



**EFEKT BRZEGOWY DROGI A WYSTĘPOWANIE  
KRZEWINEK Z RODZINY *ERICACEAE* I ZMIENNOŚĆ pH  
GLEB W PUSZCZY NOTECKIEJ**

***Paweł Mizera, Sylwester M. Grajewski***  
*Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu*

***THE DEPENDENCE OF THE ROAD EDGE EFFECT ON THE  
DWARF SHRUBS OCCURRENCE FROM THE ERICACEAE  
FAMILY AND VARIABILITY OF pH SOILS IN THE  
PUSZCZA NOTECKA FOREST***

**Streszczenie**

W dotychczasowych badaniach wiele uwagi poświęcano wpływowi ciągów komunikacyjnych m.in. na zanieczyszczenie gleb metalami ciężkimi, utrudnioną migrację zwierząt, hałas czy synantropizację szaty roślinnej. W niniejszej pracy zbadano oddziaływanie drogi o bardzo małym natężeniu ruchu na roślinność zielną, a w szczególności na występowanie 3 gatunków roślin z rodziny wrzosowatych: wrzosu zwyczajnego, borówki czarnej i borówki brusznicy, oraz zmienność pH gleb. Obserwacje prowadzono w drzewostanach sosnowych w siedlisku boru świeżego i boru mieszanego świeżego na terenie Puszczy Noteckiej. Założono dwanaście prostopadłych do osi drogi prostokątnych powierzchni doświadczalnych – transektów. Na każdym z nich wyznaczono 3-4 działki badawcze zlokalizowane w różnej odległości od krawędzi jezdni. Na działkach przeprowadzono obserwacje roślinności i pomiary pH gleb. Uzyskane z transektów wyniki uśredniono w obrębie działek ulokowanych w tej samej odległości od drogi i porównano z innymi stosując metody statystyczne. Przy drodze próchnica leśna okazała się istotnie mniej kwaśna niż w głębi drzewostanu, obficie występowała roślinność zielna, w tym wrzos zwyczajny, rzadziej

natomiast pojawiały się borówka czarna i brusznica, których to częstość występowania istotnie rosła wraz ze zwiększaniem odległości od drogi.

**Słowa kluczowe:** bory sosnowe, wrzosowate, *Calluna vulgaris*, *Vaccinium myrtillus*, *Vaccinium vitis-idaea*

### *Abstract*

*The development of the transportation network brings both benefits and threats. Much attention is paid to soil contamination with trace elements, difficulties in animal migration, noise propagation or synanthropisation of the vegetation cover. This paper deals with the effect of provincial very low-volume road No. 150 on the herbaceous vegetation cover; especially on the occurrence of 3 species of the heather family: *Calluna vulgaris*, *Vaccinium myrtillus* and *V. vitis-idaea*. Observations were conducted in pine stands in fresh coniferous forest and fresh mixed coniferous forest sites in the Puszcza Notecka Forest, Poland – one of the larger forest complexes in Europe. Twelve rectangular experimental sites were established perpendicular to the road axis, called belt transects. Each of them consisted of 3-4 plots located at different distances from the pavement edge. Measurements and estimations of herbaceous vegetation cover and pH soils were recorded for the each plots. Values from all belt transects were approximated within plots at the same distance from the road and then compared using statistical methods. By the road humus was a less acidic than in the depth of the tree stand, there was more abundant herbaceous vegetation, including *Calluna vulgaris*, but rarely appeared *Vaccinium myrtillus* and *V. vitis-idaea* whose incidence is increased with increasing distance from the road edge.*

**Keywords:** pine forests, *Calluna vulgaris*, *Vaccinium myrtillus*, *Vaccinium vitis-idaea*, low-volume roads

### WSTĘP

Oddziaływanie szlaków komunikacyjnych na środowisko jest zagadnieniem bardzo rozległym i często podejmowanym przez ekspertów z różnych dziedzin nauk biologicznych, leśnych, technicznych i ekonomicznych (np. Kopecký, 1978; Sheate i Taylor, 1990; Forman i Alexander, 1998; Kuitunen i in., 2003; Koivula i Vermeulen, 2005; Bignal i in., 2007; Czerniak i in., 2007; Eigenbrod i in., 2008; Garcia-Gonzaleza i in., 2012; Valentukevičienė, 2016).

Intensywnie eksploatowane drogi są, m.in. przyczyną wyraźnego podwyższenia odczynu gleb w sąsiadujących z nimi strefach (Czepińska-Kamińska

i in., 1997; Czepińska-Kamińska i Janowska, 1999), przy czym wyraźniejsze związki zmian pH z odległością od pasa drogowego odnotowano w przypadku siedlisk uboższych (Niżnik, 1998). Zmiany odczynu mogą być związane nie tylko z imisjami, ale również z odmiennym składem gatunkowym leśnych stref ekotonowych. Rozpoznane jest alkalizujące działanie opadu listowia jak również związków chemicznych używanych do zimowego utrzymania nawierzchni (Czerniak, 2004). Proces ten przy drogach przecinających tereny leśne może być neutralizowany opadem sosnowego igliwia tworzącego kwaśną ściółkę (Wróbel i in., 2006). W układzie pionowym ektopróchnica cechuje się niemal zawsze niższym o jednostkę odczynem w porównaniu do endopróchnicy (Czepińska-Kamińska i Janowska, 1999). Niskie pH gleby powoduje, m.in. uruchomienie i zwiększenie przyswajalności metali ciężkich przez rośliny (Czerniak, 2004).

