

Elżbieta Rojan

Uniwersytet Warszawski

Wydział Geografii i Studiów Regionalnych

Zakład Geomorfologii

erojan@uw.edu.pl

**MIKROZREŻBA JAMOWO-KOPCZYKOWA W GRANICACH
WIATROWAŁU W SŁOWACKICH TATRACH WYSOKICH**

**Pit-and-mound microrelief in the windthrow area
in the Slovak High Tatras**

Abstract: Mountain slopes covered with compact stands get significantly transformed as a result of extreme processes of catastrophic type. One of the factors that cause rapid changes in the environment of such areas, including relief, are strong winds. A direct result of their action are fallen trees. They form the nucleus of development of microrelief which consists of characteristic groups of cavities and mounds. Such forms have been the subject of research within the windthrow area in the Slovak High Tatras. Within the limits of 10 polygons selected for detailed studies (total area of over 5,500 m²) all the fallen trees were measured (176 in total). It was calculated, among others, that one tree fallen during the storm in the Slovak High Tatras changed the relief of an area of approximately 3.64 m². On the average, there are 3.2 fallen trees per 100 m². Cavities and rootstocks represent 11.3% of the total area of the surveyed polygons. The estimated total surface area of the analysed forms created in just three hours on 19 Nov. 2004 is therefore about 1,400 ha (14 km²). Pit-and-mound microrelief characteristic of the studied slopes is modelled by morphogenetic processes such as falling off, wash away and deflation and get consolidated by gradually encroaching vegetation, leading to its masking. The size of the rapidly transformed land (cavities and rootstocks, then mounds) will increase at most by a few percent, mainly as a result of the evolution of mounds. These forms will account for 15-20% of the entire windthrow area of the Slovak High Tatras, which is typical for spruce forests transformed as a result of strong winds.

Słowa kluczowe: mikrorzeźba jamowo-kopczykowa, wiatrował, Tatry Wysokie, Słowacja

