

Jarosław Balon, Wojciech Maciejowski

Wpływ huraganowego wiatru z dnia 19 listopada 2004 na krajobraz południowego skłonu Tatr

Wstęp

Tatry, jak wszystkie geosystemy wysokogórskie są szczególnie podatne na przemiany środowiska, zarówno naturalne jak i zachodzące pod wpływem działalności człowieka (Balon 2001). Nawet pobieżne obserwacje pozwalają na stwierdzenie, że częste zmiany w krajobrazie wydają się być immanentną cechą geosystemu Tatr. Są to zarówno zmiany odwracalne o charakterze cyklicznym, szczególnie uwarunkowane cyklem rocznym, jak i zmiany jednorazowe, nieodwracalne. Te ostatnie mają najczęściej charakter ewolucyjny - zachodzą w sposób wolny, stopniowy, często niezauważalny przy jednorazowej obserwacji. Niektóre zmiany zachodzą jednak w sposób nagły, widoczny; takie zmiany określamy niekiedy jako katastrofalne. W Tatrach należą do nich przede wszystkim zmiany rzeźby, powstałe pod wpływem obrywów skalnych, potoków gruzowo - błotnych i innych procesów modelujących stoki (Kotarba 2002), a także zmiany koryt rzecznych, związane z nagłymi wezbrzeniami potoków (German, Kosiński, Orawiec 2002). Przemiany tego typu mają – w skali Tatr – charakter punktowy. Innym rodzajem nagłych przemian są zniszczenia lasów zwane potocznie wiatrołomami; w ciągu ostatnich kilkudziesięciu lat występowały one na większą skalę kilkakrotnie. Są to niewątpliwie zjawiska zmieniające krajobraz; jednak bardziej w skali poszczególnych dolin czy masywów tatrzańskich niż w skali całego geosystemu. Największe zmiany w szacie roślinnej Tatr spowodowane wiatrołomem mające miejsce w 1968 objęły w sumie ok. 450 ha (Fabijanowski, Dziewolski 1996).

Zmiana krajobrazu powstała pod wpływem huraganowego wiatru w dniu 19 listopada 2004 roku, nazwana na Słowacji „Wielką katastrofą” (*Velká kalamita*), miała charakter nieporównywalny z poprzednimi. Powstał nie tylko ogromny, ale i zwarty powierzchniowo wiatrołom o powierzchni ok. 12-14 tys. ha (Grocholski 2005). W efekcie krajobraz południowego i południowo - wschodniego skłonu Tatr Wysokich uległ całkowitemu przeobrażeniu. *Velká kalamita* ma już stosunkowo bogatą dokumentację, głównie – co naturalne – w języku słowackim (Motyčka 2005). Celem niniejszego artykułu jest spojrzenie na zaistniałe zjawisko od strony geoekologicznej; opisanie go w relacji: „geosystem - bodziec - zmiana”. Przeprowadzono także próbę wyjaśnienia pewnych dysproporcji w rozmieszczeniu skutków kataklizmu.

