

GÓRNA GRANICA ZAROŚLI SUBALPEJSKICH W WYBRANYCH PASMACH GÓRSKICH EUROPY ŚRODKOWEJ – UWARUNKOWANIA I TYPY EKOTONU

Miłosz Jodłowski*

*Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej Uniwersytetu Jagiellońskiego,
ul. Gronostajowa 7, 30–387 Kraków*

Jodłowski M., 2010, Górna granica zarośli subalpejskich w wybranych pasmach górskich Europy Środkowej – uwarunkowania i typy ekotonu, *Czasopismo Geograficzne*, 81(1–2): 43–59.

Artykuł wpłynął do redakcji 8.02.2010; po recenzji zaakceptowano 15.10.2010.

Streszczenie

W artykule dokonano porównania typów górnej granicy zarośli subalpejskich w wybranych pasmach górskich Europy Środkowej (góry Słowacji, Gorgany, Czarnohóra, Góry Rodniańskie, Riła, Pirin oraz pasma Alp Wschodnich: Dolomity, Brenta i Alpy Julijskie). Podstawą analizy była typologia górnej granicy kosodrzewiny opracowana przez autora w trakcie szczegółowych badań prowadzonych w Tatrach, na Babiej Górze i w Karkonoszach. Wyróżniono granice orograficzne, edaficzne, morfologiczne, obniżone mechanicznie i antropogeniczne. Wykazano, że mają one swoje odpowiedniki w innych pasmach górskich, przy czym proporcje pomiędzy poszczególnymi typami zależą od budowy geologicznej i rzeźby, a także od stopnia przekształcenia zarośli subalpejskich przez człowieka.

Wprowadzenie

W górach świata, zgodnie z podziałem zaproponowanym przez Trolla [1972], wyróżnia się cztery główne piętra geoekologiczne: stepowe, leśne, alpejskie i niwalne. Pomiedzy nimi występują trzy granice krajobrazowe – dolna granica lasu (górna granica suchości), górna granica lasu i dolna granica wiecznego śniegu. Wśród nich najczęściej badana jest granica pomiędzy piętrem leśnym

i piętrem alpejskim, czyli górna granica lasu (*timberline*). W niektórych pasmach górskich jest ona bardzo wyraźna i ma charakter niemalże liniowy (ostry). Z kolei w innych – gatunki drzew występujące przy granicy piętra stopniowo zmniejszają swoją wysokość, a las staje się coraz mniej zwarty, tworząc strefę przejściową o szerokości od kilkudziesięciu do kilkuset metrów (*forest-alpine tundra ecotone*) [Holtmeier 2004]. W niniejszej pracy przyjęto szerokie znacze-

* E-mail: m.jodlowski@uj.edu.pl

nie terminu ekoton, podobnie jak w pracach z zakresu geoekologii wysokogórskiej [por. Troll 1973a, Holtmeier 2004], określając w ten sposób wszystkie granice zbiorowisk roślinnych mające charakter strefy przejściowej [por. Risser 1993, Falińska 2004]. Należy jednak zaznaczyć, że w pracach z zakresu geografii roślin [por. Kornaś, Medwecka-Kornaś 2002] termin ekoton odnosi się jedynie do szerokich stref przejścia, w których wskutek stopniowej zmiany warunków siedliskowych zachodzi zmiana zbiorowisk roślinnych. Strefy te cechują się zazwyczaj wzbogaconym składem gatunkowym w stosunku do sąsiednich zbiorowisk. Granice pięter roślinnych w górach traktowane są jako ekokliny, czyli wąskie strefy przejścia związane ze skokową zmianą warunków siedliskowych i zbiorowisk roślinnych.

Dwa wspomniane typy górnej granicy lasu są charakterystyczne dla gór półkuli południowej i Ameryki Północnej. Różnią się one składem gatunkowym roślinności, a także szerokością i strukturą strefy przejściowej [Plesnik 1973, Arno 1984]. Najczęściej jednak w strefie przejściowej występują te same gatunki roślin, co w piętrze leśnym. Ich krzewiaste postacie, uwarunkowane czynnikami siedliskowymi, w literaturze określane są jako *cripple trees*, a cała strefa przejściowa – jako *elfin wood*. Natomiast w górach Eurazji strefa przejściowa pomiędzy piętrem leśnym i piętrem alpejskim często przyjmuje charakter osobnego piętra geoekologicznego z dominacją zarośli krzewiastych, w którym występują inne gatunki niż w piętrze leśnym. Krzewy te, których forma wzrostu zdeterminowana jest genetycznie, określane są terminem *krummholz*, a piętro geoekologiczne – jako *krummholz belt* [Wardle 1974, Holtmeier 1981, 2004]. Tego typu rozróżnienie stosowane jest najczęściej w pracach europejskich, a także w opracowaniach dotyczących gór Azji. Odmienne terminologia stosowana jest

w pracach amerykańskich [por. Arno 1984]. Większość badaczy używa zamiennie terminów: piętro krzewów (*krummholz belt*) i piętro subalpejskie [Troll 1973a], jednak w niektórych pracach dotyczących Alp (i w większości opracowań amerykańskich) przyjmuje się, że piętro subalpejskie stanowi górną część piętra leśnego i, poza zaroślami, zalicza się do niego najwyżej położone zbiorowiska leśne (*subalpine forest*) [Löve 1970, Turner, Tranquillini 1985].

Piętro subalpejskie w górach Eurazji budowane jest przez wiele gatunków roślin z kilku rodzajów (głównie krzewiaste sosny, jałowce, różaneczniki, brzozy i olchy), przy czym zazwyczaj trudno wskazać gatunek dominujący. Charakterystyczną cechą piętrowości środowiska przyrodniczego w górach Europy Środkowej jest dobrze wykształcone piętro subalpejskie, w którym dominują zwarte zarośla sosny górskiej, czyli kosodrzewiny *Pinus mugo*. Rozpiętość pionowa tego piętra sięga kilkuset metrów [Plesnik 1972a, Holtmeier 1973]. Podobna formacja występuje jedynie w górach Azji Wschodniej – w Japonii, na Kamczacie i Sachalinie [Wardle 1977, Yoshino 1978, Yanagimachi, Ohmori 1991], gdzie tworzy ją inny gatunek sosny *Pinus pumilio*, uznawany czasem za geograficzną odmianę kosodrzewiny.