Ruch i eksploatacja pojazdów nie są jedynymi potencjalnymi źródłami zanieczyszczenia środowiska stref przydrożnych. Pierwiastki śladowe mogą przenikać do gruntów, wód podziemnych oraz roślin także z materiałów użytych do budowy nawierzchni (Czerniak, 2004; Czerniak i Kayzer, 2006). Zagrożenie takie staje się realne szczególnie w przypadku wykorzystywania w drogownictwie nieodpowiednich przemysłowych materiałów odpadowych (Czerniak i in., 2001; Kamiński i in., 2001a, b; 2002a, b).

Budowa dróg i komunikacja należą, obok m.in. rolnictwa, leśnictwa, górnictwa, urbanizacji, turystyki i rekreacji, do tzw. zoo-antropogenicznych zespołów czynników synantropizacji szaty roślinnej (Faliński, 1994). Procesy synantropizacji uwidaczniają się szczególnie jaskrawo na granicy kompleksów leśnych i na obrzeżach szlaków komunikacyjnych (Balcerkiewicz i Kasprowicz, 1989). Pomędzy tymi sytuacjami zachodzą czytelne analogie: pasowy układ elementów składowych, koncentracja na niewielkiej przestrzeni wielu zbiorowisk roślinnych oraz nadzwyczajne bogactwo florystyczne (Paszek i Załuski, 2000). Te strefy przejścia (granice) określane są często mianem korytarzy czy marginesów ekologicznych (Ratyńska i Szwed, 1996; Szwed i in., 1999; Szwed i Perkiewicz, 2010). Na poziomie krajobrazu synantropizacja przejawia się we fragmentacji kompleksów leśnych, wzroście mozaikowatości i heterogeniczności szaty roślinnej (Faliński, 1994). Na szczeblu roślinności procesy synantropizacji mają charakter dyferencjacji i komplikacji. Ich istota polega na prezentacji na bardzo małej przestrzeni dużej różnorodności zbiorowisk roślinnych. Komponenty strefy granicznej rozmieszczone są w układzie pasowym. Może ona też ulegać licznym modyfikacjom w zależności od sposobu gospodarowania. Kolejne elementy strefy granicznej – od lasu ku zbiorowiskom synantropijnym, wykazują stały gradientowy wzrost nasilenia antropopresji. Zespoły leśne strefy granicznej przedstawiają często liczne formy degeneracyjne. Na brzegu łąk może dochodzić do fruticetyzacji, w buczynach, kwaśnych dąbrowach i borach – bryofityzacji, a na pograniczu wszystkich wymienionych zespołów do

cespityzacji. Synantropizacja szaty roślinnej na poziomie flory przejawia się w znacznej jej dynamice.

Drogi stanowią również dla roślin szlaki wędrówek i umożliwiają wnikanie do lasu gatunków nieleśnych, obcych geograficznie i ekologicznie (Szwed i in., 1999; Andres, 2005; Szwed i Perkiwicz, 2010). Przy drogach spotyka się więcej gatunków roślin niż wewnątrz lasu, zachwiana zostaje proporcja między gatunkami leśnymi i nieleśnymi na korzyść tych drugich, tj. okrajkowych, murawowych, porębowych, łąkowych, segetalnych i ruderalnych rzadziej bagiennych. Strefa graniczna lasu charakteryzuje się wzrostem udziału roślin jednorocznych, antropofitów i gatunków heliofilnych oraz równoległym spadkiem znaczenia gatunków skiofilnych i leśnych (Balcerkiewicz i Kasprowicz, 1989). Obserwuje się też zmiany w budowie pionowej zbiorowiska leśnego. Na powierzchniach położonych najbliżej drogi notuje się więcej gatunków w warstwie drzew przy jednoczesnym rozluźnieniu zwarcia tego piętra, największe bogactwo florystyczne i pokrycie w warstwach krzewów i zielnej oraz najmniej gatunków i najmniejsze pokrywanie w warstwie porostowo-mszystej.

Drogi leśne przyczyniają się do zwiększenia częstości występowania nie tylko gatunków obcych – nieleśnych, ale także leśnych, nawet tych zagrożonych (Ziarnek, 2000). Ponadto na granicy kompleksów leśnych o charakterze subatlantyckim mogą skupiać się elementy termofilne o subkontynentalnym typie zasięgu (Balcerkiewicz i Kasprowicz, 1989; Balcerkiewicz i Brzeg, 1993). Drogi stanowią zatem czynnik powiększający bioróżnorodność (Paszek i Załuski, 1998; Szwed i in., 1999; Paszek i Załuski, 2000; Szwed i Perkiwicz, 2010). Na szczeblu populacyjnym procesy synantropizacji szaty roślinnej mogą ujawniać się, np. w tworzeniu form skarłowaciałych. Andres (2005) łączy wytrzymałość poszczególnych gatunków roślin na wydeptywanie z ich formą życiową wg Raunkiaera. Najbardziej odporne są geofity, hemikryptofity i terofity, w przeciwieństwie do chamefitów o wysokich i wiotkich łodygach, podatnych na uszkodzenia mechaniczne.

Celem pracy było określenie oddziaływania drogi o bardzo niskim natężeniu ruchu na występowanie roślin warstwy zielnej (c), w szczególności 3 gatunków z rodziny wrzosowatych *Ericaceae*: wrzосу zwyczajnego *Calluna vulgaris* (L.) Hull, borówki czarnej *Vaccinium myrtillus* L. i borówki brusznicy *V. vitis-idaea* L., oraz zmienność pH gleb leśnych w warunkach borów Puszczy Noteckiej.

