

**RYMSZA BARBARA**

dr hab. inż. prof. IBDiM,  
Instytut Badawczy Dróg i Mostów,  
03-302 Warszawa, ul. Instytutowa 1,  
tel. 22-39-00-266,  
brymsza@ibdim.edu.pl

**STANISŁAW W. GAWROŃSKI**

prof. dr hab., Szkoła Główna  
Gospodarstwa Wiejskiego,  
02-776 Warszawa, ul. Nowoursy-  
nowska 159, tel. 22-593-20-82,  
stanislaw\_gawronski@sggw.pl

**HELENA GAWROŃSKA**

prof. dr hab., Szkoła Główna  
Gospodarstwa Wiejskiego,  
02-776 Warszawa, ul. Nowoursy-  
nowska 159, tel. 22-593-20-85,  
helena\_gawronska@sggw.pl

# FITOREMEDIACJA SZANSĄ NA PRZYJAZNE ŚRODOWISKO WOKÓŁ DRÓG I ULIC<sup>1</sup>

**Streszczenie.** Fitoremediacja to nowoczesna technologia z pogranicza ochrony środowiska i inżynierii komunikacyjnej, która umożliwia oczyszczania środowiska ze szkodliwych zanieczyszczeń zawartych w powietrzu. Transport drogowy jest głównym źródłem metali ciężkich w terenie zurbanizowanym, dlatego powierzchnie sąsiadujące z jezdniami są znacznie bardziej zanieczyszczone niż stanowiska bardziej oddalone. Podwyższone stężenie metali ciężkich stanowi niebezpieczeństwo dla mieszkańców, którzy przebywają w pobliżu jezdni, gdzie pył z zanieczyszczonej powierzchni może być unoszony przez ruch powietrza.

Niekorzystny wpływ zanieczyszczeń powietrza na samopoczucie, zdrowie i życie człowieka został potwierdzony w wielu publikacjach medycznych. Jednym z najbardziej niebezpiecznych zanieczyszczeń wdychanych przez człowieka są mikropyły (ang. *particular matters*, PM). W wypadku, gdy zanieczyszczenia zostały wyemitowane do atmosfery, jedyną możliwą alternatywą oczyszczenia powietrza jest wykorzystanie biotechnologii środowiskowej – fitoremediacji, czyli uprawy takich roślin, na powierzchni których osadzają się mikropyły. Badania naukowe dotyczące selekcji najbardziej efektywnych gatunków lub odmian do akumulacji PM w terenie zurbanizowanym są jak dotąd rzadko prezentowane w literaturze.

Zastosowanie fitoremediacji w przestrzeni miejskiej jest możliwe dzięki wykorzystaniu nowych rozwiązań dotyczących zagospodarowania poboczy i pasów dzielących dróg i ulic, zarówno w miastach, jak i na terenach pozamiejskich.

W artykule jest mowa o fitoremediacji w przestrzeni dróg i ulic.

Jest duża szansa na to, że wobec rosnącej świadomości na temat znaczenia działań proekologicznych ta nowoczesna propozycja, jaką jest fitoremediacja, zyska aprobatę społeczną.

**Słowa kluczowe:** fitoremediacja, zanieczyszczenia od transportu, ochrona powietrza

## Wprowadzenie

Rozwój cywilizacyjny nieuchronnie wywołuje procesy emisji gazów cieplarnianych, a te determinują powstawanie zmian klimatu. Skład gazów cieplarnianych oraz prognozy dotyczące ich emisji pokazano w tabeli 1. Oddziaływanie na środowisko naturalne dotyczy przede wszystkim tych państw, które charakteryzują się o dużym potencjałem surowcowym i przemysłowym oraz znaczną liczebnością ludności. Przewiduje się, że w perspektywie najbliższych

Tabela 1

Prognoza emisji gazów cieplarnianych dla lat 2015, 2020 i 2030 w podziale na gazy			
GAZY CIEPLARNIANE	2015	2020	2030
	Gg ekwiwalentu CO <sub>2</sub>		
CO <sub>2</sub>	307 460,82	295 821,70	317 815,94
CH <sub>4</sub>	35 512,26	36 204,14	37 621,79
N <sub>2</sub> O	27 629,34	27 801,14	28 439,17
HFCs	3 254,27	3 265,85	3 265,85
PFCs	265,82	260,92	260,92
SF <sub>6</sub>	30,94	35,72	35,72
Całkowita emisja bez uwzględnienia kategorii 5	374 153,45	363 389,47	387 439,40