Górna granica zarośli subalpejskich (*krummholz-line*) bardzo rzadko była przedmiotem osobnego zainteresowania badaczy zajmujących się problematyką wysokogórską. Rozważania takie podejmowano niejako na marginesie badań nad górną granicą lasu [m.in. Troll 1973b, Grebenschikov 1978, Tranquillini 1979, Arno 1984]. Strukturą strefy przejściowej pomiędzy piętrem leśnym i piętrem alpejskim zajmowano się jedynie w Pirenejach [Camarero i in. 2003], a górna granica kosodrzewiny w Niżnich Tatrach i w słowackiej części masywu Babiej Góry była przedmiotem badań L. Seko [1979, 1981, 1984]. We wcze-

śniejszych pracach autora niniejszego artykułu wyjaśniono czynniki decydujące o przebiegu górnej granicy kosodrzewiny w Tatrach, na Babiej Górze i w Karkonoszach. O rozpadzie zwartych zarośli na pojedyncze płyty decydują głównie czynniki edaficzne i morfologiczne (nachylenie stoku i rodzaj form terenu), a procesy morfogenetyczne (lawiny oraz spływy gruzowe i gruzowo-błotne) są czynnikiem najsilniej obniżającym górną granicę zwartej kosodrzewiny. Najwyżej położone płyty i stanowiska kosodrzewiny występują w miejscach o największej dostawie energii słonecznej. W skali poszczególnych pasm górskich czynnikiem wyjaśniającym zróżnicowanie przebiegu górnej granicy piętra kosodrzewiny zwartej jest orografia, czyli układ dolin i grzbietów, decydujący o zróżnicowaniu warunków mezoklimatycznych i kierunków wiatrów lokalnych [Jodłowski 2006a, 2007].

Biorąc pod uwagę czynniki determinujące rozpad zwartych zarośli kosodrzewiny na pojedyncze płyty oraz sposób wykształcenia strefy przejściowej pomiędzy piętrem subalpejskim a piętrem alpejskim, wydzielono pięć typów górnej granicy kosodrzewiny: orograficzną, morfologiczną, edaficzną, mechanicznie obniżoną i antropogeniczną [Jodłowski 2006b, 2007]. Wydzielone typy mogą stanowić podstawę do analizy zróżnicowania w strukturze górnej granicy krzewów w innych górach. Próbę taką podjęto w niniejszej pracy, odnosząc się do wybranych pasm górskich w Europie z dobrze wykształconym piętrem subalpejskim.

Obszar badań

Piętro subalpejskie, w którym dominują zarośla kosodrzewiny *Pinus mugo*, występuje przede wszystkim w górach Europy Środkowej: Karpatach Zachodnich, Sudetach, górach Półwyspu Bał-

kańskiego oraz w niektórych pasmach Alp Wschodnich [Holtmeier 1973, 2004]. W Karpatach Południowo-Wschodnich i w Alpach Zachodnich kosodrzewina współwystępuje najczęściej, w różnych proporcjach, z olszą zieloną *Alnus viridis*. W pozostałych europejskich pasmach górskich piętro krzewów jest słabiej wykształcone lub też budowane jest przez inne gatunki roślin, np. brzozę omszałą *Betula pubescens* w Górach Skandynawskich [Fægri 1972]. Jedyne w Pirenejach powyżej granicy lasu występują zbiorowiska krzewiaste tworzone przez geograficzną odmianę kosodrzewiny *Pinus uncinata*. Zarośla *Pinus uncinata* nie tworzą jednak zazwyczaj osobnego piętra geokologicznego [Höllermann 1972].

Do analizy porównawczej typów granicy pomiędzy piętrem subalpejskim i alpejskim (górną granicę kosodrzewiny) wybrano 14 pasm górskich Europy Środkowej. Poza Tatrami, Karkonoszami i masywem Babiej Góry, w których wykonano szczegółowe badania terenowe, obserwacje prowadzono również (w latach 2000–2009) w pasmach górskich Słowacji (Mała Fatra, Wielka Fatra, Niżne Tatry), Alpach Wschodnich (Dolomity, masyw Brenty i Alpy Julijskie) oraz Karpatach Południowo-Wschodnich (Gorgany, Czarnohora i Góry Rodniańskie). Dokonano także analizy literatury dotyczącej piętra subalpejskiego w górach półwyspu Bałkańskiego (Riła i Pirin).

Środowisko przyrodnicze wspomnianych pasm, mimo różnic wynikających z odmiennej budowy geologicznej i położenia geograficznego wpływającego na cechy klimatu (opady, temperatura), można uznać za podobne pod względem cech decydujących o wykształceniu ekotonu pomiędzy piętrem subalpejskim a alpejskim. Współcześnie góry te nie są objęte zlodowaceniem. Jedyne w Dolomitach i Alpach Julijskich występują szczątkowe lodowce [Galon 1958, Berg-

inc i in. 1987, Gabrovec 1998], natomiast wszystkie pasma mają dobrze wykształconą rzeźbę polodowcową i formy peryglacjalne. Górna granica lasu przebiega na wysokości 1250–2100 m n.p.m., a górna granica zarośli subalpejskich na wysokości 1450–2300 m n.p.m (tab. 1).

Wszystkie pasma podlegały od kilkuset lat intensywnej działalności człowieka, polegającej głównie na eksploatacji i hutnictwie rud metali, gospodarce leśnej oraz ekstensywnym pasterstwie. Działalność ta doprowadziła do znacznych przekształceń środowiska przyrodniczego, szczególnie w piętrze leśnym i subalpejskim [Holtmeier 1972]. Współcześnie większość analizowanych obszarów objęta jest ochroną w postaci parków narodowych. Jednocześnie są to przeważnie atrakcyjne rejony turystyczne. Obserwowany jest intensywny rozwój infrastruktury narciarskiej (wyciągi i trasy narciarskie), który powoduje zmniejszanie się areалу subalpejskich zarośli krzewów. Dodatkowo, w niektórych pasmach górskich prowadzone są zabiegi związane z czynną ochroną przyrody (nasadzenia lub wycinanie zarośli kosodrzewiny). Wszystkie opisane procesy zachodziły lub zachodzą współcześnie w Tatrach, Karkonoszach i na Babiej Górze, czyli w pasmach szczegółowo badanych przez autora w latach 2000–2004. Umożliwia to porównanie zarówno czynników decydujących o przebiegu granicy zwartych zarośli subalpejskich jak i typów ekotonu pomiędzy piętrem subalpejskim i alpejskim.

Typy górnej granicy zarośli subalpejskich

W badanych pasmach górskich ekoton pomiędzy piętrem subalpejskim i alpejskim tworzy strefę o szerokości od kilkudziesięciu do kilkuset metrów, w której zwarte zarośla wraz ze wzrostem wysokości n.p.m. rozpadają się na

pojedyncze płyty. Dodatkowo, rozpad zwartych zarośli na pojedyncze płyty uwarunkowany jest innymi czynnikami niż te, które decydują o występowaniu najwyższej położonych stanowisk. Dlatego też, mimo że opracowana przez autora typologia górnej granicy kosodrzewiny [Jodłowski 2006b, 2007] w swoich podstawowych założeniach oparta jest na pracy P. Plesnika o górnej granicy lasu w Tatrach [1971], konieczne było sprecyzowanie przedmiotu typologii. Wyróżnione typy odnoszą się do górnej granicy zwartych zarośli, a kryterium ich wydzielenia były czynniki decydujące o ich rozpadzie na pojedyncze płyty. Na opracowanych modelach przedstawiono również typową strukturę ekotonu pomiędzy granicą zwartych zarośli, a granicą występowania pojedynczych krzewów (ryc. 1).