## MATERIAŁ I METODY

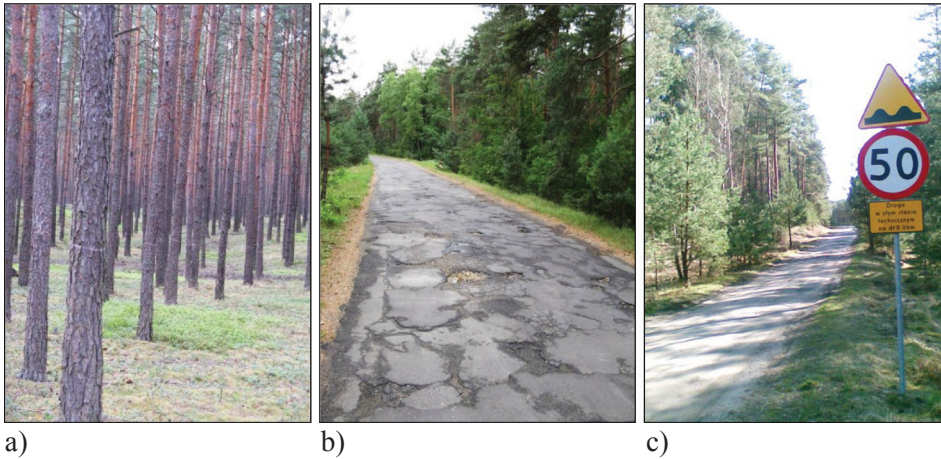
Badania terenowe, wykonane w ramach prowadzonego szerokiego programu badawczego dotyczącego wpływu drogi wojewódzkiej (DW) nr 150 na wybrane cechy taksacyjne drzewostanów sosnowych w Puszczy Noteckiej,

przeprowadzono w drzewostanach sąsiadujących z drogą DW 150 od 21+220 do 26+696 kilometra bieżącego tej trasy (rys. 1a, Mizera, 2011). Droga ta zaliczona jest do klasy dróg zbiorczych Z, a poruszać się po niej mogą pojazdy o maksymalnym nacisku na oś do 80 kN. DW 150 na odcinku badań posiada nawierzchnię bitumiczną, jest jednojezdniowa (szerokość pasa drogowego 12, korony drogi 8 i jezdni 5 m), w bardzo złym stanie technicznym (rys. 1b), bez wyznaczonych pasów ruchu, z nieumocnionymi obustronnymi poboczami, fragmentami odwadniana jest wypłyconymi i najczęściej niedrożnymi rowami przydrożnymi.

Średni dobowy ruch pojazdów na drodze DW 150 w 2010 r. badany w punkcie o kilometrażu bieżącym 12+300 wyniósł 173 pojazdy, w tym: 11 motocykli, 151 samochodów osobowych i mikrobusów, 7 lekkich samochodów dostawczych, 1 samochód ciężarowy i 3 samochody ciężarowe z przyczepami (Pomiar... 2010), co pozwala zaliczyć ruch na drodze DW 150 do kategorii KR1 (Judycki i in. 2012). Podkreślić należy, że na uzyskane wyniki rzutował wybór miejsca pomiaru ruchu zlokalizowany w wypoczynkowej miejscowości Chojno. Stąd dominujący udział pojazdów osobowych dojeżdżających tam z kierunku Wronek. W opinii zarządcy drogi jak i z obserwacji własnych wynika, że otrzymane rezultaty pomiaru natężenia ruchu dla odcinka na którym prowadzono badania w ramach niniejszej pracy należałoby zmniejszyć co najmniej o 2/3.

Obszar badań wybrano ze względu na jego reprezentatywność dla terenu Puszczy Noteckiej, zarówno w stosunku do analizowanego odcinka drogowego jak i okalających go drzewostanów. Obserwacje prowadzono na dwunastu prostokątnych powierzchniach doświadczalnych – transektach, które założono w monokulturach sosnowych IV (61-80 lat) i V (81-100 lat) klasy wieku drzewostanu w siedliskach boru świeżego (Bśw) i boru mieszanego świeżego (BMśw) (tab. 1, rys. 2). Każdy transekt mieścił się w całości w jednym pododdziale leśnym, a ich początki ustalono na krawędź jezdni. Pododdziały, w których lokalizowano transekty, wybrano według kryterium wieku drzewostanów, jednorodności oraz równomierności alokacji wzdłuż badanego odcinka drogi. Szerokość transektu uzależniono od wieku drzewostanu – w drzewostanach IV klasy wieku było to 30 m, a w drzewostanach V klasy wieku 50 m. Na transektach wyznaczono 3 lub 4 działki badawcze o długości 10 m każda (rys. 2). Między działkami pozostawiono równe im powierzchniowo strefy nieobjęte badaniami.

Do oznaczeń pH pobierano próbki gleby ze środka działek transektów nr 1, 6, 8 i 12, po jednej próbce z poziomów organicznego (O) i próchnicznego mineralnego (A). Oznaczenie odczynu gleby (pH) metodą potencjometryczną w KCl wykonano w laboratorium Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu pehametrem CP-251 z elektrodą zespoloną, przeliczając stężenia jonów wodorowych na jednostki pH (Mocek i in., 2004).



**Rysunek 1. a)** Drzewostan sosnowy typowy dla Puszczy Noteckiej (fot. P. Mizera)  
**b), c)** Droga w sąsiedztwie której wykonywano badania  
(fot. P. Mizera i S.M. Grajewski)

**Figure 1. a)** Pine tree stand typical of the Puszcza Notecka Forest (photo P. Mizera)  
**b), c)** Road DW150, in the vicinity of which the observations were recorded  
(photo b P. Mizera, c S.M. Grajewski)

Przeprowadzone obserwacje i pomiary umożliwiły ustalenie stopnia pokrycia warstwy roślinności zielnej „c” oraz ilościowości poszczególnych gatunków roślin wg skali Brauna-Blanqueta (Fukarek, 1967; Wysocki i Sikorski, 2009). Nazewnictwo roślin przyjęto za Rutkowskim (2006). Analizę występowania charakterystycznych dla borów sosnowych krzewinek z rodziny *Ericaceae*, tj. wrzосу zwyczajnego, borówki czarnej i brusznicy, wykonano na powierzchniach zlokalizowanych w różnej odległości od drogi z uwzględnieniem tych transektów, na których rozpatrywany gatunek pojawił się przynajmniej na jednej z działek w stopniu „+” (Fukarek, 1967).