Źródło: IOS-PIB – KOBIZE

20 ÷ 50 lat jednymi z głównych działań, jakie powinny być podjęte są: poprawa efektywności energetycznej, rozwój technologii niskoemisyjnych oraz zwiększenie udziału w bilansie energetycznym energii pozyskiwanej ze źródeł odnawialnych.

W związku z wyzwaniami wynikającymi ze zmian klimatu ważne znaczenie dla polskiej gospodarki będzie miało poszukiwanie możliwości ograniczania emisyjności sektorów gospodarki, szczególnie tych, które obecnie są naznaczone piętnem wysokiej emisyjności.

Nie mniej ważne będzie także umiejętne oczyszczanie powietrza z zanieczyszczeń. Niżej zaprezentowano informacje na temat możliwości zastosowania fitoremediacji do obniżenia poziomu zanieczyszczeń wokół tras komunikacyjnych.

## Transport a emisja zanieczyszczeń

Polska, jako kraj modernizujący swoją gospodarkę, powinna mimo przewidywanego wzrostu emisji gazów cieplarnianych ograniczyć ich emisję. Prognozy dotyczące emisji CO<sub>2</sub> w transporcie na tle wybranych źródeł emisji zestawiono w tabeli 2.

Gospodarka współczesna jest zależna od transportu, często porównywanego do krwioobiegu żywych organizmów. Dominująca część środków transportu do realizacji swej funkcji pozyskuje energię ze spalania płynnych lub gazowych węglowodorów, których kompletne spalanie w rze-

<sup>1</sup> © Transport Miejski i Regionalny, 2013. Wkład autorów w publikację: B. Rymsza 34%, S. W. Gawroński 33%, H. Gawrońska 33%.

Tabela 2

Prognozowane emisje CO <sub>2</sub> w podziale na kategorie źródeł IPCC			
Kategorie ŹRÓDEŁ emisji GAZÓW CIEPLARNIANYCH	2015	2020	2030
	Gg CO <sub>2</sub>		
1. Energia	279 382,96	266 848,19	286 702,79
A. Spalanie paliw	278 848,02	266 339,49	286 273,08
• Przemysł energetyczny	157 359,05	141 181,34	149 714,36
• Przemysł wytwórczy i budownictwo	27 687,78	29 656,03	33 156,55
• Transport	42 519,50	45 455,16	55 564,07
• Inne sektory	51 281,69	50 046,95	47 838,10
B. Emisja lotna z paliw	534,94	508,70	429,71
• Paliwa stałe	1,31	1,34	1,48
• Ropa naftowa i gaz ziemny	533,62	507,35	428,23
2. Procesy przemysłowe	27 052,08	27 949,50	30 086,62
• Produkty mineralne	11 882,11	12 683,53	14 820,65
• Przemysł chemiczny	4 324,21	4 324,21	4 324,21
• Produkcja metali	9 788,79	9 884,78	9 884,78
• Inne wyroby	6,32	6,32	6,32
• Inne procesy	1050,65	1050,65	1050,65
3. Użytkowanie rozpuszczalników	711,53	711,53	711,53
4. Rolnictwo	-	-	-
5. Użytkowanie gruntów i leśnictwo	-45 623,39	-46 262,19	-47 539,77
6. Odpady	314,25	312,49	315,01
• Składowanie odpadów stałych	-	-	-
• Gospodarka ściekami	-	-	-
• Spalanie odpadów	314,25	312,49	315,01
Całkowita emisja CO <sub>2</sub> bez kat. 5	307 460,82	295 821,70	317 815,94
• Emisja CO <sub>2</sub> z biomasy	25 509,40	33 201,32	38 654,66

czywistości nie jest możliwe. Paliwa kopalne zawierają metale, które w procesie spalania są uwalniane do środowiska (w tym również metale ciężkie) [1]. Niestety również niekompletnie spalane są związki organiczne zawarte w paliwach, co skutkuje pojawieniem się w powietrzu drobin węgla oraz szeregu związków chemicznych w tym: wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych (WWA), benzenu i jego pochodnych, toluenu, etylobenzenu i ksyłenu (BTEX) dioksyn i furanów, tlenków azotu (NO<sub>x</sub>), tlenków węgla (CO, CO<sub>2</sub>), ozonu (O<sub>3</sub>).

