

ZASTOSOWANIE LICHENOMETRII W BADANIACH GEOMORFOLOGICZNYCH

Maciej Dąbski

Dąbski M., 2005: Zastosowanie lichenometrii w badaniach geomorfologicznych (*Use of lichenometry in geomorphological research*), *Monitoring Środowiska Przyrodniczego* nr 6, s. 41–45, Kieleckie Towarzystwo Naukowe, Kielce

Zarys treści: Metoda lichenometryczna stosowana w geomorfologii polega na pomiarach średnicy porostów mapowych najczęściej z rodzaju wzorzec (*Rhizocarpon geographicum* i *Rhizocarpon alpicola*) występujących na powierzchniach skalnych (kamieniach) budujących osady moren, usypisk, spływów gruzowych, lodowców gruzowych, osuwisk i tarasów rzecznych. Znając wymiary największych plech porostów, tempo wzrostu porostów w danym miejscu oraz okres jaki musi minąć po odsłonięciu i ustabilizowaniu się skały do momentu pojawienia się pierwszych plech (opóźnienie kolonizacji) można określić wiek odsłonięcia się powierzchni skalnej, czyli wiek powstania formy, ustabilizowania się kamieni. Porosty z rodzaju wzorzec *Rhizocarpon* pozwalają datować osady o wieku do około 800 lat, jednakże najlepszą dokładność uzyskuje się przy datowaniu osadów młodszych. W warunkach wilgotnego klimatu SE Islandii największą dokładność osiąga się dla form (np. moren lodowców) utworzonych od 60-70 do 250 lat temu. Przy stosowaniu lichenometrii do określania wieku powierzchni skalnych należy zwrócić szczególną uwagę na kalibrację krzywej tempa wzrostu porostów, która to czynność bywa obciążona błędami wynikającymi ze zróżnicowania dynamiki wzrostu porostów. Według najnowszych wyników badań w SE Islandii najlepiej sprawdza się lichenometryczna metoda gradientu częstości wielkości porostów *Rhizocarpon*.

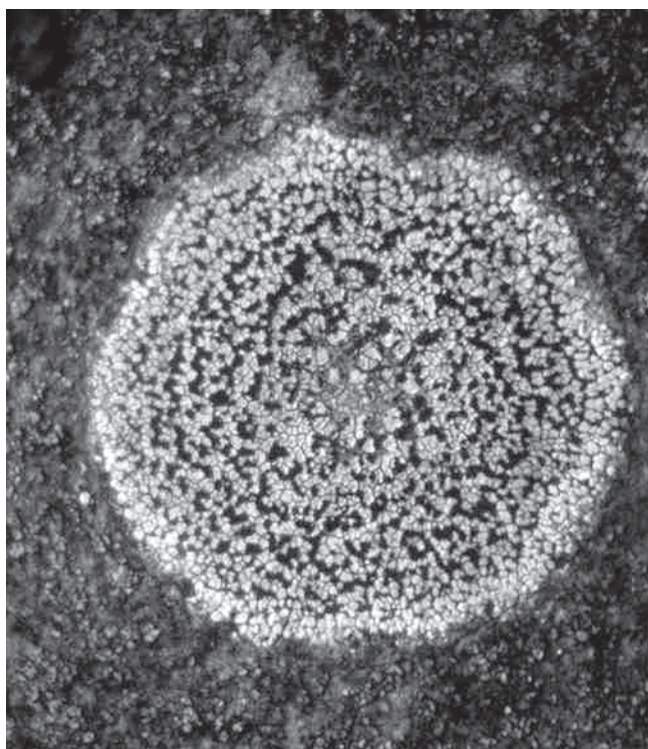
Słowa kluczowe: metoda lichenometryczna, porosty mapowe, tempo wzrostu porostów, oznaczanie wieku, zastosowania w geomorfologii.

