

DANIEL PRUCHNIEWICZ, LUDWIK ŻOŁNIERZ

## Wpływ oddziaływań brzegowych na roślinność polan leśnych w Sudetach Środkowych\*

Influence of the edge effect on the vegetation of forest glades in the Middle Sudety Mts. (SW Poland)

### ABSTRACT

Pruchniewicz D., Żołnierz L. 2014. Wpływ oddziaływań brzegowych na roślinność polan leśnych w Sudetach Środkowych. Sylwan 158 (7): 524-530.

The influence of the edge effect on the meadow vegetation pattern was studied in the forest glades in the central part of the Middle Sudety Mts. (SW Poland). The spectacular edge effect is seen in the range of 4 m from the forest border towards the center of the glades. Within that belt we observed decrease in tree and bush species number, increase in share of graminoids and *Fabaceae* species, as well as increase in share of species generally related to grassland communities. A significant increase in species number and values of Shannon-Wiener diversity index was noticed within the distance of eight meters from the edges of glades.

### KEY WORDS

forest glades, edge effect, species composition, functional groups, species diversity

### ADDRESSES

Daniel Pruchniewicz – e-mail: daniel.pruchniewicz@up.wroc.pl

Ludwik Żołnierz – e-mail: ludwik.zolnierz@up.wroc.pl

Katedra Botaniki i Ekologii Roslin; Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu; pl. Grunwaldzki 24a; 50-363 Wrocław

### Wstęp

Śródleśne polany są stałym i istotnym elementem europejskich krajobrazów górskich. Powstały one w toku wielowiekowej gospodarki pasterskiej w wyniku karczunków i wypalania lasów, a z czasem rozwinęły się na nich półnaturalne zbiorowiska roślinne, nierzadko odznaczające się wyjątkowo dużym bogactwem gatunkowym i silnie rozwiniętą specyfiką. Współczesne uwarunkowania ekonomiczne sprawiły, że łąki i pastwiska górskie są użytkowane nieregularnie lub trwale odłogowane, a to prowadzi do uruchomienia procesu sukcesji wtórnej odtwarzającej zbiorowiska leśne. Zjawiska takie opisywane są w ostatnich dekadach w obszarach różnych pasm górskich, w tym także polskich [Bartoszek i in. 1990; Bodziarczyk i in. 1999; Ciużycki 2004a, b; Tokarczyk 2013].

Od wielu lat podnoszona jest kwestia konieczności ochrony nieklimaksowych biocenoz trwale wpisanych w nasz krajobraz i będących niezwykle ważnymi ostojami różnorodności biologicznej, a zarazem relikdami zanikającej kultury pasterskiej [Michalik 1986, 1990a, b; Ciużycki 2003, 2004a, b]. Podstawą praktycznych działań służących ochronie ekosystemów polan górskich powinno być poznanie natury procesów przemian ich roślinności. W tym kontekście szczególnie ważne są dynamiczne procesy dziejące się w strefie ekotonowej na styku zbiorowisk leśnych

\* Badania były współfinansowane ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego.

i łąkowych, co było przesłanką do podjęcia badań opisywanych w tej pracy. Ich celem było określenie zasięgu, natężenia i jakościowego charakteru oddziaływań brzegowych lasów na roślinność polan w Sudetach Środkowych.