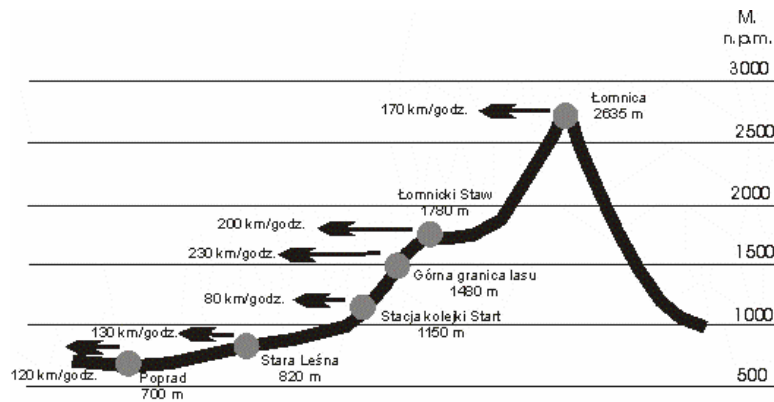
Geosystem przed zmianą

Południowy skłon Tatr Wysokich założony jest na uskokach tektonicznych. Wzdłuż ich szeregu o przebiegu W-E lub SW-NE, fragment podłoża skalnego został wydzwignięty tworząc zrębowy masyw Tatr Wysokich (na północy), wznoszący się nad leżącą u jego stóp falistą Kotliną Spiską (na południu). Przeważającą część tego obszaru budują karbońskie granitoidy biotytowe oraz pokrywa czwartorzędowych osadów glacyfluwialnych i glacialnych, przede wszystkim morenowych (Nemčok 1994). Istnienie tektoniki uskokowej bardzo silnie warunkuje rzeźbę, co wyraża się przez duże deniwelacje, przekraczające 1500 m. Szczyty Tatr Wysokich wznoszą się ponad 2600 m n.p.m. (Gierlach, Łomnica), podczas gdy dno Kotliny Spiskiej znajduje się na wys. 700-750 m n.p.m. (okolice miasta Poprad). Na kwaśnych, bezwęglanowych skałach podłoża Tatr Wysokich w warunkach klimatu górskiego powstały inicjalne gleby skaliste - litosole (*Lithic Leptosols*) i rumoszowe - regosole (*Regosols*), a także słabo wykształcone rankery (*Rankers*). W Kotlinie Spiskiej przeważają z kolei gleby bielcowe i bielice (*Podzols*) oraz gleby brunatne (*Cambisols*), w znacznej części brunatne kwaśne (*Dystric Cambisols*) (Koreň 1994).

Szata roślinna obszaru charakteryzowała się do 19 listopada 2004 roku występowaniem kilkunastu zbiorowisk roślinnych (Fleischer 1994), z których największe powierzchnie zajmowały wysokogórskie bory świerkowe (m.in. *Athyrio destentifollii-Piceetum*, *Calamagrostio arundinaceae-Piceetum*), z dominacją świerka (*Picea abies*) i pewnym udziałem modrzewia europejskiego (*Larix decidua*). W pobliżu górnej granicy lasu przebiegającej tu na wys. 1550-1700 m n.p.m. (Midriak 1994) pospolitym gatunkiem jest limba (*Pinus cembra*). Podkreślić jednak trzeba, że większość istniejącego drzewostanu świerkowego stanowiły świerki zasadzone przez człowieka (sprowadzono sadzonki z Bawarii), które wprowadzono na naturalne, kwaśne podłoże. Wiek zniszczonego drzewostanu określa się w przedziale od 40 do 110 lat (Grocholski 2005), z przewagą drzew starszych.

Bodziec

W dniu 19 listopada 2004 r. nad środkową częścią Europy przesuwał się z zachodu na wschód układ niskiego ciśnienia, powodujący napływ nad Europę Zachodnią powietrza pochodzenia arktycznego. Wraz z niżem przesuwał się – z dość znaczną prędkością – chłodny front atmosferyczny, powodujący nagły spadek temperatury (w ciągu trzech godzin ok. 10°C) i powstanie silnych porywistych wiatrów wiejących w przybliżeniu z północy na południe. Centrum niżu przesuwało się wzdłuż Karpat, nieco na północ od granicy polsko - słowackiej Niż ten był stosunkowo głęboki. Około godz. 15.00 w Tatrzańskiej Łomnicy (ok. 850 m n.p.m.) zanotowano wartość ciśnienia atmosferycznego równą 890 hPa (Grocholski 2005). Po przejściu frontu zaznaczył się szybki wzrost ciśnienia. Opisana sytuacja meteorologiczna spowodowała powstanie zimnego zstępującego wiatru typu *bora*. Jak obrazowo pisze kierownik stacji naukowej TANAP, M. Koreń (2005a) – *masy powietrza nagromadzone po północnej stronie Tatr przewały się przez ich grań niczym wodospad i runęły w dół, dodatkowo nabierając prędkości pod wpływem grawitacji*”. Zaznaczyły się dwa główne strumienie wiatru; szerszy przedostał się przez grań główną pomiędzy Zmarzłym Szczytem a Tatrami Bielskimi i uderzył w południowy skłon Tatr Wysokich, pomiędzy wylotami dolin Stwolskiej i Kieżmarskiej. Drugi, węższy zszedł od strony Czerwonych Wierchów Doliną Cichą i uderzył w południowe podnóże Tatr Wysokich pomiędzy Podbańską a Szczyrbskim Jeziorem. Jednak prócz dwóch głównych strumieni niszcząca działalność wiatru (choć na mniejszą skalę) zaznaczyła się również w innych miejscach, m.in. w Dolinie Mięguszwieckiej.