Maciej Dąbski, Uniwersytet Warszawski, Wydział Geografii i Studiów Regionalnych, Pracownia Sedymentologiczna, Krakowskie Przedmieście 30, 00-927 Warszawa, e-mail: mfdbski@uw.edu.pl

1. Wstęp

W badaniach geomorfologicznych częstym problemem jest oznaczenie wieku form rzeźby, czy też osadu. Od około 40 lat coraz większą popularność zyskuje metoda lichenometryczna polegająca na pomiarach średnicy porostów mapowych najczęściej z rodzaju wzorzec (*Rhizocarpon geographicum* i *Rhizocarpon alpicola*) występujących na powierzchniach skalnych – Fot. 1. Jest to metoda wymagająca znajomości tempa wzrostu plech mierzonego porostu oraz uzyskania odpowiednio dużej, statystycznie istotnej, liczby pomiarów na datowanej powierzchni. Metodę tę stosuje się najczęściej do oszacowania wieku moren, usypisk, spływów gruzowych,

lodowców gruzowych, osuwisk i tarasów rzecznych. Powierzchnia kamieni budujących świeżo zdeponowany osad jest wolna od porostów. Po ustabilizowaniu się powierzchni skalnej (kamienistej), w miarę upływu czasu powierzchnia zajmowana jest przez coraz większe plechy. Wolno rosnące porosty z rodzaju wzorzec *Rhizocarpon* pozwalają datować osady o wieku do około 800 lat (Beschel, 1950), jednakże najlepszą dokładność uzyskuje się przy datowaniu osadów młodszych. Szeroki opis zastosowania tej metody na świecie podaje Kotarba (2001, 2004). Niniejszy artykuł koncentruje się na uwarunkowaniach stosowania lichenometrii w badaniach dynamiki zmian środowiska Islandii.

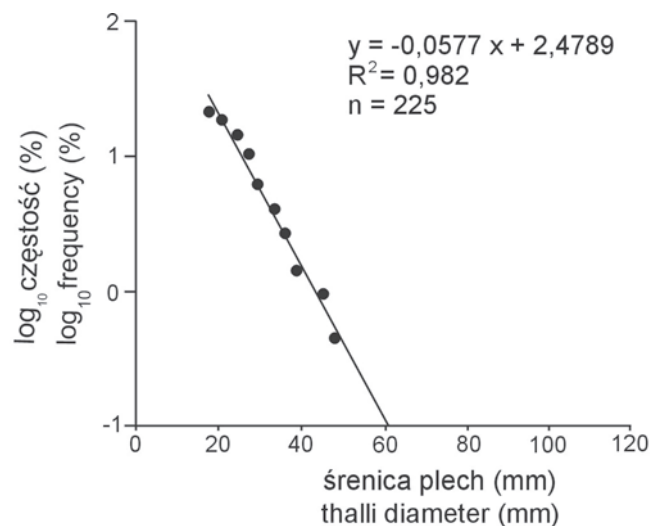


Fot. 1. Plecha porostu *Rhizocarpon* na skałach wylewnych w SE Islandii

Fot. 1. *Rhizocarpon* lichen thallus on an extrusive rock in SE Iceland

2. Zastosowanie lichenometrii w geomorfologii

W geomorfologii po raz pierwszy metodę tę zastosował Beschel (1950) do datowania wieku moren na 24 przedpolach różnych lodowców alpejskich. Metodykę stosowania lichenometrii w badaniach geomorfologicznych szczegółowo przedstawiają Lock i wsp. (1973), Innes (1982, 1983, 1985), a ostatnio szeroką dyskusję przeprowadzili Bradwell (2004) oraz McKinzey i wsp. (2004). W Polsce lichenometrię stosuje Kotarba (1988, 2001, 2004) do datowania tatrzańskich piargów i splotów gruzowych. Badania te pozwoliły ustalić czas intensywnego wietrzenia mrozowego i rozwoju procesów stokowych w Tatrach na okres małej epoki lodowej. W Beskidach metodę tę stosuje się do datowania osuwisk (Bajgier, 1992; Bajgier-Kowalska, 2002, 2003). Lichenometria powszechnie stosowana jest i ulepszana w badaniach nad wiekiem osadów morenowych odsłoniętych wskutek recesji lodowców począwszy od XVIII wieku na Islandii (Jaksch, 1975; Gordon i Sharp, 1983; Caseldine, 1991; Evans i wsp., 1999; Bradwell, 2001, 2004; Kirkbridge i Dugmore, 2001; Dąbski, 2002; Dąbski i wsp., 2005; McKinzey i wsp., 2004).