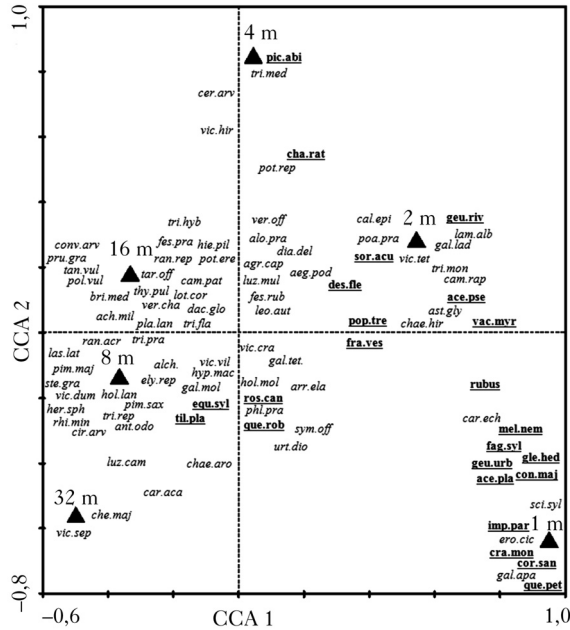
## Materiał i metody

Badania prowadzono w centralnej części Sudetów Środkowych na terenie Gór Sowich, Gór Bardzkich, Wzgórz Włodzickich oraz Wzgórz Wyrębińskich. Wybrano do nich 10 polan z fitocenozami reprezentującymi rząd *Arrhenatheretalia* Pawł. 1928 stykających się z fitocenozami borów świerkowych na siedliskach kwaśnej buczyny górskiej. Badane łąki w ostatnich 5-8 latach są użytkowane jednokośnie, w części wypadków z uzupełniającym wypasem, jednak prowadzonym z bardzo niską obsadą zwierząt. Na obiektach tych wyznaczono po 5 transektów równomiernie rozmieszczonych i przebiegających prostopadle od granicy polany do jej wnętrza. Zdjęcia fitosocjologiczne w kwadratach o boku 1 m wykonywano wzdłuż transektów na 1., 2., 4., 8., 16. i 32. metrze od krawędzi lasu. Pominięto w nich mszaki. Za granicę lasu przyjęto linię łączącą zewnętrzne powierzchnie pni drzew o wysokości co najmniej 1,5 m. Wybrane do badań polany były stosunkowo niewielkie, dlatego zrezygnowano z przedłużenia transektów, z uwagi na możliwy wpływ oddziaływań brzegowych z przeciwnej strony obiektów. Łącznie wykonano 296 zdjęć fitosocjologicznych.

Analizy statystyczne prowadzono z wykorzystaniem pakietu Statistica 10 (StatSoft Inc.). Zgodność danych z rozkładem normalnym analizowano testem W Shapiro-Wilka. Zmienne odbiegające od normalności rozkładu badano nieparametrycznym odpowiednikiem analizy wariancji: testem Kruskala-Wallisa. W celu określenia struktury danych dotyczących roślinności wykorzystano nietendancyjną analizę zgodności (DCA) zawartą w pakiecie CANOCO wersja 4.5 [ter Braak, Šmilauer 2002]. Długość gradientu reprezentowanego przez pierwszą oś kanoniczną DCA (6.26 SD) wskazała na unimodalną strukturę danych, co pozwoliło zastosować metodę ordynacji bezpośredniej – kanoniczną analizę zgodności (CCA), w celu określenia wzorca zróżnicowania składu gatunkowego fitocenozy wzdłuż badanych transektów. Badany czynnik środowiskowy – odległość od granicy lasu – został wprowadzony do analizy jako zmienna nominalna. Wskaźnik różnorodności gatunkowej Shannona-Wienera ( $H'$ ) obliczono za pomocą pakietu MVSP v3.131 (Kovach Computing Services). Zastosowano formułę wskaźnika z logarytmem naturalnym:  $H' = -\sum(p_i \ln p_i)$ , gdzie  $p_i$  jest miarą udziału gatunku  $i$  wyrażoną jego pokryciem. W końcowym etapie analizy danych dążono do określenia, w jakim stopniu oddziaływania brzeżne wpływają na parametry różnorodności gatunkowej w strefie styku badanych fitocenozy. W tym celu dla kolejnych pozycji na transektach obliczono wartości średnie liczby gatunków oraz wskaźnika różnorodności gatunkowej Shannona-Wienera. Ponieważ skośności rozkładów danych nie dały się wyeliminować przez użyte metody transformacji, średnie porównano testem Kruskala-Wallisa.

## Wyniki

We wszystkich wykonanych zdjęciach fitosocjologicznych odnotowano ogółem 119 gatunków roślin naczyniowych. Na diagramie ordynacyjnym kanonicznej analizy zgodności CCA (ryc. 1) widoczne jest uporządkowanie gatunków wzdłuż gradientu odległości od krawędzi lasu. Wyniki ordynacji wskazują na silny związek gatunków leśnych i zaroślowych z bezpośrednim sąsiedztwem ściany lasu. W przestrzeni ordynacyjnej pierwszej i drugiej osi CCA 18 z 25 gatunków tej kategorii koncentruje się w zakresie dwóch pierwszych metrów od krawędzi polan, przeważając tam zdecydowanie nad gatunkami łąkowymi. Użytkowanie kośne i pastwiskowe badanych



Ryc. 1.

