

Ocena zmian w środowisku wokół szlaków rekreacyjnych na przykładzie rezerwatu Las Bielański w Warszawie

Ewa Zdanowicz, Jarosław Skłodowski

Abstrakt. Badano wpływ turystyki na środowisko. Wykazano wpływ turystyki na kwasowość gleby oraz na tempo dekompozycji materii organicznej w zależności od szerokości szlaku i od odległości od niego. Podobne różnice zaobserwowano w przypadku wskaźnikowych liczb ekologicznych jak i form życiowych roślin

Słowa kluczowe: pH gleby, tempo dekompozycji materii organicznej, typy życiowe roślin, śmiertelność bezkręgowców w śmieciach

Abstract. Evaluation of changes in environment around recreational routes on the example of Bielański Forest Reserve in Warsaw. The tourist impact on environment has been assessed. The studies have shown that both the width of the trail and the distance from it affects the acidity of the soil and the rate of decomposition of organic matter. The differences were also observed in the number of ecological indicator values and the presence of life forms of plants in different trials.

Key words: soil pH, rate of decomposition of organic material, plant life form, mortality of invertebrate in tourist litter

Wstęp

W literaturze istnieje wiele prac opisujących przeobrażenia siedlisk pod wpływem turystyki (Skłodowski 2011). Jednak niewiele z nich wykorzystuje: ekologiczne liczby wskaźnikowe, formy życiowe roślin, tempo dekompozycji materii organicznej, odczyn gleby (Liddle, Grieg-Smith 1975; Hall, Kuss 1989; Taylor et al. 1993; Skłodowski et al. 2009). Dlatego podjęto badania mające na celu przetestowanie możliwości połączenia wykorzystania zarówno wskaźnikowych liczb ekologicznych, jak i odczynu gleby i tempa dekompozycji materii organicznej. Przy okazji zinventaryzowano zaśmiecenie terenu i śmiertelność bezkręgowców w znalezionych śmieciach. Badania przeprowadzono na szlakach o różnej szerokości, aby uzyskać gradient zmian zależny od szerokości szlaku i ilości odwiedzających go turystów. Postawiono hipotezy robocze:

- zmiany ekosystemu przy szlakach szerszych powinny być silniejsze,
- odczyn gleby określony na podstawie próbek gleby oraz na podstawie składu gatunkowego runa powinien być podobny,
- przy szerokich szlakach śmiertelność bezkręgowców ginących w porzucanych przez turystów śmieciach powinna być najwyższa.

Miejsce i metoda

Badania przeprowadzono w rezerwacie Las Bielański na terenie Warszawy. W starodrzewach na płatach grądu wysokiego założono 3 powierzchnie (10 m x 10 m) przy szlakach o szerokości: A – 1,5 metra, B – 2,5 metra oraz przy powierzchni C – 5 metrów. Latem, na granicy szlaków A, B i C i w odległościach 5 i 10 m od nich zakopano w 3 punktach oddalonych od siebie o 5m, po 2 próbki drewna sosnowego (1 x 6 x 0,5 cm) wysuszanego i zważonego w laboratorium. Zimą i wiosną wykopano po 1 próbce z każdego miejsca i ponownie wysuszono i zważono. Tempo dekompozycji to różnica wagi podzielona przez czas ekspozycji próbek. W podobnym schemacie pobrano próbki gleby do zbadania pH gleby pH-metrem Thermo „Orion 550A”.

Do oceny składu gatunkowego runa przy każdym szlaku wykonano po 3 serie 10 mini-zdjęć fitosocjologicznych (każde po 1m²) – przy szlaku, oraz w odległościach 5 i 10 m. Na podstawie otrzymanego składu gatunkowego wyznaczono ekologiczne liczby wskaźnikowe oraz formy życiowe roślin (Zarzycki et al. 2002).