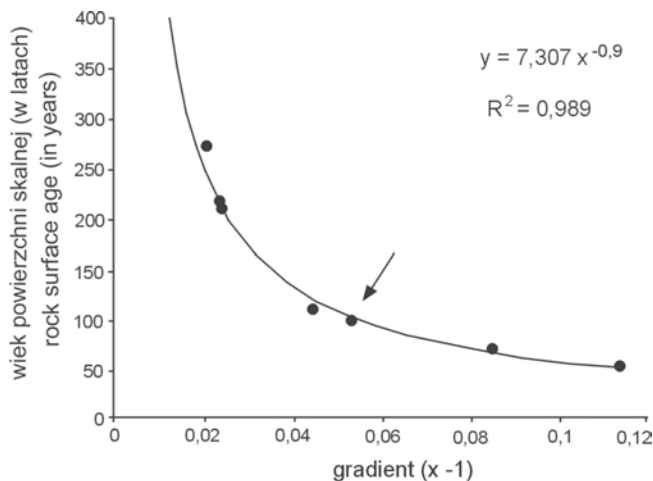


Ryc. 1. Wykres częstości wielkości porostów *Rhizocarpon* dla jednego z pól testowych (F5) na morenach lodowca Fjalls w SE Islandii (Bradwell, 2004). Jako zmienna zależna logarytm (u podstawy 10) z częstości wyrażonej w procentach, jako zmienna niezależna wielkość porostów. Do konstrukcji wykresu nie wzięto pod uwagę porostów mniejszych od klasy modalnej.

Fig. 1. The lichen size-frequency graph for the test surface (F5) on Fjallsjökull moraines in SE Iceland (Bradwell, 2004) generated with the logarithm (base 10) of the frequency (expressed as a percentage) as the dependant variable and the lichen diameter as the independent variable. Lichens falling below the modal class were omitted.

3. Podstawy metodyki

Z powodu trudności w rozróżnieniu w terenie różnych gatunków porostów z rodzaju *Rhizocarpon* (najczęściej *R. geographicum* lub *R. alpicola*) oraz niewiele różniące się od siebie dynamiki wzrostu tych porostów wykonuje się pomiary wszystkich gatunków tego rodzaju (*Rhizocarpon* agg.). Na datowanej powierzchni skalnej mierzy się najczęściej największą średnicę relatywnie okrągłych i nie przylegających do siebie plech z dokładnością do 1 milimetra. Do obliczenia wieku powierzchni bierze się pod uwagę największą (najstarszą) plechę (Beschel, 1950; Gordon i Sharp, 1983), lub średnią z 5 największych pomiarów (Thompson i Jones, 1986; Evans i wsp., 1999; Dąbski, 2002). Otrzymaną wartość odnosi się do odpowiednio skalibrowanej krzywej przedstawiającej tempo wzrostu porostów. Krzywą tę otrzymuje się mierząc porosty występujące na powierzchniach skalnych o znanym wieku (nieczyszczone nagrobki, mosty, groble itp.). Metodyka postępowania w analizie lichenometrycznej podlega jednak cią-



Ryc. 2. Zależność gradientu rozkładu częstości wielkości porostów *Rhizocarpon* od wieku powierzchni skalnych (na podstawie 7 pól testowych) – krzywa referencyjna dla datowania lichenometrycznego w SE Islandii (Bradwell, 2004). Strzałka pokazuje punkt otrzymany z pola testowego F5 (Ryc. 1).

Fig. 2. The relationship between the gradient of size-frequency distribution of *Rhizocarpon thalli* and surface age (based on 7 tested surfaces) – the lichenometric dating curve for SE Iceland (Bradwell, 2004). The arrow shows the point obtained from the test field F5 (Fig. 1).

głej modyfikacji. Bradwell (2004), McKinzey i wsp., (2004) analizując porosty rodzaju *Rhizocarpon* występujące w SE Islandii rozwinęli metodę zapoczątkowaną przez Benedicta (1967, 1985) i dalej stosowaną przez Caseldine (1991) polegającą na analizie rozkładu częstości pomierzonej populacji porostów. Wykresy częstości konstruowano obliczając logarytm u podstawy 10 z częstości wyrażonej w procentach (zmienna zależna), dla każdej klasy wielkości plech (co 3 mm, zmienna niezależna), przy czym odrzucono porosty o wymiarach mniejszych niż klasa modalna. Następnie przeprowadzono analizę krzywej regresji metodą najmniejszych kwadratów. W ten sposób otrzymano wykresy częstości wielkości porostów w danej populacji w postaci prostej o ogólnym wzorze $y = mx + c$ (Ryc. 1). Wartości m (gradient rozkładu częstości; dla wykresu przedstawionego na Ryc.1 $m = -0,0577$) z każdego pola testowego pomnożono przez -1 i zestawiono ze znanym wiekiem powierzchni skalnej. Otrzymano wykres zależności gradientu rozkładu częstości od wieku powierzchni skalnej, który może być stosowany jako krzywa referencyjna dla datowania lichenometrycznego (Ryc. 2) dla SE Islandii.