Diagram CCA dla gatunków oraz odległości od granicy lasu

CCA diagram for species and distance from the forest border

Z analizy wyeliminowano gatunki z klas *Molinio-Arrhenatheretea* oraz *Festuco-Brometea* o średnim pokryciu poniżej 4%; pogrubiono i podkreślono gatunki związane z fitocenozami leśnymi i zarosłowymi

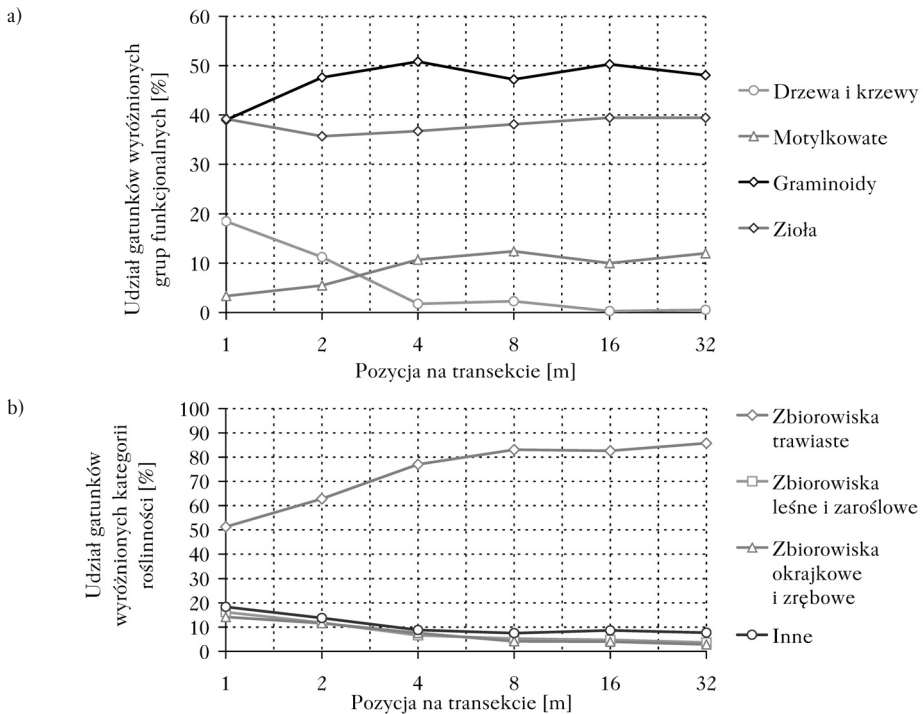
Grassland species belonging to classes *Molinio-Arrhenatheretea* and *Festuco-Brometea* with mean cover values less than 4% were excluded from the analysis; species related to forest and bush classes in bold and underlined