Ryc. 1. Maksymalne prędkości wiatru
Fig. 1. The maximum speed of wind.

Podawane dane o prędkości wiatru nieco różnią się w szczegółach. Według danych stacji meteorologicznej na Łomnicy (Motyčka 2005) pomiędzy 15.00 a 18.00 prędkość wiatru wynosiła 90 - 110 km/godz., osiągając w porywach do 145 km/godz. Najwyższa zanotowana prędkość (o 15.27) wyniosła 165 km/godz. Wartości tego typu notowane są na szczycie Łomnicy (2635 m n.p.m.) dość często. Jednakże wiatr opadając szybko zwiększał swoją prędkość (ryc. 1); na wysokości Łomnickiego Stawu (1780 m n.p.m.) porywy dochodziły do 200 km/godz. (wg V. Motyčki - 194 km/godz.), a nieco niżej, na wysokości górnej granicy lasu (ok. 1480 m n.p.m.) – nawet do 230 km/godz. Tą ostatnią wartość podaje tylko M. Koreň (2005a), nie potwierdza jej V. Motyčka (2005), czerpiący swoje informacje ze zbiorczej stacji synoptycznej w Bratysławie. Poniżej granicy lasu notowane były niższe prędkości – 80 - 130 km/godz.

Wiatr o katastrofalnej sile wiał około trzech godzin. Po godz. 18.00 nie notowano już silniejszych porywów, choć wiatr wiał jeszcze przez kilkanaście następnych godzin.

Geosystem po zmianie

W ciągu trzech godzin, pomiędzy 15.00 a 18.00, krajobraz południowego i południowo - wschodniego skłonu Tatr Wysokich uległ całkowitej zmianie. Lasy dolnej części skłonu uległy prawie całkowitemu zniszczeniu. Powstał ogromny wiatrołom (Motyčka 2005), o łącznej powierzchni ponad 12 000 ha co stanowi ok. ¼ powierzchni leśnej TANAP-u. Zostało zniszczone ok. 60% populacji świerka w słowackich Wysokich Tatrach. Szacuje się (Argalács 2005, Motyčka 2005), że na stokach południowych Tatr zalega dzisiaj prawie 3 000 000 m³ drewna. Usuwanie zwalonego lasu potrwa co najmniej 2 lata, zaś jego odrodzenie - w przypadku sztucznego nasadzenia - ok. 60-100 lat. Powaleniu uległy głównie świerki (72 % zniszczonego drzewostanu), natomiast w mniejszym stopniu modrzewie (11,6 %). Wynika to zapewne z głębszego zakorzenienia się modrzewia, a także z faktu że w trakcie katastrofy (listopad) modrzewie były pozbawione szpilek, a zatem stawiały mniejszy opór wiatrowi. Z reguły nie uległy także zniszczeniu inne gatunki drzew, w tym liściaste, sadzone w obrębie osad ludzkich.

Na przełomie lipca i sierpnia 2005 obszar zniszczenia powiększył się o dalsze kilkadziesiąt ha na skutek pożaru, który najpierw objął część wiatrołomu na wschód od Tatrzańskiej Polanki, a następnie wkroczył też w lasy powyżej, na stokach Sławkowskiego Szczytu, dochodząc miejscami do górnej granicy lasu. Pożar ten został prawdopodobnie wywołany przez nieostrożność ludzką.

