

Datowanie czasu powstania krawędzi krzemieni na podstawie stopnia ich wygładzenia

Leszek Chróst

Stowarzyszenie Miłośników Ziemi Tarnogórskiej

Zbigniew Pawlak

Stowarzyszenie Miłośników Ziemi Tarnogórskiej

1. Wprowadzenie

Krzemienie, jak każda skała osadowa, ulegają procesom wietrzenia mechanicznego (ścierania) i chemicznego (rozpuszczania), które stępią ich pierwotnie ostre krawędzie powstające podczas odlupywania fragmentów z większych brył. Szybkość stępienia się krawędzi w określonych warunkach klimatycznych zależy od temperatury, w której przebiega proces ługowania (wykres 1)¹, odczynu (pH), środowiska (wykres 2)², natężenia przepływu wódami gruntowymi i nasycenia krzemem roztworu ługującego. Ścieranie się krawędzi zachodzi w wyniku przemieszczeń w środowisku mineralnym, na przykład w skali mikro na skutek zmian objętości złoża, w którym zalegają, związanych z sezonowymi i dobowymi zmianami temperatury (artefakty archeologiczne) lub, w większym nasileniu,

■ 1 Dane za: Wyciąg z podręcznika technicznego membran odwróconej osmozy FilmTec™ (formularz nr 45-D01504-en), rozdział 2, *Chemia wody i obróbka wstępna*, (histogram temp./N), [a:] www.dupont.com/content/dam/dupont/amer/us/en/water-solutions/public/documents/en/RO-NF-FilmTec-Silica-Scale-Prevention-Manual-Exc-45-D01557-en.pdf, dostęp: 14.05.2023.

2 Dane za: Wyciąg z podręcznika technicznego membran odwróconej osmozy..., (histogram pH/N); J. Lis, A. Pasieczna, *Atlas geochemiczny Polski 1:2 500 000*, PIG Warszawa 1995, tab. 3 (histogram pH/N).

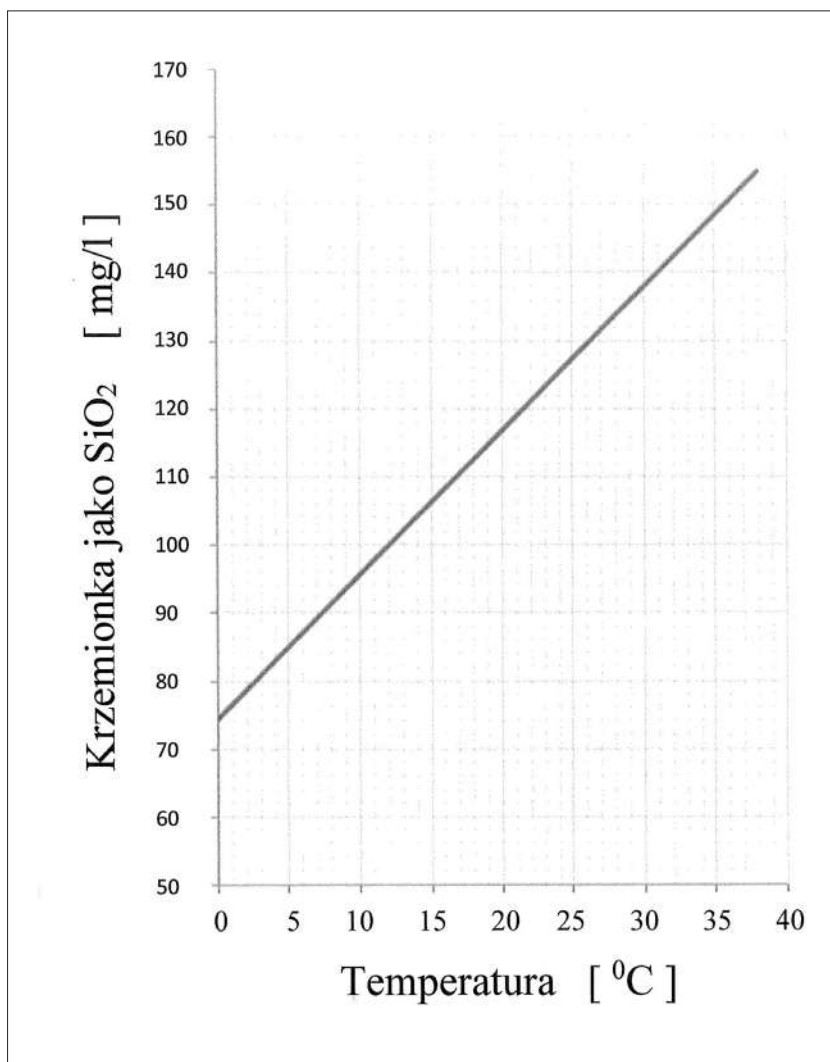
w wyniku transportu w ciekach powierzchniowych (materiał geologiczny). Wynika z tego zróżnicowanie procesów erozji krzemieni w zależności od głębokości ich zalegania w podłożu, aż do istotnego braku wpływu na zmiany w ostrości ich krawędzi przy jednoczesnym zachodzeniu zmian równomiernie na ich powierzchni zewnętrznej, zmian mniej zależnych od głębokości usadowienia w gruncie.

Założono, że dla Europy Środkowej na terenie polodowcowym erozja krawędzi krzemieni płytko zalegających w gruncie zachodziła w podobnych warunkach. W jaskiniach warunki fizykochemiczne mogły znacznie modyfikować ten proces (pH podłoża wapiennego i nietypowość przenikania opadów atmosferycznych). Dodatkowym utrudnieniem w datowaniu artefaktów krzemiennych z jaskiń jest fakt dawnego powszechnego pozyskiwania przez ludność znajdujących się tam krzemieni (o ostrych krawędziach) jako elementu krzesiw (do wzniecania ognia) i niezbędnego składnika skałkowej broni palnej, co zaburzało pierwotny układ artefaktów w złożach jaskiń³:

Pokłady leżące na dnie jaskini, nie były przed mojem przybyciem nie-
 tknięte. Widok z groty wabi ludzi. Krótco przede mną przyjmowano
 w niej biskupa wizytującego parafię. Pozostałe po przyjęciu wygodne
 drewniane schody i stół przydały się coprawda, ale pięknie zrównane
 i ubite jak klepisko w stodole dno jaskini napoiło mnie rzetelną goryczą.
 Przytem jeden z pięciu robotników, rześki choć już siwy starzec, opowia-
 dał mi, jak to on, będąc jeszcze małym pastuszkim, chadzał już z towa-
 rzyszami po „skarby” do groty i bardzo pilnie przewracał ziemię do góry
 nogami, wyciągając co ładniejsze „krzemienie” na „krzesiwko”. Robota
 w tych warunkach wymagała szczególnej ostrożności i zdecydowane-
 go radykalizmu: wszystko co było nietypowem a podejrzanem, zostało
 od razu odrzucone i nie znajduje się w materyale oddanym Komisji⁴.

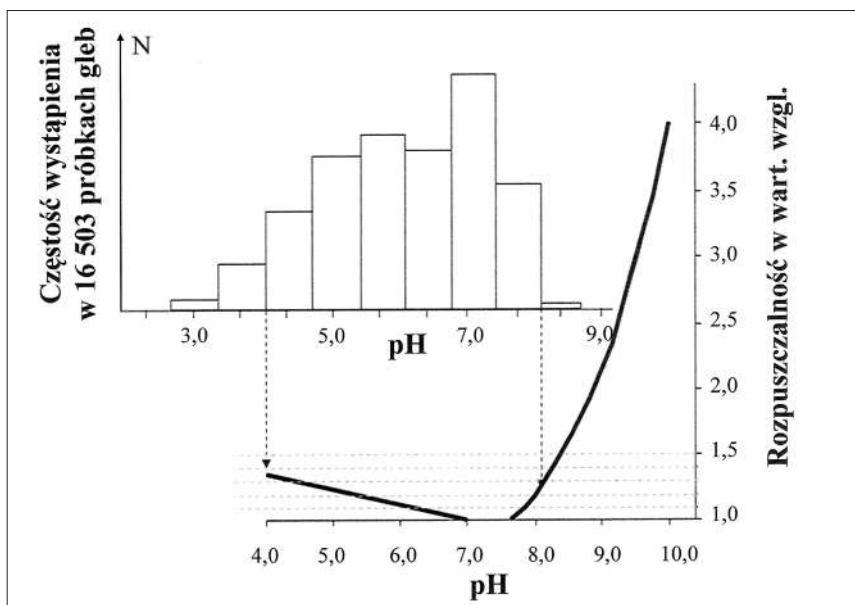
■ 3 W. Demetrykiewicz, W. Kuźniar, *Najstarszy paleolit na ziemiach pol-
 skich oraz inne wykopaliska odkryte w jaskini „Okiennik” koło wsi Skarżyce w pow.
 będzinińskim gub. piotrkowskiej*, Kraków 1914, s. 7, 9.

4 Ibidem.



Wykres 1. Zależność rozpuszczalności krzemionki w wodzie od temperatury⁵
Przerys Leszek Chróst

■ 5 Dane za: Wyciąg z podręcznika technicznego membran odwróconej osmozy..., (wykres temp/N).



Wykres 2. Krzywa rozpuszczalności krzemionki w wodzie w zależności od odczynu pH⁶ (w przedziale pH 4–8 największa różnica w rozpuszczalności ma się jak 1,0 do 1,35; diagram słupkowy przedstawia częstość występowania poszczególnych przedziałów wartości pH w przebadanych⁷ glebach Polski)

Przerys Leszek Chróst

1.1. Metody datowania artefaktów krzemiennych

Stosowane dotychczas metody datowania czasu powstania artefaktów krzemiennych opierają się na analizie cech świadczących o technice ich wytwarzania, które przypisuje się określonym kulturom archeologicznym (w okresach neolitu, mezolitu i paleolitu) bytującym na rozpatrywanym terenie badań. Pomocne są metody określenia wieku warstw w oparciu o wyniki badań zmian właściwości fizycznych osadów i skał, w których krzemienie zalegają. Istotnym aspektem w ustaleniu datowania stratygrafii są także współwystępujące z artefaktami krzemiennymi szczątki dawno wymarłych zwierząt oraz ślady zmian w roślinności, wynikające ze zmieniających się warunków klimatycznych (np. metody stosowane w palinologii).

