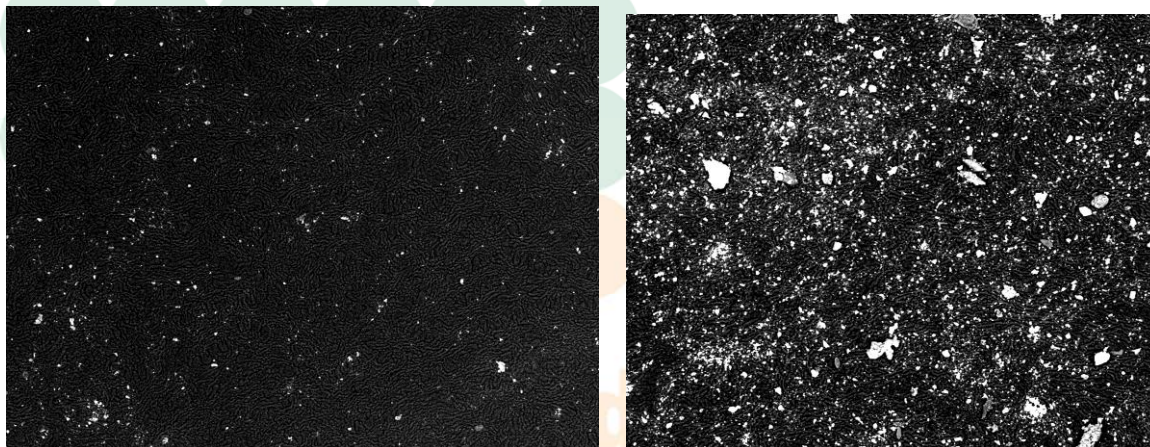
**Tablica 4.** Przygotowanie próbki liścia do wizualizacji w ESEM. (a) Fragmenty liścia zostały ostrożnie wycięte z każdego liścia i (b) przyklejone do aluminiowych króćców próbkowania za pomocą dwustronnie klejących "zakładek". Próbkki z górnej i dolnej strony zostały pobrane oddzielnie. (c) aluminiowe końcówki zostały zamocowane w uchwycie na próbki, d) komora próżniowa ESEM została odpowietrzona do ciśnienia pokojowego, uchwyt na próbki został włożony, a komora ewakuowana do poziomu próżni roboczej. (e) wstępna wizualizacja uchwytu na próbki w warunkach próżni.



W ramach Image-J liczono cząstki stałe i dzielono je na następujące kategorie wielkościowe: PM10 do PM2.51 i PM2.5 do PM1.0. PM to skrót od "Particulate Matter", a liczba oznacza średnicę cząstki w mikronach ( $\mu\text{m}$ ); jeden mikron =  $1 \times 10^{-6}$  metra (jedna milionowa metra lub jedna tysięczna milimetra). Przykładowe obrazy z ESEM można znaleźć na Tablicy 6.



**Tablica 5.** Cząstki stałe na powierzchni liścia bluszczu wizualizowane w ESEM



**Tablica 6.** Obraz ESEM z rozproszeniem wstecznym a) próbki liści bluszczu ze szkółki oraz b) próbki liści z pobocza drogi A38 (Bristol Street) w Birmingham.

## Wyniki

### Warunki pogodowe w Birmingham przed pobraniem próbek na drodze

W dniu 2 lipca 2015 r. przez cały dzień padał ciężki lub lekki deszcz. 5 lipca deszcz trwający około 20 minut spadł około godziny 17:00 (Chris Rance pers comm.). Pobieranie próbek odbyło się w połowie poranka 6 lipca 2015 roku.

### Dane dotyczące liści

Średnia powierzchnia liści ( $\pm 1$  błąd standardowy), oszacowana na podstawie sześciu liści, wynosiła  $32,8 \pm 0,87$  cm<sup>2</sup>. Liczba liści oszacowana z 20 kwadratów  $0,25 \times 0,25$  m ( $0,0625$  m<sup>2</sup>) wynosiła  $15,7 \pm 0,75$ .