ace.pla – *Acer platanoides*; ace.pse – *A. pseudoplatanus*; ach.mil – *Achillea millefolium*; aeg.pod – *Aegopodium podagraria*; agr.cap – *Agrostis capillaris*; alch. – *Alchemilla*; alo.pra – *Alpecurus pratensis*; ant.odo – *Anthoxanthum odoratum*; arr.ela – *Arrhenatherum elatius*; ast.gly – *Astragalus glycyphyllos*; bri.med. – *Brisa media*; cal.epi – *Calamagrostis epigejos*; cam.pat – *Campanula patula*; cam.rap – *C. rapunculoides*; car.ech – *Carex echinata*; car.aca – *Carlina acaulis*; cer.arv – *Cerastium arvense*; cha.e.aro – *Chaerophyllum aromaticum*; cha.hir – *C. hirsutum*; cha.rat – *Chamaecytisus ratisbonensis*; che.maj – *Chelidonium majus*; cir.arv – *Cirsium arvense*; con.maj – *Conwallaria majalis*; conv.arv – *Convolvulus arvensis*; cor.san – *Cornus sanguinea*; cra.mon – *Crataegus monogyna*; dac.glo – *Dactylis glomerata*; des.fle – *Deschampsia flexuosa*; dia.del – *Dianthus deltoides*; ely.rep – *Elymus repens*; equ.syl – *Equisetum sylvaticum*; ero.cic – *Erodium cicutarium*; fag.syl – *Fagus sylvatica*; fes.pra – *Festuca pratensis*; fes.rub – *F. rubra*; fra.ves – *Fragaria vesca*; gal.lad – *Galeopsis ladanum*; gal.tet. – *G. tetrahit*; gal.apa – *Galium aparine*; gal.mol – *G. mollugo*; geu.riv – *Geum rivale*; geu.urb – *G. urbanum*; gle.hed – *Glechoma hederacea*; her.sph – *Heracleum sphondylium*; hie.pil – *Hieracium pilosella*; hol.lan – *Holcus lanatus*; hol.mol – *H. mollis*; hyp.mac – *Hypericum maculatum*; imp.par – *Impatiens parviflora*; lam.alb – *Lamium album*; las.lat – *Laserpitium latifolium*; leo.aut – *Leontodon autumnalis*; lot.cor – *Lotus corniculatus*; luz.cam – *Luzula campestris*; luz.mul – *L. multiflora*; mel.nem – *Melampyrum nemorosum*; phl.pra – *Phleum pratense*; pic.abi – *Picea abies*; pim.maj – *Pimpinella major*; pim.sax – *P. saxifraga*; pla.lan – *Plantago lanceolata*; poa.pra – *Poa pratensis*; pol.vul – *Polygala vulgaris*; pop.tre – *Populus tremula*; pot.ere – *Potentilla erecta*; pot.rep – *P. reptans*; prn.gra – *Prunella grandiflora*; que.pet – *Quercus petraea*; que.rob – *Q. robur*; ran.acr – *Ranunculus acris*; ran.rep – *R. repens*; rhi.min – *Rhinanthus minor*; ros.can – *Rosa canina*; rubus – *Rubus* sp.; sci.syl – *Scirpus sylvaticus*; sor.acu – *Sorbus aucuparia*; ste.gra – *Stellaria graminea*; sym.off – *Symphytum officinale*; tan.vul – *Tanacetum vulgare*; tar.off – *Taraxacum officinale*; thy.pul – *Thymus pulgoides*; til.pla – *Tilia platyphyllos*; tri.hyb – *Trifolium hybridum*; tri.med – *T. medium*; tri.mon – *T. montanum*; tri.pra – *T. pratense*; tri.rep – *T. repens*; tri.fla – *Trisetum flavescens*; urt.dio – *Urtica dioica*; vac.myr – *Vaccinium myrtillus*; ver.cha – *Veronica chamaedrys*; ver.off – *V. officinalis*; vic.cra – *Vicia cracca*; vic.dum – *V. dumetorum*; vic.hir – *V. hirsuta*; vic.sep – *V. sepium*; vic.tet – *V. tetrasperma*; vic.vil – *V. villosa*

polan, aczkolwiek mało intensywne i nieregularne w ostatnich latach, skutecznie hamuje ekspansję drzew i krzewów. Notowano jedynie młode osobniki tych gatunków, które nie przerażały gatunków roślin zielnych. Gatunki leśne różnią się maksymalnymi zasięgami występowania wzdłuż transektów. *Impatiens parviflora*, *Crataegus monogyna*, *Cornus sanguinea*, *Quercus petraea*, *Geum rivale*, *Glechoma hederacea* i *Conwallaria majalis* spotykane były wyłącznie w pasie pierwszych dwóch metrów od krawędzi polan. Tylko nieliczne gatunki spotykane były w szerokim zakresie odległości, również na najdalszych (32 m) pozycjach transektów. Należały do nich *Equisetum sylvaticum*, *Quercus robur*, *Rosa canina*, *Sorbus aucuparia*, *Populus tremula* i *Fragaria vesca*.