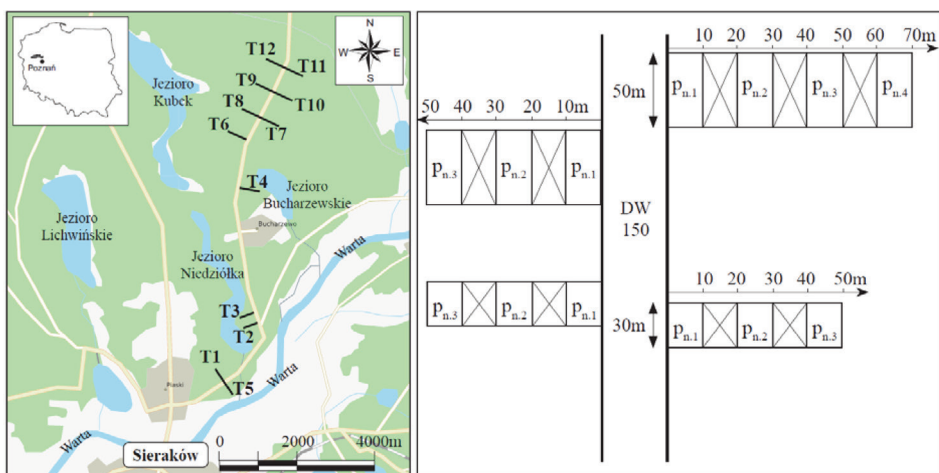
Opracowanie statystyczne wyników polegało na wykonaniu analizy wariancji. Wartości wyrażone w procentach stabilizowano poddając je transformacji Blissa. W przypadkach, kiedy powyższa analiza wykazała nadal niejednorodność wariancji danych doświadczalnych, sprawdzano istotność różnic między poszczególnymi działkami (odległościami) wykorzystując test t-Studenta. Dla wskazania siły zależności wybranej zmiennej  $y$  z odległością od drogi  $x$  obliczono współczynniki korelacji liniowej  $r$  (Dobek i Szwaczkowski, 2007).



**Tabela 1.** Podstawowe charakterystyki transektów badawczych  
**Table 1.** Basic characteristics of experimental belt transects

Nr transektu No. of transect	Pododdział leśny Forest sub-compartment	Wiek [lata] Age [years]	Typ siedliska leśnego <sup>1</sup> Forest site type <sup>1</sup>	Wystawa Exposure	Długość transektu [m] Transect length [m]	Szerokość transektu [m] Transect width [m]	Liczba działek No. of plots
1	318d	94	Bśw	SE	70	50	3
2	317d	74	BMśw	E	50	30	3
3	296f	94	BMśw	E	50	50	3
4	273a	82	Bśw	W	50	50	3
5	318l	73	BMśw	NW	50	30	3
6	237a	82	Bśw	E	70	50	4
7	236a	80	Bśw	NW	50	30	3
8	236b	80	Bśw	SE	70	30	4
9	204a	79	Bśw	SE	50	30	3
10	204b	79	Bśw	NW	50	30	3
11	203b	80	Bśw	NW	50	30	3
12	203c	80	Bśw	SE	70	30	4

<sup>1</sup> Forest site type according to the Polish forest site typology: Bśw – bór świeży, fresh coniferous forest, BMśw – bór mieszany świeży, fresh mixed coniferous forest



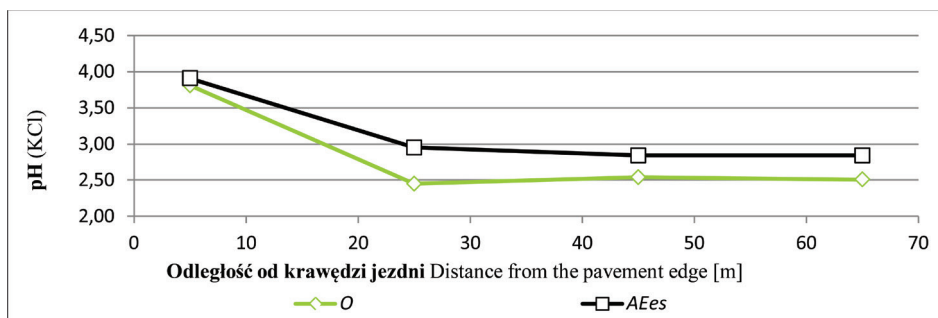
**Rysunek 2.** Rozmieszczenie transektów oraz schemat ich podziału na działki badawcze (T1-T12: numer transektu,  $p_{n,1}$ ,  $p_{n,2}$ ,  $p_{n,3}$ : działki badawcze w n-tym transekcje)

**Figure 2.** Belt transects distribution and the scheme of their division into research plots (T1-T12: transect number,  $p_{n,1}$ ,  $p_{n,2}$ ,  $p_{n,3}$ : research plots in  $n$  transect)

## WYNIKI

Analizowane gleby leśne zostały wytworzone z piasków luźnych i sklasyfikowane jako gleby biellicowe właściwe (transekty 1, 6 i 8) lub rdzawe biellicowe (transekt 12). W glebach tych pod poziomem organicznym poziom próchniczny mineralny (A) wykształcony jest bardzo słabo lub wcale z powodu intensywnie zachodzącego eluwalnego wymywania kationów zasadowych i dlatego oznacza się go symbolem AEes. Średnie stężenie jonów wodorowych w badanych glebach odpowiadało wartości pH mierzonej w 1-molowym roztworze KCl równej 2,63 w poziomie O i 2,97 w poziomie AEes (współczynnik zmienności – odpowiednio 66 i 68%). Wartości te pozwalają zaliczyć analizowane utwory do gleb bardzo silnie kwaśnych ( $\text{pH}_{\text{KCl}} < 3,5$ ).