4. Ograniczenia i trudności w stosowaniu lichenometrii

Powszechnie mierzone porosty *Rhizocarpon* nie występują na skałach węglanowych, zatem metodę tę stosuje się najczęściej do krzemianowych skał magmowych głębinowych (np. granity w Tatrach), wylewnych i żyłowych (np. bazalty, doleryty i diabazy na Islandii) oraz do piaszczowców (Beskidy).

Metoda lichenometryczna stosowana w geomorfologii znajduje się na etapie ciągłego testowania. Haines-Young (1983) wskazuje na istnienie „zielonej strefy” (ang. *green-zone*) u podstawy proksymalnych stoków wałów morenowych, w której wzrost porostów odbywa się relatywnie szybciej niż na wierzchołkach lub na dystalnych stokach. Należy zatem szczególną uwagę zwracać na to, żeby warunki środowiskowe na datowanych a następnie porównywanych ze sobą powierzchniach były podobne. Przeprowadzone przez Dąbskiego (materiał w opracowaniu) w roku 2005 badania na morenach islandzkiego lodowca Fláa wskazują ponadto na różnice w tempie wzrostu porostów *Rhizocarpon* w zależności od ekspozycji powierzchni skalnej (strony kamienia).

Evans i wsp. (1999) zastosowali okres opóźnienia kolonizacji porostów 6,5 lat (czas jaki musi minąć od momentu zdeponowania osadu do momentu wkroczenia porostów). Wartość ta jest zastosowana dla liniowego tempa wzrostu porostów (przy stosowaniu średniej z 5 największych plech) na morenach wszystkich lodowców wpływających na południe z islandzkiej czaszy lodowej Vatnajökull, co wydaje się zbyt dużym uproszczeniem. Snorrason (1984) dla moren lodowca Fláa zastosował znacznie dłuższy okres opóźnienia kolonizacyjnego – 12 lat. Gordon i Sharp (1983) dla lodowca Skalafells stosowali okres 15 lat, tłumacząc to obecnością brył martwego lodu zagrzebanych w najmłodszym wale morenowym. Wytapiający się lód przez długi czas powoduje niestabilność powierzchni moreny, co opóźnia wzrost porostów.

Na wiele przyczyn mogących fałszować daty porostowe (szczególnie te oparte na pomiarze tylko jednej największej plechy) wskazali Maizels i Dugmore (1985), analizując osady sandrowe lodowca Sólheima (lodowiec wpływający na południe z czaszy Myrdals, południowa Islandia). Są one następujące:

1. Mierzone plechy mogą już nie należeć do pierwszej generacji porostów, która mogła ulec naturalnemu rozkładowi;

2. Pierwsza generacja porostów mogła ewentualnie rozwinąć się na głazach, które znalazły się na powierzchni osadu dopiero kilka lat po zdeponowaniu materiału. Mogłaby to spowodować erozja wierzchniej warstwy osadu;
3. Tempo wzrostu porostów mogło być bardzo nieregularne wskutek zmieniającego się klimatu;
4. Największe pomierzone plechy mogą nie odpowiadać wiekowi powierzchni osadu lecz raczej tylko głazu, na którym się wykształciły przed zadziałaniem różnych procesów chemicznej i mrozowej dezintegracji, pęcznienia mrozowego oraz eolicznej abrazji;
5. Brak większych plech może być ewentualnie rezultatem braku wystarczająco dogodnych powierzchni skalnych do zasiedlenia (za małe rozmiary głazów, nie najlepsza ekspozycja, tekstura i skład mineralny).

5. Podsumowanie

Trudności w powszechnym stosowaniu metody lichenometrycznej polegają na: rozbieżnościach w stosowanej technice pomiaru plech (np. McKinzey i wsp. (2004) mierzyli najdłuższe osie niezależnie od kształtu plech), metodach kalibracji krzywych wzrostu porostów oraz nie w pełni poznanych uwarunkowań wzrostu porostów. Ostatnie badania Bradwella (2004) oraz McKinzey'a i wsp. (2004) wskazują, że dla SE Islandii najlepsze rezultaty daje zastosowanie metody gradientu populacji (a nie uśrednianie 5 największych pomiarów, czy też branie pod uwagę pojedynczej największej plechy) opartej na analizie rozkładu częstości wielkości plech. Technika ta, oparta na dużej liczbie pomiarów, zwykle od 200 do 1000 na każdej datowanej powierzchni, jest statystycznie lepiej uzasadniona. Jej wadą jest konieczność występowania odpowiednio dużej powierzchni skalnej podlegającej datowaniu oraz to, że dobre rezultaty otrzymuje się tylko dla powierzchni skalnych odsłoniętych pomiędzy 60 a 250 lat temu (w warunkach morskiego klimatu SE Islandii, który umożliwił szybki wzrost porostów).