Zgodność danych z rozkładem normalnych zbadano testem Shapiro-Wilka, w zależności od typu rozkładu, dalsze porównania wykonano testem U-Manna Whitneya lub analizą wariancji (Stat Soft 2011). Dane gatunkowe roślin i dane siedliskowe testowano analizą RDA, którą wybrano po wcześniejszym określeniu długości gradientu. Podobieństwo gatunkowe roślinności 3 rodzajów szlaków określono za pomocą ANOSIM (Hammer et al 2001).

Wyniki

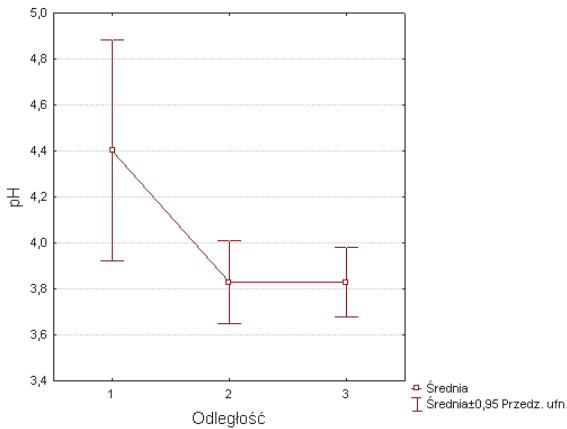
Tempo dekompozycji materii organicznej

Tempo dekompozycji materii organicznej było istotnie wyższe w pierwszym terminie poboru próbek, wzrastało w wraz z odległością od szlaku, jak i z szerokością szlaku (tab. 1). Przy szerszych szlakach tempo dekompozycji materii organicznej było najwyższe.

Tab. 1. Analiza wariancji tempa dekompozycji materii organicznej: w 1 i w 2 terminie zbioru próbek (Termin), w 3 odległościach od szlaku turystycznego (Odległość): 1 – przy szlaku, 2 – 5 m i 3 – 10 m), na powierzchniach (Powierzchnia): A – 1,5m, B – 2,5m, C – 5m)

Table 1. Two-way ANOVA for rate of decomposition of organic matter: in 1 and 2 term of woody samples collecting (Termin), in 3 distances (Odległość): 1 – on the border of the trial, 2 – 5 m and 3 – 10 m), from 3 study plots (area): A – 1,5m, B – 2,5m, C – 5m)

Czynniki	MS	F	p	
Termin	0,001	35,372	< 0,001	1 > 2; p < 0,001
Odległość	0,001	11,569	< 0,001	1, 2 < 3; p = 0,001
Powierzchnia	0,001	16,618	< 0,001	A, B < C; p = 0,001
Błąd	0,001			



Ryc. 1. Odczyn gleby w różnych odległościach od szlaku
Fig. 1. Soil pH in different distances from tourist trail

Odczyn gleby

Wielkość pH gleby zależy od szerokości szlaków oraz od odległości od szlaków. Najbardziej kwaśną glebę stwierdziliśmy przy najwęższym szlaku A zaś mniej przy szlaku najszerszym C ($3,769 \pm 0,077$ vs. $4,216 \pm 0,228$; $Z = -2,032$, $p = 0,042$). Odczyn gleb zmieniał się też z odległością od szlaków (ryc. 1), gleba przy szlaku i w odległości 5 m była mniej kwaśna niż w odległości 10 m ($Z = 2,384$, $p = 0,017$ oraz $Z = 2,737$, $p = 0,006$).