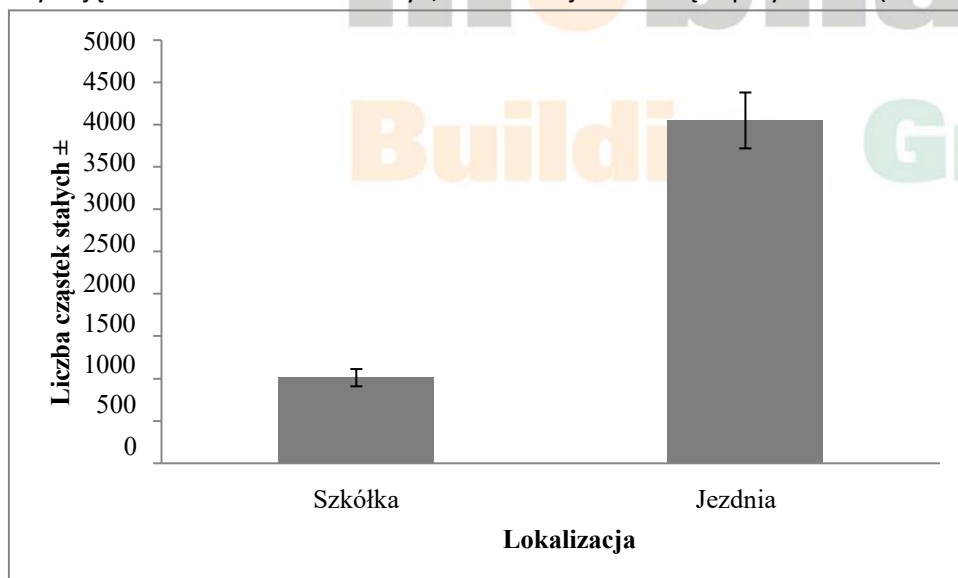
### Cząstki stałe

Prezentowane dane przedstawiają średnią liczbę cząstek stałych na liść zliczoną z obrazu o wymiarach  $512 \mu\text{m}$  szerokości  $\times$   $384 \mu\text{m}$  wysokości. Podano różne kombinacje powierzchni liścia i zakresów wielkości cząstek stałych (poniżej), a wyniki zwizualizowano w postaci wykresów kolumnowych. Analizy zostały przeprowadzone przy użyciu nieparametrycznego testu U Manna-Whitneya z powodu nienormalności niektórych danych. Ściśle rzecz biorąc, takie dane powinny być wizualizowane jako mediany (ponieważ test jest przeprowadzany na medianie, a nie na wartości średniej). Jednak wykresy kolumnowe średnich i błędów standardowych są zazwyczaj łatwiejsze do interpretacji niż wykresy typu box and whisker, tradycyjnie używane do wyświetlania median, a ponieważ różnice między danymi ze szkółek i danymi z poboczy dróg są jasne i oczywiste, zastosowano tu wykresy średnich  $\pm$  SE.

### Porównanie wszystkich cząstek stałych w zakresie wielkości $\text{PM}_{10-1,0}$ pomiędzy materiałem szkółkarskim a nasadzeniami przydrożnymi znalezionymi na liściach bluszczu (połączone górna i dolna strona)

Dane te pokazują bardzo wyraźne i duże różnice pomiędzy poziomami cząstek stałych obecnych na liściach (Rysunek 1) z czterokrotnie większą liczbą cząstek stałych na roślinach przydrożnych.

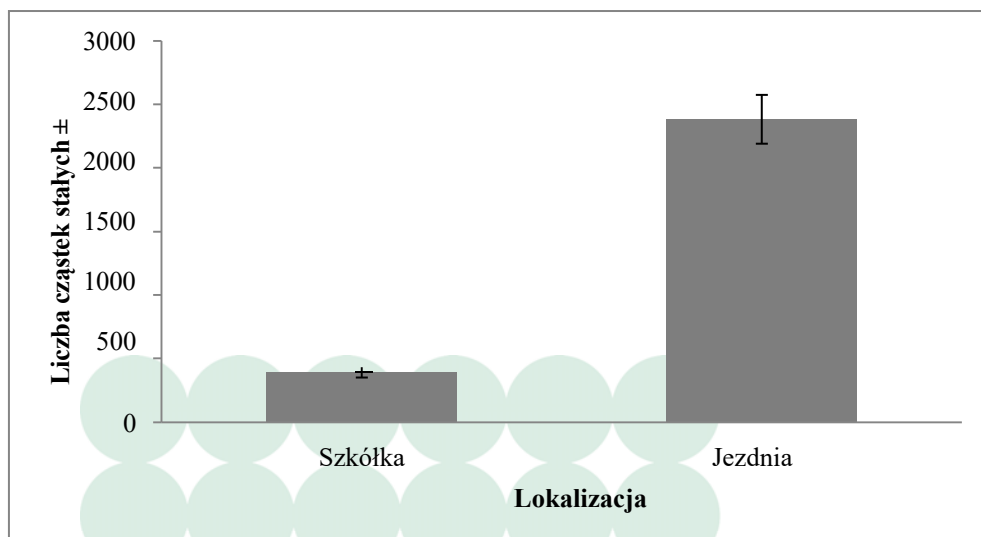
Używając testu U Manna-Whitneya, różnica ta jest znacząca przy  $P=0.001$  (M-W U = 319.00, N= 36).



**Rysunek 1.** Średnia liczba cząstek stałych ( $\text{PM}_{10-1}$ )  $\pm 1$  błąd standardowy średniej na górnej i spodniej stronie liści bluszczu, z których próbki pobrano w szkółce i wzdłuż południowej jezdni A38 (Bristol Street) w Birmingham.

*Porównanie wszystkich cząstek stałych w zakresie wielkości PM10-2.51 pomiędzy materiałem szkółkarskim a nasadzenia przydrożne znalezione na górnej i dolnej stronie liści bluszczu.*