W przypadku ustalania wieku kultur starszych niż 50 000 lat datowanie metodą radiowęglową jest niemiernodajne i obarczone dużym błędem, wynikającym z bardzo małej zawartości węgla ¹⁴C w tak starej próbce.

■ 6 Dane za: Wyciąg z podręcznika technicznego membran odwróconej osmozy..., (wykres pH/N).

7 J. Lis, A. Pasieczna, *Atlas geochemiczny Polski 1:2 500 000...*, tab. 3 (wykres pH/N).

Kolejną metodą mogłaby być geochronologia izotopowa⁸ (potas-argon, rubid-stront, uran, tor, ołów, hel) oparta na badaniu przemian promieniotwórczych w skałach, traktowanych jako układy zamknięte dla powstających produktów przemian, których zmiany proporcji zależą od upływu czasu. Jednak i ta obarczona jest znacznymi przedziałami niepewności datowań. Dodatkowo sam krzemień pozbawiony jest z reguły izotopów pierwiastków wykorzystywanych w ustaleniu chronologii, co również utrudnia zadanie.

Zastosowanie metody określania zmian biegunów ziemskiego pola magnetycznego wymaga badania znacznej miąższości utworów geologicznych w celu określenia zmian badanej cechy, które zaszły w przeszłości. Nie nadaje się jednak ona do datowania znalezisk artefaktów płytko zalegających w gruncie lub na jego powierzchni.

Promieniowanie jonizujące emitowane przez obecne w glebie pierwiastki promieniotwórcze i wpływ promieniowania kosmicznego przemieszcza elektrony w kwarcach i skaleniach na inne pozycje tym bardziej, im dłużej oddziałują. Oświetlenie próbki powoduje powrót elektronów na wcześniejsze pozycje, emitując światło tym silniej, im dłużej były poddane oddziaływaniu promieniowania jonizującego. Oświetlenie próbki w przeszłości „zeruje zegar”, a intensywność światła luminescencyjnego emitowanego przez nią jest wprost proporcjonalna do ilości uwieczonych ładunków i może być wykorzystana do oszacowania czasu od poprzedniego oświetlenia, czyli przebywania obiektu pod powierzchnią gruntu⁹.

Niektóre minerały (kwarc, skałen i kalcyt) magazynują energię słoneczną w znanym tempie. Ta uwieczona jest w niedoskonałych sieciach kryształów minerału, których podgrzanie (metoda TL – termoluminescencji) – na przykład podczas wypalania krzemienia w ognisku – likwiduje zmagazynowaną energię, po czym minerał pozostawiony na powierzchni terenu zaczyna ponownie ją absorbować. Datowanie osadów geologicznych metodą OSL (optycznie stymulowanej luminescencji) i TL opiera się na wykorzystaniu światła do wyzwolenia luminescencji, wykorzystywanej jako miara upływu czasu.

Autorzy artykułu dużą nadzieję pokładają w metodzie opartej na pomiarze grubości warstwy uwodnionej, stosowanej w datowaniu artefaktów wykonanych z obsydianu¹⁰ i kwarcu¹¹. Zakres metody, według jej autorów, wypełnia brak precyzyjnego datowania krzemieni między 50 000

■ 8 A. Polański, *Izotopy w geologii*, Warszawa 1979, s. 110–209.

9 M.J. Aitken, *An introduction to optical dating: the dating of Quaternary sediments by the use of photon-stimulated luminescence*, Oxford 1998.

10 C. Renfrew, P. Bahn, *Archeologia: teorie metody praktyka*, Warszawa 2002, s. 148–149.

11 J.E. Ericson, O. Dersch, F. Rauch, *Quartz hydration dating*, “Journal of archaeological science” 2004, vol. 31 (7), p. 883–902.

a 100 000 lat. Górną granicę tworzy spodziewane osiągnięcie równowagi między wytwarzaną warstwą uwodnioną a jej ubywaniem w wyniku rozpuszczania lub ścierania się.

Wspomnianej niedogodności pozbawiona jest proponowana metoda datowania bardzo starych krzemieni w oparciu o stopień wygładzenia krawędzi (tzw. *grani*) między odłupanymi powierzchniami krzemiennych obiektów¹². Metoda pomiaru warstwy uwodnionej nie zależy od głębokości zalegania artefaktów w podłożu, co istotnie rozdziela przydatność obydwu metod w zależności od sposobów pozyskiwania artefaktów krzemiennych – z powierzchni rozmywanych wzniesień i z wypełnianych namywanym materiałem glebowym niecek terenu.

1.2. Materiał badawczy

Do celów badawczych wykorzystano materiał w postaci artefaktów krzemiennych pochodzących z badań archeologicznych, udostępnionych przez instytucje naukowo-badawcze¹³ na prośbę Stowarzyszenia Miłośników Ziemi Tarnogórskiej [dalej: SMZT]. Ponadto analizie poddano również krzemienie zebrane z powierzchni gruntu (pod kątem pozyskania tam ewentualnych artefaktów archeologicznych) dziewięciu obszarów leżących w kierunku wschodnim i zachodnim od linii wyznaczonej miejscowościami: Rudniki (woj. opolskie) – Krzepice (woj. śląskie) – Kłobuck (woj. śląskie)¹⁴. Kolejną grupę stanowiły krzemienie z wykopalisk archeologicznych w Kończycach Wielkich (woj. śląskie, pow. cieszyński), które badane były pod kątem możliwości datowania czasu ich wytworzenia w prehistorii¹⁵. Te ostatnie wymienione obiekty zalegały w głębszych warstwach gruntu (ok. 4 m p.p.t.) eksploatowanej żwirowni¹⁶. Wśród analizowanych obiektów znalazły się również artefakty krzemienne z badań archeologicznych prowadzonych przez dr. Eugeniusza Foltyna na zlecenie

■ 12 Założenia metody opracował w Pracowni Badań, Pomiarów i Ekspertyz Ekologicznych „EKOPOMIAR” Leszek Chróst – przy udziale Stowarzyszenia Miłośników Ziemi Tarnogórskiej [dalej: SMZT] i w oparciu o udostępnione eksponaty ze zbiorów: Muzeum Górnośląskiego w Bytomiu, Muzeum w Raciborzu, Muzeum Nauk o Ziemi Uniwersytetu Śląskiego, Instytutu Archeologii Uniwersytetu im. Mikołaja Kopernika w Toruniu, a także ze zbiorów prywatnych dr. Jana M. Wagi oraz z badań archeologicznych przeprowadzonych w Żyglinie i Żyglinku na zlecenie SMZT w ramach projektu DIALOG.

13 Były to: Muzeum Archeologiczne w Bytomiu (dr Beata Badura), Muzeum w Raciborzu (mgr Marcin Rezner) i Instytut Archeologii Uniwersytetu Mikołaja Kopernika w Toruniu (dr Magdalena Sudoł).

14 Ze zbiorów dr. Jana M. Wagi.

15 B. Czader, E. Foltyn, J.M. Waga, *Najstarsze znaleziska archeologiczne w Polsce*, „Z badań nad wpływem antropopresji na środowisko” 2009, t. 10, s. 27–34.

16 Krzemienie do badań udostępniło Muzeum Geologiczne Uniwersytetu Śląskiego w Sosnowcu (dr Ewa Budziszewska-Karwowska).

SMZT na wydmach w rejonie Żyglinka¹⁷.

W celu porównawczym – jako materiał odniesienia – zebrano (na trasie przejścia w ramach zwiadu terenowego) wszystkie napotkane krzemienie oraz skały zbliżone składem chemicznym do krzemieni – pod względem wysycenia krzemionką, kolorem, połyskiem, fakturą wewnętrzną i zewnętrzną. Okazy zbierano tylko z pól, na których jednocześnie stwierdzono występowanie odłamków skał czerwonego piaskowca pstrego – domniemanego surowca służącego do pozyskiwania ochry zarówno przez pradawną ludność¹⁸, jak i neandertalczyków¹⁹. Z tego samego powodu zebrano okazy krzemieni i skał do nich podobnych z pola o wymiarach 50 x 30 m w miejscowości Niezdara. Miejsce to wybrane zostało ze względu na położenie blisko źródła z ciągłym wypływem wody z utworów triasowych, gdzie znaleziono wcześniej: fragment mezolitycznego narzędzia krzemiennego, kawałki skorup szacowanych na epokę żelaza i bryłkę gleyty ołowianej szacowaną na XIII–XVI wiek.

Niezależnie, jako materiał odniesienia, zebrano też wszystkie zauważone krzemienie z pola graniczącego z ogródkami działkowymi w Ostropie (dzielnica Gliwic) – na wycinku terenu o długości około 1 km i szerokości około 5 m. Jest to obszar zbudowany z materiału pochodzenia polodowcowego, pozbawiony przydatnych dawnym społecznościom surowców innych niż krzemienie.