Key words: pit-mound microrelief, windthrow, High Tatra Mountains, Skovakia

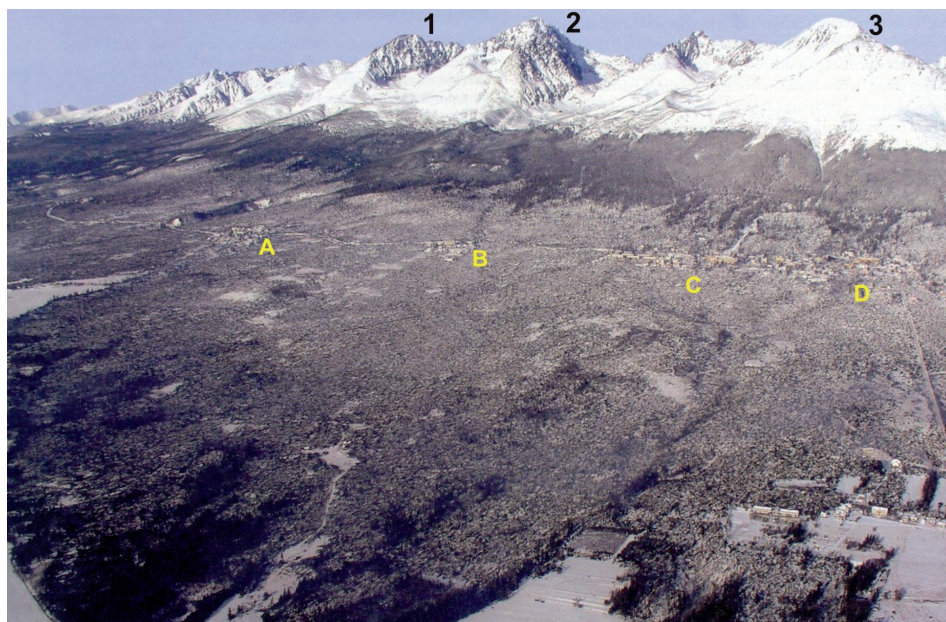
WPROWADZENIE

Ważną rolę w rozwoju współczesnych geosystemów, w tym rzeźby terenu, odgrywają procesy ekstremalne typu katastrofalnego. Wzrost zainteresowania nimi, zarówno uwarunkowaniami, jak i skutkami, wynika ze zwiększonej częstości ich występowania. Jedną z przyczyn gwałtownego powstania zmian w środowisku przyrodniczym, należąca do grupy zagrożeń meteorologicznych, są silne wiatry. Na dużych przestrzeniach właśnie one mogą być pierwotnym czynnikiem naturalnych zaburzeń w wielu ekosystemach leśnych (Clinton, Baker 2000). Wiatr o prędkości 26-28 m/s (93-103 km/h) może już powodować rozległe zniszczenia w postaci złamań i wyrwań drzew oraz uszkodzeń budynków (Niedźwiedz 2003). Szczególnie narażone na działanie takich ruchów powietrza, ze względu na specyficzne cechy środowiska przyrodniczego, są obszary górskie. Zmiany w nich powstałe warunkowane są ponadto: budową geologiczną, ekspozycją stoków, typem i wilgotnością gleby, szatą roślinną, w tym strukturą gatunkową, rodzajem systemu korzeniowego, wiekiem drzew, kształtem koron i sposobem prowadzonej gospodarki leśnej (Rojan 2007). Bezpośrednim skutkiem bardzo silnych wiatrów są wykroty, czyli drzewa wyrwane z korzeniami i materiałem glebowo-zwierzelinowym i zagłębienia po nich w ziemi (saltacja wykrotowa) (Gerlach 1960, Pawlik 2009), oraz złomy, tzn. drzewa złamane. Poza samą szatą roślinną przekształcenia w granicach wiatrowałów i wiatrołomów dokonują się głównie w rzeźbie terenu, glebach i mikroklimacie.

W niniejszym opracowaniu podjęto próbę oszacowania wielkości zmian w rzeźbie wiatrowału w słowackich Tatrach Wysokich oraz przedstawienia mikroreliefu jamowo-kopczykowego po kilku latach od katastrofalnego wydarzenia.

OBSZAR BADAŃ

Zwarty obszar wiatrowału o powierzchni około 12 600 ha rozpościera się na południowym skłonie Tatr (fot. 1). Powstał on 19 listopada 2004 r. w ciągu zaledwie 3 godzin. Strefa zniszczeń ciągnie się na przestrzeni 30 km x 2-3 km od okolic Podbańskiej przez Szczyrbskie Jezioro, Wyznie Hagi, Smokowce, Tatrzańską Łomnicę do Tatrzańskiej Kotliny (ryc. 1) (Motyčka 2005). Obejmuje ona stoki Tatr Wysokich o stosunkowo niedużych spadkach, pokrytych mięszszymi pokrywami glacialnymi i fluwioglacialnymi (Lukniš 1973) od 800-900 m do 1250-1300 m n.p.m., czyli w obrębie piętra klimatycznego umiarkowanie chłodnego (Hess 1974) i roślinnego piętra regla dolnego. Szacunkowa objętość powalonego drewna to około 3 mln m³ o wartości ok. 4 mld euro (Argalács 2005).



Fot. 1. Wiatrował w słowackich Tatrach Wysokich z 19.11.2004 r. Zdjęcie lotnicze z 21.11.2004 r.: 1 – Kończysta (2538 m n.p.m.), 2 – Gerlach (2654 m n.p.m.), 3 – Sławkowski Szczyt (2452 m n.p.m.), A – Tatrzańská Polanka, B – Tatrzańské Zrúby, C – Nowy Smokowiec, 4 – Starý Smokowiec (Tatry 2005).

Photo 1. The windthrow of 19 Nov. 2004 in the Slovak Tatra Mountains. Aerial photo of 21 Nov. 2004: 1 – Končistá (2538 m a.s.l.), 2 – Gerlachovský štít (2654 m a.s.l.), 3 – Slavkovský štít (2452 m a.s.l.), A – Tatranská Polianka, B – Tatranské Zrúby, C – Nový Smokovec, 4 – Starý Smokovec (Tatry 2005).