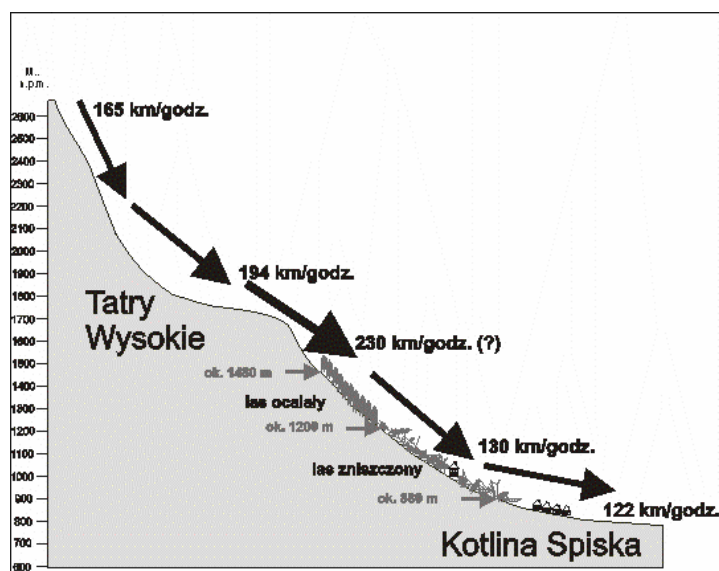
Kłęska żywiołowa jaka dotknęła wielki ekosystem leśny spowodowała również silne zmiany w obrębie zamieszkującej jego wnętrze faunie. Po pierwsze pewna część zwierząt nie przeżyła samej katastrofy, ginąc pod ciężarem padających na ziemię drzew lub w ich konarach. Po drugie zniszczenie przez wiatr ostoi bytowania i żerowania typowych gatunków leśnych (np. jelenie, wiewiórki) czy utrata miejsc zimowania przez drobne ssaki (np. koszatki, orzesznice, nietoperze) spowodowało emigrację tych osobników, które przeżyły huragan do innych kompleksów leśnych (Chováncova 2005). Trzeba również liczyć się z tym, że część z nich nie przeżyła śnieżyc zimy 2004/2005 ze względu na brak ochrony przed nimi, jaką stanowił zwarty drzewostan leśny.

Uderzający jest kontrast pomiędzy wielkością przyrodniczej katastrofy, a relatywnie niewielkimi szkodami w infrastrukturze. Zniszczeniu uległa trakcja kolejki elektrycznej, linie przesyłowe, część słupów telefonicznych i wysokiego napięcia. Zatarasowane zostały drogi i szosy, zniszczone znaki drogowe. Jednak ocalały praktycznie wszystkie zabudowania osad tworzących miasto Wysokie Tatry. Przed 19 listopada stały one na polanach w lesie, obecnie stoją na całkowicie odkrytym terenie.



Ryc. 2. Lokalizacja wiatrołomu
Fig. 2 Location of blowdown.

Wiatrołom ciągnie się pasem o długości ok. 30 km i szerokości 2-4 km (ryc. 2). Zniszczeniu uległy drzewostany dolnej części skłonu, położone na wysokości od 900 do 1250 m n.p.m., a zatem w przybliżeniu w obrębie piętra klimatycznego umiarkowanie chłodnego (Hess 1974) o średniej rocznej temperaturze 4-6°C. Odpowiada to roślinnemu piętru regła dolnego (Pawłowski 1959). Jednakże po południowej stronie Tatr piętro regła dolnego nie występuje; z uwagi na jednolite kwaśne podłoże drzewostany regła dolnego i górnego są w praktyce identyczne (dominacja świerka, modrzewiu, w pobliżu górnej granicy lasu – limby). Pomimo to właśnie lasy nominalnego regła dolnego uległy zniszczeniu, nominalny regiel górny – ocalał. Powstała przy tym, albo też uwydatniła się w krajobrazie nowa granica fizycznogeograficzna; przebiegająca na wysokości 1150-1250 m n.p.m. górna granica wiatrołomu, stanowiąca dziś w praktyce „dolną granicę lasu” (ryc. 3).



Ryc. 3. Profil przez pd. skłon Tatr
Fig. 3 Southern Tatra Mountain slopes profile.

Dyskusja

Jako oczywiste pojawia się pytanie - czym spowodowany jest taki a nie inny rozkład zniszczeń; i w konsekwencji - czym uwarunkowana jest nowa granica fizycznogeograficzna w krajobrazie tatrzańskim. Trudno jest stwierdzić jednoznacznie co spowodowało taką dysproporcję. Odpowiedzi na to pytanie należy przede wszystkim szukać w zróżnicowanej sile bodźców lub podatności geosystemu. Nasuwają się następujące możliwości.

▪ Siła wiatru.