1.3. Metoda

1.3.1. Opis przeprowadzonych badań

Współuczestników badań poproszono o przygotowanie około 30–40 muzealnych eksponatów krzemiennych pochodzących z możliwie szerokiego przedziału czasowego ich wytworzenia oraz o dołożenie do nich kilku narzędzi krzemiennych wykonanych współcześnie. Wszystkie obiekty

■ 17 E. Foltyn, L. Jochemczyk, *Badania na stanowisku 1 w Żyglinku, województwo śląskie*, [w:] *Badania archeologiczne na Górnym Śląsku i ziemiach pogranicznych w latach 2013–2015*, red. G. Glanc-Zagaja, Katowice 2016, s. 13–23; Archiwum Wojewódzkiego Konserwatora Zabytków Archeologicznych [dalej: WKZA] w Katowicach, E. Foltyn, *Sprawozdanie i dokumentacja z badań sondażowo-rozpoznawczych na stanowisku Żyglinek 2, gm. Miasteczko Śląskie (16–31 sierpnia 2016)*, Czechowice-Dziedzice 2016 [mps]; kopia również w archiwum SMZT.

18 E.C. Velliky, P. Schmidt, L. Bellot-Gurlet, S. Wolf, N.J. Conard, *Early anthropogenic use of hematite on Aurignacian ivory personal ornaments from Hohle Fels and Vogelherd caves, Germany*, "Journal of Human Evolution" 2021, vol. 150, art. no. 102900, pp. 1–15.

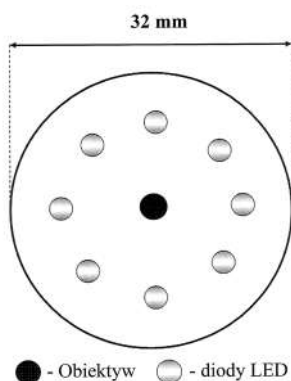
19 W. Roebroeks, M.J. Sier, T.K. Nielsen et al., *Use of red ochre by early Neanderthals*, "PNAS" 2012, vol. 109, no. 6, p. 1889–1894.

mierzono pod zakodowanymi numerami, nieznanymi wykonawcy pomiarów. Rozkodowanie pochodzenia poszczególnych badanych eksponatów i ich wieku oszacowanego przez muzea następowało w momencie dostarczenia współpracującym tabel z wynikami pomiarów szerokości smug odbijanego przez krawędzie światła w formie: nr kodowy artefaktu – szerokość smugi w μm jako wartość medialna z pomiarów wykonanych na danym obiekcie.

1.3.2. Wykonanie pomiarów

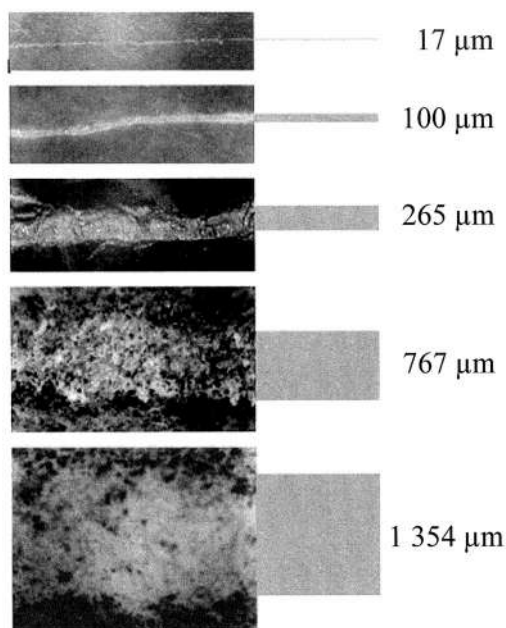
Krawędzie (*granie*) oświetlane były od góry światłem LED z ośmiopunktowego źródła światła białego – ośmiu diod LED rozmieszczonych wokół obiektywu mikroskopu cyfrowego Delta Optical Smart produkcji chińskiej (ryc. 1). Celowo pomijano ostre krawędzie z miejsc potencjalnie stępionych w trakcie intencjonalnego użycia artefaktów archeologicznych. Założono, że smugi światła odbitego od krawędzi krzemieni będą tym szersze, im bardziej intencjonalnie utworzone krawędzie (pierwotnie ostre) będą stępione w wyniku erozji (ryc. 2). Zapisywano uzyskiwane obrazy komputerowe smug odbitego światła, co jakiś czas fotografowano także skalę milimetrową suwmiarki. Szerokości smug odbitego światła mierzono na ekranie komputera, uwzględniając powiększenia obrazów skali milimetrowej.

Dookolny rozstaw źródeł światła wokół obiektywu powodował dodatkowe odbicia światła od mierzonych krawędzi krzemieni, zwiększając szerokość fotografowanych smug – tym bardziej, im bliższy wartości 180° był kąt zawarty między ścianami tworzącymi krawędź. Powierzchnie krzemieni tworzące krawędzie nie były idealnymi płaszczyznami, z reguły były wklęsłe. Powodowało to przy krawędziach o kątach rozwartych (takie w większości mierzono) zaliczanie do smugi światła częściowo odbitego z jednej z powierzchni w przypadku usytuowania ich pod różnym kątem, co w mikroskopie monokularowym mogło być niezauważone. To zjawisko najprawdopodobniej przyczyniło się do braku precyzyjnego datowania poniżej szerokości $100\ \mu\text{m}$ smug światła odbijanego od krawędzi.



Ryc. 1. Usytuowanie istotnych elementów układu optycznego kamery cyfrowej stosowanej w badaniach

Oprac. Leszek Chróst



Ryc. 2. Obrazy mikroskopowe (1–5) smug światła odbitego od badanych krawędzi krzemieni o różnym stopniu zaawansowania erozji. Fotografowana powierzchnia: 2,9 mm x 2,2 mm. Rozdzielczość ekranu: 1600 x 1200

Fot. Leszek Chróst

Uzyskane wyniki przedstawiono jako wyliczone wartości median z pomiarów szerokości smug odbitego światła od kilku krawędzi badanego obiektu krzemiennego. Przy porównywaniu stopnia erozji krzemieni zebranych z różnych obszarów terenu wynik podawano w wartościach

mediany wyliczonej z wartości median dla poszczególnych obiektów z danej grupy krzemieni.

Przyjęcie wartości mediany jako lepiej charakteryzującej stopień erozji krawędzi niweluje wpływ wystąpienia przypadkowych, skrajnie odbiegających od najczęściej występujących szerokości smug odbijanego światła (z przypadkowych pęknięć bardzo starych i bardzo młodych, niepochozących od spodziewanej intencjonalnej obróbki krzemieni). Wartość średniej arytmetycznej liczonej ze wszystkich pomiarów smugi znacznie bardziej wpływa na nią samą niż na wartość mediany. Mediana eliminuje wpływ nie-licznych, skrajnie niskich lub skrajnie wysokich, wartości pomiarów.

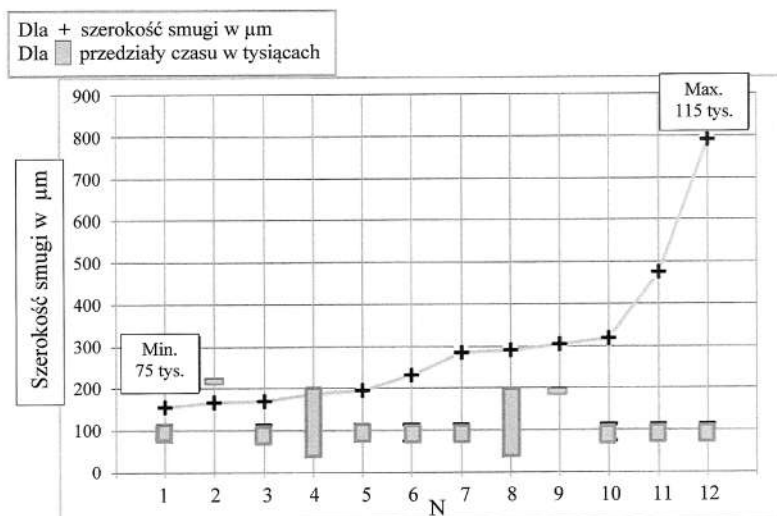
2. Rezultaty badań

W tabeli 1 przedstawiono artefakty krzemienne wykorzystane do wykreślenia krzywej kalibracyjnej metody. Materiał udostępniło Muzeum Archeologiczne w Raciborzu. Graficzne porównanie dwóch ostatnich danych z tabeli 1 przedstawiono na wykresie 3. Nieprecyzyjności datowań przedstawiono na wykresie 3, przyjmując dla najmniejszej szerokości smugi najniższą wartość z podanego przedziału czasu datowania (75 000 lat) i najwyższą wartość datowania (115 000 lat) dla największej szerokości smugi oraz przeliczając proporcjonalnie do przyjętego przedziału datowań pozostałe zmierzone szerokości smug. Krzywą łączącą wiek artefaktów z szerokością smugi światła odbijanego od ich krawędzi przedstawia wykres 4.