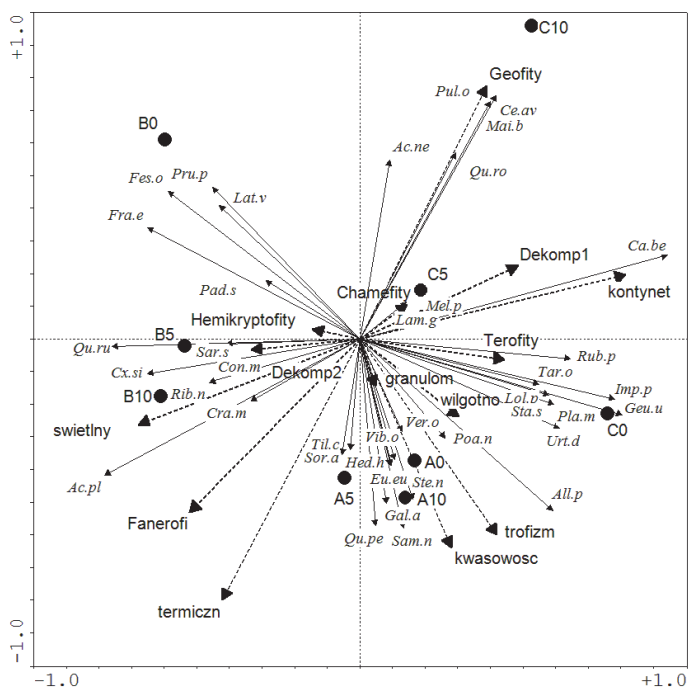
Analiza RDA

Pierwsza oś RDA wyjaśnia 37,6%, zaś druga oś 18,6% danych gatunkowych (rys. 2). Z osią pierwszą najsilniej skorelowany jest czynnik kontynentalizmu, którego gradient przebiega od lewej do prawej strony wykresu i oznacza wzrost amplitud temperatury, wilgotności, nasłonecznienia. Wąska chmura punktów reprezentująca najwęższy szlak (A0, A5 i A10) położona jest na dole diagramu. Punkty reprezentujące szersze szlaki są bardziej od siebie oddalone i położone po bokach diagramu. Z szlakiem najwęższym (A) koreluje wskaźnik trofizmu (trofizm) oraz kwasowości (kwasowość), wilgotności (wilgotno) i granulometryczny (granulom). Z powierzchnią A związany jest czosnaczek pospolity *Alliaria petiolata*, preferujący gleby bogate w azot, próchnicę i składniki pokarmowe; bez czarny *Sambucus nigra* – gatunek występujący na glebach żyznych oraz dąb szypułkowy *Quercus petraea*. Taki zestaw gatunków sugeruje dużą żyzność środowiska szlaku A.

Z wąskim (A) i średnim (B) szlakiem koreluje wysoki udział fanerofitów (Fanerofi), co sugeruje lepszą przeżywalność na tych szlakach młodych fanerofitów w warunkach mniejszej presji zdeptywania niż wokół najszerszego szlaku C. Wskaźnik świetlny (świetlny) oraz w nieco mniejszym stopniu termiczny (termiczn) koreluje z powierzchnią B. Strzałka wskaźnika świetlnego przechodząc przez punkt B10 ujawnia w nim prześwietlenie drzewostanu.

Z powierzchnią B0 związane były: preferująca półcień i wilgotną glebę czeremcha zwyczajna *Prunus padus*, występująca na glebach ubogich, kwaśnych i nasłonecznionych kostrzewa owcza *Festuca ovina*, oraz preferujący wilgotne i żyzne gleby jesion wyniosły *Fraxinus excelsior*. Powierzchnie B5 i B10 położone są na diagramie RDA blisko siebie, co sugeruje niewielką zmienność warunków środowiska. Koreluje z nimi światłożądny dąb czerwony *Quercus rubra*, preferująca wilgotne środowisko turzycza leśna *Carex sylvatica*, preferująca półcień konwalia majowa *Convallaria majalis* oraz występujący na glebach żyznych klon zwyczajny *Acer platanoides*.