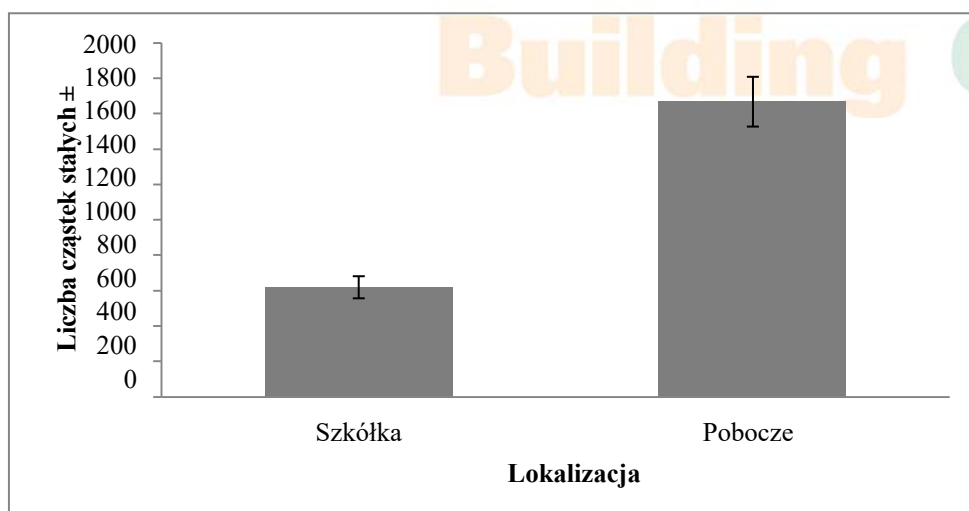
Różnice były ponownie duże dla tego zakresu wielkości, z dużo większą ilością PM obecnych na liściach przydrożnych (rysunek 2), ale różnica w ilości cząstek była rzędu x6. Różnica ta była istotna przy P0,001 (M-W U = 321,00, N= 36).



**Rysunek 2.** Średnia liczba cząstek stałych (PM10-2.51)  $\pm 1$  błąd standardowy średniej na górnej i spodniej stronie liści bluszczu, z których próbki pobrano w szkółce i wzdłuż południowej jezdni A38 (Bristol Street) w Birmingham.

*Porównanie wszystkich cząstek stałych w zakresie wielkości PM2.5-1.0 pomiędzy materiałem szkółkarskim, a nasadzeniami przydrożnymi znajdującymi się na górnej i dolnej stronie liści bluszczu*

Różnice w tej kategorii cząstek stałych między szkółkami a nasadzeniami przydrożnymi są mniejsze niż w przypadku poprzednich danych i wynoszą x2,7 więcej na liściach przydrożnych (rysunek 3). Różnica jest istotna na poziomie P0.001 (M-W U = 309.00, N= 36).

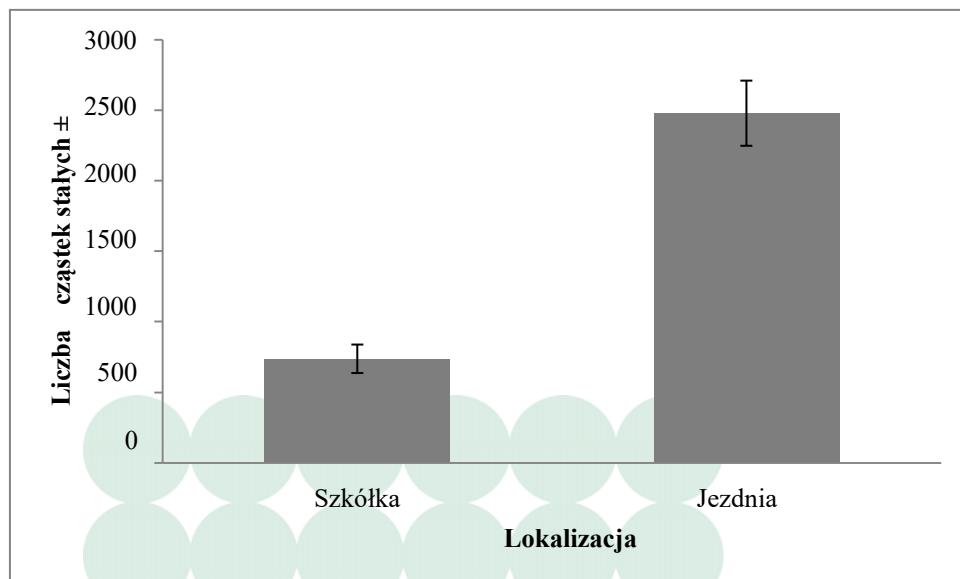


**Rysunek 3.** Średnia liczba cząstek stałych (PM2.5-1.0)  $\pm 1$  błąd standardowy średniej na górnej i spodniej stronie liści bluszczu, z których próbki pobrano w szkółce i wzdłuż południowej jezdni A38 (Bristol Street) w Birmingham.



*Porównanie wszystkich cząstek stałych w zakresie wielkości PM10-1,0 pomiędzy materiałem szkółkarskim a nasadzenia przydrożne znalezione na górnej stronie liści bluszczu*