W analizie składu gatunkowego roślinności łąkowej części strefy ekotonowej sledzono również względną udział gatunków reprezentujących wyróżnione grupy funkcjonalne oraz charakterystycznych dla różnych zbiorowisk roślinnych. W analizach dotyczących grup funkcjonalnych gatunki podzielono na cztery kategorie: drzew i krzewów (w obu wypadkach występowały wyłącznie osobniki juwenilne), graminoidów (rośliny jednoliścienne o pokroju trawiastym), ziół szerokolistnych (z wyłączeniem przedstawicieli rodziny *Fabaceae*) oraz roślin motylkowatych. W analizach dotyczących zbiorowisk roślinnych gatunki podzielono na reprezentujące: zbiorowiska łąkowe i murawowe (klasy *Molinio-Arrhenatheretea* i *Festuco-Brometea*), leśne i zaroślowe (klasy *Quercio-Fagetea*, *Vaccinio-Piceetea* i *Rhamno-Prunetea*), okrajkowe i zrębowe (klasy *Trifolio-Geranietea* i *Epilobieteae angustifolii*) oraz inne (ryc. 2). Na odcinku pierwszych 4 m łąkowej części strefy ekotonowej obniża się do minimum udział juwenilnych form drzew i krzewów, zaś maksimum osiąga udział graminoidów i istotnych dla zbiorowisk łąkowych i murawowych przedstawicieli rodziny motylkowatych. Na odcinku tym wzrasta udział gatunków charakterystycznych dla zbiorowisk trawiastych (z 50 do 80%), a jednocześnie do poziomu poniżej 10% spada udział gatunków zbiorowisk leśnych i zaroślowych.

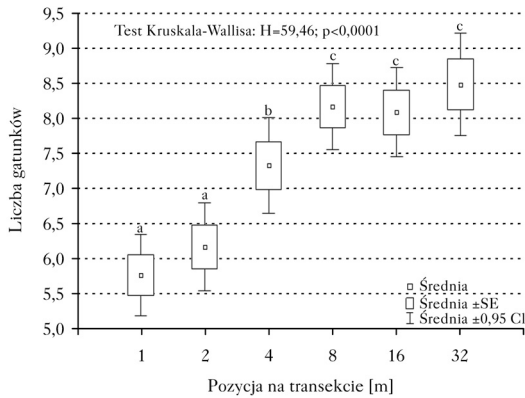
Zmienność parametrów różnorodności gatunkowej obejmuje pas ośmiu metrów od krawędzi polan. Zarówno średnie liczby gatunków w zdjęciach fitosocjologicznych, jak i średnie wartości różnorodności gatunkowej Shannona-Wienera rosną od krawędzi polan, osiągają maksimum na ósmym metrze i następnie utrzymują się na stałym poziomie (ryc. 3 i 4). Nie odnotowano wpływu wystawy stoków na przedstawione wyżej parametry różnorodności gatunkowej.



Ryc. 2.

Udział gatunków należących do wyróżnionych grup funkcjonalnych oraz kategorii roślinności wzdłuż transektów

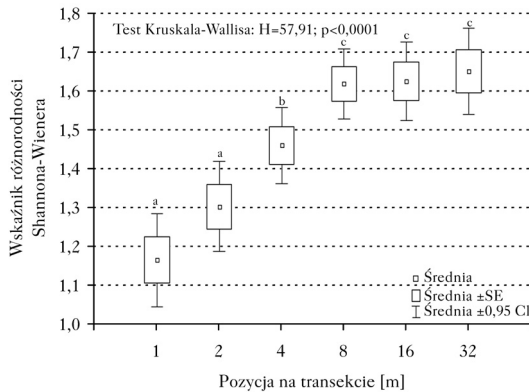
Share of the species representing functional groups and vegetation categories along the transects



Ryc. 3.

Średnia (oraz błąd standardowy SE i przedział ufności CI) liczba gatunków na powierzchniach wzdłuż badanych transektów  
Mean (with standard error SE and confidence interval CI) number of species on the plots along transects

litery oznaczają grupy jednorodnie przy  $p \leq 0,05$   
letters indicate homogenous groups at  $p \leq 0,05$



Ryc. 4.

Średnia (oraz błąd standardowy SE i przedział ufności CI) wartość wskaźnika różnorodności Shannona-Wienera wzdłuż badanych transektów  
Mean (with standard error SE and confidence interval CI) values of Shannon-Wiener diversity index on the plots along transects

litery oznaczają grupy jednorodnie przy  $p \leq 0,05$   
letters indicate homogenous groups at  $p \leq 0,05$

## Dyskusja

Obszar styku zbiorowiska leśnego i fitocenozy łąkowej polany jest przykładem ekotonu, a więc strefy, w której przenikają się sąsiadujące biocenozy. We współczesnych ujęciach podkreśla się wielowymiarowość ekotonu. Hufkens i in. [2009] definiują ekoton jako wielowymiarową strefę stochastycznych interakcji pomiędzy systemami ekologicznymi z charakterystyką definiowaną w przestrzeni i czasie oraz poprzez siłę współdziałania. W naszych badaniach ograniczyliśmy się do łąkowej części ekotonu. Z powodu braku niebudzących wątpliwości danych dotyczących użytkowania badanych obiektów pominięty został czynnik czasu, a skoncentrowano się na określeniu aktualnie obserwowanego zasięgu i natężenia wpływu zbiorowiska leśnego na roślinność brzeżnych partii polan.