Główną przyczyną powstania omawianego obszaru kłęski ekologicznej była tatrzańska bora. Na Łomnicy (2635 m n.p.m.) wiatr osiągnął prędkość 47 m/s (170 km/h). Największą wartość, 64 m/s (230 km/h), zanotowano na wysokości górnej granicy lasu (1480 m n.p.m.) (Koreň 2005). Poniżej siła wiatru stopniowo zmniejszała się.

Za drugą przyczynę powstania wiatrowału uważany jest stan lasu. Zdecydowana przewaga świerka (72%) okazała się niekorzystna głównie ze względu na płytki i horyzontalnie rozłożony system korzeniowy. Zbiorowisko tego typu jest bardzo podatne na niszczące działanie silnych wiatrów (Skrzydłowski 2005). Większość świerków została tu posadzona przez człowieka (sadzunki sprowadzono z Bawarii) (Balon, Maciejowski 2005). Drzewostan był ujednolicony także pod względem wysokości, grubości pierśnic, długości koron, smukłości.

W celu realizacji podjętego tematu w granicach wiatrowału wyznaczono obszary szczegółowych badań terenowych, których lokalizację przedstawiono na ryc. 1.



Ryc. 1. Zasięg wiatrowału w Tatrach Słowackich z obszarami badań szczegółowych: A – wiatrował; B – obszary badań szczegółowych: 1 – Trzy Studniczki, 2 – Wyznie Hagi, 3 – Danielowo 1, 4 – Danielowo 2, 5 – Tatrzańska Polanka, 6 – Nowa Polanka, 7 – Stary Smokowiec, 8 – Górny Smokowiec, 9 – Tatrzańska Łomnica, 10 – Matlary; C – granica państw; D – miejscowości.

Fig. 1. The windthrow in the Slovak High Tatras including the detailed study areas: A – windthrow area, B – detailed study areas: 1 – Tri studnický, 2 – Vyšné Hágy, 3 – Danielov Dom 1, 4 – Danielov Dom 2, 5 – Tatranská Polianka, 6 – Nová Polianka, 7 – Starý Smokovec, 8 – Horný Smokovec, 9 – Tatranská Lomnica, 10 – Tatranské Matliare; C – state boundary, D – localities.

GWAŁTOWNE ZMIANY W RZEźBIE JAKO SKUTEK TATRZAŃSKIEJ BORY 19.11.2004 R.

Jak już wspomniano we wprowadzeniu, pierwszą zmianą w ukształtowaniu terenu porośniętego lasem dotkniętego silnym wiatrem jest powstanie wykrotów. Wyrwany podczas „halnego stulecia” (1968 r.) w Tatrach Polskich materiał glebowo-zwierzdelinowy stał się obiektem badań A. Kotarby (1970). Dokonał on m.in. pomiarów wykrotów. Podobne metody wykorzystano podczas prac terenowych w latach 2007-10 w obrębie słowackiego wiatrowału. W obszarze tym wyznaczono 10 poligonów badań szczegółowych (ryc. 1) o powierzchni od 400 m² (20 x 20 m) do 1600 m² (40 x 40 m) każdy. Poligony te charakteryzują się różnymi nachyleniami stoków, od 4 do 30°, średnio 17°. W ich granicach pomierzono wszystkie wykroty (176), tzn. ich osie: dłuższą (a) i krótszą (b) oraz miąższość (c). Uzyskane w ten sposób dane mogą służyć do obliczenia wielkości powierzchni zmienionej w wyniku przewrócenie drzew oraz kubatury ruszonego z korzeniami materiału glebowo-zwierzdelinowego (Rojan 2010).