Najprostsza możliwa koncepcja wskazuje, że las uległ powaleniu tam, gdzie bodziec działał silniej, tzn. wiatr wiał mocniej. Jednakże wszystkie dane wskazują na coś przeciwnego – najsilniejsze podmuchy wiatru zanotowano w pobliżu górnej granicy lasu (190-230 km/godz.); na wysokości poniżej 1200 m n.p.m. obserwowano prędkości znacznie mniejsze (80-130 km/godz.). Oczywiście dane te dotyczą tylko wybranych punktów i istnieje teoretyczna możliwość, że rzeczywisty rozkład prędkości wiatru był inny. Żadne pomiary nie stwarzają jednak przesłanek do takiej tezy.

▪ Typ zbiorowiska roślinnego.

Druga podstawowa możliwość wskazuje, że dolna część geosystemu była bardziej podatna na działanie bodźca niż górna. Zróżnicowanie to musiałyby być stosunkowo duże, zważywszy, że bodziec działał silniej na las w części górnej, i nie wywołał tam efektu. Jednak stoki południowe Tatr porasta, zarówno w części dolnej jak i górnej, las stosunkowo jednolity – świerkowy, z udziałem modrzewia. Nie jest to co prawda las pierwotny, ale naturalny o zróżnicowanym wieku drzewostanów 40-110 lat. W przeciwieństwie do skłonu północnego, gdzie wtórne lasy świerkowe sadzono na obszarach właściwych dla lasów bukowych, na południowym skłonie Tatr las świerkowy stanowi zbiorowisko naturalne, rosnące na granitoidowym, kwaśnym podłożu. Zatem ewentualnie mniejsza odporność nie wynika tu ze stopnia naturalności zbiorowiska.

▪ Struktura drzewostanów.

Różna odporność geosystemu może też wynikać z charakteru samego drzewostanu, np. większego zwarcia koron lub większej wysokości drzew na niższych położeniach. Nie wydaje się jednak, by tak w sumie niewielkie czynniki mogły zdecydować o tak wielkim zróżnicowaniu reakcji geosystemu, szczególnie że tego rodzaju zróżnicowanie zachodzi nie wszędzie i bardziej zależy od lokalnych warunków niż od wysokości bezwzględnej. Poza tym las w dolnych częściach stoku winien być z natury rzeczy bardziej odporny, choćby z uwagi na lepsze warunki edaficzne.

▪ Rola osłony limbowej.

Słowaccy badacze (Plesnik 1971) wskazują na znaczącą rolę drzewostanów limbowych, zlokalizowanych w pobliżu górnej granicy lasu, które dla znajdujących się niżej lasów świerkowych stanowią osłonę przed niszczącym działaniem wiatrów górskich. Jednakże w badanym przypadku rola limby nie może być zbyt znacząca. Po pierwsze limba występuje tylko w niektórych miejscach i rzadko tworzy zwarte zbiorowiska, po drugie nie wydaje się, by mogła osłonić aż tak rozległe połacie lasu.

▪ Antropogeniczne osłabienie lasu.

Istnieje też możliwość, że las w dolnych partiach uległ osłabieniu pod wpływem antropopresji. Wpływ na to mieć np. mogły zanieczyszczenia, pochodzące z Kotliny Spiskiej (ośrodki przemysłowe – Svit, Poprad).

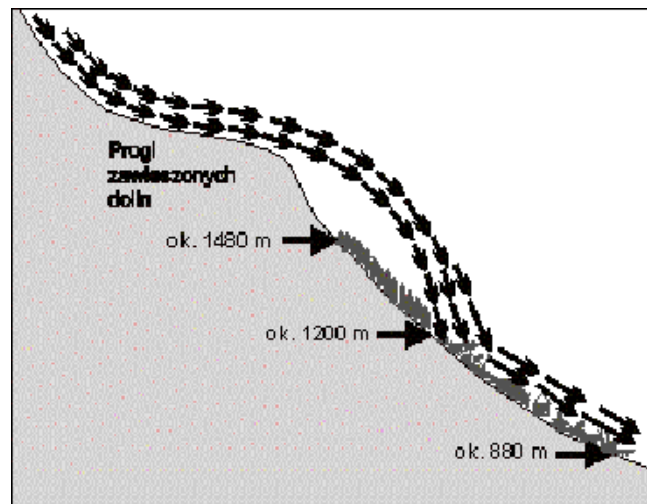
Jednak Kotlina Spiska, w przeciwieństwie do Kotliny Podhalańskiej nie należy do typowych obszarów inwersyjnych i jest dość dobrze przewietrzana dzięki swobodnemu przepływowi mas powietrza na linii wschód - zachód. Stąd silne osłabienie lasu przez zanieczyszczenia przemysłowe nie wydaje się zatem zbyt prawdopodobne. Już większe znaczenie mogą mieć zanieczyszczenia lokalne, pochodzące z osad tworzących miasto Wysokie Tatry i łączącej je sieci drogowej. Jednak w lasach południowej strony Tatr nie obserwowano jak dotąd na większą skalę obumierania drzew na skutek zanieczyszczeń powietrza. Dotychczasowe prace dotyczące zagrożeń środowiska TANAP-u (Spitzkopf 1994, Voloscuk 1994) nie sygnalizują raczej takiego problemu. Można zatem przyjąć że *Vel'ká kalamita* należy do zjawisk uwarunkowanych przede wszystkim przyczynami przyrodniczymi a nie działalnością człowieka.