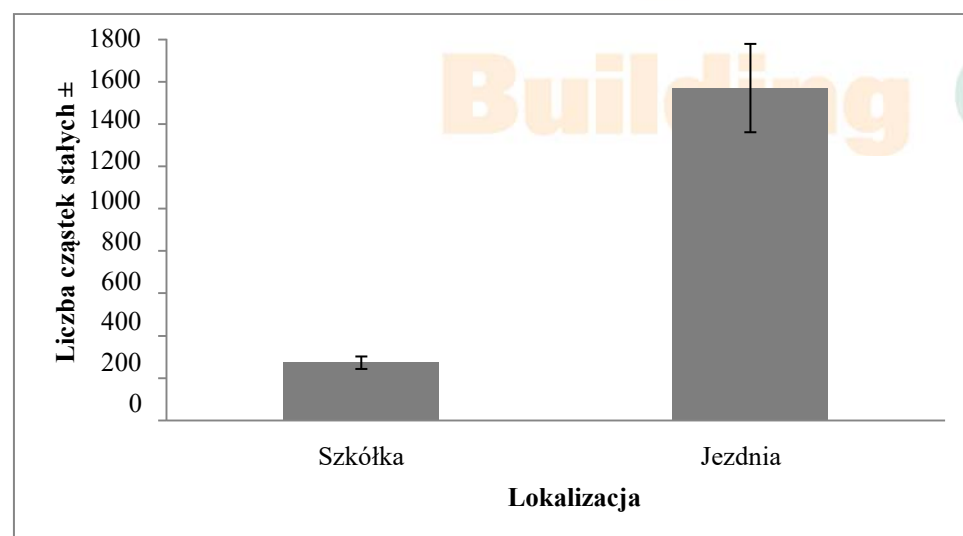
Górne liście nasadzeń przydrożnych zawierały x3,6 więcej cząstek stałych niż szkółki (rys. 4). Różnica ta była istotna przy P0,001 (M-W U = 311,00, N= 36).



**Rysunek 4.** Średnia liczba cząstek stałych (PM10-1.0)  $\pm$  1 błąd standardowy średniej na górnej stronie liści bluszczu, z których próbki pobrano w szkółce i wzdłuż południowej jezdni A38 (Bristol Street) w Birmingham.

*Porównanie wszystkich cząstek stałych w zakresie wielkości PM10-1,0 pomiędzy materiałem szkółkarskim a plantacje przydrożne znalezione na spodniej stronie liści bluszczu*

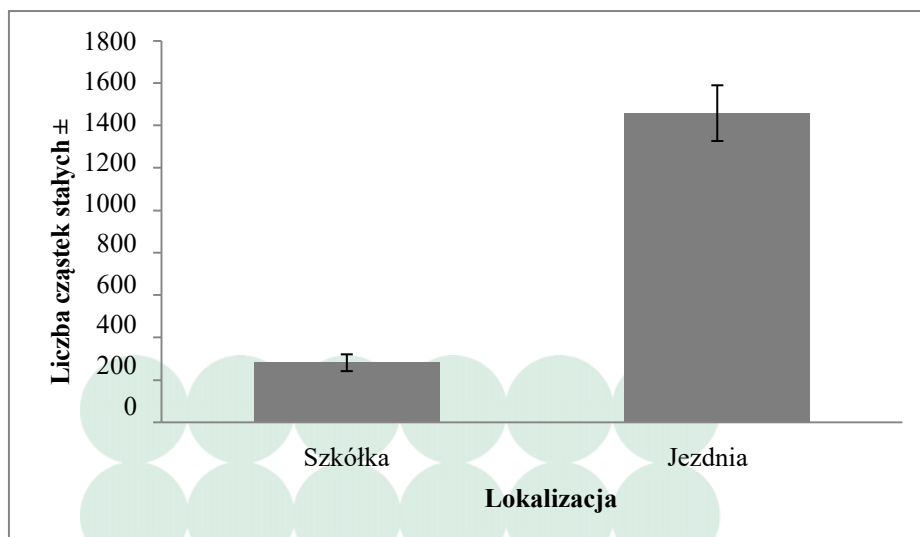
Na spodniej stronie liści z nasadzeń przydrożnych znajdowało się x 5,7 więcej cząstek stałych niż w przypadku materiału szkółkarskiego (Rysunek 5). Różnica ta była istotna przy P0,001 (M-W U = 304,00, N= 36).



**Rysunek 5.** Średnia liczba cząstek stałych (PM10-1.0)  $\pm$  1 błąd standardowy średniej na spodniej stronie liści bluszczu, z których próbki pobrano w szkółce i wzdłuż południowej jezdni A38 (Bristol Street) w Birmingham

*Porównanie wszystkich cząstek stałych w zakresie wielkości PM10-2.51 pomiędzy materiałem szkółkarskim a nasadzeniami przydrożnymi znalezione na górnej stronie liści bluszczu.*

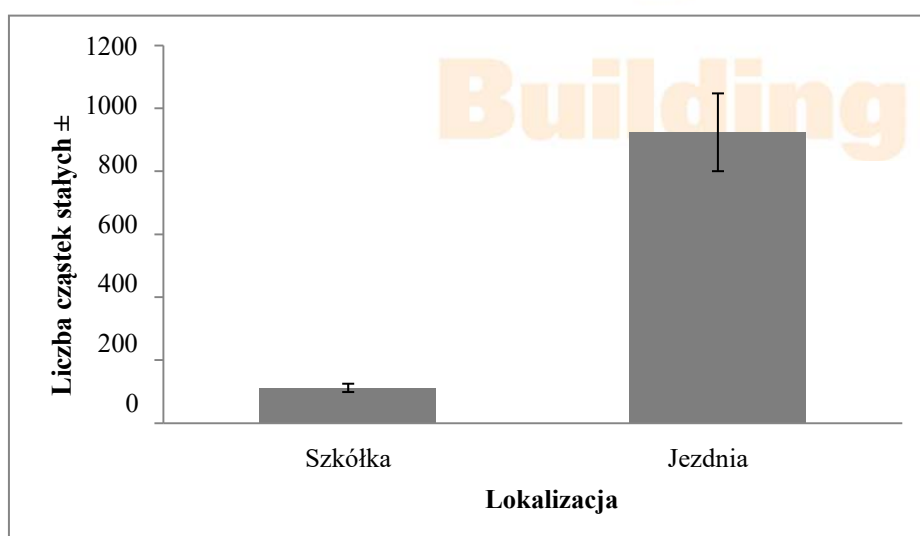
Na górnej stronie liści z nasadzeń przydrożnych znajdowało się x5,2 więcej cząstek stałych niż z nasadzeń szkółkarskich (Rysunek 6). Różnica ta była istotna przy P0,001 (M-W U = 320,00, N= 36).