Powyższe zadanie stało się celem cząstkowym w niniejszym opracowaniu. Kilkuletnie obserwacje wykrotów po słowackiej, jak i po polskiej stronie Tatr,

pozwołyły autorce na uszczegółowienie publikowanych wcześniej (Rojan 2010, 2011) wyników badań. Wynika z nich, że w celu uzyskania dokładniejszych szacunkowych wielkości zmian dokonanych w rzeźbie terenu na skutek upadku drzewa powinno się wziąć pod uwagę dwa, a nie jeden, z poniższych elementów wykrotu. Jest to część wklęsła – zagłębienie (jama, obniżenie) i wypukła – karpa z glebą, zwietrzeliną, rumoszem dalej nazywana „karpą” (później kopczyk). Do określenia wielkości pierwszej z nich (S_z) zastosowano wzór na obliczenie powierzchni elipsy (ryc. 2) (Rojan 2010):

$$S_z = \pi \times (a/2) \times (b/2) = \frac{1}{4} \pi \times a \times b$$

Drugą z wartości (S_k) uzyskano stosując wzór na obliczenie powierzchni prostokąta ze względu na rzut, jaki dało większość wyrwanych na obszarze badań świerków (ryc. 2):

$$S_k = a \times c$$

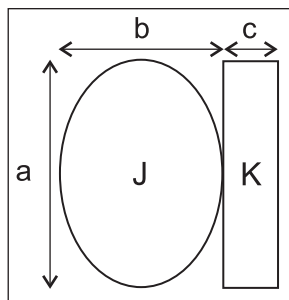
Na podstawie obserwacji wykrotów (innych drzew, zwłaszcza liściastych) poza badanym wiatrowałem, wydaje się, że właściwsze mogłoby być zastosowanie tu innego wzoru, tzn. na obliczenie połowy powierzchni elipsy:

$$S_k = \frac{1}{2} \pi \times \frac{1}{2} a \times c$$

Zatem całkowita powierzchnia jaka ulega zmianie na skutek wyrwania drzewa to suma powyższych składowych (ryc. 2):

$$S = S_z + S_k$$

Uzyskane wyniki pomiarów i obliczeń zostały przedstawione w tabeli 1. Wynika z nich m.in., że jedno powalone podczas wichury drzewo w słowackich Tatrach Wysokich spowodowało zmiany w rzeźbie na powierzchni ok. 3,64 m². Maksymalna obliczona wartość wynosi aż 10,4 m². Z badań tereno-



Ryc. 2. Powierzchnia, która ulega zmianie w wyniku wyrwania korzeni z materiałem glebowo-zwietrzelinowym przez upadające drzewo: J – jama, K – karpa, a – długość, b – szerokość, c – miąższość.

Fig. 2. Surface changes as a result of uprooting a tree with the soil and waste material: J – pit, K – rootstock, a – length, b – width, c – thickness.

wych wynika, że na 100 m² przypada 3,2 wykrotu. Zagłębienia (jamy) i karpki stanowią 11,3% łącznej powierzchni badanych poligonów. Szacunkowa łączna wielkość powierzchni analizowanych form powstałych w ciągu zaledwie 3 godzin 19.11.2004 r. wynosi zatem około 1400 ha (14 km²).

Tab. 1. Wyniki pomiarów terenowych i obliczeń z poligonów badań szczegółowych w Tatrach Słowackich: 1– Trzy Studniczki, 2 – Wyżnie Hagi, 3 – Danielowo 1, 4 – Danielowo 2, 5 – Tatrzańska Polanka, 6 – Nowa Polanka, 7 – Stary Smokowiec, 8 – Górny Smokowiec, 9 – Tatrzańska Łomnica, 10 – Matlary.

Table 1. The results of field measurements and calculations of detailed research of polygons in the Slovak High Tatras: 1– Tri studnický, 2 – Vyšné Hágy, 3 – Danielov Dom 1, 4 – Danielov Dom 2, 5 – Tatranská Polianka, 6 – Nová Polianka, 7 – Starý Smokovec, 8 – Horný Smokovec, 9 – Tatranská Lomnica, 10 – Tatranské Matliare.