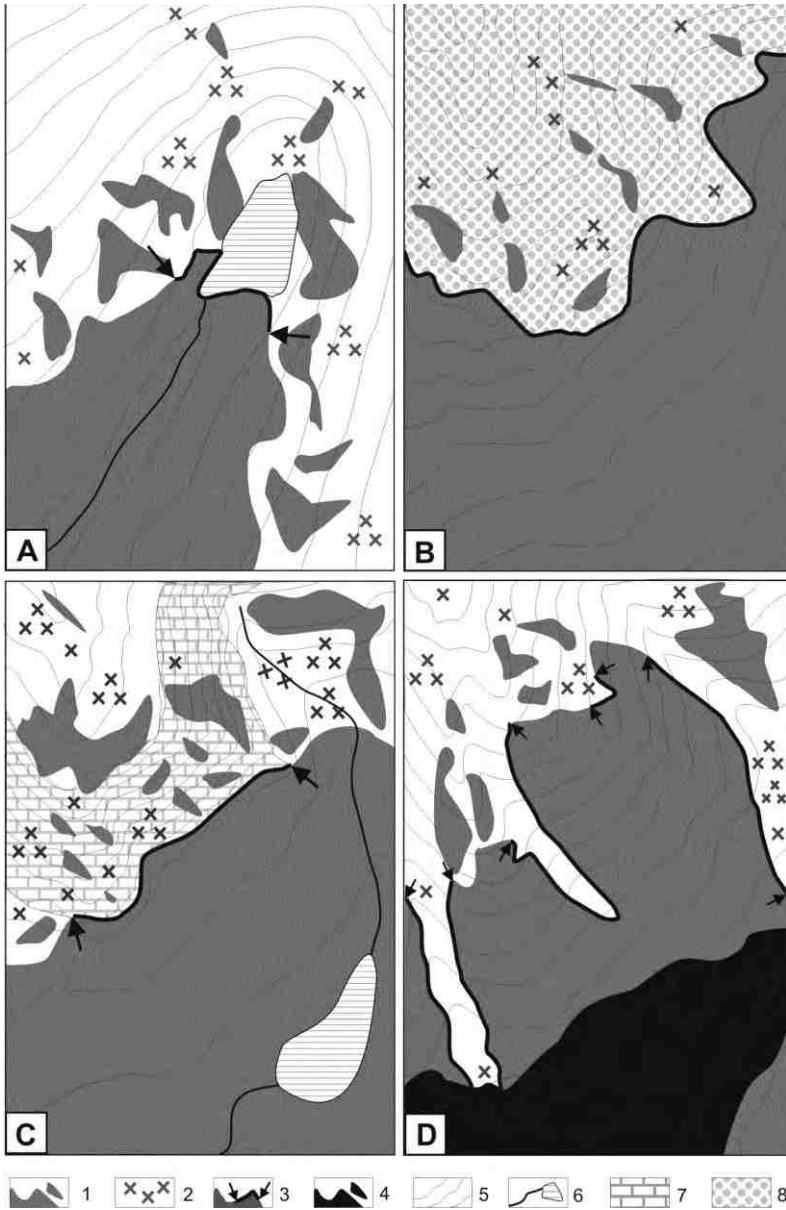
Granica orograficzna

Wyróżniono dwa podtypy granicy orograficznej: dolinny i grzbietowy. Pierwszy występuje w dnach dolin w miejscach, gdzie zwarte zarośla kosodrzewiny rozpadają się na płyty wskutek oddziaływania zespołu czynników pogarszających warunki klimatyczne. Do najistotniejszych należą: zacinienie przez strome zbocza dolin, dłuższy okres zalegania pokrywy śnieżnej i występowanie wiatrów dolinnych. Podtyp dolinny nawiązuje do często opisywanego obniżenia dolinnej górnej granicy lasu [m.in. Friedel 1967, Plesnik 1971, Holtmeier 2004]. Granica orograficzna występuje powszechnie w dnach żłobów polodowcowych w Górach Rodniańskich i Alpach Julijskich, a także w Rile i Pirinie [por. Bataklijev 1972, Plesnik 1972b, ryc. 2]. W pasmach tych zaobserwowano również rozpad zarośli kosodrzewiny na płyty w sąsiedztwie jezior polodowcowych – zjawisko opisane przez autora z Tatr Wysokich [Jodłowski 2007, ryc. 1]. Znacznie krótsze odcinki granic

Tab. 1. Górna granica lasu i zarośli subalpejskich w wybranych pasmach górskich Europy Środkowej.

Łańcuch górski	Pasma górskie/masyw	Wysokość najwyższego szczytu [m n.p.m.]	Wysokość górnej granicy lasu [m n.p.m.]	Główny gatunek budujący górną granicę lasu	Wysokość górnej granicy formacji krzewów [m n.p.m.]	Główne gatunki w piętrze krzewów	Ochrona przyrody (obszar chroniony, rok założenia)
Karpaty Zachodnie	Tatry	2655	1550–1650 ¹	<i>Picea excelsa</i>	1800–1850 ¹	<i>Pinus mugo</i>	PN (1949, 1954)
	Niżne Tatry	2043	1550–1650 ²	<i>Picea excelsa</i>	1800 ^{3,4}	<i>Pinus mugo</i>	PN (1978)
	Babia Góra	1725	1360–1390 ¹	<i>Picea excelsa</i>	1650 ¹	<i>Pinus mugo</i>	PN (1954), RP (1974)
Karpaty Południowo-Wschodnie	Gorgany	1838	1600–1650 ^{1,10}	<i>Picea excelsa</i>	1650–1750 ^{1,10}	<i>Pinus mugo, Alnus viridis</i>	RP (1996)
	Czarnohóra	2068	1670 ^{1,10}	<i>Picea excelsa</i>	1800–1850 ^{1,10}	<i>Pinus mugo, Alnus viridis</i>	PN (1936, 1980)
	Góry Rodniańskie	2302	1600–1800 ¹⁰	<i>Picea excelsa</i>	1850–2000 ¹⁰	<i>Pinus mugo, Alnus viridis</i>	PN (1990)
Sudety	Karkonosze	1602	1250 ⁵	<i>Picea excelsa</i>	1450 ⁵	<i>Pinus mugo, Sorbus aucuparia</i>	PN (1959, 1963)
	Alpy Julijskie	2864	1600–1900 ^{6,10}	<i>Fagus sylvatica, Larix decidua</i>	2100 ^{6,10}	<i>Pinus mugo, Sorbus aucuparia, Juniperus sibirica</i>	(PN 1926, 1961)
Alpy Wschodnie	Dolomity	3342	1900–2100 ¹⁰	<i>Larix decidua</i>	2000–2200 ¹⁰	<i>Pinus mugo</i>	PN (1990), PK
	Brenta	3173	1900–2000 ¹⁰	<i>Larix decidua</i>	2000–2200 ¹⁰	<i>Pinus mugo</i>	PK (1969)
Bałkany	Rila	2925	1900–2100 ^{7,8,9}	<i>Pinus peuce</i>	2200–2300 ^{7,8,9}	<i>Pinus mugo, Alnus viridis</i>	PN (1992)
	Pirin	2914	2000–2100 ^{7,8,9}	<i>Pinus peuce</i>	2200–2300 ^{7,8,9}	<i>Pinus mugo, Alnus viridis</i>	PN (1962)