Oddzielną grupą zanieczyszczeń uwalnianych do powietrza przez środki transportu jest pył zawieszony (mikropyły PM – ang. *Particulate Matter*) [2]. Pyły zawieszony, w ostatnich latach zostały uznane przez Europejską Agencję Ochrony Środowiska jako najbardziej groźne dla środowisk zurbanizowanych, w tym także dla człowieka. Raport tej instytucji szacuje, że pył zawieszony skraca długość życia przeciętnego Polaka o osiem miesięcy, a mieszkańca Górnego Śląska o około 36 miesięcy [3]. Pył zawieszony stanowią zwykle drobinę węgla i innych związków, unoszące się w powietrzu przez okres od kilku godzin do kilku tygodni. Pył zawieszony razem z powietrzem może być przenoszony na znaczne odległości, przy czym bezpośrednio po emisji, jak i później, mikropyły są jądrem kondensacji, gromadząc na swej powierzchni kolejną porcję zanieczyszczeń. Dodatkowo pewną porcję pyłu zawieszonego dostarcza ścierany: asfalt, opony, tarcze i klocki hamulcowe. Odporność środowiska naturalnego na te czynniki jest bardzo zróżnicowana (fot. 1)



Fot. 1. Różnice międzygatunkowe drzew w tolerancji zanieczyszczeń powietrza (fot. S. Gawroński)

## Działania ograniczające emisję

Większość zanieczyszczeń powietrza jest trudna lub wręcz niemożliwa do usunięcia.

W tym miejscu należy pamiętać o podstawowej zasadzie w ochronie środowiska, jaką jest ograniczenie źródła emisji. Lista działań ograniczających emisję zanieczyszczeń emitowanych przez środki transportu jest znaczna i obejmuje szereg pozycji [4], z tym że ich realizacja wymaga zaangażowania różnych służb publicznych. Wśród takich działań wymienia się między innymi:

- usprawnienie ruchu drogowego,
- ograniczenie liczby zatrzymań i ostrych zakrętów,
- redukcja liczby i kąta nachylenia wzniesień,
- wymuszenie ograniczeń prędkości,
- wydzielenie pasów ruchu dla pojazdów przewożących wielu pasażerów,
- skrócenie czasu, kiedy samochody są na biegu jałowym,
- przestrzeganie ograniczeń wagowych pojazdów,
- ograniczenie pojazdów z przyczepami,
- skierowanie samochodów ciężarowych na obwodnice,
- poprawa systemu pomocy drogowej,
- używanie dodatków do paliw,
- stosowanie materiałów wysokiej jakości na nawierzchnię dróg,
- wprowadzenie nowych standardów dla pojazdów,
- modernizacja istniejących pojazdów,
- zwiększenie kontroli pojazdów w celu utrzymania ich w dobrym stanie,
- wdrożenie programu wymiany starych pojazdów (ułatwienia w złomowaniu).

Wszelkie ograniczenia emisji zanieczyszczeń przez pojazdy mechaniczne są działaniami pierwszoplanowymi. Mimo podejmowanych działań głównym emitorem znacznej ilości zanieczyszczeń są miliony pojazdów poruszających się (i stojących w korkach) na naszych drogach, czyniąc transport jednym z głównych trucicieli środowiska, a w przypadku powietrza – dominującym.