Ektopróchnica wykazała istotnie niższe wartości pH w stosunku do głębiej położonego poziomu AEes ( $\alpha = 0,05$ ). Najniższą wartość pH (2,31) zarejestrowano w poziomie organicznym O działki 6.2, a najwyższą (4,29) również w poziomie O na działce 8.1. Po uśrednieniu najwyższymi wartościami odczynu odznaczały się zawsze próbki pobrane z działek zlokalizowanych w bezpośrednim sąsiedztwie drogi i zależność ta również została potwierdzona statystycznie ( $r = 0,604$ ,  $\alpha = 0,05$ ) (rys. 3).



**Rysunek 3.** pH powierzchniowych poziomów gleby w zależności od odległości od krawędzi jezdni

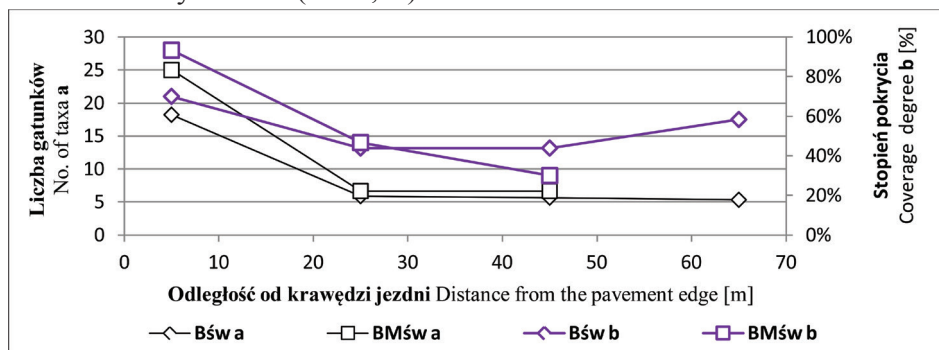
**Figure 3.** pH levels of the soil surface depending on the distance from the road edge

Na siedlisku boru świeżego procent pokrycia terenu przez warstwę zielną „c” wynosił średnio 53%, a współczynnik zmienności osiągnął 58% (rys. 4). Pełnym pokryciem powierzchni gleby przez rośliny zielne charakteryzowały się działki sąsiadujące z drogą na transektach 1, 7 i 8. Natomiast najniższym 5% pokryciem odznaczyła się działka 4.3. Zależność między intensywnością pokrycia przez warstwę zielną a odległością od drogi nie została potwierdzona statystycznie ( $\alpha = 0,05$ ). Można jednak zauważyć, że w sąsiedztwie drogi przeciętne pokrycie przez roślinność zielną osiągało wysoką wartość 70%, po czym



spadało, aby w odległości 60-70 m ponownie wzrosnąć (rys. 4). Średnia liczba gatunków tworzących warstwę zielną wynosiła 9, a współczynnik zmienności osiągnął wartość 66%. Największe bogactwo gatunkowe roślinności zielnej 18 gatunków obserwowano w bezpośrednim sąsiedztwie drogi (zależność istotna statystycznie przy  $\alpha = 0,05$ ). Liczba ta spadała gwałtownie do 6 wewnątrz drzewostanu, a w odległości 60-70 m od drogi do pięciu (rys. 4).

Na siedlisku boru mieszanego świeżego warstwa „c” pokrywała średnio 57% powierzchni terenu, a współczynnik zmienności osiągnął wartość 62% (rys. 4). Najwyższym 93% średnim pokryciem przez roślinność zielną cechowały się działki przylegające bezpośrednio do drogi. Na działkach nr 2 średnia wartość pokrycia przez warstwę „c” spadała do 47% i dalej do 30%, ale tendencji tej nie potwierdzono statystycznie ( $\alpha = 0,05$ ) (rys. 4). Średnia liczba gatunków warstwy zielnej wyniosła 13, a współczynnik zmienności osiągnął wartość 80%. Podobnie jak na siedlisku Bśw najwięcej gatunków roślin zielnych, średnio 25, rosło na skraju drogi. Liczba gatunków wewnątrz drzewostanu była istotnie niższa i wynosiła 7 ( $\alpha = 0,05$ ).



**Rysunek 4.** Uśrednione liczebności taksonów tworzących warstwę zielną roślinności (a) oraz uśrednione wartości stopnia pokrycia terenu powierzchni badawczych przez warstwę zielną (b) w zależności od odległości od krawędzi nawierzchni drogi w siedlisku boru świeżego (Bśw) i boru mieszanego świeżego (BMśw)

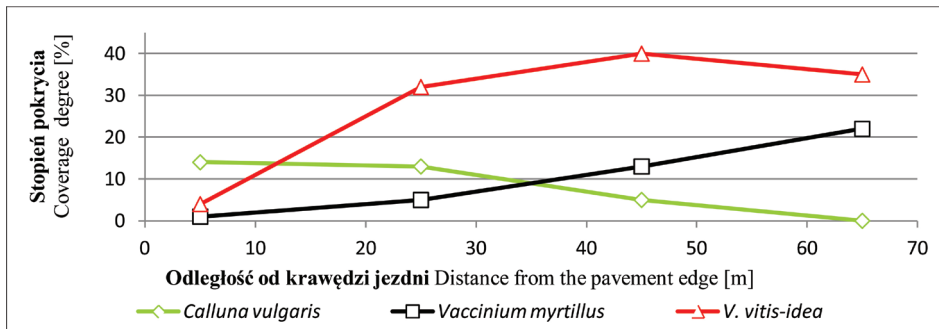
**Figure 4.** Mean numbers of taxa forming herbaceous vegetation layer (a) and mean surface area cover of herbaceous vegetation layer in experimental plots (b) depending on the distance from the pavement edge in fresh coniferous forest (Bśw) and in fresh mixed coniferous forest (BMśw)