PN – park narodowy, PK – park krajobrazowy (kat. V wg IUCN), RP – rezerwat przyrody. Opracowanie własne na podstawie: 1 – Kondracki [1989], 2 – Zatkalik [1973], 3 – Seko [1984], 4 – Seko [1990], 5 – Kondracki [1994], 6 – Berginc i m. [1989], 7 – Batakhev [1972], 8 – Plesnik [1972], 9 – Grebenshchikov [1978], 10 – obserwacje własne



Ryc. 1. Typy górnej granicy zarośla subalpejskich: A – orograficzna (podtyp dolinny), B – edaficzna (podtyp B), C – morfologiczna (podtyp A), D – mechanicznie obniżona (lawinowa). 1 – zarośla subalpejskie, 2 – pojedyncze krzewy, 3 – odcinki granicy, 4 – las, 5 – poziomicice, 6 – ciekii z jeziorami, 7 – stoki i ściany skalne, 8 – stoki gruzowe.

Fig. 1. Krummholz-line types: A – orographic (valley bottom subtype), B – edaphic (subtype B), C – morphological (subtype A), D – lowered by the avalanches, 1 – krummholz thickets, 2 – krummholz individuals, 3 – krummholz-line reaches, 4 – forest, 5 – contours, 6 – streams and lakes, 7 – rocky slopes and rockfaces, 8 – debris slopes.

orograficznych występują w dnach dolin w Dolomitach i grupie Brenty oraz w Czarnohorze, gdzie zarośla kosodrzewiny w większym stopniu zostały zniszczone wskutek działalności człowieka.

Z kolei podtyp grzbietowy granicy kosodrzewiny występuje na szerokich, spłaszczonych grzbietach, gdzie sumy promieniowania słonecznego są najwyższe. Jednak wskutek silnego antropogenicznego przekształcenia zarośli kosodrzewiny w miejscach z korzystnymi warunkami dla pasterstwa, dłuższe odcinki granic zaliczone do podtypu grzbietowego zaobserwowano jedynie na działach wodnych pomiędzy niektórymi dolinami Tatr Wysokich. W pozostałych pasmach granice takie występują w niewielkich fragmentach.

Granica edaficzna

Odcinki granic edaficznych występują w miejscach, gdzie zwarte zarośla subalpejskie rozpadają się na płaty wskutek występowania nieciągłej (ażurowej) pokrywy glebowej. Najczęściej odcinki takich granic przebiegają wzdłuż dolnej krawędzi stoków usypiskowych u podnóża ścian skalnych (podtyp A, ryc. 1) lub na stokach z pokrywami blokowymi (podtyp B, ryc. 1). Pierwszy podtyp występuje powszechnie w pasmach górskich Alp Wschodnich (Alpy Julijskie, Dolomity, pasma górskie Alp Austriackich – m.in. Wilder Kaiser, Karwendel, ryc. 3) oraz w Pirinie, u podnóża wapiennych i dolomitowych ścian skalnych. Naturalna górna granica krzewów w tych pasmach składa się głównie z odcinków granic edaficznych. Odcinki takie występują też w Tatrach Wysokich, jednak zazwyczaj nie przekraczają 200 m długości. W pozostałych pasmach górskich, w których stosunkowo niewiele jest ścian skalnych z rozległymi stokami usypiskowymi, odcinki granic edaficznych podtypu A występują sporadycznie,

a w Gorganach i Czarnohorze granic takich w ogóle nie zaobserwowano.

Z kolei granice edaficzne podtypu B (ryc. 1) są dominującym typem granicy kosodrzewiny w Gorganach [por. Sulma 1929, Trampler 1937]. Granica ta przebiega na wysokości 1600–1650 m n.p.m., a ponad nią wznoszą się jedynie najwyższe wierzchołki pasma pokryte rumoszem skalnym (tzw. *gorgan*, ryc. 4). Długie (o długości ponad 1 km) odcinki granic edaficznych podtypu B przebiegają także na południowych stokach Tatr Wysokich i na północnych stokach Śnieżki w Karkonoszach. Krótsze odcinki takich granic występują w Górach Rodniańskich, Czarnohorze i Rile.

Granica morfologiczna

Morfologiczne granice zarośli subalpejskich przebiegają bezpośrednio u podnóża ścian i stoków skalnych (podtyp A, ryc. 1) oraz na linii wklęsłych załomów stoków (podtyp B). Głównym czynnikiem powodującym rozpad zwartych zarośli na pojedyncze płaty jest znaczne nachylenie stoku decydujące o słabym wykształceniu pokrywy glebowej. W Tatrach odcinki granic morfologicznych przebiegają najczęściej u podnóża skalnych progów dolin wiszących i w zamknięciach żłobów polodowcowych. Podobnie wykształcona granica kosodrzewiny występuje m.in. w Górach Rodniańskich, w Rile i w Alpach Julijskich. W tym ostatnim paśmie, jak również w wielu innych pasmach Alp Wschodnich, odcinki granic morfologicznych przebiegają także bezpośrednio u podnóża ścian skalnych, których podstawa znajduje się znacznie poniżej górnej granicy piętra subalpejskiego (ryc. 3). Cechą charakterystyczną dla tego typu granic, odróżniającą je od granic edaficznych, jest występowanie szerokiej strefy z płatami kosodrzewiny rozciągającej się do kilkuset metrów powyżej zwartego zasięgu zarośli. Kępy kosodrzewiny wys-



Ryc. 2. Orograficzna granica zarośli subalpejskich w dnie Doliny Musalskiej w Rile (fot. J. Balon).

Fig. 2. Orographic krummholz-line in the bottom of Musala valley in the Rila Mts. (photo J. Balon).



Ryc. 3. Edaficzna granica kosodrzewiny pod wierzchołkiem Sywuli w Gorganach (fot. M. Jodłowski).