**Rysunek 6.** Średnia liczba cząstek stałych (PM10-2.51)  $\pm 1$  błąd standardowy średniej na górnej stronie liści bluszczu pobranych w szkółce i wzdłuż południowej jezdni A38 (Bristol Street) w Birmingham.

*Porównanie wszystkich cząstek stałych w zakresie wielkości PM10-2.51 pomiędzy materiałem szkółkarskim a plantacje przydrożne znalezione na spodniej stronie liści bluszczu*

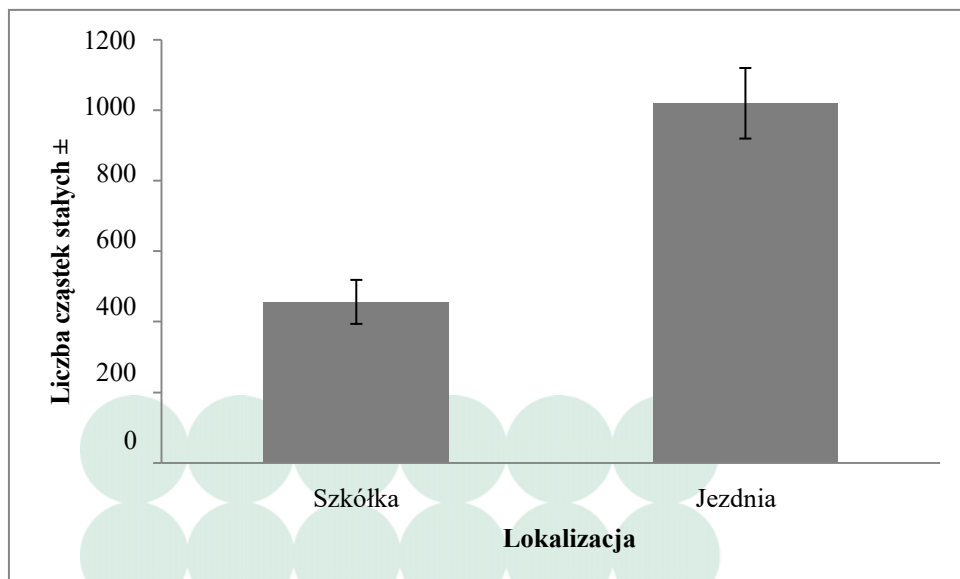
Na spodniej stronie liści z nasadzeń przydrożnych znajdowało się 8,3 razy więcej cząstek stałych niż w przypadku materiału szkółkarskiego (Rysunek 7). Różnica ta była istotna przy P0,001 (M-W U = 307,00, N= 36).



**Rysunek 7.** Średnia liczba cząstek stałych (PM10-2.51)  $\pm 1$  błąd standardowy średniej na spodniej stronie liści bluszczu pobranych w szkółce i wzdłuż południowej A38 (Bristol Street) w Birmingham.

*Porównanie wszystkich cząstek stałych w zakresie wielkości PM<sub>2.5-1.0</sub> pomiędzy materiałem szkółkarskim a nasadzeniami przydrożnymi znalezionymi na górnej stronie liści bluszczu.*

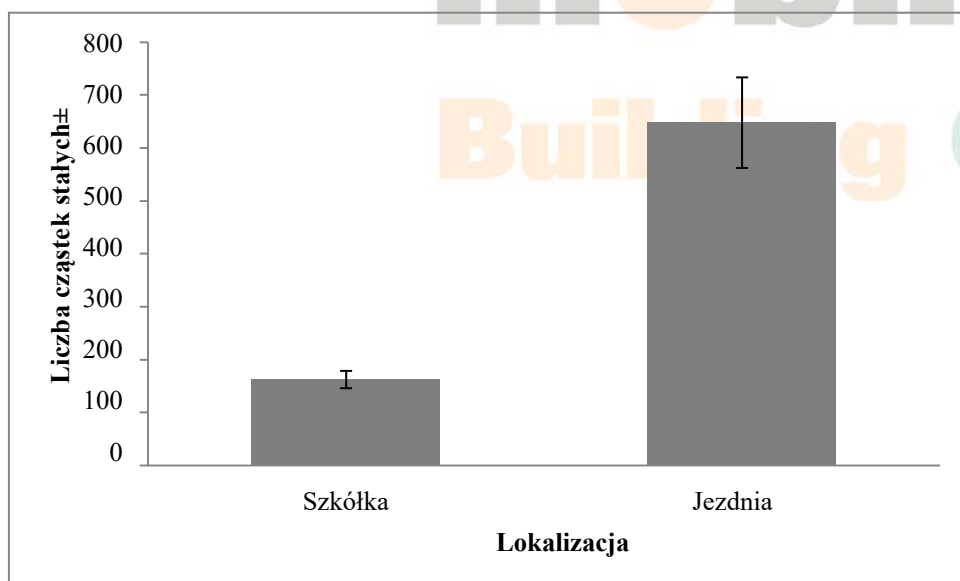
Na górnej stronie liści przydrożnych było x2,2 więcej cząstek stałych niż na liściach szkółek (Rysunek 8). Różnica ta była istotna przy P0,001 (M-W U = 283,00, N= 36).