Poligony badań szczegółowych	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Og./śr.
Powierzchnia obszaru (m ²)	400	400	400	714	400	400	400	400	1600	400	5514
Śr nachylenie obszaru (°)	25	18	30	13	30	19	5,0	8	19	4	17
Liczba wykrotów	19	17	18	15	19	15	16,0	22	21	14	176
Liczba wykrotów na 100 m ²	7,75	4,25	4,50	2,10	4,75	3,75	4,0	5,50	1,31	3,50	3,20
Powierzchnia łączna (zagłębienie i karpa, m ²)	73,1	54,7	74,0	73,8	26,4	51,8	51,0	82,8	72,3	65,6	625,3
Śr. powierzchnia łączna (zagłębienie i karpa, m ²)	3,80	3,22	3,90	4,92	1,39	3,45	3,19	3,77	3,44	4,68	3,64
Max śr. powierzchnia łączna (zagłębienie i karpa, m ²)	9,72	8,80	9,7	10,4	3,36	7,38	7,53	6,97	7,84	9,22	10,40
Powierzchnia łączna (zagłębienie i karpa, %)	18,3	13,7	18,0	10,3	6,6	4,5	12,8	20,1	4,5	16,4	11,3

Na powstanie wykrotów, poza samym silnym wiatrem, ma wpływ szereg cech środowiska przyrodniczego. Wśród najważniejszych z nich są: budowa geologiczna, nachylenie terenu, ekspozycja stoku w stosunku do kierunku wiatru, typ i wilgotność gleby, szata roślinna. Wielkość wykrotów zależy głównie od litologii, nachylenia stoku i cech samych drzew. W przypadku badanego

obszaru istniała zbyt duża jednorodność pod względem składu gatunkowego lasu i wieku drzew, aby można było jasno oceniać wpływ czynnika roślinnego, jak np. obwód pnia, na wielkość zmian w rzeźbie. Kubatura wykrotów w Tatrach Polskich także nie zależała od tego czynnika (Kotarba 1970). Można się doszukać słabej zależności między wielkością powierzchni przekształconej przez powalone drzewa od nachyleniem stoku (wzrost nachylenia – większa powierzchnia), co zanotował także A. Kotarba (1970) po „halnym stulecia”. Najwyraźniejsza korelacja na badanym obszarze jest między litologią a cechami wykrotu, co zostało stwierdzone przez K. Dąbrowską (2009). Największymi mierzonymi parametrami badanych form charakteryzują się te, które powstały na podłożu piaszczysto-żwirowym, co jest związane z łatwiejszą niż na podłożu kamienistym możliwością zakorzenienia się tu drzew.

MIKRORZEŻBA JAMOWO-KOPCZYKOWA PO 19.11.2004 R.