Fig. 3. Edaphic krummholz-line below the Sywula summit in the Gorgany Mts. (photo M. Jodłowski).



Ryc. 4. Granica kosodrzewiny w masywie Pelmo w Dolomitach. U podnóża ściany widoczne odcinki granic edaficznych (podtyp A) i morfologicznych (fot. J. Zawiejska).

Fig. 4. Krummholz-line in the Pelmo massif in the Dolomites. Reaches of edaphic and morphological boundary can be noticed at the cliffbase (photo J. Zawiejska).

tępują zarówno powyżej górnej krawędzi ścian i stoków skalnych, jak i na większości miejsc o niewielkich nachyleniach (np. na półkach skalnych).

Granica mechanicznie obniżona

Głównymi procesami obniżającymi granicę zarośli subalpejskich są lawiny oraz spływy gruzowe i gruzowo-błotne. Odcinki granic obniżonych przez lawiny są częste w Tatrach Zachodnich i Wysokich, Niżnich Tatrach, Górach Rodniańskich, Rile i Pirinie. W wielu miejscach zwarte zarośla kosodrzewiny rozcięte są torami lawinowymi o długości kilkuset metrów i szerokości kilkudziesięciu metrów. Zdarza się, że lawiny przecinają

całe piętro subalpejskie i docierają do granicy lasu. Tory lawinowe w obrębie piętra leśnego zazwyczaj porośnięte są krzewami występującymi w sąsiednim piętrze subalpejskim [por. Erschbammer 1989, Hreńko, Boltziar 2001, ryc. 1]. Z kolei w Alpach Wschodnich znacznie więcej jest odcinków granic obniżonych przez spływy gruzowe, są też one wyraźnie dłuższe i mogą przekraczać kilkaset metrów długości (ryc. 5). W ramach szczegółowej analizy granicy kosodrzewiny w Tatrach wykazano tylko jeden przypadek obniżenia granicy przez obryw skalny w Dolinie Białej Wody [Jodłowski 2007]. W Dolomitach, masywie Brenty i w Alpach Julijskich zaobserwowano takich miejsc kilkanaście.



Ryc. 5. Granica kosodrzewiny obniżona przez splywy gruzowe u podnóża Sass Pordoi w Dolomitach (fot. M. Jodłowski).

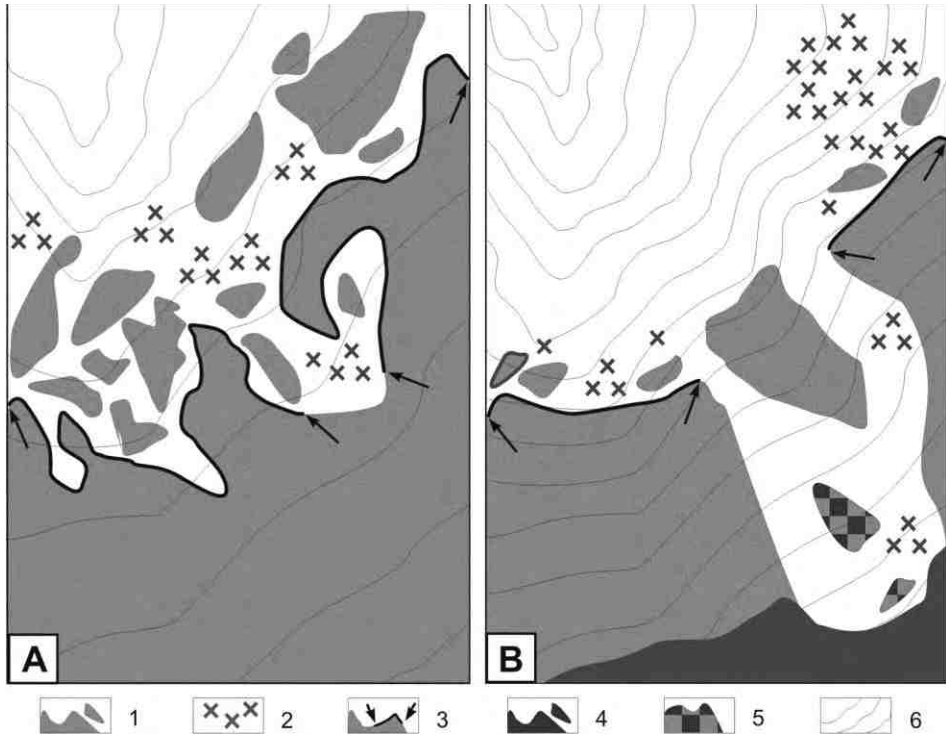
Fig. 5. Krummholz-line lowered by the debris flows at the base of Sass Pordoi in the Dolomites (photo M. Jodłowski).

Granica antropogeniczna

Odcinki antropogenicznej granicy krzewów występują w miejscach, gdzie działalność człowieka doprowadziła do częściowego zniszczenia zwartych zarośli subalpejskich i obniżenia ich naturalnego zasięgu. W pierwszej fazie odcinkitakie cechuje ostre przejście pomiędzy zwartymi zaroślami kosodrzewiny a terenami pozbawionymi roślinności krzewiastej. Jednak po upływie kilkadziesiąt lat od zaprzestania wypasu kosodrzewina stopniowo zajmuje tereny, na których zarośla uprzednio wycięto. Proces ten zachodzi zarówno w sposób naturalny, poprzez sukcesję wtórną, jak i wskutek nasadzeń prowadzonych przez

człowieka. Charakter odcinków antropogenicznej granicy kosodrzewiny różni się zatem w zależności od długości okresu, który upłynął od momentu zaprzestania niszczącej działalności człowieka oraz sposobu sukcesji kosodrzewiny (ryc. 6).

W pasmach górskich dawnej Czechosłowacji, w których zarośla subalpejskie zostały w znacznym stopniu zniszczone wskutek wypasu, prowadzono intensywne nasadzenia kosodrzewiny. Dotyczy to przede wszystkim Niżnich Tatr, Tatr Bielskich i Karkonoszy, a także Tatr Zachodnich, Małej Fatry i Wielkiej Fatry [Somora 1970, Plesnik 1978a, b]. Odcinki granic antropogenicznych w tych pasmach mają stosunkowo regularny przebieg nawiązujący do poziomic, a poje-



Ryc. 6. Antropogeniczna granica zarośli subalpejskich: A – granica współcześnie kształtowana przez procesy wtórnej sukcesji, bez ingerencji człowieka, B – granica powstała w wyniku nasadzeń wspomagających sukcesję. 1 – zarośla subalpejskie, 2 – pojedyncze krzewy, 3 – odcinki granicy, 4 – zwarty las, grupy drzew powyżej górnej granicy lasu, 5 – płyty zarośli z kępami drzew, 6 – poziomicze.