Wrzós zwyczajny spotkano na 7 transektach (od 6 do 12). Średnie pokrycie powierzchni działki przez ten gatunek wynosiło 9%, a współczynnik zmienności osiągnął wartość 152%. Najwyższy przypisany symbol ilościowości to 3 (na 4 działkach, 9.2, 10.1, 10.2 i 12.1), odpowiadał on średniemu stopniu pokrycia 37,5%. Zmian w ilościowości wrzosa w zależności od odległości od drogi nie

udowodniono statystycznie ( $\alpha = 0,05$ ). Jednakże zauważyć należy, że najwyższe stopnie pokrycia osiągał on na działkach nr 1 i 2 (średnio 13,5%), następnie pokrycie spadało do średnio 4,7% na działkach nr 3, a na działkach nr 4 wynosiło średnio jedynie 0,1% (rys. 5).

Borówkę czarną spotkano na 8 transektach (5-12). Średnie pokrycie powierzchni działki przez ten gatunek wynosiło 7%, a współczynnik zmienności osiągnął wartość 152%. Najwyższy przypisywany symbol ilościowości to 3 na działkach 11.3 i 12.4. Borówka ta wyraźnie unikała bliskiego sąsiedztwa drogi, a jej ilościowość wzrastała dynamicznie wraz z oddalaniem się od niej (rys. 5). Średnie stopnie pokrycia na działkach nr 1-4 wynosiły odpowiednio 0.3%, 4.4%, 10.9% i 22.5%. Trend ten został potwierdzony statystycznie, istotne różnice zachodziły pomiędzy średnimi z działek 1-3, 1-4 i 2-4 ( $\alpha = 0,05$ ).

Borówkę brusznicę spotykano na tych samych transektach co czarną. Średnie pokrycie powierzchni działki przez ten gatunek wynosiło 26%, a współczynnik zmienności osiągnął wartość 112%. Na trzech działkach (7.3, 8.3 i 8.4) przypisano brusznicy najwyższy stopień ilościowości 5, odpowiadający średniemu stopniu pokrycia 87,5%. Brusznica wykazywała niską ilościowość na brzegu drzewostanu – średnio 3,6% i wysoką w jego głębi – średnio 35,7% (różnica potwierdzona statystycznie  $\alpha = 0,05$ ) (rys. 5). Wnętrze drzewostanu nie wykazywało istotnych różnic w ilościowości borówki brusznicy.



**Rysunek 5.** Uśrednione wyniki występowania krzewinek z rodziny *Ericaceae* w zależności od odległości od krawędzi jezdni

**Figure 5.** Averaged occurrence of dwarf shrubs from the family *Ericaceae* depending on the distance from the pavement edge

## DYSKUSJA

Czynnikiem decydującym o podwyższeniu odczynu gleb leśnych stref ekotonowych w stosunku do gleb wnętrza drzewostanu mogły być różnice w fityzonomii roślinności tych stref, które inklinują zarazem różnice w typie pokrywy

gleby, a tym samym różnice w odczynie ściółki leśnej powstającej w wyniku rozkładu resztek roślinnych. W runie brzegu drzewostanu dominowała niezbyt zwarta roślinność trawiasta i zielna, podczas gdy pokrywą gleby wnętrza drzewostanu tworzyły zwarte kobierce mchów przede wszystkim *Pleurozium schreberi* (Brid.) Mitt. urozmaicone gdzieniegdzie płatami borówek. Nie bez znaczenia dla odczynu ściółki leśnej pozostawał też kwaśny opad igliwia sosnowego. Na brzegu drzewostanu, ze względu na wyraźne zmniejszenie zadrzewienia, zjawisko to zachodziło w znacznie mniejszym stopniu niż w głębi lasu. Zwiększony udział podszytu, a przez to ściółki liściastej, usprawnił procesy rozkładu martwej materii organicznej i zmniejszył intensywność bielnicowania. W podobny sposób wyniki analizy odczynu gleb stref ekotonowych tłumaczył Czerniak (2004). Niewielkie natężenie ruchu samochodowego na drodze wojewódzkiej nr 150 raczej wyklucza alkalizujący wpływ spalin, a brak zimowego utrzymania badanego odcinka (Mizera, 2010) eliminuje sól jako czynnik neutralizujący kwasowość gleb.

Uzyskane wyniki analizy odczynu korespondują ze spostrzeżeniami Czępińskiej-Kamińskiej i Janowskiej (1997, 1999) aczkolwiek uzyskane przez wspomniane autorki różnice kwasowości są bardziej wyraźne. Mianowicie poziomy A miały pH prawie o jedną jednostkę wyższe niż poziomy ektopróchnicy. Z kolei nie znalazła potwierdzenia hipoteza Niedźwiedzkiego i Malinowskiego (1998) stanowiąca, że przy drogach mało uczęszczanych nie obserwuje się zmian odczynu gleby.

W przeprowadzonych badaniach oba gatunki borówki unikały strefy przydrożnej, znajdując optymalne warunki do swojego rozwoju w pasie 40-50 m (borówka brusznicza) i 60-70 m (borówka czarna). Natomiast wrzos w sąsiedztwie drogi uzyskał największe zagęszczenie, które malało w odległości powyżej 30 m od krawędzi jezdni. Rzadsze występowanie w sąsiedztwie tras komunikacyjnych borówki czarnej potwierdza Czępińska-Kamińska i in. (1997). Jednakże odmienne są wyniki obserwacji dotyczące występowania wrzosu.