▪ „Efekt załomowy”.

Dotychczasowe rozważania wskazują, że dysproporcja w rozkładzie zniszczeń nie może być jednoznacznie wyjaśniona ani różnicami w sile oddziaływania bodźca ani też zróżnicowaniem podatności lasu na bodziec. Wydaje się, że przyczyny zniszczenia lasu w dolnych partiach stoków są bardziej złożone. Jedną z możliwości przedstawił M. Koreň (2005b) sugerując, że podstawowe znaczenie miało istnienie wypukłych załomów terenu powyżej górnej granicy lasu (ryc. 4).

Załomy te wiążą się z występowaniem na wys. 1550-1750 m n.p.m. progów zawieszonych dolin połodowcowych. Przemierzający się wzdłuż stoków wiatr – na podobieństwo wodospadu czy lodowca – wybił się z den kotłów, ominął górą las znajdujący się bezpośrednio pod progiem i uderzył dopiero w lasy położone niżej. Koncepcja ta, którą można nazwać „efektem załomowym”, brzmi bardzo przekonująco, jednak warto zwrócić uwagę, że wspomniane progi połodowcowe wcale nie są powszechne na południowym skłonie Tatr.

Istnieje szereg odcinków skłonu ze stokami o względnie jednolitym nachyleniu (np. stoki Sławkowskiego Szczytu, Tępej, Łomnickiego Ramienia i in.). Z kolei w szeregu miejsc doliny głęboko wcinają się w masyw tatrzański (Staroleśna, Kieżmarska); tam również „efekt załomowy” nie mógł zadziałać. Pojawia się pytanie – dlaczego pas zwalonego lasu nie jest w tych miejscach poprzerywany.

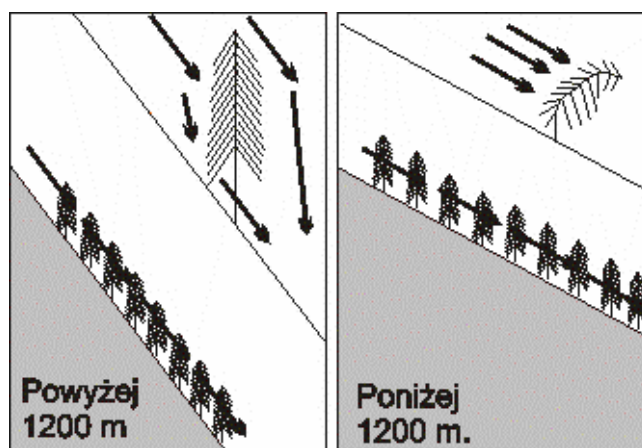


Ryc. 4. Efekt załomowy

Fig. 4. Recess effect.

▪ „Efekt kątowy”.