**Rysunek 8.** Średnia liczba cząstek stałych (PM<sub>2.5-1.0</sub>)  $\pm$  1 błąd standardowy średniej na górnej stronie liści bluszczu pobranych w szkółce i wzdłuż południowej jezdni A38 (Bristol Street) w Birmingham.

*Porównanie wszystkich cząstek stałych w zakresie wielkości PM<sub>2.5-1.0</sub> pomiędzy materiałem szkółkarskim a nasadzeniami przydrożnymi znalezionymi na spodniej stronie liści bluszczu.*

Na spodniej stronie liści z nasadzeń przydrożnych znajdowało się x4 więcej pyłów niż z nasadzeń szkółkarskich (rys. 9). Różnica ta była istotna na poziomie P0,001 (M-W U = 2993,00, N= 36).



**Rysunek 9.** Średnia liczba cząstek stałych (PM<sub>2.5-1.0</sub>)  $\pm$  1 błąd standardowy średniej na spodniej stronie liści bluszczu pobranych w szkółce i wzdłuż południowej A38 (Bristol Street) w Birmingham.



## Dyskusja

Wyniki są jednoznaczne, zawsze było znacznie więcej cząstek stałych wychwyconych na liściach bluszczu rosnącego na poboczu drogi A38 w porównaniu z liśćmi bluszczu pobranymi ze szkółki (np. Tablica 6). Można rozsądnie powiedzieć, że Zielone Ekran wzdłuż A38 wychwytyują cząstki stałe z powietrza i poprawiają lokalną jakość powietrza.

Celem tego projektu było po prostu zademonstrowanie, że sadzenie ekranów bluszczowych może wychwytywać cząstki, nie został on zaprojektowany w celu dokładnego określenia ilości usuwanych cząstek w danym okresie czasu. Wynika to z kilku powodów: Wiadomo, że opady deszczu zmywają niektóre, choć prawdopodobnie nie wszystkie, cząstki stałe z liści. Wiadomo również, że różne zakresy wielkości są zmywane bardziej efektywnie niż inne (przy czym mniejsze cząstki są mniej efektywnie zmywane przez deszcz). Nie wiemy, jaka jest różnica w usuwaniu cząstek przez deszcz (lub inne procesy, takie jak wiatr) w odniesieniu do górnej i dolnej powierzchni bluszczu. Chociaż możemy postulować, że opady deszczu usuną proporcjonalnie więcej cząstek z górnej powierzchni niż z dolnej, będzie to zależało od tego, czy liście są rzeczywiście trzymane poziomo (co może nie mieć miejsca, zwłaszcza w warunkach turbulentnego wiatru). Nie wiemy również, jaki wpływ na usuwanie lub zatrzymywanie cząstek mają różne "siły" deszczu (czas trwania, objętość wody w jednostce czasu, prędkość deszczu, wielkość kropli deszczu).

**Uzyskanie pewnego wyobrażenia o usuwaniu cząstek stałych w czasie wymagałoby znacznie bardziej intensywnego programu monitorowania niż podejście migawkowe w niniejszym badaniu.**

Pojawia się jednak pytanie, co te dane tak naprawdę oznaczają? Niepewność związana z danymi została przedstawiona powyżej i w rezultacie, najbezpieczniej jest powiedzieć, że ekrany z bluszczu zdecydowanie usuwają cząstki i poprawiają jakość powietrza. Obrazy na Rysunku 6 pokazują to bardzo wyraźnie i rzeczywiście, nawet jeśli założymy, że żadne cząstki nie zostały usunięte z powierzchni liści z powodu deszczu w ciągu dwóch miesięcy od posadzenia (co jest bardzo mało prawdopodobne), jest jasne, że ekrany są skuteczne w usuwaniu zanieczyszczeń (Ramka 1). Jest jednak prawdopodobne, że deszcz zmywa cząstki z liści i można spekulować, co to oznacza (Ramka 2). Jeśli przyjmiemy dwa skrajne rozwiązania: 1) zakładając, że deszcz nie usuwa cząstek stałych, to w ciągu 66 dni pomiędzy sadzeniem a pobraniem próbek liści na obecność cząstek stałych, fragment zielonego ekranu o powierzchni 1 m<sup>2</sup> wychwytiłby około 9,552 mln cząstek stałych (lub 145 mln/dzień). Z drugiej strony, 2) jeśli założymy, że obfite opady deszczu zmywają prawie wszystkie cząstki, wtedy możemy patrzeć na szybkość usuwania czegoś w rodzaju 3,184 mln/dzień. Różnica pomiędzy tymi dwoma liczbami jest ogromna i pokazuje niepewność w wyciąganiu zbyt wielu stanowczych wniosków na podstawie skąpych danych. Prawdopodobnie wskaźnik usuwania jest wyższy niż 145 milionów dziennie.