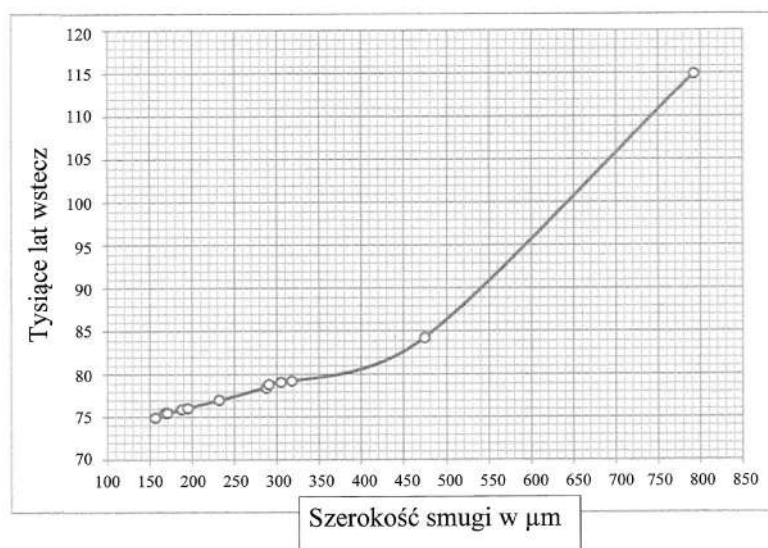
l.p.	pochodzenie	numer stanowiska	artefakt	wiek w tysiącach lat	szerokość smugi w μm
1.	Maków	brak danych	rylec	75–115	157
2.	Racibórz, ul. Studzienna	2	fragment wióra	220	168
3.	Cyprzanów	brak danych	zgrzebło zbieżne	75–115	171
4.	Maków	brak danych	przekłuwacz	40–200	189
5.	Maków	brak danych	odłupek retuszowany	75–115	196
6.	Cyprzanów	brak danych	odłupek retuszowany	75–115	232
7.	Komice	brak danych	wiór retuszowany	75–115	287
8.	Maków	brak danych	odłupek	40–200	290
9.	Racibórz, ul. Studzienna	2	odłupek retuszowany	200	304
10.	Maków	brak danych	nóż	75–115	318
11.	Pietrowice Wielkie	23	nóż prądnicowy	75–115	475
12.	Racibórz Płonia	brak danych	odłupek lewałuaski	75–115	793

Tabela 1. Dane wyjściowe do badań nad datowaniem krzemieni na podstawie stopnia erozji krawędzi. Opis eksponatów z ich datowaniem udostępniony przez archeologa mgr. Marcina Reznera z Muzeum w Raciborzu

Źródło: tabela dołączona do pisma SMZT do Muzeum w Raciborzu z prośbą o udostępnienie eksponatów do badań



Wykres 3. Porównanie wieku przypisanego artefaktom (stłpki na wykresie) z szerokościami smug światła odbitego od ich krawędzi (krzyżyki na wykresie)
Oprac. Leszek Chróst

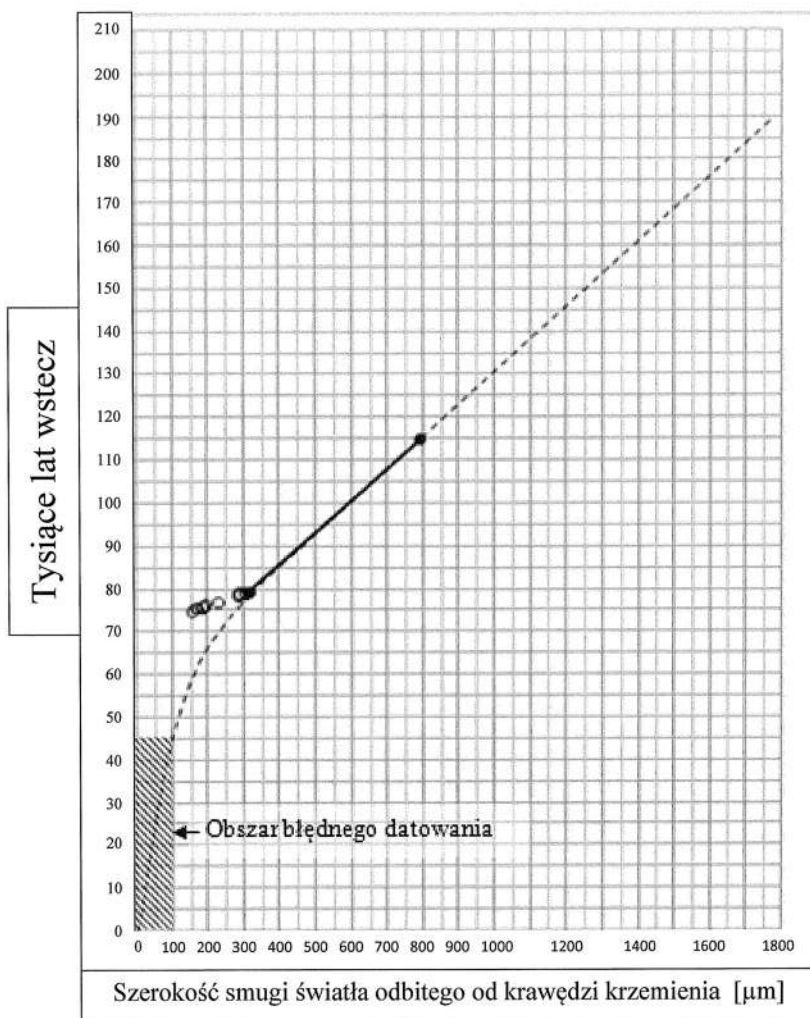


Wykres 4. Krzywa przedstawiająca zależność szerokości smugi światła odbitego od krawędzi artefaktów krzemiennych od wieku badanych artefaktów przedstawionych w tabeli 1 po przyjęciu dla obiektu o najwyższej smudze wieku 75 000 lat, a dla obiektu o najszerzej smudze – 115 000 lat i po przeliczeniu innych szerokości smug proporcjonalnie do przyjętych datowań wartości skrajnych szerokości smug

Oprac. Leszek Chróst

2.1. Krzywa kalibracyjna

Przedstawiono krzywą kalibracji szacowania wieku utworzenia się krawędzi krzemieni na podstawie szerokości smug światła odbijanego od tych krawędzi. Naniesienie krzywej z wykresu 4 na diagram o szerszym przedziale czasu – od wartości zerowej przypisanej czasowi powstania krawędzi – wykazało nieścisłość w pewnym przedziale datowań uzyskanych od pracowników muzeum.



Wykres 5. Krzywa kalibracyjna szacowania czasu od utworzenia się krawędzi na krzemieniach w zależności od stopnia jej zerodowania mierzonego szerokością smugi światła odbijanego od danej krawędzi

Oprac. Leszek Chróst

Zakładając logiczny przebieg stępania się krawędzi w czasie – od wartości zerowej, przez szybciej postępujący proces dla ostrych krawędzi, zwalniający w miarę ich stępania się, przyjęto za użyteczne w wykreśleniu krzywej tylko datowania dwóch artefaktów logicznie wpasowanych w przebieg hipotetycznego przebiegu wykreślanej krzywej kalibracyjnej, pozostałe datowania z wykresu 4 traktując jako nieco zawyżone.

Tak uzyskaną krzywą kalibracji wykorzystano w dalszych pomiarach, mając na uwadze jej niedoskonałość wynikającą z niewielkiej liczby wyników, w oparciu o które ją uzyskano, oraz ich małą precyzyjność (wykres 3). Spełnia ona rolę przykładu w przedstawieniu możliwości wykorzystania metody, zakładając przyszłe poprawienie jej przebiegu w oparciu o pomiary znacznie większej liczby datowanych artefaktów archeologicznych i geologicznych.

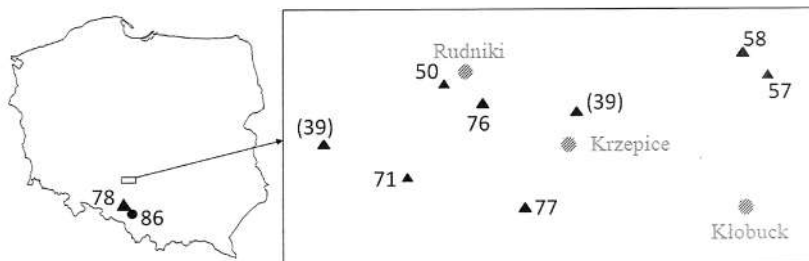
3. Przykłady wykorzystania metody

3.1. Krzemienie zebrane z 10 powierzchni województw śląskiego i opolskiego

Badano grupy krzemieni o cechach mogących wskazywać na ich intencjonalną obróbkę, zebrane w dziewięciu miejscach ich większego nagromadzenia, na obszarach określonych jako pozostałości po zlodowaceniach Warty i Odry. Dodatkowo poddano analizie wszystkie krzemienie napotkane na trasie o długości około 1 km podczas przejścia po przeorany polu użytkowanym rolniczo w Ostropie (dzielnica Gliwic) i potraktowano je jako materiał odniesienia.

Widoczna na ryc. 3 tendencja wzrostu wieku utworzenia się krawędzi krzemieni w kierunku południowym nie jest sprzeczna z datowaniem zasięgów zlodowaceń tam sięgających: najdalej na południe najstarszym zlodowaceniem Sanu i późniejszymi zlodowaceniami Odry oraz najmłodszym Warty. Na wykresie 6 przedstawiono po dwa skrajne obrazy zróżnicowania w szerokości smug światła odbijanego od krawędzi krzemieni, stwierdzone w 10 badanych grupach okazów.