Znaczna część szkodliwych związków i substancji depozytowana jest w otoczeniu źródła ich emisji [5], a więc na

powierzchniach gleby i jest, za sprawą opadów, wolno przemieszczana w głąb profilu glebowego. W wyniku tego związki rozpuszczalne w wodzie mogą dostać się do wód gruntowych. Większość tych zanieczyszczeń jest jednak zatrzymana w wierzchniej warstwie gleby i absorbowana przez próchnicę glebową. Metale, mimo że w większości są zatrzymywane przez kompleks sorpcyjny gleby, to jednak w pewnym stopniu przemieszczają się w głąb, natomiast związki organiczne są, chociaż wolno, rozkładane przez mikroorganizmy. Warto zwrócić uwagę na rolę gleby w otoczeniu dróg, będącej głównym absorbentem zanieczyszczeń emitowanych przez środki transportu, szczególnie jeśli rosną na niej rośliny, które stymulują procesy mikrobiologiczne.

Zanieczyszczenia zawarte w spalinach, które opadają na „zakrytą” glebę (drogi, chodniki, budynki), są zmywane przez deszcz i z wodą opadową docierają do rzek, gromadząc się po drodze w osadach dennych.

Zgromadzone tam w większych ilościach stanowią tzw. bombę ekologiczną, albowiem w trakcie powodzi wzburzony prąd wody porywa je, a zmieniający się odczyn może uczynić je wielokrotnie bardziej rozpuszczalnymi. Tym samym stają się bardziej biodostępne dla żyjących w sąsiedztwie mikroorganizmów, roślin, a także człowieka. W Europie nowoczesne miasta przestały już odprowadzać wodę deszczową bezpośrednio do rzek, gromadząc ją w osadnikach, i odprowadzają do rzek w pewnym stopniu oczyszczone. Losy zanieczyszczeń emitowanych przez środki transportu, gromadzących się w glebie czy wodzie, są częściowo monitorowane i, gdy osiągną poziom przekraczający dopuszczalne normy, mogą być usuwane ze środowiska.

Największe trudności sprawiają zanieczyszczenia, które lokują się w powietrzu i tutaj właściwie jedynym składnikiem środowiska, który jest w stanie je zatrzymać w znacznych ilościach, są rośliny [6, 7]. Rośliny, które mogą i powinny rosnąć zarówno przy drogach pozamiejskich, jak i na terenie zabudowanym.

### Fitoremediacja i jej znaczenie dla czystości powietrza wokół dróg

Organizmy roślinne ze względu na osiadły tryb życia, nie mogąc się przemieszczać tak jak człowiek czy zwierzęta, aby przeżyć, musiały wykształcić w trakcie ewolucji mechanizmy obronne umożliwiające im bytowanie w niekorzystnych warunkach. Zdolność roślin do obrony przed toksynami jest większa niż innych organizmów, co w ostatnich latach stało się przedmiotem intensywnych badań.

Pozyskana wiedza w tym obszarze pozwoliła na powstanie w ramach biotechnologii środowiskowej nowej dyscypliny zwanej fitoremediacją. Nazwa wywodzi się od dwóch słów: fito – w języku greckim znaczy roślina oraz remediacja – w języku łacińskim „remedium” oznacza odtrutkę, przeciwdziałanie złu.

Organizmy roślinne dla gromadzenia energii słonecznej w procesie fotosyntezy tworzą olbrzymie powierzchnie, na których jednocześnie zatrzymywane są zanieczyszczenia, a wiele z nich po wnikięciu do tkanek jest również detoksyfikowana. Powierzchnia roślin trawiastych może być dwu-

lub trzykrotnie większa od powierzchni gleby, którą zajmują, a określa to tzw. LAI (*Leaf Area Index*). U krzewów ten wskaźnik wynosi 5 do 7, a u drzew może osiągać wartość 10 i więcej. Obrazowo przedstawiając 1 metr powierzchni gleby w wypadku drzew jest przykryty dziesięcioma warstwami liści.

Zanieczyszczenia gazowe, takie jak: benzen i jego pochodne, tlenki azotu, tlenki węgla, ozon i 3–4 pierścieniowe WWA występują w postaci gazowej, a rośliny pochłaniają je przez aparaty szparkowe podobnie jak CO<sub>2</sub>, które jest niezbędne dla fotosyntezy. Cząsteczki pyłu zawieszonego są zbyt duże, aby mogły wnikać tą drogą do wnętrza rośliny (z wyjątkiem bardzo drobnych), w olbrzymiej większości akumulują się więc na powierzchni liści i pędów.