Przedstawiona powyżej koncepcja nasuwa jeszcze jedną możliwość rozwiązania problemu. Otóż las został powalony na stokach o mniejszych nachyleniach, ocalał zaś na stokach stromszych. Być może zasadnicze znaczenie miał tu kąt uderzenia wiatru w korony drzew. W wyższych partiach stoku wiatr wiał jakby wzdłuż drzew, które stawiały przez to niewielki opór, w niższych partiach – uderzał w drzewa pod bardziej ostrym kątem (ryc. 5), co potencjalnie sprzyjało zaginaniu koron i następnie łamaniu pni. Dodatkowo, łatwiej mogły w takiej sytuacji tworzyć się zawirowania, sprzyjające wyrywaniu i łamaniu drzew. Koncepcja ta, którą nazwać można „efektem kątowym” wymagałaby potwierdzenia badaniami doświadczalnymi, np. w tunelu aerodynamicznym. Przeciwnie przemawia fakt, że na południowym stoku Tatr brak praktycznie jakiegokolwiek załomu wklęsłego. Strome stoki Tatr przechodzą w łagodniejsze stoki podnóża niezauważalnie - morfologiczna granica tego typu praktycznie nie istnieje. Potwierdzeniem tego faktu jest pewna bezradność geomorfologów słowackich (Luknis, Mazur 1980), wytyczających granicę pomiędzy Tatrami a Kotliną Spiską wzdłuż górnej granicy lasu, a zatem włączających całość pokrytego lasem skłonu Tatr Wysokich w obręb kotliny. Jeśli przyjąć, że opisana koncepcja jest prawdziwa, mogłoby się okazać, że przyroda ową granicę morfologiczną „zauważyła” a wiatr sprawił, że stała się ona widoczna także oczom ludzi.



Ryc. 5. Efekt kątowy.
Fig 5. Angle effect.

Podsumowanie

W dość często spotykanym mniemaniu różnego rodzaju katastrofy przyrodnicze mają u swojego podłoża negatywne oddziaływanie człowieka na środowisko. Tymczasem zjawiska powodujące zasadnicze zmiany struktury i funkcjonowania geosystemów są w przyrodzie czymś normalnym.

Wybuchy wulkanów, trzęsienia ziemi czy rozległe powodzie i inne tego typu zjawiska są w środowisku przyrodniczym czymś naturalnym; człowiek niekiedy jest w stanie w mniejszym lub większym stopniu ograniczyć ich skutki. *Velká kalamita* należy do tego typu zjawisk. Dodajmy, że „wielkość” katastrofy tak naprawdę zależy od przyjmowanej skali powierzchniowej i czasowej. Dla funkcjonowania geosystemu naszej planety zjawisko to można uznać za marginalne.

Bezpośrednie przyczyny powstania zjawiska są oczywiste – bodźcem był wiatr, który okazał się silniejszy od odporności geosystemu stoku porośniętego lasem. Mniej oczywisty jest zasięg wiatrołomu; zniszczeniu uległ las, który na pierwszy rzut oka powinien ocaleć, ocalał las – który powinien ulec zniszczeniu. Trudno wskazać bezpośrednią tego przyczynę. Prawdopodobnie zadziałał splot okoliczności – być może na cechy drzewostanu nałożył się „efekt kątowy” i w niektórych miejscach „efekt załamowy”. Gdzieniedzie las w górnych partiach wzmocniła zapewne osłona limbowa, a na dole być może osłabił wpływ zanieczyszczeń.

Jest natomiast niezbitym faktem, że niejasny do końca splot przyczyn wywołał bardzo konkretny efekt – krajobraz dolnych partii południowego skłonu Tatr Wysokich uległ (przynajmniej na kilkadziesiąt lat) wyraźnej zmianie. Ponadto pojawiła się wyraźna granica fizycznogeograficzna, oddzielająca zwarty las od wiatrołomu poniżej. Linia tą być może niedługo będzie prowadzona granica między Tatrami a Kotliną Spiską. Wyrazistość tej granicy wydaje się być niewspółmiernie wielka do przyczyn jakie uwarunkowały jej powstanie. Nakazuje to badaczom – szczególnie ekologom krajobrazu - z większą pokorą spoglądać na skutki dziejących się w przyrodzie procesów. Być może niejedne z nich, dla których uparcie poszukujemy konkretnych, jednoznacznych przyczyn są efektem zaistnienia okoliczności, których nie jesteśmy w stanie objąć do końca naszą wiedzą.