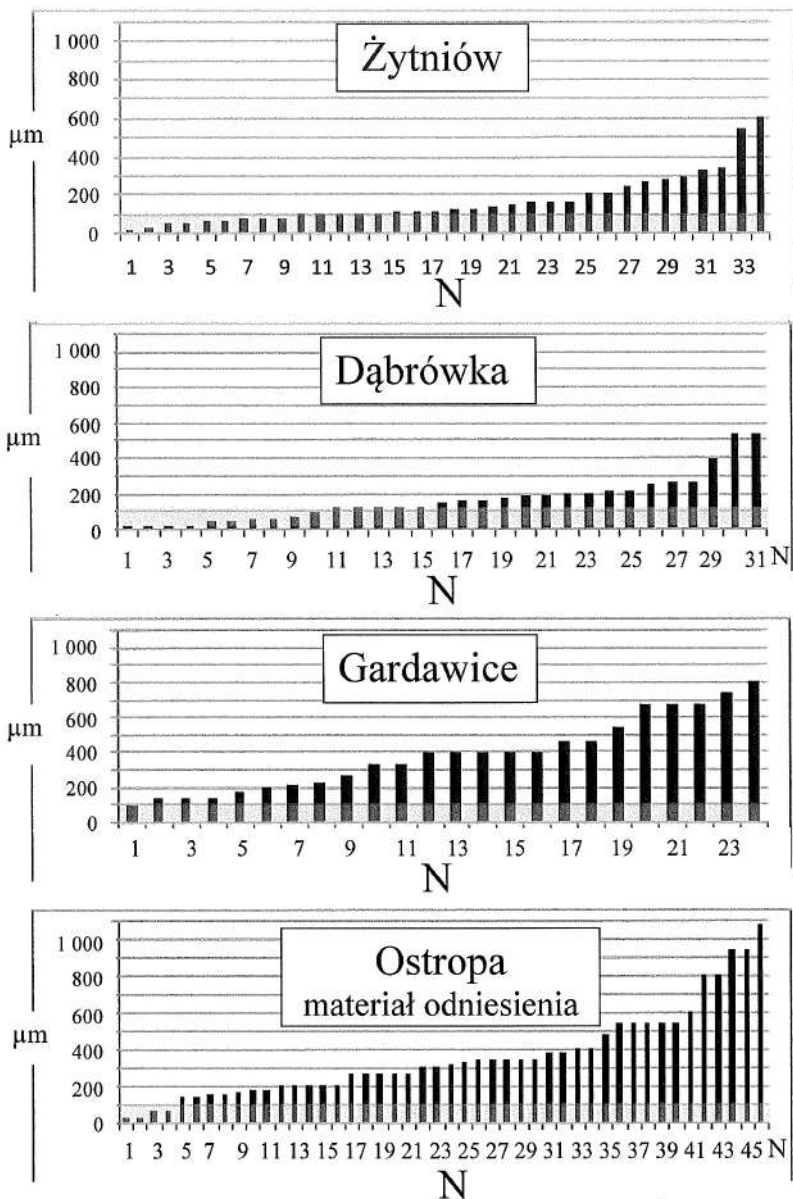
Jeżeli przyjąć względnie równomierny wzrost uszeregowanych wartości szerokości odbitych smug światła od krawędzi poszczególnych okazów jako cechy ich naturalnego pęknięcia w długim przedziale czasu, to znaczne zawężenie przedziału czasu tworzenia się krawędzi w badanej grupie okazów może świadczyć o intencjonalnym ich przetwarzaniu lub o działaniu krótkotrwałego czynnika naturalnego (np. dalekiego transportu z wodą). Rozległość obszarów występowania okazów przebadanych pod tym względem już może sugerować jedną lub drugą przyczynę zawężania przedziału czasu powstawania krawędzi na krzemieniach.



Ryc. 3. Miejsca pozyskania krzemieni do datowania i wyniki datowania wytworzenia się na nich krawędzi podane w tysiącach lat. Daty odczytano z krzywej kalibracyjnej przedstawionej na wykresie 5. Datowano na podstawie wartości median obliczonych dla poszczególnych miejsc zebrania krzemieni. Liczono je z wartości median szerokości smug dla poszczególnych badanych okazów. W nawiasach podano wyniki uzyskane w obszarze błędnego datowania krzywej kalibracyjnej przedstawionej na wykresie 5. Trójkątami oznaczono, za dostarczycielem eksponatów do badań, krzemienie zebrane w zasięgu zlodowaceń Warty i Odry, kółkiem – w zasięgu starszego zlodowacenia Sanu
Oprac. Jan M. Waga, Leszek Chróst

L.p.	Miejscowość	Mediana szerokości mierzonych smug w μm	Wiek powstania krawędzi w tysiącach lat	Liczba badanych okazów N	Największa zmierzona wartość mediany w μm	Głębokość posadowienia badanych krzemieni w gruncie [m]
1.	Radłów	78	(39)	10	267	0
2.	Dąbrowka	141	57	31	539	0
3.	Żytniów	113	50	34	608	0
4.	Kapłonowe Góry	144	58	63	1081	0
5.	Cieciotów	282	76	86	839	0
6.	Zajączki	79	(39)	79	811	0
7.	Mrówczak	232	71	33	744	0
8.	Chwieły	285	77	42	948	0
9.	Gardawice	410	86	24	813	0
10.	Ostropa	300	78	46	1084	0

Tabela 2. Pochodzenie przedstawionych na ryc. 3 badanych okazów krzemieni, wyniki pomiarów szerokości smug światła odbitego od ich krawędzi i czas powstania krawędzi oszacowany na podstawie różnic w szerokościach smug odbijanego od krawędzi światła, odczytane z krzywej kalibracyjnej przedstawionej na wykresie 5
Oprac. Leszek Chróst



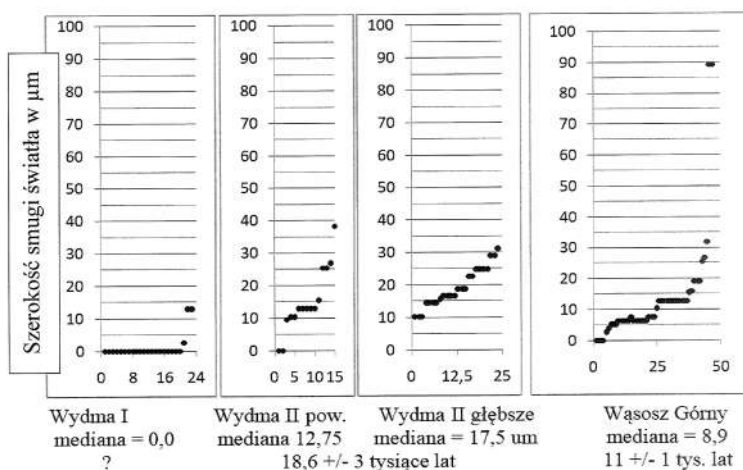
Wykres 6. Po dwa skrajne przykłady zakresów szerokości smug światła odbitego od krawędzi krzemieni w badanych 10 grupach okazów z tabeli 2. Oś pozioma – uporządkowane wartości median z pomiarów szerokości smug poszczególnych okazów. Oś pionowa – szerokość smugi odbitego światła od krawędzi w μm . Widoczne zawężenie czasów datowania tworzenia się krawędzi na krzemieniach dwóch pierwszych grup okazów

Oprac. Leszek Chróst

3.2. Krzemienie ze stanowisk archeologicznych na wydmach w Żyglinku

Badano krawędzie krzemieni pozyskanych w ramach wykopalisk archeologicznych przeprowadzonych w latach 2013–2017 z inicjatywy SMZT w Żyglinku²⁰ pod kierunkiem dr. Eugeniusza Foltyna. Dla porównania przedstawiono pomiary artefaktów krzemiennych z wykopalisk archeologicznych w Wąsoszu Górnym, udostępnionych przez dr Beatę Badurę z Muzeum Górnośląskiego w Bytomiu. Widoczna różnica między zakresami szerokości odbitych smug światła od krawędzi krzemieni pochodzącymi z dwóch wydmy w Żyglinku, sklasyfikowanymi w obydwu przypadkach jako wytwory mezolityczne, sugeruje znaczną różnicę w czasie ich wytworzenia. Posługując się datowaniem zbioru artefaktów krzemiennych z Wąsosza Górnego, określonym przez pracowników Muzeum Górnośląskiego w Bytomiu na 8000–10 000 lat p.n.e., jedna grupa krzemieni z Żyglinka może być od nich prawie dwukrotnie starsza, a druga znacznie młodsza (zupełny brak smugi światła odbitego od ich krawędzi). Istotne jest tu korzystanie z proponowanej metody datowania krzemieni w zakresie szerokości smug światła odbijanego od ich krawędzi w przedziale wartości (0–100 μm szerokości smug) w obszarze błędnego datowania krzywej kalibracyjnej przedstawionej na wykresie 5. Wskazuje to na podstawową przyczynę zaburzeń w tym zakresie pomiaru szerokości smug – głównie małe zróżnicowanie w kształtach mierzonych obiektów. Badane krzemienie, jako przystosowane do roli narzędzi, były zbliżone kształtem (głównie odłupki) i pod względem rodzaju materiału, z którego je wykonano. Jako obiekty płaskie (nie wykonywano pomiarów ostrych użytkowych krawędzi) większość mierzonych krawędzi tworzyły ściany zbiegające się pod kątami rozwartymi bliskimi wartości 180°. Krzemienie opisywane w innych rozdziałach miały bardziej zróżnicowane kształty, w tym większą liczbę krawędzi wytworzonych przez płaszczyzny o kątach ostrych (poniżej 90°). Wymusiło to, poza intuicyjnym szybszym erodowaniem ostrych krawędzi w początkowym procesie ich erozji, przyjęcie obszaru błędnego datowania do poziomu 100 μm na krzywej kalibracyjnej.

■ 20 E. Foltyn, L. Jochemczyk, *Badania na stanowisku 1 w Żyglinku, województwo śląskie...*; E. Foltyn, *Sprawozdanie i dokumentacja z badań sondażowo-rozpoznawczych...*



Wykres 7. Porównanie szerokości smug światła odbitego od krawędzi krzemieni pochodzących: z dwóch stanowisk archeologicznych w Żyglinku prowadzonych na dwóch wydmach oddalonych od siebie o około 400 m w linii prostej oraz ze stanowiska w Wąsoszu Górnym datowanego przez pracowników Muzeum Górnosławskiego w Bytomiu na 8000–10 000 lat p.n.e.

Oprac. Leszek Chróst

Zniwelowanie poziomu błędnego datowania w zakresie 0–100 μm wymaga opracowania dla tego przedziału szerokości smug światła odbitego wielu krzywych kalibracyjnych dla co najmniej kilku przedziałów kątów między płaszczyznami ścian krzemieni.