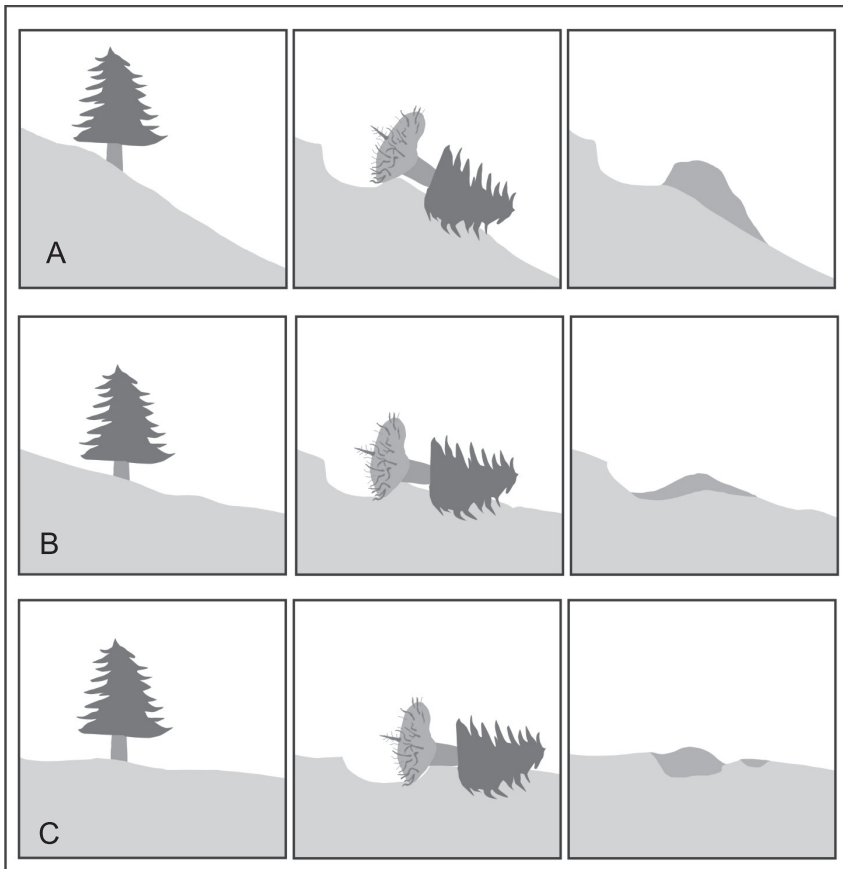
Wykroty mają istotne znaczenie w kształtowaniu obszarów leśnych w strefie klimatów umiarkowanych i tropikalnych (Scatena, Lugo 1995; Clinton, Baker 2000). Z chwilą ich powstania, czyli w słowackich Tatrach Wysokich 19 listopada 2004 r., rozpoczęło się tworzenie charakterystycznego mikroreliefu. Zagłębienia, jak wyżej przedstawiono, powstały w trakcie bory, kopczyki są efektem przekształcenia karp z materiałem glebowo-zwierzelinowo-skalnym (Rojan 2010).

Rozwój mikrorzeźby jamo-kopczykowej zależy głównie od: nachylenia stoku (ryc. 3), kierunku upadku drzewa w stosunku do nachylenia stoku, objętości wykrotu, warunków klimatycznych i sukcesji roślinności (Norman i in. 1995).

Od momentu pojawienia się nowych form podlegają one działalności procesów morfogenetycznych takich jak: odpadanie, spłukiwanie, deflacja oraz sukcesji roślinności (fot. 2). Czas tworzenia się kopczyków, czyli usunięcia pokrywy z korzeni i jego rozkładu, w środkowo-zachodniej części USA został oszacowany na 5-10 lat (Schaeztl, Follmer 1990). Dla wiatrowału słowackiego przedział ten wydaje się zbyt krótki, co stwierdzono na podstawie kilkuletniej obserwacji omawianych form. Karpy i korzenie nie uległy jeszcze rozkładowi i nadal zatrzymują dużo materiału luźnego (fot. 3). Ten, który uległ przemieszczeniu akumulowany jest głównie w dnach zagłębień, co wynika przede wszystkim z niedużego nachylenia całego stoku w rejonie wiatrowału.

Badania i obserwacje terenowe oraz przegląd literatury na temat mikrorzeźby jamowo-kopczykowej umożliwiły dokonanie próby przedstawienia jej rozwoju w granicach słowackiego wiatrowału, co zobrazowano na ryc. 4.

Wspomniane wyżej procesy denudacyjne dążą do wyrównania profilu stoku. Stan obecny rozwoju mikroreliefu, tzn. 8 lat po katastrofalnym zdarzeniu,



Ryc. 3. Mikrorzeźba jamowo-kopczykowa na stokach o różnym nachyleniu: A – stoki o dużym nachyleniu, B – stoki o średnim nachyleniu, C – stoki o małym nachyleniu (na podstawie: Norman i in. 1995).