Oddziaływania brzegowe na granicy lasu związane są ze zmianą odczynu gleby na wyższy w otwartym terenie [Sławski 2001; Rhoades i in. 2005] oraz czynników mikroklimatycznych, których wpływ może być modyfikowany przez wystawę stoku [Łuczaj, Sadowska 1997; Orczewska, Glista 2005]. W naszych badaniach nie stwierdziliśmy jednoznacznego wpływu wystawy ściany lasu na zasięg przenikania gatunków leśnych w głąb fitocenozy trawiastych.

Meiners i Pickett [1999], badając zmienność roślinności na gradiencie pomiędzy siedliskami leśnymi i polnymi, stwierdzili, że gatunki wykazują indywidualną reakcję na oddziaływania związane z granicą lasu i ich maksymalna obfitość występowania może być usytuowana w różnych pozycjach względem tej linii. Można zatem założyć, że specyfika różnych graniczących ze sobą zbiorowisk i warunków ekologicznych, w jakich występują, może kształtować odmienne

wzorce przestrzenne rozmieszczenia gatunków i ich różnorodności. Teza ta znajduje potwierdzenie w odmiennych rezultatach badań różnych autorów. Sławski [2001] obserwował zmiany składu zbiorowisk roślinnych z charakterystycznego dla fitocenoz otwartych w roślinność typową dla lasów w pasie o szerokości 5-20 metrów. Na polanach sudeckich najbardziej spektakularne zmiany roślinności przejawiające się zastępowaniem gatunków leśnych przez łąkowe odnotowaliśmy na pierwszych czterech metrach od granicy lasu. Łuczaj i Sadowska [1997] stwierdzili, że liczba gatunków roślin jest najwyższa w pasie trzech metrów od granicy lasu po stronie łąkowej, a poza nim obniża się w obu kierunkach. W naszych badaniach wartość ta wzrosła do ósmego metra i potem pozostawała na stałym poziomie, podobnie jak to obserwowali Meiners i Pickett [1999] w roślinności stykających się z lasem pół. Jeszcze inny wzorzec rozmieszczenia roślin naczyniowych opisali w Alpach Jacot i in. [2012], gdzie około 50% gatunków występowało wyłącznie w brzeżnej strefie polan, a tylko nieliczne w centralnych ich partiach. W naszych badaniach uzyskaliśmy wręcz przeciwny obraz rozmieszczenia gatunków.

Niewiele jest danych dotyczących cech jakościowych roślinności na transektach przecinających ekotony granicy lasu i zbiorowisk trawiastych. Zmiany udziału roślinności klasy *Molinio-Arrhenatheretea* na transektach przecinających granicę lasu i łąk badały Orczewska i Glista [2005]. Na odcinku pierwszych ośmiu metrów autorki stwierdziły wzrost udziału gatunków łąkowych z około 20% do 50-75%. Na badanych przez nas polanach zakres ten również wynosił około 50-80%.

## Wnioski

- ✦ Najsilniejszy zakres oddziaływań brzegowych odnotowano w pasie do czterech metrów od granicy lasu. Obserwowano w nim przenikanie się zbiorowisk łąkowych i leśnych ze stopniowym spadkiem udziału gatunków charakterystycznych dla tych ostatnich.
- ✦ Różnorodność gatunkowa roślinności polan osiąga maksimum na ósmym metrze od granicy lasu i następnie utrzymuje się na stałym poziomie.
- ✦ Obserwowany wzorzec przestrzenny zmian roślinności na styku zbiorowisk leśnych i łąkowych odbiega od opisywanych przez innych autorów, co może wskazywać na lokalną specyfikę zjawiska.