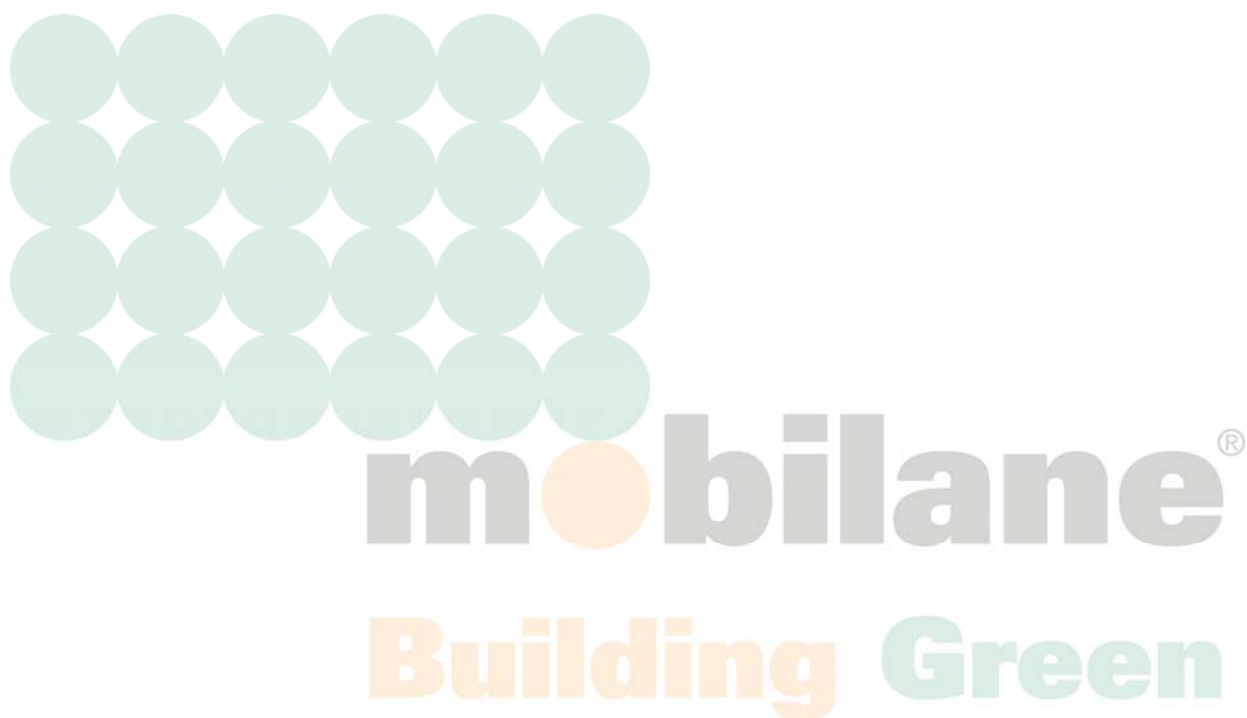
Jest całkiem możliwe, aby być o wiele bardziej dokładnym co do tego ile cząstek stałych jest usuwanych dziennie i jaki wpływ mają opady deszczu na "odświeżanie" powierzchni liści, ale wymagałoby to bardziej szczegółowych badań niż te, które tutaj podjęliśmy.

Los cząstek stałych wychwyconych na liściach jest oczywiście dość ważny. Dwa główne procesy usuwania cząstek stałych to wiatr i deszcz, a straty liści (zrzucanie) również będą miały swój udział. Wiatr będzie miał tendencję do remobilizowania cząstek stałych i zwracania ich do powietrza, a następnie mogą one zostać ponownie wychwycone, jeśli ponownie wejdą w kontakt z roślinnością. Nie wszystkie cząstki złapane na liściach mogą być ponownie zawieszone przez wiatr. Opady deszczu zmyją cząstki, znowu nie wszystkie, a los wody będzie miał wpływ na to, co dzieje się dalej. Jeżeli woda trafia do kanalizacji możemy być pewni, że wszelkie zawieszone cząstki stałe zostaną usunięte z obszaru.

Jeżeli woda ścieka na chodnik lub powierzchnię drogi i gromadzi się tam, gdy w końcu wyschnie, cząstki stałe mogą potencjalnie zostać ponownie zawieszone przez wiatr. Jeśli woda spływa na powierzchnię taką jak trawa, istnieje możliwość ponownego zawieszenia, ale najbardziej prawdopodobne (choć niepotwierdzone) jest to, że cząstki stałe zostaną uwięzione w trawie i mogą ostatecznie zostać włączone do gleby.

#### **Wnioski**

Zielone ekrany zainstalowane wzdłuż Bristol Street przyczyniają się do poprawy walorów wizualnych i poprawy jakości powietrza.