The influence of force wind from 19th November 2004 on the landscape of southern Tatra mountain slopes

Summary

The paper discusses geocological view of the force wind (*Velká kalamita*) effects, which took place on 19th November 2004 in southern slopes of High Tatra Mts. (Slovakia). Within three hours the great blowdown with area of 12-14 thousands hectares in belt of 30 km long and 2-4 km wide was created. Nearly 3 millions cu. m wood was destroyed in this area. As a result new physicogeographical border was established in the Tatra landscape, which runs at 1150-1250 m a.s.l. high. For described course of events are responsible: wind force, plant association type, stand structure, the role of mountain pine cover, anthropological lessening of forest, recess effect and angle effect

Literatura

- Argalács M., 2005, Groźne godziny i niepewne miesiące, Tatry 1/11, TPN, Zakopane, s. 14-15.
- Balon 2001, Podatność geosystemów górskich na zmiany antropogeniczne [w:] German K., Balon J. (red.), Przemiany środowiska przyrodniczego Polski a jego funkcjonowanie, Problemy Ekologii Krajobrazu t. 10, IGiGP UJ, Kraków, s. 765-771.
- Chováncova B., 2005, Zwierzęta w obliczu klęski żywiołowej, Tatry 1/11, TPN, Zakopane, s. 16.
- Fabijanowski J., Dziewolski J., 1996, Gospodarka leśna {w:} Mirek Z. (red.) Przyroda Tatrzańskiego Parku Narodowego, TPN, PAN, Kraków-Zakopane, s. 675-696
- Fleischer P., 1994, Lesné rastlinné spoločenstvá, [w:] I. Vološčuk i in., Tatranský Národný Park, GRADUS, s. 149-159.
- German K. Kosiński M., Orawiec P., 2002, Porównanie funkcjonowania i rozwoju geokompleksów utworzonych w Tatrach i na Podhalu podczas opadów i powodzi w 1997. [w:] Borowiec W., Kotarba A., Kownacki A., Krzan Z., Mirek Z. (red.) Przemiany środowiska przyrodniczego Tatr, TPN, PTPNoZ, Kraków-Zakopane, s.139-146.

- Grocholski M., 2005, Huragan w Tatrach Słowackich, Tatry 1/11, TPN, Zakopane, s. 8-9.
- Hess M., 1974, Piętra klimatyczne Tatr, Czas. Geogr. XLV/1, s. 75-94.
- Koreň M., 1994, Pody, [w:] I. Vološčuk i in., Tatranský Národný Park, GRADUS, s. 78-104.
- Koreň M., 2005a, Potęga przyrody, Tatry 1/11, TPN, Zakopane, s. 10.
- Koreň M., 2005b, Vietor ako krajinnno-ekologický faktor, Tatry 3, TANAP, Tatranská Lomnica, s. 7-10.
- Kotarba A., 2002, Współczesne przemiany przyrody nieożywionej w Tatrzańskim Parku Narodowym, [w:] Borowiec W., Kotarba A., Kownacki A., Krzan Z., Mirek Z. (red.) Przemiany środowiska przyrodniczego Tatr, TPN, PTPNoZ, Kraków-Zakopane, s.13-20.
- Mazur E., Lukniś M., 1978, Regionalne geomorfologicke členenie Slovenska, Geografický časopis, 2, 30, s. 101-125
- Midriak R., 1994, Horná hranica lesa a jej ovplyvnenie človekom, [w:] I. Vološčuk i in., Tatranský Národný Park, GRADUS, s. 313-326.
- Motyčka V., 2005, Vietor w Tatrách. Fakty a rozhovory o Vysokých Tatrách. Aké boli, sú a budú, EPOS, Bratislava, s. 1-127.
- Nemčok J., 1994, Horninové podložie, [w:] I. Vološčuk i in., Tatranský Národný Park, GRADUS, s. 14-23.
- Pawłowski B., 1959, Szata roślinna gór polskich, [w:] Szata roślinna Polski, PWN, Warszawa, s. 189-252.
- Plesnik P., 1971, Horna hranica lesa vo Vysokych a Belanskych Tatrach, SAV, Bratislava, 1-326.
- Spitzkopf P., 1994, Súčasný stav turistiky, športu, cestovného ruchu – ich vplyv na prírodu, [w:] I. Vološčuk i in., Tatranský Národný Park, GRADUS, s. 355-366.
- Vološčuk I., 1994, Biosférická rezervácia Tatry, [w:] I. Vološčuk i in., Tatranský Národný Park, GRADUS, s. 443-453.

Uniwersytet Jagielloński
Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej,
Zakład Geografii Fizycznej,
Ul. Gronostajowa 7,
30-387 Kraków
j.balon@geo.uj.edu.pl, w.maciejowski@geo.uj.edu.pl