## Literatura

- Bartoszek L., Haberska A., Szwagrzyk J. 1990. Zarastanie przez drzewa i krzewy polan Łazek Niżni i Ligarki w Pienińskim Parku Narodowym. *Chrońmy Przyr. Ojcz.* 46 (6): 17-31.
- Bodziarczyk J., Michalcewicz J., Szwagrzyk J. 1999. Secondary forest succession in abandoned glades of the Pieniny National Park. *Pol. J. Ecol.* 47 (2): 175-189.
- ter Braak C. J. F., Šmilauer P. 2002. *Canoco Reference Manual and User's Guide to Canoco for Windows: Software for Canonical Community Ordination (version 4.5)*. Microcomputer Power Ithaca, NY, USA.
- Ciurzycki W. 2003. Gospodarka pasterska a lasy Tatr Polskich. *Sylwan* 147 (11): 80-85.
- Ciurzycki W. 2004a. Struktura przestrzenna naturalnych odnowień świerkowych na górnoreglowych polanach popasterskich w Tatrach Polskich. *Sylwan* 148 (7): 20-30.
- Ciurzycki W. 2004b. Wtórna sukcesja lasu na polanach górskich wyłączonych z gospodarki pasterskiej. *Sylwan* 148 (11): 59-66.
- Hufkens K., Scheunders P., Ceulemans R. 2009. Ecotones in vegetation ecology: methodologies and definitions revisited. *Ecol. Res.* 24: 977-986.
- Jacot K., Eggenschwiler L., Beerli C., Bosshard A., Sutura M. 2012. Significance of different types of meadow edges for plant diversity in the Swiss Alps. *Agric. Ecosys. Envir.* 153: 75-81.
- Łuczaj Ł., Sadowska B. 1997. Edge effect in different groups of organisms: vascular plant, bryophyte and fungi species richness across a forest-grassland border. *Folia Geobot. Phytotax.* 32: 343-353.
- Meiners S. J., Pickett S. T. A. 1999. Changes in community and population responses across a forest-field gradient. *Ecography* 22: 261-267.

- Michalik S. 1986. Problemy ochrony biocenozy polan reglaowych w parkach narodowych polskich Karpat. *Chrońmy Przyr. Ojcz.* 42 (5):16-27.
- Michalik S. 1990a. Rola nieklimaksowych biocenozy w parkach narodowych i rezerwatach. *Prądnik. Prace Muz. Szafera* 2: 9-16.
- Michalik S. 1990b. Sukcesja wtórna i problemy aktywnej ochrony biocenozy półnaturalnych w parkach narodowych i rezerwatach przyrody. *Prądnik. Prace Muz. Szafera* 2: 175-198.
- Orczewska A., Glista A. 2005. Floristic analysis of the two woodland-meadows ecotones differing in orientation of the forest edge. *Pol. J. Ecol.* 53 (3): 365-382.
- Rhoades C. C., Miller S. P., Skinner D. L. 2005. Forest vegetation and soil patterns across glade-forest ecotones in the Knobs Region of Northeastern Kentucky USA. *Am. Midl. Nat.* 154 (1): 1-10.
- Sławski M. 2001. Granica lasu jako strefa ochronna ekosystemu leśnego. Analiza roślinności wybranych ekotonów na Pomorzu. *Sylwan* 145 (2): 77-87.
- Tokarczyk N. 2013. Renaturalizacja górnoreglowych polan gorczańskich. *Sylwan* 157 (2): 113-121.

## SUMMARY

### Influence of the edge effect on the vegetation of forest glades in the Middle Sudety Mts. (SW Poland)

We studied the influence of the forest edge on the meadow vegetation. All 10 investigated meadows were used irregularly and at low intensity of management in the last 5-8 years. In each glade we established the set of 5 transects starting at the forest edge and directed perpendicularly towards the center of the meadow. Along transects we placed 1 m<sup>2</sup> study plots where relevés were done. Study plots were determined at first two meters and then at 4, 8, 16 and 32 m from the forest edge.

The strongest edge effect was noticed up to 4 m from the forest border towards the center of the glade. Within that belt we observed changes in share of species representing various functional groups. The share of tree and shrub species decreased, while the share of graminoids and *Fabaceae* species as well as share of all species generally related to grassland communities increased. A significant increase in species number and Shannon-Wiener index was noticed within the distance of eight meters from the forest edge.