Metale ciężkie przeniesione przez pył zawieszony na powierzchnię rośliny lokują się w pokrywającym rośliny nalocie woskowym, z którego wolno dyfundują do wnętrza komórek.

Proces ten jest analogiczny do przemieszczania się esencji herbaty ostrożnie wlanej na powierzchnię wody w szklance, a samo zjawisko zachodzi na drodze dyfuzji. Metale po wnikięciu do komórek roślinnych są transportowane do części, w których są mniej toksyczne, takich jak wakuola czy ściany komórkowe. Na tej samej drodze wnikają do tkanek roślinnych węglowodory aromatyczne.

Natomiast pył zawieszony jest zbyt duży i dlatego zwykle jest zatrzymywany pomiędzy włoskami, w zagłębieniach liści np. wzdłuż „nerwów” i w nalocie woskowym. Część mikropyłów zgromadzonych na blaszkach liściowych może być zmywana przez deszcz i zdmuchiwana przez wiatr. Czyli ma miejsce reemisja zanieczyszczeń do powietrza i opadanie ich na glebę. Mikropyły akumulowane na blaszkach wraz z tymi, które tkwią w woskach i wewnątrz komórek, jesienią razem z opadłymi liśćmi mogą być zbierane i poddane kontrolowanej utylizacji (najlepiej spalaniu). W każdej z tych sytuacji pył zawieszony, który rośliny zatrzymują na swej powierzchni, zostaje usunięty z powietrza, czyli ma miejsce fitoremediacja powodująca, że człowiek oddycha czystszy powietrzem.

Rozprzestrzenianie pyłu zawieszonego i substancji toksycznych można ograniczyć, tworząc przeszkodę w pobliżu ich emisji, do czego najlepiej nadają się rośliny pełniące rolę bariery i filtru biologicznego na trasie przemieszczających się zanieczyszczeń (fot. 2). Ten roślinny filtr można znacznie usprawnić przez dobór odpowiednich gatunków i ich właściwe rozmieszczenie. Rośliny w wielu wypadkach mogłyby zastąpić budowane ostatnio masowo ekrany przeciwhałasowe, budzące często protesty mieszkańców.

W ostatnich latach poznano zdolności wielu gatunków [2] roślin drzewiastych, krzewów i pnączy rosnących w Polsce do gromadzenia pyłu zawieszonego. O potencjale do gromadzenia przez rośliny pyłu zawieszonego świadczą dane dla najlepszych z nich: jesion wyniosły (fot. 3), brzoza zwisła czy jarząb szwedzki gromadzą ponad 40 µg mikropyłów na 1 cm<sup>2</sup> liścia.

Podkreślić należy, że dopuszczalna unijna norma dla pyłu zawieszonego wynosi właśnie 40 µg, ale w jednym metrze sześciennym powietrza. W otoczeniu wielu dróg norma ta jest systematycznie przekraczana. Wprawdzie dopuszcza się jej przekroczenie do 50 µg/m<sup>3</sup>, ale tylko 35 razy w roku, podczas gdy



Fot. 2. Drzewa pełniące rolę bariery i filtru biologicznego na trasie przemierzających się zanieczyszczeń (fot. S. Gawroński)

np. Warszawa liczbę przekroczeń od kilku lat osiąga już w kwietniu. Warto pamiętać, że po roku 2020 obowiązywać będą nowe, ostrzejsze przepisy w tym zakresie, co oznacza, w najbliższych latach, konieczność podjęcia intensywnych działań zmierzających do zmniejszenia poziomu pyłu zawieszzonego w powietrzu.

Wśród gatunków o dużej zdolności do gromadzenia mikropyłów (powinny być polecane nasze rodzime gatunki), nadających się do nasadzeń w otoczeniu dróg szybkiego ruchu wymienić można: jesion wyniosły, klon zwyczajny, klon jawor, rodzime gatunki lip, brzoza zwisła, grusza polna i jarzębina zwyczajna, a w pewnej odległości od jezdni szybko rosnące wierzby i topole. Na terenie miast, gdzie zieleń pełni również ważne funkcje estetyczne, ulice o dużym natężeniu ruchu obok wyżej wymienionych gatunków obsadzone mogą być: platanem klonolistnym, robinią akacjową, modrzewiem japońskim, jesionem pensylwańskim, leszczyną turecką i jarzębem szwedzkim.