Fig. 6. Anthropogenic krummholz-line: A – boundary contemporarily shaped by secondary succession, without human intervention, B – boundary originated from succession supported by planting, 1 – krummholz thickets, 2 – krummholz individuals, 3 – krummholz-line reaches, 4 – close forest, tree outposts above timberline, 5 – krummholz thickets with tree patches, 6 – contours

dyncze płyty kosodrzewiny występują nie wyżej niż 50 m ponad granicą zwaną zasięgu zarośli. Odcinki takich granic współwystępują z granicami mechanicznie obniżonymi, przebiegającymi wzdłuż torów lawinowych. Jednocześnie, ponad granicą zwartych zarośli lub bezpośrednio ponad granicą lasu, jeżeli zarośla kosodrzewiny zostały całkowicie zniszczone (w wielu miejscach w Nizkich Tatrach, Wielkiej Fatrze i w Tatrach Zachodnich), występują regularnie nasadzone kępy kosodrzewiny, tworząc płyty o powierzchni do 1 ha, charakteryzujące

się stopniem pokrycia terenu nie przekraczającym 40–60%. Proces rozrastania i łączenia się płatów jest, jak na warunki górskie, stosunkowo szybki. Skutkuje to stopniowym podnoszeniem górnej granicy zwartej kosodrzewiny.

Regeneracja piętra subalpejskiego drogą naturalnej sukcesji jest wolniejsza. Poszczególne płyty mają nieregularne, poszarpane granice i trudno rozpoznać siedliskowe przyczyny ich rozmieszczenia. Taką strukturę strefy przejściowej można zaobserwować m. in. w polskiej części Karkonoszy i w masywie Babiej

Góry, a także w Alpach Zachodnich, Górach Rodniańskich i na długich odcinkach granicy zarośli w Czarnohorze. Współcześnie odróżnienie takich granic od granic uwarunkowanych czynnikami naturalnymi jedynie na podstawie obserwacji cech fizjonomicznych ekotonu jest prawie niemożliwe. Zdaniem niektórych badaczy, dowodem na wtórny charakter zarośli może być, między innymi, występowanie w ich obrębie martwych pni starych krzewów [por. Somora 1985, Lukačik 1997]. Cechą charakterystyczną granic antropogenicznych jest występowanie zbiorowisk wtórnych w miejscach uprzednio zajmowanych przez zarośla zgodne z siedliskiem. W miejscach dawnych terenów wypasowych w piętrze subalpejskim występują zarośla jałowca halnego *Juniperus nana*, m.in. na Babiej Górze, w Czarnohorze i Górach Rodniańskich [por. Środoń 1948] oraz w Alpach Wschodnich. Duże powierzchnie w obrębie piętra subalpejskiego zajmują też murawy bliźniczkowe z bliźniczką psią trawką *Nardus stricta*. Występują one powszechnie w Karkonoszach, w pasmach Karpat Południowo-Wschodnich [por. Zimina 1973] i Bałkanów [por. Grebenshchikov 1978] i w Alpach Wschodnich.

Na stokach o ekspozycjach południowych, przy dużej dostawie energii słonecznej i sprzyjających warunkach edaficznych, np. na podłożu węglanowym, granica krzewów często przebiega niżej niż na potencjalnie gorszych siedliskach. Miejsca takie, jako potencjalnie bardziej korzystne tereny wypasowe, zostały wylesione w pierwszej kolejności [por. Plesnik 1978a,b]. W Alpach Wschodnich, na terenach popasterskich (a także współcześnie wykorzystywanych pod wypas) w piętrze subalpejskim i alpejskim powstały liczne ośrodki narciarskie, co praktycznie uniemożliwia sukcesję krzewów, a granice mają charakter liniowy. Jedynie w rejonach, gdzie obowiązują ograniczenia w użytkowaniu sto-

ków narciarskich związane z grubością pokrywy śnieżnej, możliwa jest regeneracja zarośli. Z kolei na obszarach chronionych w Alpach Austriackich sukcesja kosodrzewiny jest jedną z przyczyn spadku różnorodności biotycznej muraw występujących powyżej granicy lasu. W ramach ochrony czynnej prowadzone są wycinki kosodrzewiny traktowanej jako gatunek inwazyjny [inf. ustna, Grabherr 2006].

Dyskusja i podsumowanie

W analizowanych pasmach górskich nie wyróżniono klimatycznego typu granicy krzewów, co stanowi zasadniczą różnicę w stosunku do typologii przeprowadzonej przez Seko [1983]. Z badań autora wynika, że czynniki klimatyczne bezpośrednio decydują o położeniu najwyższych płatów kosodrzewiny, natomiast rozpad zwartych zarośli na pojedyncze płyty uwarunkowany jest innymi czynnikami. Seko [1983] za granicę klimatyczną uważa szeroką strefę przejściową pomiędzy piętrzem kosodrzewiny a piętrzem alpejskim, gdzie zwarte zarośla kosodrzewiny, wskutek pogarszających się warunków klimatycznych, stopniowo rozpadają się na coraz mniejsze płyty. Jednak opis ten, zasadniczo prawdziwy, może odnosić się do większości odcinków granicy. W pracy Seko nie zamieszczono fotografii i map ilustrujących rozmieszczenie tak zdefiniowanego klimatycznego typu granicy, co uniemożliwia dokonanie porównania. Granice, na których rozpad zarośli na płyty uwarunkowany byłby wyłącznie czynnikami klimatycznymi, mogą przebiegać na gładkich stokach, o nachyleniach pozwalających na wykształcenie zwartej pokrywy głebowej z wystarczająco rozwiniętym profilem. Jednak takich stoków w piętrze subalpejskim analizowanych pasm górskich jest stosunkowo niewiele. W miejscach, w których istnieją warunki do

wykształcenia się klimatycznej granicy krzewów, subalpejskie zarośla zostały zniszczone przez wypas, w stopniu znacznie większym niż np. w Tatrach [por. Holtmeier 1972, Plesnik 1978a].

Obserwacje autora wykazują, że struktura ekotonu między piętrzem subalpejskim a alpejskim, czyli górna granica krzewów, w badanych pasmach górskich wykazuje wiele podobieństw – w przeciwieństwie do górnej granicy lasu, która w Alpach wykształcona jest inaczej niż w Karpatach [por. Tranquillini 1979, Holtmeier 2004]. W większości pasm alpejskich powyżej granicy zwarte go lasu (*timberline*) występują liczne kępy drzew (*tree outpost*), tworząc górną granicę drzew (*treeline*). Granica drzew może przebiegać nawet kilkaset metrów powyżej granicy lasu. W pozostałych górach Europy Środkowej, w tym w Tatrach, strefa przejścia w rejonie gra-

nicy lasu jest bardzo wąska i zazwyczaj nie przekracza kilkudziesięciu metrów.