Fig. 3. Pit-and-mound microrelief on slopes of different inclination: A – slopes of large inclination, B – slopes of medium inclination, C – slopes of small inclination (based on: Norman et al. 1995).

można określić jako wczesno-środkowy, czyli etap 2 na rycinie 4. W badanym okresie przede wszystkim obniżaniu poddawane były kopczyki, co przyczyniało się do niewielkiego spłycaenia jam w dolnej (przykopczykowej) ich części. Można założyć, że ze względu na nieduże (10-15°) średnie nachylenie stoków w tym obszarze, dalsze przekształcenia analizowanej mikrorzeźby będą dotyczyły głównie kopczyków.



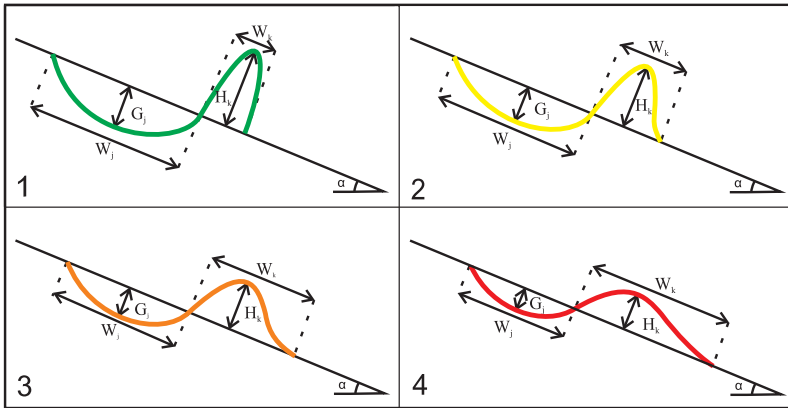
Fot. 2. Karpa z utrzymującym się materiałem pokryw stokowych (etap powstawania kopczyka) 2 lata po powaleniu drzewa w okolicach Tatrzańskich Zrębów w słowackich Tatrach Wysokich (fot. E. Rojan).

Photo 2. Tree rootstock with the persistent slope covers material (the mound-forming stage) two years after the tree felling in the vicinity of the Tatranské Zruby in the Slovak High Tatras (photo by E. Rojan).



Fot. 3. Karpa z utrzymującym się materiałem pokryw stokowych (etap powstawania kopczyka) 6 lat po powaleniu drzewa w okolicach Danielowa w słowackich Tatrach Wysokich.

Photo 3. Tree rootstock with the persistent slope covers material (the mound-forming stage) six years after the tree felling in the vicinity of the Danielov Dom in the Slovak High Tatras.



Ryc. 4. Zmiany w zespole jamowo-kopczykowym (prognoza) w granicach wiatrowału w słowackich Tatrach Wysokich: G_j – głębokość jamy, W_j – szerokość jamy, H_k – wysokość kopczyka, W_k – szerokość kopczyka (na podstawie: Norman i in. 1995, zmienił i uzupełnił).

Fig. 4. Changes in a pit-and-mound complex (prognosis) in the windthrow area in the Slovak High Tatras: G_j – pit depth, W_j – pit width, H_k – mound height, W_k – mound width (based on: Norman et al. 1995, amended and supplemented).

WNIOSKI

Zagadnienia związane z powstaniem wiatrołomów i wiatrowałów rozpatrywane są głównie przez botaników i gleboznawców. Zmiany w rzeźbie takich obszarów zapisują się jednak na długi okres. Tatry, w tym badana część Tatr Słowackich, podobnie jak inne obszary górskie, była w swej historii wielokrotnie nawiedzana przez silne wiatry. Charakterystyczny dla badanych stoków mikrorelief jamowo-kopczykowy jest modelowany przez procesy morfogenetyczne i utrwalany przez wkraczającą stopniowo roślinność, prowadząc do jego zamaskowania. Można też stwierdzić, że wielkość zmienionej w gwałtowny sposób powierzchni (zagłębienia i kary, potem kopczyki) wzrośnie co najwyżej o kilka procent w wyniku ewolucji głównie kopczyków. Tak więc omawiane formy będą stanowiły 15-20% powierzchni całego wiatrowału w słowackich Tatrach Wysokich, co jest typowe dla lasów świerkowych zmienionych w wyniku silnych wiatrów.