Dopóki dynamika wzrostu porostów w datowanym miejscu nie będzie w pełni poznana, nie należy oczekiwać uzyskania właściwego wieku powierzchni skalnej (McCarthy, 1999). Jednakże w przypadku odpowiednio dobrze skalibrowanej krzywej wzrostu i dużej liczbie pomiarów, metoda ta daje wystarczająco dobre rezultaty oraz jest tania i prosta w zastosowaniu.

6. Literatura

- Bajgier M., 1992:** *Zastosowanie lichenometrii w datowaniu osuwisk w Beskidzie Śląskim*. Ann. Soc. Geol. Pol. 62: 339-346.
- Bajgier-Kowalska M., 2002:** *Zastosowanie lichenometrii w datowaniu stoków osuwiskowych w Beskidzie Żywieckim (Karpaty fliszowe)*. Czasopismo Geograficzne. 73, 3: 215-230.
- Bajgier-Kowalska M., 2003:** *The application of lichenometry in dating of the landslide slopes in the Flysch Carpathians*. Geomorfologia Slovaca. 3, 1: 16-18.
- Benedict J.B., 1967:** *Recent glacial history of an alpine area in the Colorado Front Range, USA. I. Establishing a lichen growth curve*. Journal of Glaciology. 6: 817-832.
- Benedict J.B., 1985:** *Arapaho Pass. Glacial geology and archaeology at the crest of the Colorado Front Range*. Ward, Colorado. Centre for Mountain Archeology Research Report, 3.
- Beschel R., 1950:** *Fletchen als Altersmaßstab rezenter Moränen*. Zeitschrift für Gletcherkunde und Glazialgeologie. 1: 152-161.
- Bradwell T., 2001:** *A new lichenometric dating curve for southeast Iceland*. Geografiska Annaler. 83 A, 3: 91-101.
- Bradwell T., 2004:** *Lichenometric dating in southeast Iceland: the size-frequency approach*. Geografiska Annaler. 86 A, 1: 31-41.
- Caseldine C.J., 1991:** *Lichenometric dating, lichen population studies and Holocene glacial history in Tröllaskagi, northern Iceland*. W: J.K. Maizels, C. Caseldine, C. (red.): Environmental Change in Iceland: Past and Present. Glaciology and Quaternary Geology, Kluwer Academic Publisher, Dordrecht, 219-233.
- Dąbski M., 2002:** *Dating of the Fláajökull moraine ridges, SE – Iceland; comparison of the glaciological, cartographic and lichenometrical data*. Jökull. 51: 17-24.
- Dąbski M., Fabiszewski B., Pękalska A., 2005:** *Strefa marginalna lodowca Fláa – wiek moren, próba zastosowania lichenometrii*. W: P. Molewski (red.). Rekonstrukcja procesów glacialnych w wybranych strefach marginalnych lodowców Islandii – formy i osady. Przewodnik wycieczki terenowej. Islandia, 14-28 sierpnia, Toruń, 123-131.
- Evans D.J.A., Archer S., Wilson D.J.H., 1999:** *A comparison of the lichenometric and Schmidt hammer dating techniques based on data from the proglacial areas of some Icelandic glaciers*. Quaternary Science Reviews. 18: 13-41.
- Gordon J.E., Sharp M., 1983:** *Lichenometry in dating recent glacial landforms and deposits, southern Iceland*. Boreas. 12, 3: 191-200.