W otoczeniu dróg szybkiego ruchu i ulic w mieście powinny się znaleźć również krzewy, które ze względu na niższy wzrost można sadzić bliżej jezdni, a przy rozdzielonym ruchu także na środkowym pasie (fot. 4). W tej grupie roślin jest również szereg gatunków o doskonałych zdolnościach fitoremediacyjnych; przykładowo dla dróg szybkiego ruchu może to być: leszczyna pospolita, cis pospolity, ałyczka, śliwa tarnina czy kalina koralowa.



Fot. 3. Jesion wyniosły na ulicy Hożej w Warszawie, jeden z najlepszych fitoremediantów (fot. S. Gawroński)



Fot. 4. Otoczenie autostrad w okolicach Pekinu, Chiny, 2008 (fot. S. Gawroński)

Dla miasta lista ta jest znacznie dłuższa; swoimi zdolnościami fitoremediacyjnymi wyróżniają się na niej: pęczerznica kalinolistna, tawlina jarzębolistna, dereń biały i rozłogowy, róża pomarszczona, Paciorecznik ogrodowy (fot. 5) oraz wymieniony już cis pospolity. Na drogach z rozdzielonymi pasami ruchu pas środkowy obsadzony może być wierzwą purpurową, różą pomarszczoną czy żółtolistną odmianą bzu czarnego „Aurea”.

Oddzielną grupę roślin stanowią pnącza, które powinny znaleźć większe zastosowanie w otoczeniu dróg zarówno, jako towarzyszące gatunkom drzewiastym, ale przede wszystkim jako rośliny zakrywające masowo budowane obecnie ekrany. Pnącza nie tylko poprawiają estetykę tych ekranów, ale również wzmacniają tłumienia hałasu, co w kontekście tematu niniejszego artykułu jest atutem pierwszoplanowym, gdyż tworzą one bardzo dużą „czynną” powierzchnię gromadzącą zanieczyszczenia emitowane przez pojazdy. Gatunkiem numer jeden jest bluszcz pospolity. Jest to gatunek rodzimy, zimozielony (czyli gromadzący mikropyły przez cały rok, bo nie zrzuci liści jesienią) i mimo że wolniej rośnie niż inne pnącza, powinien być sadzony częściej niż obecnie. Na obsadzenie ekranów nadaje się także winobluszcz pięciolistkowy i trójklapowy (fot. 6) oraz winorośl pachnąca. Obecnie ocenia się również przydatność szeregu innych gatunków pnączy.



Fot. 5. Paciorecznik ogrodowy (*canna xgeneralis*) jest jednym z najlepszych fitoremediantów metali ciężkich, WWA oraz mikropyłów (fot. S. Gawroński)



Fot. 6. Winobluszcz trójklapowy, pnące na ściany budynków i ekrany (fot. S. Gawroński)



Fot. 7. Drzewa lipy wraz z odrostami na pniu stanowią doskonały filtr biologiczny dla zanieczyszczeń (fot. H. Gawrońska)

## Podsumowanie

Transport drogowy i kolejowy emitujący duże ilości pyłu zawieszonego powoduje w miastach duże zanieczyszczenie powietrza. W większych miastach normy są przekraczane przez wiele dni w roku. A pył zawieszony jest drugim po paleniu tytoniu czynnikiem wywołującym raka płuc.

Mając na uwadze zdrowie mieszkańców, zarówno rozległych aglomeracji miejskich, ale także mniejszych miejscowości na terenie całego kraju, należy bacznie przyglądać się możliwościom ograniczenia negatywnych skutków użytkowania środków transportu. Pamiętając, że przyglądanie się nie daje właściwych efektów, należy wziąć pod uwagę przedkładaną wyżej propozycję – fitoremediacji dróg i ulic, czyli stosowania właściwych nasadzeń roślinności, umożliwiającej oczyszczanie środowiska z pyłów i zanieczyszczeń zawieszonych w powietrzu.