## WNIOSKI

1. Statystycznie istotna niższa kwasowość wierzchnich poziomów gleby w przydrożnej strefie ekstensywnie eksploatowanej drogi publicznej w stosunku do wnętrza lasu najprawdopodobniej jest efektem procesu alkalizacji ściółki, będącego pochodną bogatszego składu gatunkowego przydrożnego pasa drzewostanu.
2. Potwierdzona statystycznie mniejsza wartość pH poziomu organicznego (O) w stosunku do głębiej położonego poziomu próchnicznego mineralnego (AEes) ugruntowuje dotychczasową wiedzę na ten temat.

3. Różnice w stopniu pokrycia powierzchni warstwą zielną między strefą przydrożną a wnętrzem drzewostanu nie znalazły statystycznego potwierdzenia. Jednakże statystycznie istotny okazał się związek dotyczący liczebności gatunków tworzących tę warstwę roślin a odległością od drogi i to na obu analizowanych siedliskach leśnych.
4. Zmian ilościowości wrzosu zwyczajnego w zależności od odległości od drogi nie udowodniono statystycznie. Jednakże gatunek ten najwyższe stopnie pokrycia osiągał na działkach najbliższych krawędzi drogi.
5. Na badanym terenie częstość występowania borówki brusznicy i borówki czarnej istotnie rośnie wraz ze wzrostem odległości od pasa drogowego.

## LITERATURA

Andres, B. (2005). *Droga, jako czynnik odkształcający fitocenozy leśne*. Sylwan, 5: 65-70

Balcerkiewicz, S., Brzeg, A. (1993). *Wrzosowiska przydrożne w kompleksie leśnym Borów Skwierzyńskich*. Bad. Fizjogr. nad Pol. Zach., Ser. B, 42: 105-127

Balcerkiewicz, S., Kasprowicz, M. (1989). *Wybrane aspekty synantropizacji szaty roślinnej ujawniające się na granicy kompleksów leśnych*. W: *Wpływ gospodarki leśnej na środowisko*. Sem. Nauk., Sękocin, 10-11 listopada 1988 r. Wyd. SGGW-AR, Warszawa: 7-21

Bignal, K.L., Ashmore, M.R., Headley, A.D., Stewart, K., Weigert, K. (2007). *Ecological impacts of air pollution from road transport on local vegetation*. Applied Geochemistry, 22: 1265-1271

Czerniak, A. (2004): *Zanieczyszczenie i bioindykacja strefekotonowych lasu mieszanego świeżego (LMśw) w zasięgu oddziaływania cementowo-gruntowych podbudów drogowych*. Wyd. AR w Poznaniu, Poznań: s. 191

Czerniak, A., Kamiński, B., Grajewski, S., Okoński, B. (2001). *Wpływ nawierzchni z łupków przywęglowych nieprzepalonych na stężenie wybranych pierwiastków w gruntach oraz igłach sosny zwyczajnej (Pinus sylvestris L.)*. PTPN, Pr. Kom. Nauk Roln. i Kom. Nauk Leśn., t. 90: 7-25

Czerniak, A., Kayzer, D. (2006). *Bioindykacja leśnych stref ekotonowych w zasięgu oddziaływania dróg cementowo-gruntowych na podstawie cech fizycznych igieł sosny zwyczajnej*. Sylwan, 5: 59-67

Czerniak, A., Poszyler-Adamska, A., Kayzer, D. (2007). *Ocena propagacji hałasu komunikacyjnego na terenach zadrzewionych*. Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich, 1: 67-79

Czypińska-Kamińska, D., Janowska, E. (1999). *Wpływ dróg szybkiego ruchu na poziomy powierzchniowe gleb leśnych*. Sylwan, 4: 45-55

- Czępińska-Kamińska, D., Janowska, E., Zielony, R. (1997). *Wpływ dróg szybkiego ruchu na środowisko glebowe i roślinność leśną*. Mat. Konf. Nauk.-Techn. „Autostrady a lasy”, Poznań: 1-6
- Dobek, A., Szwaczkowski, T. (2007). *Statystyka matematyczna dla biologów*. Wyd. AR im. Augusta Cieszkowskiego, Poznań: s. 211
- Eigenbrod, F., Hecnar, S.J., Fahrig, L. (2008). *Accessible habitat: an improved measure of the effects of habitat loss and roads on wildlife populations*. *Landscape Ecology*, 23: 159-168
- Faliński, J.B. (1994). *Antropogeniczne przeobrażenia szaty roślinnej i ekosystemów*. W: Drągowski A. i in. (red.) *Antropogeniczne przemiany środowiska*. WSiP, Warszawa: 69-96
- Forman, R.T.T., Alexander, L.E. (1998). *Roads and their major ecological effects*. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 29: 207-231
- Fukarek, F. (1967). *Fitosocjologia*. PWRiL, Warszawa: s. 200
- Garcia-Gonzalez, C., Campoa, D., Polaa, I.G., Garcia-Vazquez, E. (2012). *Rural road networks as barriers to gene flow for amphibians: species-dependent mitigation by traffic calming*. *Landscape and Urban Planning* 104: 171-180
- Judycki, J., Jaskuła, P., Pszczoła, M., Alenowicz, J., Dołżycki, B., Jaczewski, M., Ryś, D., Stienss, M. (2012). *Katalog typowych konstrukcji nawierzchni podatnych i półsztywnych*. Politechnika Gdańska, Katedra Inżynierii Drogowej, GDDKiA, Warszawa: s. 117
- Kamiński, B., Czerniak, A., Okoński, B., Grajewski, S. (2001a). *Wpływ nawierzchni popiołowo-gruntowej na stężenia metali ciężkich w gruncie oraz aparacie asymilacyjnym drzew*. PTPN, Pr. Kom. Nauk Roln. i Kom. Nauk Leśn., t. 92: 21-33
- Kamiński, B., Czerniak, A., Okoński, B., Grajewski, S. (2002b). *Wpływ nawierzchni dróg leśnych z odpadów przemysłowych na stężenie mikroelementów w aparacie asymilacyjnym drzew*. W: Siwecki R. (red.) *Reakcje biologiczne drzew na zanieczyszczenia przemysłowe*. Bogucki Wyd. Nauk., Poznań: 871-883
- Kamiński, B., Grajewski, S., Czerniak, A., Okoński, B. (2002a). *Effect of slag pavements on the contents of selected elements in the ground, groundwater and assimilatory organs of trees*. *Acta Sci. Pol., Silv. Colend. Rat. et Industr. Ligna.*, 1: 45-58
- Kamiński, B., Okoński, B., Czerniak, A., Grajewski, S. (2001b). *Effect of burned colliery shale road pavement on selected chemical elements concentrations in soil, groundwater and assimilative organs of trees in the road vicinity area*. *Forestry, Sc. Pap. of Agricul. Univ. of Poznań*, vol. 4: 73-82
- Koivula, M.J., Vermeulen, H.J.W. (2005). *Highways and forest fragmentation – effects on carabid beetles (Coleoptera, Carabidae)*. *Landscape Ecology*, 20: 911-926
- Kopecký, K. (1978). *Einfluss der Strassen auf die Synanthropisierung der Flora und Vegetation nach Beobachtungen in der Tschechoslowakei*. *Fol. Geob. i Phytotax.* 23: 145-171