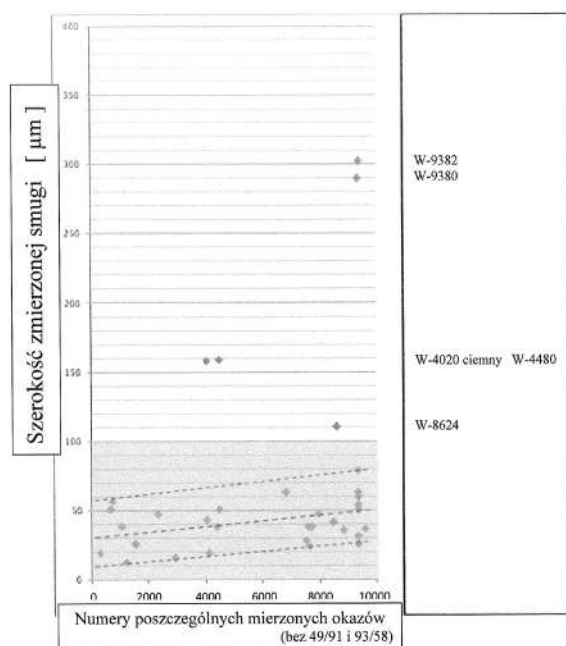
3.3. Krzemienie z jaskini Biśnik

Krzemienie do badań udostępniła dr Magdalena Sudol z Zakładu Starszej i Środkowej Epoki Kamienia, Instytutu Archeologii Uniwersytetu Mikołaja Kopernika w Toruniu. Ekspozyty pochodzą z wykopalisk w jaskini Biśnik prowadzonych pod kierunkiem prof. Krzysztofa Cyrka. Analiza wyników datowania w oparciu o szerokość smug światła odbijanego od krawędzi poszczególnych badanych krzemieni, w zakresie wartości powyżej 100 μm (poza obszarem błędnego datowania krzywej kalibracyjnej z wykresu 5), wykazała: zgrupowanie artefaktów w trzech przedziałach szerokości smug: na poziomie około 110 μm , 158–159 μm i 290–320 μm . Wskazane przedziały szerokości smug światła odpowiadają czasom powstania mierzonych krawędzi u artefaktów występujących na powierzchni terenu i płytko pod powierzchnią odpowiednio: 48 000 lat, 62 000 lat i 77 000–79 000 lat. Jednak uwzględniając istotne, znacznie łagodniejsze oddziaływania czynników wywołujących erozję krzemieni w środowisku jaskini (zob. wykresy 1

i 2), szacowany wiek utworzenia krawędzi powinien być wielokrotnie większy. O znacznym spowolnieniu zachodzących w jaskiniach zjawisk świadczą może badanie artefaktów metodą traseologiczną (narzędzia z Clacton z okresu dolnego paleolitu, liczące po ok. 250 000 lat)²¹.

Dla artefaktów krzemiennych pozyskiwanych z jaskiń proponowana metoda może być pomocna tylko we względnym porównywaniu ich wieku (obiekt młodszy – obiekt starszy) oraz przy identyfikowaniu warstw wcześniej naruszonych w wyniku pozyskania krzemieni do krzesiw i broni skałkowej²².

Ocena możliwego szybszego erodowania okazów na powierzchni terenu przed ich wniesieniem do jaskini należy do kompetencji prowadzącego wykopaliska, po uwzględnieniu ich usytuowania w profilu badanego złoża – w oparciu o inne, dające się datować materiały i zabytki współwystępujące w tej samej warstwie złoża.



Wykres 8. Szerokość smug światła odbitego od krawędzi artefaktów krzemiennych uzyskanych w ramach wykopalisk archeologicznych w jaskini Biśnik. Uwagę zwracają trzy grupy artefaktów o szerokościach smug powyżej obszaru błędnego datowania proponowanej metody. Załączono oznaczenia katalogowe badanych okazów

Oprac. Leszek Chróst

21 C. Renfrew, P. Bahn, *Archeologia: teorie...*, s. 307.

22 W. Demetrykiewicz, W. Kuźniar, *Najstarszy paleolit na ziemiach polskich...*, s. 7, 9.

3.4. Krzemienie z Kończyc Wielkich

Jeden z autorów, prowadząc badania w roku 2013 na wydmy w Żyglinku, pozyskał informacje o trudnościach w datowaniu bardzo starych narzędzi krzemiennych, w tym krzemieni datowanych na 800 000 lat ze stanowiska w Kończycach Wielkich. Dotyczyły one rozpoznawania przez archeologów obiektów krzemiennych jako narzędzi intencjonalnie wytwarzanych przez człowieka oraz wykorzystywanych przez niego krzemiennych tworów natury. O ile w drugim przypadku decydują ślady tra-seologiczne na obiekcie, to w przypadku pierwszym stwierdzono zasadę rygorystycznego przestrzegania przez część środowiska archeologicznego przyjmowania za narzędzie tylko obiektów wyraźnie odpowiadających pokrojem znanym narzędziom z określonego przedziału prehistorii.

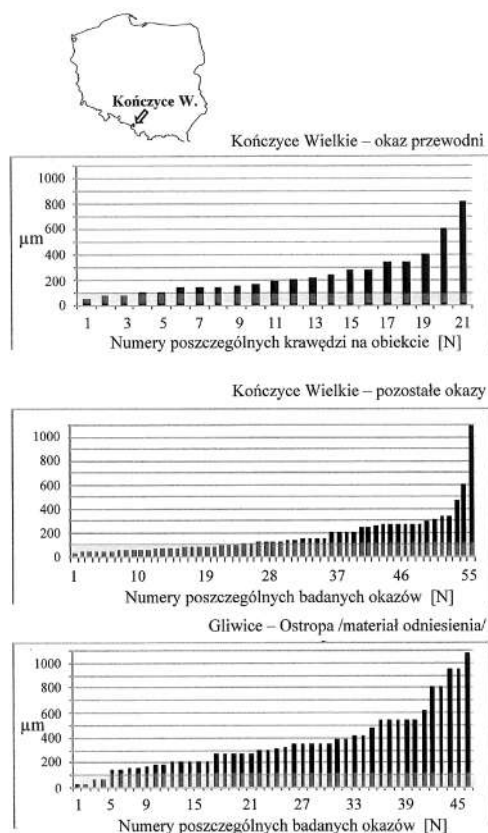
22 grudnia 2014 roku Leszek Chróst z Pracowni Badań, Pomiarów i Ekspertyz Ekologicznych „EKOPOMIAR” otrzymał 22 okazy krzemieni z wykopalisk archeologicznych w Kończycach Wielkich. Informacje na temat tych obiektów uzyskane wcześniej z internetu sugerowały naturalne pochodzenie jednego z nich. O ile kształt²³ sugerował używanie go jako narzędzia, to zróżnicowanie krawędzi pod względem szerokości odbijanych smug światła wskazywało na jego naturalne pochodzenie, jednak nie wyklucza to używania artefaktu jako narzędzia. Proweniencja badanych eksponatów z głębszych pokładów eksploatowanej żwirowni (ok. 4 m p.p.t.)²⁴ wyklucza jednak ich datowanie rozpatrywaną w artykule metodą. Pomocna w ustaleniu chronologii może być metoda oparta na pomiarze grubości warstwy uwodnionej na powierzchni krzemieni metodą analogiczną jak przy datowaniu artefaktów z obsydianu²⁵ i kwarcu²⁶.

■ 23 B. Czader, E. Foltyn, J.M. Waga, *Najstarsze znaleziska...*, s. 33 (fot. 2).

24 Ibidem, s. 30 (rys. 3).

25 C. Renfrew, P. Bahn, *Archeologia: teorie...*, s. 148–149.

26 J.E. Ericson, O. Dersch, F. Rauch, *Quartz hydration dating...*, p. 883–902.



Wykres 9. Diagramy szerokości smug światła odbitego od krawędzi poszczególnych badanych okazów przedstawione w kolejności wzrostu mierzonej cechy. Dane w wartościach medialnych liczonych z niezależnych pomiarów kilku krawędzi

Oprac. Leszek Chróst

3.5. Krzemienie z obszaru zasobnego w ochrę czerwoną

Badano także krzemienie zebrane w cennym z archeologicznego punktu widzenia obszarze zlewni górnej Brynicy (pogranicze Górnego Śląska i Małopolski). Uzyskano interesujące wyniki dla terenu potencjalnie częstego pobytu ludności w bardzo dawnych przedziałach czasu²⁷ – rzędu setek tysięcy lat.

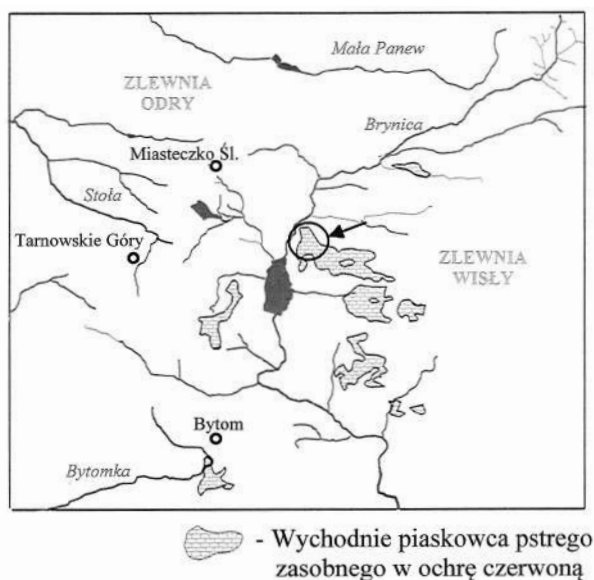
■ 27 Odczytano z torfowisk – początki i sposoby pozyskiwania metali na terenie tarnogórskiego obszaru kruszonośnego – katalog wystawy, red. M. Rosenbaum, SMZT, Tarnowskie Góry 2017.