Największy rozrzut na diagramie RDA uzyskały powierzchnie zlokalizowane przy najszerszym szlaku (C0, C5 i C10), co sugeruje najbardziej zróżnicowane warunki środowiskowe spośród wszystkich badanych szlaków. Z szlakiem C najbardziej koreluje wskaźnik kontynentalizmu (kontynent), oraz terofity (Terofity), zaś w odległości 10 metrów od szlaku – geofity (Geofity). Z brzołgiem szlaku C0, korelują: nitrofilny kuklik pospolity *Geum urbanum*, niecierpek drobnokwiatowy *Impatiens parviflora*, nitrofilna, światłolubna i unikająca kwaśnych gleb pokrzywa zwyczajna *Urtica dioica*. Z powierzchnią C5 koreluje grab zwyczajny *Carpinus betulus*, zaś z C10 – wiśnia ptasia *Cerasus avium*, preferująca gleby próchnicze konwalia dwulistna *Maianthemum bifolium* i światłolubny dąb szypułkowy *Quercus robur*.



Ryc. 2. Analiza RDA gatunków roślin występujących przy szlaku z uwzględnieniem zmiennych środowiskowych oraz typów form życiowych roślin

Fig. 2. RDA analysis of plant species associated with trials and ecological indices and plant life forms

Skróty nazw (abbreviation of name of species): *Ac.pl* – *Acer platanoides*, *Ac.ne* – *A. negundo*, *All.p* – *Alliaria petiolata*, *Cx.si* – *Carex sylvatica*, *Ca.be* – *Carpinus betulus*, *Ce.av* – *Cerasus avium*, *Con.m* – *Convallaria majalis*, *Cra.m* – *Crataegus monogyna*, *Eu.eu* – *Euonymus europaeus*, *Fes.o* – *Festuca ovina*, *Fra.e* – *Fraxinus excelsior*, *Gal.a* – *Galium aparine*, *Geu.u* – *Geum urbanum*, *Hed.h* – *Hedera helix*, *Imp.p* – *Impatiens parviflora*, *Lam.g* – *Lamium galeobdolon*, *Lat.v* – *Lathyrus vernus*, *Lol.p* – *Lolium perenne*, *Mai.b* – *Maianthemum bifolium*, *Mel.pl* – *Melampyrum pratense*, *Pad.s* – *Padus serotina*, *Pla.m* – *Plantago major*, *Poa.n* – *Poa nemoralis*, *Pru.p* – *Prunus padus*, *Pul.o* – *Pulmonaria obscura*, *Qu.ro* – *Quercus robur*, *Qu.pe* – *Q. petraea*, *Qu.ru* – *Q. rubra*, *Rib.n* – *Ribes nigrum*, *Rub.p* – *Rubus plicatus*, *Sam.n* – *Sambucus nigra*, *Sar.s* – *Sarothamnus scoparius*, *Sor.a* – *Sorbus aucuparia*, *Sta.s* – *Stachys sylvatica*, *Ste.n* – *Stellaria nemorum*, *Tar.o* – *Taraxacum officinale*, *Til.c* – *Tilia cordata*, *Urt.d* – *Urtica dioica*, *Ver.o* – *Veronica chamaedrys*, *Vib.o* – *Viburnum opulus*.

Podobieństwo środowisk roślinnych

Wskaźnik podobieństwa zespołów roślinnych na 3 badanych szlakach okazał się bardzo wysoki (ANOISM, $R = 0,94$, $p = 0,004$). Podobieństwo roślinności szlaku A i B okazało się najniższe, choć i tak bardzo wysokie ($R = 0,93$). Podobieństwo pomiędzy parami B i C było najwyższe ($R = 1$).

Śmiertelność bezkręgowców w śmieciach turystycznych

Liczba butelek i puszek, w których giną bezkręgowce, była następująca: A – 26, B – 56 i C – 27. Znalaziono w nich 87 martwych bezkręgowców (muchówki – 56, wije – 12, mięczaki – 10, błonkówki – 6 i chrząszcze – 3). W przeliczeniu na 1 puste opakowanie porzucone przez turystów, łowność odpowiednio wynosiła: A – 0,18; B – 0,69 i C – 1,31.