Typy ekotonu wyróżnione przez autora w Tatrach, na Babiej Górze i w Karakonoszach mają swoje odpowiedniki w innych pasmach górskich Europy Środkowej, przy czym proporcje pomiędzy poszczególnymi typami zależą od budowy geologicznej i rzeźby, a także od stopnia przekształcenia zarośli subalpejskich przez człowieka, w szczególności przez ekstensywne pasterstwo.

Podziękowanie

Za udostępnienie zdjęć dziękuję serdecznie dr Joannie Zawiejskiej z Instytutu Geografii Uniwersytetu Pedagogicznego w Krakowie oraz dr hab. Jarosławowi Balonowi z Instytutu Geografii i Gospodarki Przestrzennej Uniwersytetu Jagiellońskiego.

Literatura

- Arno S., 1984, *Timberline. Mountain and Arctic Forest Frontiers*, The Mountaineers, Washington.
- Batakliov I., 1972, *Die Hochgebirge Bulgariens*, [w:] C. Troll (red.), *Geocology of the high-mountain regions of Eurasia*, Proceedings of the symposium of the International Geographical Union Commission on High-Altitude Geocology, November, 20–22, 1969 at Mainz, Franz Steiner Verlag, Wiesbaden, s. 141–147.
- Berginc M., Bizjak J., Fabjan I., Peterlin S., Strgar V., 1987, *A guide to Triglav National Park, Triglavski Narodni Park, Bled*.
- Camarero J. J., Gutiérrez E., Fortin M.-J., 2000, *Boundary Detection in Altitudinal Treeline Ecotones in the Spanish Central Pyrenees*, Arctic, Antarctic and Alpine Research, 32, 2, s. 117–126.
- Erschbamer B., 1989, *Vegetation on avalanche paths in the Alps*, Vegetatio, 80, s. 139–146.
- Fægri K., 1972, *Geoekologische Probleme der Gebirge Skandinaviens*, [w:] C. Troll (red.), *Geocology of the high-mountain regions of Eurasia*, Proceedings of the symposium of the International Geographical Union Commission on High-Altitude Geocology, November, 20–22, 1969 at Mainz, Franz Steiner Verlag, Wiesbaden, s. 98–106.
- Falińska K., 2004, *Ekologia roślin*, wyd. III, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- Friedel H., 1967, *Verlauf der Alpenen Waldgrenze im Rahmen Anliegender Gebirgsgelaende*, [w:] *Oekologie der Alpenen Waldgrenze, Symposium, In-*

- nsbruck, 29–31 März 1966, Mitteilungen der Forstlichen Bundes-Versuchsanstalt, Wien, 75, s. 81–172.
- Gabrovec M., 1998, *The Triglav Glacier between 1986 and 1998*, Geografski zbornik, 38, s. 89–110
- Galon R., 1958, *Alpy. Austria, Schwajcaria*, PWN, Warszawa.
- Grebenshchikov O. S., 1978, *Vegetation structure in the high mountains of the Balkan Peninsula and the Caucasus, USSR*, Arctic and Alpine Research, 10, 2, s. 441–447.
- Höllermann P., 1972, *Zur naturraeumlichen Höhenstufung der Pyrenäen*, [w:] C. Troll (red.), *Geocology of the high-mountain regions of Eurasia*, Proceedings of the symposium of the International Geographical Union Commission on High-Altitude Geocology, November, 20–22, 1969 at Mainz, Franz Steiner Verlag, Wiesbaden, s. 36–60.
- Holtmeier F.-K., 1972, *The influence of animal and man on the alpine timberline*, [w:] C. Troll (red.), *Geocology of the high-mountain regions of Eurasia*, Proceedings of the symposium of the International Geographical Union Commission on High-Altitude Geocology, November, 20–22, 1969 at Mainz, Franz Steiner Verlag, Wiesbaden, s. 93–97.
- Holtmeier F.-K., 1973, *Geocological aspects of timberlines in Northern and Central Europe*, Arctic and Alpine Research, 5, 3, s. A45–A54.
- Holtmeier F.-K., 1981, *What does the term „krummholz“ really mean? Observations with special reference to the Alps and the Colorado Front Range*, Mountain Research and Development, 1, 3–4, s. 253–260.
- Holtmeier F.-K., 2004, *Mountain timberlines. Ecology, patchiness, and dynamics*, Advances in Global Change Research, 14.
- Hreňko J, Boltížiar M., 2001, *Influences of the morphodynamic processes on the landscape structure in the high mountains (Tatry Mts area)*, Ekologia (Bratislava), 20, Suppl. 3, s. 141–149.
- Jodłowski M., 2006a, *Geographical controls on the upper mountain pine (Pinus mugo) limit in the Tatra Mts.*, Ekologia (Bratislava), v. 25, Supplement 1/2006, s. 105–114.
- Jodłowski M., 2006b, *Typology of the upper mountain pine (Pinus mugo) limit in the Belovodska Valley, the Tatra Mts.*, Ekologia (Bratislava), v. 25, Supplement 1/2006, s. 115–121.
- Jodłowski M., 2007, *Górna granica kosodrzewiny w Tatrach, na Babiej Górze i w Karkonoszach – struktura i dynamika ekotonu*, Wydawnictwo IGiP UJ.
- Kondracki J., 1989, *Karpaty*, wyd. II., WSiP, Warszawa.
- Kondracki J., 1994, *Geografia Polski. Mezoregiony fizyczno-geograficzne*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- Kornaś J., Medwecka-Kornaś A., 2002, *Geografia roślin*, wyd. II, Wydawnictwo Naukowe PWN.
- Löve D., 1970, *Subarctic and subalpine: where and what?*, Arctic and Alpine Research, 2, 1, s. 63–73.
- Lukačik I., 1997, *Výsledky štúdia premienlivosti prirodzených populácií borovice horskej – kosodreviny (Pinus mugo Turra) v Tatranskom Národnom Parku, Štúdie o TANAPe*, 3 (36), s. 67–82.
- Plesnik P., 1971, *Horná hranica lesa vo Vysokých a v Belanských Tatrach*, Vydavateľstvo SAV, Bratislava.
- Plesnik P., 1972a, *Obere Waldgrenze in den Gebirgen Europas von den Pyrenäen bis zum Kaukasus*, [w:] C. Troll (red.), *Geocology of the high-mountain regions of Eurasia*, Proceedings of the symposium of the International Geographical Union Commission on High-Altitude Geocology, November, 20–22, 1969 at