3.5.1. Materiał i metoda

Badano wszystkie napotkane i zebrane na polach rodzaje krzemieni oraz okazy podobne temu materiałowi:

a) na obszarze zasobnym w płytko zalegające pokłady ochry czerwonej, na wypiętrzeniu utworów triasu w kierunku północnym od drogi między miejscowościami Niezdara i Tąpkowice (ryc. 4),

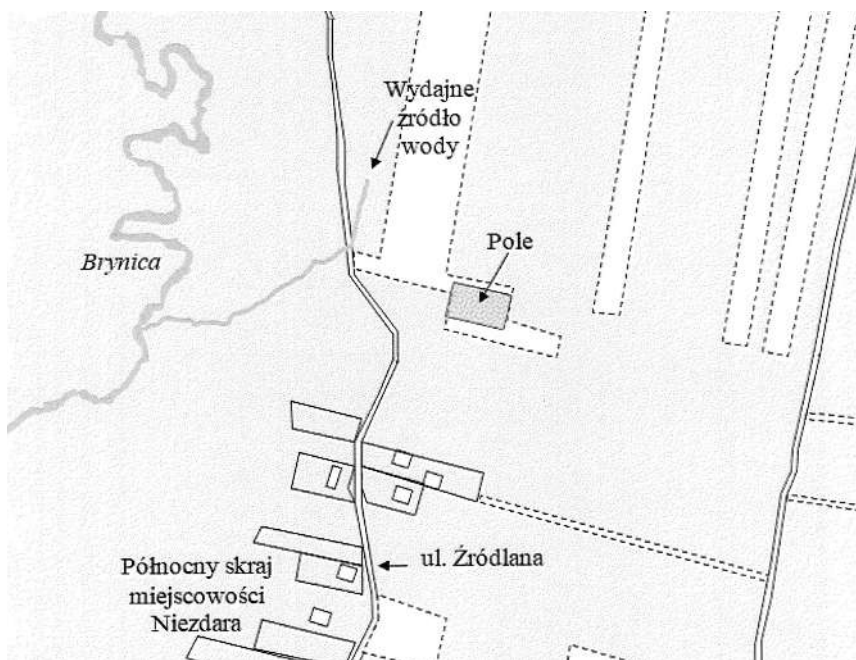
b) z pola o wymiarach 50 x 30 m (N 50° 27' 20", E 18° 59' 61") w miejscowości Niezdara położonego blisko źródła o ciągłym wypływie wody z utworów triasu, na którym wcześniej znaleziono: fragment klasycznego mezolitycznego narzędzia krzemienno-kości, kawałki ceramiki szacowane na epokę żelaza i bryłkę glejty ołowianej szacowaną na XIII–XVI wiek (ryc. 5).



Ryc. 4. Oznaczony strzałką rejon pozyskania krzemieni i materiału zblizonego wyglądem do krzemieni. Materiał zebrano z pól, na których krzemienie współwystępowały z kawałkami i okruchami piaskowca pstrego²⁸ zabarwionego hematyt (ochrą czerwoną)

Przerys Zbigniew Pawlak

■ 28 H. Kaziuk, J. Lewandowski, *Mapa geologiczna Polski – A – Mapa utworów powierzchniowych 1:200 000*, Wyd. Geol. 1980; G.N. Kotlicka, S. Kotlicki, *Mapa geologiczna Polski – A – Mapa utworów powierzchniowych 1:200 000*, Wyd. Geol. 1979 (trias dolny w rejonie zlewni górnej Brynicy). Piaskowce pstre triasu dolnego zawierają hematyt (ochrą czerwoną) łatwy do pozyskania zarówno z piaskowca, jak i z nagromadzeń jego pylastej zwietrzeliny; Z. Pawlak, *Udział Stowarzyszenia Miłośników Ziemi Tarnogórskiej w procesie badań nad tożsamością Ziemi Tarnogórskiej*, [w:] *Badania i analizy warunków pracy zawodów przemysłowych – tom 1 – poszukiwanie śladów dawnego wydobywania i przetwórstwa kopalin użytecznych*, red. B. Kulesz, Gliwice 2021, s. 30 (fot. 17).



Ryc. 5. Lokalizacja pola, usytuowanego blisko źródła ciągle wypływającej wody spod wychodni utworów triasu, z którego zebrano okazy krzemieni do badań

Przerys Zbigniew Pawlak

3.5.2. Przygotowania

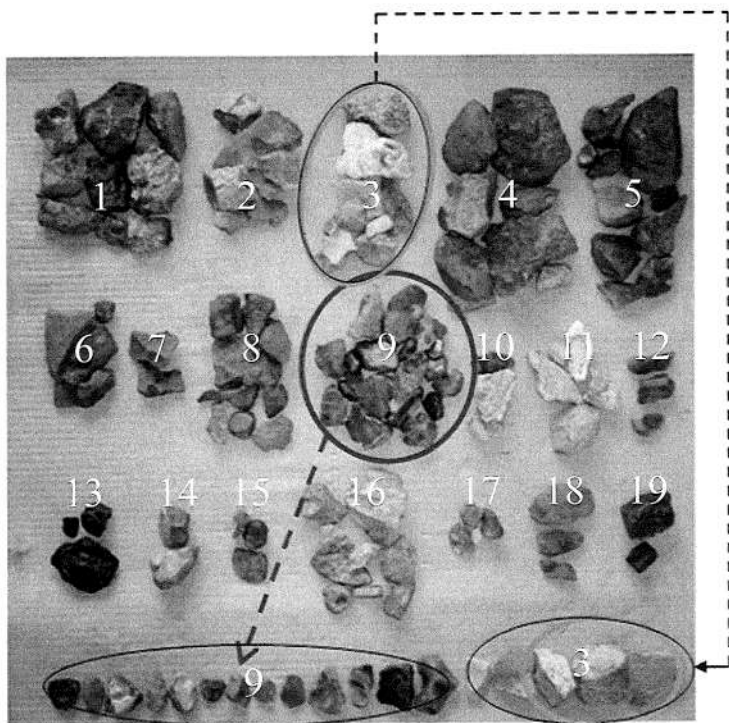
Zebrany materiał rozdzielono pod względem koloru, stopnia połysku przełamu (brak, słaby lub silny), stopni zróżnicowania powierzchni (po- fałdowanie lub jego brak), zróżnicowania struktury wewnętrznej (jedno- lita lub zróżnicowana). Zebrane z większej powierzchni 142 okazy (ryc. 4) podzielono na 19 grup pod względem podobieństwa, a 65 okazów zebranych z pola przy źródle (ryc. 5) podzielono na 5 grup.

Każdą grupę okazów przebadano pod kątem możliwego wykorzy- stywania w przeszłości jako narzędzia. Wybrano te, w których tylko jedna z krawędzi była poszczerbiona – przy braku tej cechy na pozos- tałych krawędziach.

3.5.2.1. Okazy zebrane z większej powierzchni terenu

Tylko w dwóch grupach krzemieni różnobarwnych, o bardzo błysz- czącej powierzchni przełamów, wystąpiły okazy z wyszczerbioną jedną z krawędzi. Łączna liczba przebadanych okazów zgrupowanych

w 19 zbiorach wyniosła 142 sztuki. Tylko 18 krzemieni z grup nr 3 i 9 wykazało jedną krawędź ze śladami intencjonalnego wyszczerbienia – w grupie nr 3 – 5 sztuk, w grupie nr 9 – 13 sztuk (ryc. 6).

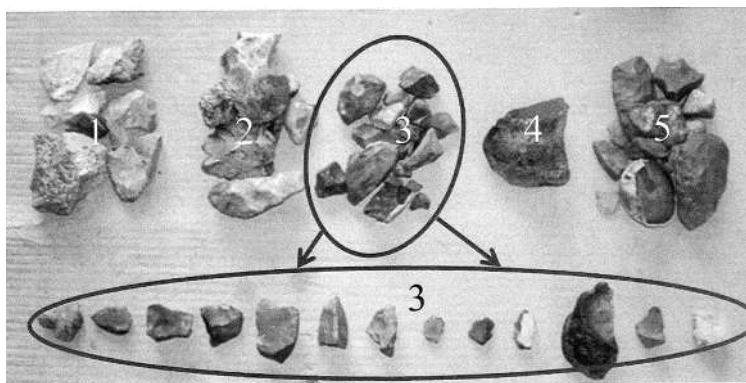


Ryc. 6. 19 grup krzemieni i obiektów podobnych do krzemieni po posegregowaniu wg podobieństwa cech, zebranych w obszarze przedstawionym na ryc. 4. Oznaczono dwie grupy okazów z udziałem artefaktów podobnych do narzędzi krzemiennych z intencjonalnie wykonanym ostrzem na jednej z krawędzi okazów. Okazy ze zgrupowania nr 3 są bardziej toporne i większe, z białą, grubą zewnętrzną zwierzeliną i o białym błyszczącym wnętrzu

Fot. Leszek Chróst

3.5.2.2. Okazy zebrane z pola przy źródle

Łączna liczba przebadanych okazów zgrupowanych w 5 zbiorach wyniosła 65 sztuk. Tylko w jednej grupie krzemieni 13 okazów miało jedną krawędź ze śladami intencjonalnego wyszczerbienia. Ta grupa krzemieni odpowiada grupie nr 9 z rozdziału 3.5.2.1.



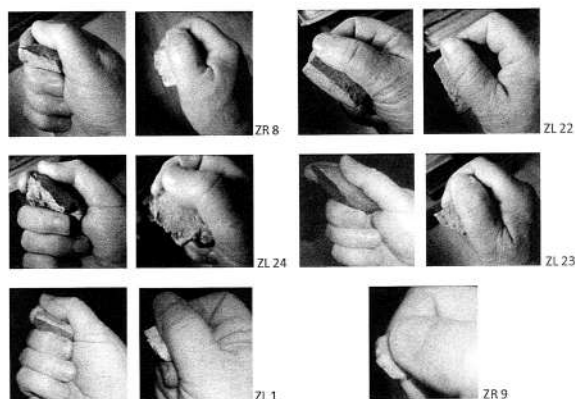
Ryc. 7. 5 grup krzemieni i obiektów podobnych do krzemieni po posegregowaniu wg podobieństwa cech. Okazy zebrano z pola przedstawionego na ryc. 5. Oznaczono grupę okazów z udziałem artefaktów podobnych do narzędzi krzemiennych z intencjonalnie wykonanym ostrzem na jednej z krawędzi

Fot. Leszek Chróst

3.5.3. Wyniki

Stwierdzono preferowanie tylko pewnej grupy tego rodzaju skał jako materiału do wytwarzania narzędzi. Dodatkowo charakteryzowała się ona określonym przydatnym przedziałem wielkości krzemieni.