Dyskusja

Turyści spacerując zdeptują glebę, co prowadzi do zwiększenia jej gęstości, redukcji możliwości przyswajania wody oraz zmniejszenia przestrzeni aeracyjnych (Witkowska-Żuk 2000). Zwięzłość gleby jest większa przy szlakach (Skłodowski et al. 2009). Zagęszczona gleba stwarza niekorzystne warunki mikroorganizmom, dlatego tempo dekompozycji materii organicznej maleje. Wbrew oczekiwaniom większe tempo dekompozycji stwierdzono przy szlakach szerszych. Według Dale'a i Weavera (1974) szerokie szlaki odwiedza większa liczba turystów, co wpływa na gęstość gleby. Być może w zagęszczonej glebie grzyby mają lepsze warunki niż bakterie, dlatego dominując mogą przyspieszyć dekompozycję.

Najbardziej zakwaszona gleba była przy najwęższym, a najmniej przy najszerszym szlaku. Zmniejszenie zakwaszenia gleby przy szerszych szlakach spowodowane jest mniejszą i bardziej przerzedzoną powierzchnią koron drzew nad tymi szlakami (Skłodowski et al. 2009), co zmniejsza ilość zakwaszonej wody opadowej, która nabiera kwaśnego odczynu przemawiając zanieczyszczenia siarkowe i azotowe osiadłe na igiełkach i liściach drzew (Lukac, Godbold 2011). Ponadto zdeptana i zagęszczona gleba utrudnia infiltrację zakwaszonych opadów podokapowych (Skłodowski et al. 2009). Dlatego im dalej od szlaków (większa okrywa koron drzew) tym bardziej kwaśna była gleba. Zupełnie odmiennie wskazania kwasowości gleby otrzymano z wskaźnikowych liczb ekologicznych runa – najbardziej zakwaszony był szlak

szeroki. Może to sugerować niedokładność metody wskaźnikowej, choć metoda taka zastosowana w Lesie Kabackim wskazała poprawnie odczyn gleby na szlakach o różnej szerokości (Skłodowski et al. 2009).

Również inne niektóre wskaźnikowe liczby ekologiczne odbiegły od oczekiwań: największe wartości wskaźnika termicznego zanotowano przy najwęższym, a nie najszerszym szlaku. Szeroki szlak powinien charakteryzować najwyższym wskaźnikiem termiczny, ze względu na większe możliwości penetracji szlaku przez promieniowanie słońca (Dale, Weaver 1974). Również niespodzianką były wysokie wartości wskaźnika wilgotności przy szerokim szlaku, którego wentylacja będąc najsprawniejszą (najbardziej oddalone ściany drzewostanu) zmniejsza wilgotność – co obserwowano w innych badaniach (Skłodowski et al. 2009). Podobnie wbrew oczekiwaniom, wskaźnik troficzny uzyskał wysokie wartości przy wąskim, a nie szerokim szlaku. Tymczasem w Lesie Kabackim wskaźnik trofizmu uzyskał najwyższą wartość przy szlakach szerokich, co wynika z większej liczby odwiedzających dostarczających więcej azotu – przez załatwianie potrzeb fizjologicznych i porzucanie resztek jedzenia i śmieci (Skłodowski et al. 2009).

Natomiast zgodnie z oczekiwaniami, wskaźnik kontynentalizmu uzyskał najwyższe wartości przy szlaku C, co można wytłumaczyć najmniej zwartymi nad nim koronami drzew, umożliwiającymi szybkie nagrzanie się szlaku i szybkie wypromieniowanie ciepła, jak i szybkie zmiany wilgotności. Z kolei wskaźnik granulometryczny skorelowany był z szlakiem wąskim. Najniższą jego wartość zaobserwowano przy szlaku szerokim. Według Witkowskiej-Żuk (2000) obserwacje tego typu sugerują zagęszczenie gleby i dużą jej spójność – w tym przypadku szlaku szerokiego. Wynik ten może być jednak dyskusyjny, gdyż występowanie drobnej struktury granulometrycznej raportowane jest z szlaków bardziej zdeptanych (Lutz 1945, Skłodowski et al. 2009), jak i mniej zdeptanych (Hosier, Eaton 1980).