- Mainz, Franz Steiner Verlag, Wiesbaden, s. 73–92.
- Plesnik P., 1972b, *Niektóre zvláštnosti vegetačných pomerov bulharských vysokých pohorí*, Geografický časopis, 24, 1, s. 39–50.
- Plesnik P., 1973, *Some problems of the timberline in the Rocky Mountains compared with Central Europe*, Arctic and Alpine Research, 5, 3, s. A77–A84.
- Plesnik P., 1978a, *Man's influence on the timberline in the West Carpathian Mountains, Czechoslovakia*, Arctic and Alpine Research, 10, 2, s. 491–504.
- Plesnik P., 1978b, *Dosledky vplyvu človeka v oblasti hornej hranice lesa a nad ňou na územi TANAP-u*, Zborik Prác o TANAPE, 20, s. 67–91.
- Risser P. G., 1993, *Ecotones at local to regional scales from around the world*, Ecological Applications, 3, 3, s. 367–368.
- Seko L., 1979, *K synmorfológii hornej hranice kosodreviny v Nizkých Tatrách*, Acta Facultatis Rerum Naturalium Universitatis Comenianae, Geographica, 17, s. 137–147.
- Seko L., 1981, *Vplyv ekologických činiteľov na priestorovú diferenciáciu kosodrevinových porastov Babie hory*, Acta Facultatis Rerum Naturalium Universitatis Comenianae, Geographica, 19, s. 130–143.
- Seko L., 1983, *Typizácia hornej hranice kosodreviny vo vysokých pohoríach Západných Karpát*, Acta Facultatis Rerum Naturalium Universitatis Comenianae, Geographica, 22, s. 111–123.
- Seko L., 1984, *K priestorovej diferenciácii kosodrevinových porastov v d'umbierskej skupine Nizkých Tatier*, Acta Facultatis Rerum Naturalium Universitatis Comenianae, Geographica, 23, s. 121–141.
- Somora J., 1970, *O rekonštrukcii subalpinskeho pasma Tatranskeho Narodneho Parku*, Zbornik Prác o TANAPE, 12, s. 496–512.
- Somora J., 1985, *Ešte o kosodrevine (Pinus mugo Turra) v Tatranskom Narodnom Parku*, III, Zbornik Prác o TANAPE, 26, s. 71–86.
- Sulma T., 1929, *Kosodrzewina i jej zespolý w Gorganach*, Acta Societatis Botanicorum Poloniae, 6, 1, s. 105–128.
- Środoń A., 1948, *Górna granica lasu na Czarnohorze i w Górach Czerwonych*, Rozprawy Wydz. Matem.-Przyrodn., 72, 7, Kraków.
- Trampler T., 1937, *Kosodrzewina w Gorganach*, Acta Societatis Botanicorum Poloniae, 14, 1, s. 1–30.
- Tranquillini W., 1979, *Physiological Ecology of the Alpine Timberline. Tree Existence at High Altitudes with Special Reference to the European Alps*, Ecological Studies, 31.
- Troll C., 1972, *Geocology and the world-wide differentiation of high-mountain ecosystems*, [w:] C. Troll (red.), *Geocology of the high-mountain regions of Eurasia*, Proceedings of the symposium of the International Geographical Union Commission on High-Altitude Geocology, November, 20–22, 1969 at Mainz, Franz Steiner Verlag, Wiesbaden, s. 1–16.
- Troll C., 1973a: *The upper timberlines in different climatic zones*. Arctic and Alpine Research, 5, 3, s. A3–A18.
- Troll C., 1973b: *High mountain belts between the polar caps and the equator: their definition and lower limit*. Arctic and Alpine Research, 5, 2, s. A19–A27.
- Turner H., Tranquillini W. (red.), 1985, *Establishment and Tending of Subalpine Forest: Research and Management*, Proc. 3rd IUFRO Workshop, P. 1.07–00, 1984, Eidg. Anst. Forstl. Versuchswes.
- Wardle, P., 1974: *Alpine timberlines*, [w:] J. D. Ives, R. G. Barry (red.),

- Arctic and alpine environments*, Methuen, London, s. 371–402.
- Wardle P., 1977, *Japanese timberlines and some geographic comparisons*, Arctic and Alpine Research, 9, 3, s. 249–258.
- Yanagimachi O., Ohmori H., 1991, *Ecological status of Pinus Pumila scrub and the lower boundary of the Japanese alpine zone*, Arctic and Alpine Research, 23, 4, s. 424–435.
- Yoshino M.M., 1978, *Altitudinal vegetation belts of Japan with special reference to climatic conditions*, Arctic and Alpine Research, 10, 2, s. 449–456.
- Zatkalik F., 1973, *Horna hranica lesa v skupine Praňivej v Nizkych Tatrach*, Geografický časopis, 25, 2, s. 148–164.
- Zimina R.P., 1973, *Upper forest boundary and the subalpine belt in the Caucasus Mountains of the Southern USSR and adjacent countries (summary)*, Arctic and Alpine Research, 5, 3, s. A29–A32.

Summary

Krummholz-line in the mountains of Central Europe – controls and types of the ecotone.

The main aim of the study was to compare structure and controls on the krummholz-line in the mountains of Central Europe. The krummholz-line is the upper part of the forest-alpine tundra ecotone and usually constitutes wide transitional zone between subalpine thickets and alpine meadows. In the mountains of moderate zone different species of shrubs (pines, junipers, birches, rhododendrons, and alders) could be found in krummholz belt. However, only in the mountains of Central Europe close thickets of mountain pine *Pinus mugo* (with an addition of green alder *Alnus viridis*) occur, stretching up to few hundreds meters above timberline. Decomposition of those thickets into patches is controlled by different environmental factors. Thus, five types of krummholz-line were distinguished as the result of author's previous studies in the Tatra Mts., the Babia Góra Massif and the Giant Mts. These are orographic, edaphic, morphological, mechanically lowered and anthropogenic boundaries. It was the basis for further analysis, carried out in selected mountain ranges in Central Europe in 2000–2009. Study area encompassed mountain ranges in the Carpathians (the Nizke Tatry Mts., the Mala Fatra Mts., the Gorgany Mts., the Czernohora and the Munti Rodnei) and in the Eastern Alps (the Julian Alps, the Dolomites, and the Brenta Massif). Furthermore, the literature on the vegetation of the mountains of Balkan Peninsula (the Rila Mts. and the Pirin Mts.), was analysed. Natural environment of the studied mountain ranges is comparable, however there are differences in geology and climate (precipitation and temperature). Since the Middle Ages subalpine thickets have been significantly altered by human activity. The main factor affecting the krummholz-line was the sheep and cattle grazing. Establishing the national parks limited the human impact and enabled the regeneration of krummholz within the abandoned pastures, however the environmental policy significantly differs in the specific countries (krummholz planting vs. clearing).

The orographic boundaries, controlled by harsh climatic conditions in the bottom of the U-shaped valleys occur mainly in the Munti Rodnei and the Julian Alps. The main factor controlling edaphic boundaries is discontinuous soil cover on debris slopes. Such boundaries are the dominant type of the ecotone in the Gorgany Mts. In the Eastern Alps as well as in the Pirin Mts. edaphic boundaries occur at the base of limestone and dolo-