Wydaje się także, że proponowane działania mające na celu ograniczenie negatywnych skutków rozwoju sektora transportu powinny uzyskać poparcie zarówno mieszkańców, jak i władz samorządowych oraz zarządców dróg. Co więcej, należy być przygotowanym na to, że wraz ze zwiększaniem się zanieczyszczenia powietrza, szczególnie na terenach miejskich, zostaną wprowadzone przepisy, które, wzorem wymagań stosowanych w odniesieniu do hałasu, ograniczą dopuszczalny poziom zanieczyszczeń w powietrzu. Wówczas niezbędne stanie się stosowanie rozwiązań mających na celu i ograniczenie emisji tych zanieczyszczeń, ale także ich usuwanie ze środowiska.

Istotnym narzędziem w obniżaniu zawartości wyemitowanych pyłów zawieszonych w powietrzu mogą być odpowiednie gatunki roślin (fot. 7). Prace badawcze polegające na określeniu zdolności remediacyjnych poszczególnych gatunków roślin są prowadzone od niedawna, ale naukowcy odnoszą na tym polu ogromne sukcesy. Przykładem mogą być wyniki badań prowadzonych na SGGW, opisane m.in. w publikacjach cytowanych w tej pracy.

Przykładowo – w miastach na ulicach i placach oraz w otoczeniu budowanych autostrad znajdują się pasy terenu, które powinny podlegać zadrzewieniu tak zaprojektowanemu, aby pełniły funkcje fitoremediacyjne.

Obecnie nasze społeczeństwo jest nastawione bardzo proekologicznie, powinno zatem zaakceptować także konieczność rezerwowania terenów przeznaczanych pod nasadzenia.

Obsadzanie otoczenia dróg w powiązaniu w obowiązkiem przeznaczenia części powierzchni pod bioróżnorodność znacząco ograniczy poziom zanieczyszczenia powietrza, jakie generuje transport. Może także korzystnie wpłynąć na ograniczenie rozprzestrzeniania się hałasu wokół tras komunikacyjnych, ale to jest już zupełnie inne zagadnienie.

Zdaniem autorów, którzy dają przykład współpracy dwóch, z pozoru bardzo odległych dziedzin: ogrodnictwa i drogownictwa, jest duża szansa na to, że wobec rosnącej świadomości działań proekologicznych ta nowoczesna propozycja, jaką jest fitoremediacja, zyska aprobatę społeczną. Dowodem na to niech będzie duże zainteresowanie wśród drogowców referatem [8] zaprezentowanym podczas LV Technicznych Dni Drogowych w 2012 roku.

## Literatura

1. Fuller M., Bai S., Eisinger D., Neimeier D., *Peactical mitigation measures for Diesel articulate matter: Near-road vegetation barriers*, US Davis Caltrans, 2009.
2. Preciado H., Li L.Y., *Evaluation of metal loadings and bioavailability in air, water and soil along two highways of British Colombia, Canada. Water, Air, and Soil Pollution 172*, 2005.
3. Bowker G.E., Baldauf R., Isakov V., Khlystov A., Peterson W., *The effects of roadside structures on the transport and dispersion of ultrafine particles from highways Atmospheric Environment 41*, 2007.
4. EEA (European Environment Agency), *Air pollution in Europe 1990–2004*, Office for Official Publications of the European Communities, Copenhagen, Report No 2/2007.
5. Zhy Y., Hinds W.C., Kim S., Sioutas C., *Study of ultrafine particles near a major highway with heavy-duty diesel traffic*, Atmospheric Environment, 2002, vol. 36 (27).
6. Dzierżanowski K., Popek R., Gawrońska H., Sæbø A., Gawroński S.W., *Deposition of particulate matter of different size fractions on leaf surfaces and in waxes of urban forest species*, International Journal of Phytoremediation 13, 2011.
7. Sæbø A., Popek R., Nawrot B., Hanslin H.M., Gawrońska H., Gawroński S., *Plant species differences in particulate matter accumulation*, Science of the Total Environment, 2012.
8. Gawroński S., Gawrońska H., Rymsha B., *Gospodarka niskoemisyjna a fitoremediacja dróg*, Materiały konferencji LV Techniczne Dni Drogowe, Ossa, 13 ÷ 15 listopada 2012.