Literatura

Argalács M., 2005, Groźne godziny i niepewne miesiące, Tatry, TPN, nr 1 (11), 14-15.
Balon J., Maciejowski W., 2005, Wpływ huraganowego wiatru z dnia 19 listopada 2004

- na krajobraz południowego skłonu Tatr, [w:] A. Szponar, S. Horska-Schwarz (red.), *Struktura przestrzennie-funkcjonalna krajobrazu, Problemy Ekologii Krajobrazu*, Wrocław, t. XVII, 92-99.
- Clinton B., Baker C., 2000, Catastrophic windthrow in the southern Appalachians: characteristics of pits and mounds and initial vegetation responses, *Forest Ecology and Management* 126, 51-69.
- Dąbrowska K., 2009, The morphogenetic impact of the bora type wind (19th November 2004) on the relief of Danielov dom area (The High Tatras), [w:] A. Łajczak, E. Rojan (red.), *Geological of the Euroasiatic Alpids, Landform Analysis*, vol. 11, 5-10.
- Gerlach T., 1960, W sprawie genezy kopczyków ziemnych na Hali Długiej w Gorcach, *Przegląd Geograficzny* 32, z. 1-2, 86-93.
- Hess M., 1974, Piętra klimatyczne Tatr, *Czasopismo Geograficzne* 45, z. 1, 75-94.
- Koreń M., 2005, Potęga przyrody, *Tatry*, TPN, nr 1 (11), 10.
- Kotarba A., 1970, The morphogenetic role of foehn wind in the Tatra Mts., *Studia Geomorphologica Carpatho-Balcanica* 4, Kraków, 159-169.
- Lukniš, M., 1973, Reliéf Vysokých Tatier a ich predpolia, SAV, Bratislava, 1-375.
- Motyčka V., 2005, *Vietor v Tatrách.*, Vydavateľstvo EPOS, s.r.o., Ružomberok, 1-127.
- Niedźwiedz T. (red.), 2003, *Słownik meteorologiczny*, 2003, Warszawa, IMGW, 1-119.
- Norman S., Schaetzl R., Small T., 1995, Effects of slope angle on mass movement by tree uprooting, *Geomorphology* 14, 19-27.
- Pawlik Ł., 2009, Znaczenie saltacji wykrotowej w kształtowaniu rzeźby stoku, *Czasopismo Geograficzne* 80, z. 3, 130-146.
- Rojan E., 2007, „Veľka kalamita” – przyczyny i skutki huraganu w Tatrach Słowackich, [w:] J. Szkutnicki, U. Kossowska-Cezar, E. Bogdanowicz, M. Ceren (red.), *Cywilizacja i żywioly*, PTGeof., IMiGW, Warszawa, 70-77.
- Rojan E., 2010, Rola silnych wiatrów w przekształcaniu rzeźby terenu w piętrze leśnym gór, na przykładzie wiatrowału w słowackich Tatrach Wysokich, *Czasopismo Geograficzne* 81, z. 1-2, 103-123.
- Rojan E., 2011, Relief changes of the windthrown area in the Slovak High Tatras, [w:] Fleischer P., Homolová Z. (red.), *Monografická štúdia o dôsledkoch vetrovej kalamity z roku 2004 na prírodnéprostredie Vysokých Tatier*, 10 (43), Štátne lesy Tatranského národného parku, Tatranská Lomnica, 131-142.
- Scatena F., Lugo A., 1995, Geomorphology, disturbance and the soil vegetation of two subtropical wet steepland watersheds of Puerto Rico, *Geomorphology*, 13, 199-213.
- Schaetzl R.J., Follmer L.R., 1990, Longevity of treethrow microtopograph: implications for mass wasting, *Geomorphology* 3, 113-123.
- Skrzydłowski T., 2005, Okiem polskich leśników, *Tatry*, TPN, nr 1 (11), 18-19.
- Tatry, 2005, *dvojmesacnik Statnych lesov TANAP*, Tatranska Lomnica, z. 1.