Warto wspomnieć, że wskaźnikowe liczby ekologiczne, określone w różnych odległościach od szlaków ułożyły się zgodnie z oczekiwaniami. Wraz z oddalaniem się od szlaku tendencje redukcji zaobserwowano w przypadku wskaźników: świetlnego, kontynentalizmu, kwasowości i częściowo termicznego. Również ciekawą informację niesie rozrzut punktów na diagramie RDA. Najbardziej rozrzucone punkty przedstawiają szlak szeroki i jego otoczenie, sugerują też największą zmienność tego środowiska. Najmniej rozrzucone punkty charakteryzowały szlaki wąskie, co wskazuje najbardziej homogeniczne warunki środowiska.

Udział fanerofitów był najmniejszy przy najszerszym szlaku, korelował z wąskim i średnim szlakiem – wskazując lepszą przeżywalność młodych fanerofitów pod mniejszą presją turystyczną (Roovers et al. 2005, Skłodowski et al. 2009). Natomiast z szlakami szerokimi korelowało występowanie geofitów, terofitów i w nieco mniejszym stopniu chamefitów. Hemikryptofity „unikają” szlaków szerokich. Wyniki te zgodne są z obserwacjami Skłodowskiego et al. (2009), natomiast nie potwierdzają obserwacji Roovers et al. (2005). Przy szlaku szerokim wystąpiły między innymi azotofilne i ruderalne: kuklik pospolity i pokrzywa zwyczajna, sugerując bardziej zeutrofizowane środowisko szlaku szerokiego. Pokrzywa zwyczajna unika kwaśnego środowiska, co sugeruje prawidłową wartość pH otrzymaną z badania próbek gleby a nie z składu gatunkowego runa.

Część wyników, zwłaszcza tych otrzymanych z składu gatunkowego runa okazała się niejednoznaczna i sprzeczna z oczekiwaniami, co może się zdarzyć przy wysokim wskaźniku podobieństwa gatunkowego (ANOSIM $r = 0,93$). Dlatego niektóre obserwacje wymagają potwierdzenia w dalszych badaniach.

Powyższe obserwacje uzupełnia średnia śmiertelność bezkręgowców w psutych opakowaniach porzuconych przez turystów, tym większa im szerszy jest szlak. Prawdopodobnie wynika to z efektu krawędzi (zwiększenia w ekotonie liczby gatunków i osobników) najbardziej zaznaczającego się przy szlakach szerokich (prześwietlenie). Śmiertelność bezkręgowców w śmieciach porzucanych przez turystów opisuje niewiele prac, dlatego wymaga dalszych obserwacji (Skłodowski, Podściański 2004, Zdanowicz 2007, Skłodowski 2011b).

Wnioski

1. Oddziaływanie szlaków na otaczające środowisko zależało od szerokości szlaku i odległości od niego, generalnie szersze szlaki generowały większe zmiany.
2. Najszybsze tempo rozkładu materii organicznej zanotowano przy szerokim szlaku, co być może wynika z lepszych warunków życia grzybów w zagęszczonej glebie, co w konsekwencji przyspiesza tempo dekompozycji.
3. Aktywność biologiczna gleby była zależna od odległości od szlaków, bliżej szlaków tempo dekompozycji materii organicznej było wolniejsze niż w większych odległościach.
4. Zakwaszenie gleby wokół szlaków zależy od ich szerokości i odległości od szlaków, przy wąskich szlakach jak i przy większych odległościach od szlaków zakwaszenie gleby było większe niż przy szlakach szerokich i blisko szlaków.
5. Stosowana metoda badania kwasowości gleby za pomocą składu gatunkowego roślin dała odmienne wyniki względem tych otrzymanych z próbek gleby, dlatego należy ją poddać dalszemu testowaniu.
6. Udział fanerofitów był większy przy szlakach wąskich, mniejszy przy szerokich. Sugeruje to lepszą przeżywalność młodych fanerofitów w warunkach mniejszej presji turystycznej w porównaniu z najszerszą ścieżką, przy której częściej występowały chamefity, terofity oraz geofity.
7. Szerokość szlaku wraz z liczbą porzuconych przez turystów śmieci wpływa na śmiertelność bezkręgowców, której najwyższy wskaźnik zanotowano przy szlakach szerokich.