## Ramka 1. Cząstki stałe wychwycone na Bristol Street Screens przy założeniu braku usuwania przez deszcz

Jeśli założymy, że opady deszczu nie usunęły żadnych cząstek z zielonych ekranów w ciągu około dwóch miesięcy od instalacji, to liczba cząstek usuniętych z powietrza na Bristol Street przez przeciętny liść bluszczu = liczba cząstek wychwyconych przez fragment liścia o wymiarach 512  $\mu\text{m}$  x 384  $\mu\text{m}$  pomnożona przez powierzchnię liścia:

### **Obliczanie: liczba cząstek stałych na liść**

*Średnia liczba cząstek stałych w wycinku liścia o wymiarach 512  $\mu\text{m}$  x 384  $\mu\text{m}$  (górna i dolna powierzchnia) = 4049 - 1010 = 3039 (jest to liczba cząstek stałych na liściu przydrożnym pomniejszona o liczbę cząstek stałych występujących w materiale szkółkarskim).*

*Powierzchnia liścia = 3280 mm<sup>2</sup> (lub 32,8 cm<sup>2</sup>)*

*Powierzchnia obrazu = 512  $\mu\text{m}$  x 384  $\mu\text{m}$  = 0,196608 mm<sup>2</sup> Liczba*

*usuniętych cząstek stałych = 3039 x (3280/0.196608)*

*$\approx$  50.698.796 cząsteczek na liść*

Jeśli chcemy znać liczbę cząsteczek usuniętych na metr kwadratowy zielonego ekranu, musimy pomnożyć liczbę cząsteczek zatrzymanych na liściu bluszczu przez liczbę liści. Ale, próbki cząstek stałych zostały pobrane tylko z pobocza drogi, a te z centralnej strony rezerwatu prawdopodobnie nie wychwycą tak wielu cząstek. Realistycznym założeniem może być to, że wychwytyują one o połowę mniej cząstek niż liście znajdujące się przy drodze. Założmy również, że jest taka sama liczba liści z przodu (od strony drogi) i z tyłu (od strony centralnej strefy zastrzeżonej) zielonych ekranów.

### **Obliczenie: liczba cząstek stałych zgromadzonych na m<sup>2</sup> zielonego ekranu**

Liczba liści/m<sup>2</sup> = 15,7 liści w kwadracie o powierzchni 0,0625 m<sup>2</sup>, 16 kwadratów na m<sup>2</sup> oznacza to, że na m<sup>2</sup> zielonego ekranu przypada 251,2 liści; połowa z 251,2 = 125,6. Zatem:

Liczba cząstek stałych po stronie drogi na ekranie/m<sup>2</sup> = 125,6 x 50,698,796

= 6,367,768,724

= 6,367 milionów

Number of particulates on the 'back' of the screen/m<sup>2</sup> = 125.6 x (50,698,796/2)

= 3,183,884,362

= 3,184 million

**Całkowita liczba cząstek stałych usuniętych przez 1 m<sup>2</sup> zielonego ekranu wynosi w przybliżeniu: 9,551,653,086 = 9,552 mln cząstek stałych**



## Ramka 2. Częstki stałe wychwycone na ekranach Bristol Street przy założeniu usuwanie przez deszcz

Jeśli częstki stałe są usuwane zarówno z górnej jak i dolnej powierzchni liści bluszczu przez intensywne opady deszczu, możemy obliczyć dzienny wskaźnik usuwania cząstek stałych.

Możemy założyć, że opady deszczu z 2 lipca były wystarczająco intensywne, aby usunąć znaczną część pyłów znajdujących się na powierzchni liści, i założyć, że opady deszczu z 5 lipca nie usunęły ich zbyt wiele. Sugerowałoby to, że pył zgromadzony na liściach pochodzi z okresu 3 dni (3, 4, 5 lipca). Podstawowa liczba cząstek stałych z roślin hodowanych w szkółce i podlewanych z góry (linię nawadniającą można zobaczyć na górze tunelu polietylenowego na planszy 1) wynosiła 1010 cząstek stałych. Jeśli odejmiemy to od 4049 cząstek stałych wychwyconych przez górną i dolną stronę liści przydrożnych i założymy, że większość z nich została wychwycona w ciągu 3 dni, to otrzymamy liczbę około 1000 cząstek stałych wychwytywanych dziennie na odcinku liścia o wymiarach 512 x 384 mikronów.

Idąc tym tropem i stosując założenia dotyczące powierzchni liścia, liczby liści i wychwyty przód/tył z ramki 1, liczba cząstek stałych osadzonych na pojedynczym liściu bluszczu w ciągu dnia wynosiła ok:

### Obliczenie: liczba cząstek stałych na liść/dzień

$$1013 \text{ (cząstek stałych)} \times (3280/0.196608) = 16,899,599$$

$$= 17 \text{ milionów cząsteczek na liść/dzień}$$

### Obliczenie: liczba cząstek stałych zgromadzonych na m2 zielonego

$$\text{ekranu Liczba cząstek stałych z przodu ekranu/m}^2 = 2,122,589,575$$

$$\text{Liczba cząstek stałych na tylnej stronie ekranu/m}^2 = 1,061,294,787$$

**Całkowita liczba cząstek stałych usuwanych przez 1 m2 ekranu zielonego/dzień wynosi około:**

**3,183,884,362 lub 3,184 mln.**