- Haines-Young R.H., 1983:** *Size variation of Rhizocarpon on Moraine Slopes in Southern Norway*. Arctic and Alpine Research. 15, 3: 295-305.
- Innes J.L., 1982:** *Lichenometric use of an aggregated Rhizocarpon species*. Boreas. 11: 53-57.
- Innes J.L., 1983:** *Lichenometric dating of debris-flow deposits in the Scottish Highlands*. Earth Surface Processes and Landforms. 8: 579-588.
- Innes J.L., 1985:** *Lichenometry*. Progress in Physical Geography. 9: 187-254.
- Jaksch K., 1975:** *Das Gletschervorfeld des Solheimajökull*. Jökull. 25: 34-38.
- Kirkbridge M.P., Dugmore A.J., 2001:** *Can lichenometry be used to date the „Little Ice Age” Glacier Maximum in Iceland?* Climatic Change. 48: 151-167.
- Kotarba A., 1988:** *Lichenometria i jej zastosowanie w badaniach geomorfologicznych w Tatrach*. Wszechświat. 89, 1: 13-15.
- Kotarba A., 2001:** *Lichenometryczne oznaczanie wieku form rzeźby wysokogórskiej*. Prace Geograficzne. 179: 197-208.
- Kotarba A., 2004:** *Holocène przemiany środowiska przyrodniczego Tatr Wysokich*. W: B. Izmańłow (red.). Przyroda-Człowiek-Bóg, Instytut Geografii i Gospodarki Przemysłowej UJ, Kraków, 57-67.
- Kotarba A., 2004:** *O zdarzeniach geomorfologicznych w Tatrach Wysokich podczas małej epoki lodowej*. Prace Geograficzne IGiPZ PAN, 197.
- Lock W.W., Andrews J.T., Webber P.J., 1979:** *A manual for lichenometry*. British Geomorphological Research Group, Technical Bulletin. 26, 47 ss.
- Maizels J.K., Dugmore A.J., 1985:** *Lichenometric and Tephrochronology of Sandur Deposits, Sólheimajökull Area, southern Iceland*. Jökull. 35: 69-78.
- McCarthy D.P., 1999:** *A biological basis for lichenometry?* Journal of Biogeography. 26: 379-386.
- McKinze K.M., Orwin J.F., Bradwell T., 2004:** *Re-dating the moraines at Skálafellsjökull and Heinabergsjökull using different lichenometric methods: implications for the timing of the Icelandic Little Ice Age maximum*. Geografiska Annaler. 86 A, 4: 319-335.
- Snorrason S., 1984:** *Mýrarjökklar og Vatnsdalur*. Cand Real theses, University of Oslo.
- Thompson A., Jones A., 1986:** *Rates and causes of proglacial river terrace formation in southeast Iceland: an application of lichenometric dating techniques*. Boreas. 15, 3: 231-246.

USE OF LICHENOMETRY IN GEOMORPHOLOGICAL RESEARCH

Summary

Lichenometry is performed by measuring diameters of map lichens, most often of *Rhizocarpon geographicum* and *Rhizocarpon alpicola* species, growing on rock surfaces (stones) constituting moraines, talus slopes, debris flows, rock glaciers, landslides and river terraces. Lichens of the *Rhizocarpon* species allow dating of sediments deposited c. 800 year ago, though best resolution is obtained for younger sediments.

Beschel (1950) was a pioneer of use of lichenometry in geomorphology as he dated moraines of Alpine glaciers. Lock et al. (1973), Innes (1982, 1983, 1985), Bradwell (2004) and McKinze et al. (2004) describe lichenometric procedures used in geomorphological research. Kotarba (1988, 2001, 2004) and Bajgier (1992), Bajgier-Kowalska (2002, 2003) use lichenometry in Poland. Lichenometry is often used and modernized during researches on age of moraine deposits in Iceland (Jaksch, 1975; Gordon and Sharp, 1983; Maizels and Dugmore, 1985; Caseldine, 1991; Evans et al., 1999; Bradwell, 2001, 2004; Kirkbridge and Dugmore, 2001; Dąbski, 2002; Dąbski et al. 2005; McKinze et al., 2004).

On the rock surface subject to dating the largest diameters of relatively circular and separate thalli are measured. Age of the surface is calculated based on singular largest thallus or mean of 5 largest thalli. Obtained value is referred to calibrated growth curve of the lichens. The curve is drawn based on measurements performed on rock surfaces of known age. Recently (Bradwell, 2004; McKinze et al., 2004) it was found out that for SE Iceland best results bring use of the size-frequency gradient technique performed on the population of *Rhizocarpon* lichens.

The use of lichenometry in geomorphology has some limitations, e.g.: most often measured lichens *Rhizocarpon* don't grow on carbonate rocks, it is essential to pay attention to specific local environmental conditions (e.g. location on a slope, aspect of the rock surface) which can differentiate the pace of lichens growth, colonisation lag time which is not always known (especially in a case of moraine deposits), difficulties in finding sufficient number of lichens thalli. In SE Iceland lichenometry gives best results of rock surfaces exposed 60 to 250 years ago.