Literatura

- Dale D., Weaver T. 1974. Trampling effects on vegetation on the trail corridors of North Rocky Mountain forests, *J. Appl. Ecol.* 11: 767-772.
- Hall C. N., Kuss F. R. 1989. Vegetation alternation along trails in Shenandoah National Park, Virginia. *Biological Conservation* 48: 211-227.
- Hammer O., Harper D.A.T., Ryan. 2001. PAST: Paleontological Statistics software package for education and data analysis. *Paleontologia Electronica* 4 (1): 9.
- Hosier P.E., Eaton T.E. 1980. The Impact of vehicles on dune and grasslands vegetation on a south-eastern North Carolina barrier beach, *Journal of Applied Ecology* 17: 173-182.
- Liddle M. J., Grieg-Smith P. J. 1975. A survey of tracks and paths in a sand dune ecosystem. II. Vegetation. *J. Appl. Ecol.* 12: 909-930.
- Lukac M., Godbold D.L. 2011. *Soil Ecology in Northern Forests. A Belowground View of a Changing World.* Cambridge University Press. S. 256.
- Lutz H.J. 1945, Soil conditions of picnic grounds in public forests parks, *Journal of Forestry* 43: 121-127
- Roovers P., Bossuyt B., Gulincx H., Hermy M. 2005. Vegetation recovery on closed paths in temperate deciduous forests. *Journal of Environmental Management* 74: 273-281.

- Skłodowski J. 2011a. Zmiany w siedliskach leśnych powodowane przez turystykę i rekreację. W: Ozimek I. (red.) Turystyka i rekreacja – wybrane zagadnienia. Wydawnictwo SGGW: 129-145.
- Skłodowski J. 2011b. Zagrożenie mezofauny powodowane turystycznym zaśmiecaniem lasów. Sylwan 155 (4): 261-269.
- Skłodowski J. i inni. 2009. Próba oceny wpływu szerokości szlaków turystycznych na otaczające je środowisko lasu. Sylwan 153 (10): 699-709.
- Skłodowski J., Podściański W. 2004. Zagrożenie mezofauny powodowane zaśmiecaniem środowiska szlaków turystycznych Tatr, Parki Narodowe i Rezerваты Przyrody 23: 271-283.
- StatSoft, Inc. (2011). STATISTICA (data analysis software system), version 10. www.statsoft.com.
- Taylor K. C., Reader R. J., Larson D. W. 1993. Scale-dependent inconsistencies in the effects of trampling on forest understory community. Environmental Management 15 (2): 293-248.
- Witkowska-Żuk L., 2000, Roślinność leśna w warunkach presji turystycznej , Sylwan 145 (11): 5-21.
- Zarzycki K., Trzcńska-Tacik H., Różański W., Szelał Z., Wołek J., Korzeniak U. 2002. Ekologiczne liczby wskaźnikowe roślin naczyniowych Polski. W. Szafer Institute of Botany. Academy of Sciences. Biodiversity of Poland. Kraków.
- Zdanowicz E. 2007. Próba oceny zaśmiecania lasu i innych oddziaływań turystycznych na przykładzie Rezerwatu Lasek Bielański w Warszawie, SGGW. Praca inżynierska. Katedra Ochrony Lasu i Ekologii, SGGW.

Ewa Zdanowicz, Jarosław Skłodowski
Katedra Ochrony Lasu i Ekologii, SGGW
jaroslaw_sklodowski@sggw.pl