Kuitunen, M.T., Viljanen, J., Rossi, E., Stenroos, A. (2003). *Impact of busy roads on breeding success in pied flycatchers *Ficedula hypoleuca**. Environ. Manage., 31: 79-85

Mizera, P. (2011). *Wpływ drogi wojewódzkiej nr 150 na wybrane cechy taksacyjne drzewostanów sosnowych Nadleśnictwa Sieraków*. Maszyn. pracy dypl., BG UP w Poznaniu: s. 100

Mocek, A., Drzymała, S., Maszner, P. (2004). *Geneza, analiza i klasyfikacja gleb*. Wyd. AR im. Augusta Cieszkowskiego, Poznań: 232-238

Niedźwiedzki, E., Malinowski, R. (1998). *Właściwości chemiczne gleb leśnych przyległych do drogi nr 115 w obrębie planowanego przejścia granicznego w Dobieszynie*. Folia Univers. Agricul. Stetinensis, 69: 65-77

Niżnik, J.B. (1998). *Badanie kwasowości w obrębie i sąsiedztwie pasa drogowego w Lasach Komunalnych Miasta Poznania*. Maszyn. pracy dypl. BG UP, Poznań: s. 53

Paszek, I., Załuski, T. (1998). *Flora naczyniowa dróg leśnych powierzchni badawczo-dydaktycznej w Czarnym Bryńsku*. Mat. Konf. i obrad sekcji 51 Zjazdu PTB, Gdańsk: s. 377

Paszek, I., Załuski, T. (2000). *Forest roads in the synanthropisation process*. In: Jackowiak B., Żukowski W. (eds.) *Mechanisms of anthropogenic changes of the plant cover*. Bogucki Wyd. Nauk., Poznań: 249-257

*Pomiar ruchu na drogach wojewódzkich w 2010 roku*. Pobrano z [www.wzdw.pl](http://www.wzdw.pl) w dniu 10 maja 2015 r.

Ratyńska, H., Szwed, W. (1996). *Roślinność – strefy przejścia i granice*. Wiad. Bot., 40: 21-28

Rutkowski, L. (2006). *Klucz do oznaczania roślin naczyniowych Polski niżowej*. PWN, Warszawa: s. 812

Sheate, W.R., Taylor, R.M. (1990). *The effect of motorway development on adjacent woodland*. Journal of Environmental Management, 31: 261-267

Szwed, W., Perkiewicz, F. (2010). *Różnorodność florystyczna poboczy dróg wybranych gmin Wielkopolski*. Biuletyn Parków Krajobrazowych Wielkopolski, 16 (18): 68-89

Szwed, W., Ratyńska, H., Danielewicz, W., Mizgajski, A. (1999). *Przyrodnicze podstawy kształtowania marginesów ekologicznych w Wielkopolsce*. Pr. Kat. Bot. Leśn. AR w Poznaniu, 1: s. 144

Valentukevičienė, M. (2016). *Research of the influence of the pollutants from road surface runoff on small rivers water quality (case study from Lithuania, EU)*. Intern. Conf.: Eco-TIRAS International Assoc. of River Keepers Leo Berg Educ. Found., At Moldova, March 10-12. 2016. Vol. 1: 611-615

Wróbel, M., Tomaszewicz, T., Chudecka, J. (2006). *Floristic diversity and spatial distribution of roadside halophytes along forest and field roads in Szczecin Lowland*. Polish Journal of Ecology, 2: 303-309



Wysocki, C., Sikorski, P. (2009). *Fitosocjologia stosowana w ochronie i kształtowaniu krajobrazu*. Wyd. SGGW, Warszawa: s. 498

Ziarnek, K. (2000). *The role of forest roads in the dynamics of the flora of Puszcza Bukowa*. In: Jackowiak B, Żukowski W. (eds.) *Mechanisms of anthropogenic changes of the plant cover*. Bogucki Wyd. Nauk., Poznań: 299-303

**Paweł Mizera, Sylwester M. Grajewski**

*Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, Katedra Inżynierii Leśnej  
pawel.mizera@poznan.lasy.gov.pl, sylgraj@up.poznan.pl*

Wpłynęło: 21.04.2016

Akceptowano do druku: 30.05.2016