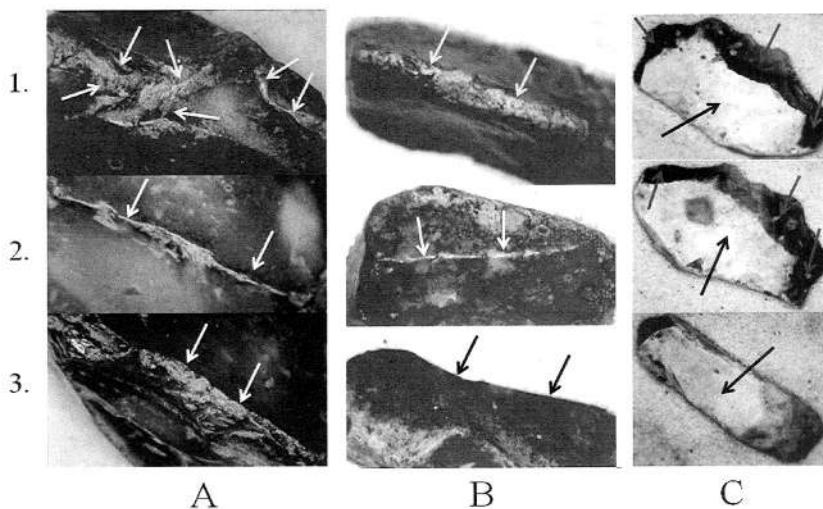
Nie przesądzając o sposobach korzystania z wytypowanych krzemieni (autorzy nie są archeologami), wykonane próby poręczności usadowienia potencjalnych narzędzi w dłoni we wszystkich wytypowanych przypadkach również dały dodatni wynik (ryc. 8).



Ryc. 8. Przykłady poręczności użycia wytypowanych artefaktów krzemiennych. Pochodzenie krzemieni: ZL – okazy zebrane z większej powierzchni terenu, ZR – okazy zebrane z pola przy źródle. Ekspozyty w dłoni mężczyzny o wzroście

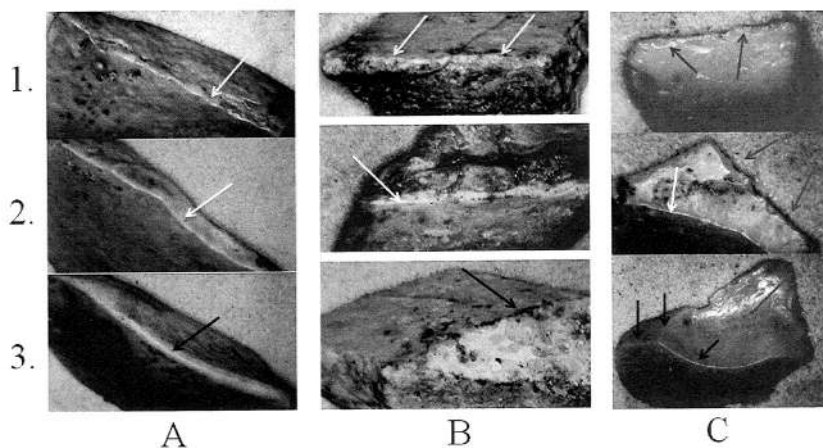
162,5 cm

Fot. Leszek Chróst



Ryc. 9. Widoki: 1A, 1B, 1C – wyszczerbionych krawędzi; 2A, 3A, 2B, 3B, 2C, 3C – krawędzi bez śladów wyszczerbień

Fot. Leszek Chróst

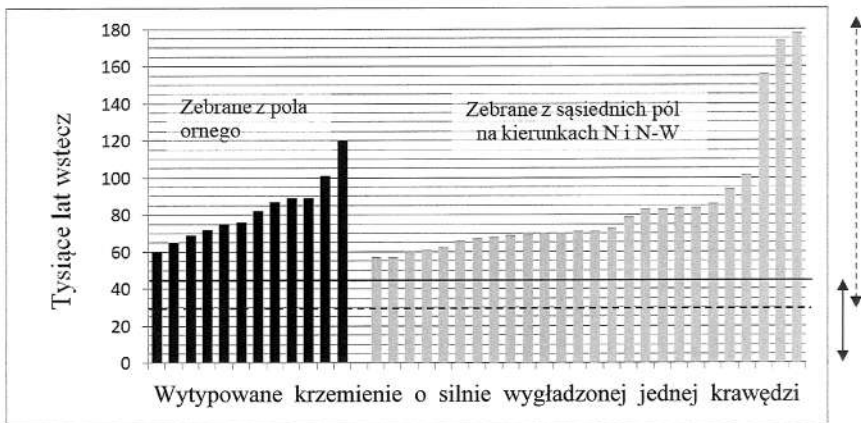


Ryc. 10. Widoki: 1A, 1B – wyszczerbionych krawędzi; 2A, 3A, 2B, 3B, 2C, 3C – krawędzi bez śladów wyszczerbień; 1C, 2C i 3C – całego okazu z boku i od spodu. Widoczna jasna zwietrzelina i ciemna odtłupana intencjonalnie część obiektu stanowiąca ostrze narzędzia

Fot. Leszek Chróst

Porównanie szerokości smug światła odbitego od krawędzi krzemieni badanych obiektów przedstawia wykres 10.

Poziom 71 μm określa dolną granicę pobytu neandertalczyków (35 000 lat wstecz)²⁹, poziom 100 μm określa górną granicę pobytu *Homo sapiens* (45 000 lat wstecz)³⁰.



Wykres 10. Porównanie szerokości odbitych smug światła od niewyszczerbionych (kolory szary i czarny) krawędzi badanych okazów krzemieni. Uporządkowanie według wzrastającej cechy dla obydwu rodzajów krawędzi krzemieni

Oprac. Leszek Chróst

3.5.4. Perspektywy wykorzystania metody

Metoda umożliwia określanie odległych przedziałów czasu pobytu wytwórców narzędzi kamiennych na terenach bogatych w zasoby przydatne do życia pradawnym społecznościom – zarówno *Homo sapiens*, jak i neandertalczykom. Dotyczy głównie terenów położonych wyżej w stosunku do otoczenia, usytuowanych w pobliżu zasobnych źródeł minerałów: ochry lub innych przydatnych rodzajów skał i minerałów, blisko źródeł czystej wody itp., gdzie procesy denudacyjne nie przemieszczały krzemieni przy wymywaniu piasku i pyłu z danego terenu. Szacowane obniżanie się terenu w wyniku denudacji o 1 cm w tysiącleciu³¹ daje dla 200 000 lat obni-

■ 29 A. Wiśniewski, *Neandertalczyk w Europie Środkowej: kamienie, kości, geny...*, „Archeologia Żywa” 2021, nr 1, s. 44–51.

30 J.J. Hublin, N. Sirakov, V. Aldeias et al., *Initial Upper Palaeolithic “Homo sapiens” from Bacho Kiro Cave, Bulgaria*, „Nature” 2020, nr 581, 7808, p. 299–302.

31 D. Górski, *Erozji wodnej gleb trzeba przeciwdziałać*, „Przedsiębiorca Rolny” 2020, nr 12, s. 73.

żenie terenu o 2 m przy zachowaniu na powierzchni terenu archeologicznych artefaktów krzemiennych:

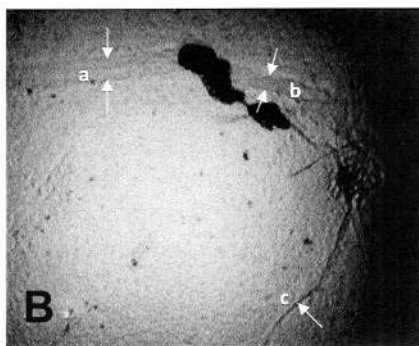
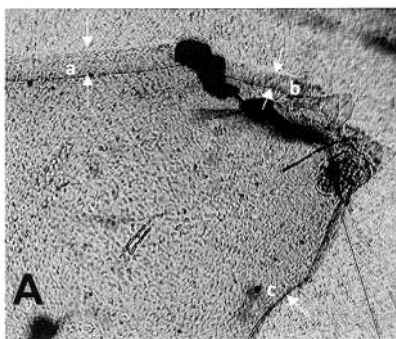
Oszacowano, że średnie roczne ubytki gleby z tego powodu dla Polski wynoszą 76 t/km² (0,76 t/ha). Odpowiada to warstwie ziemi o grubości około 1 mm w ciągu 20 lat. Należy mieć świadomość, że proces glebotwórczy zachodzi bardzo powoli. Jego efektywność w zależności od warunków środowiskowych wynosi 1 cm gleby w okresie 100–400 lat³².

Inni badacze zagadnienia³³ potwierdzają przytoczone ubytki gleb na skutek erozji wodnej.

Znaczna przewaga w szerokościach smug światła odbijanego od wyszczerbionych krawędzi, łącznie z dużą częstością występowania takich okazów w badanym terenie, świadczy o intencjonalnym działaniu wykonawców ograniczających się do obróbki tylko jednej wybranej krawędzi jako przyszłego ostrza. Ta krawędź po porzuceniu narzędzia erodowała jako już poszerzona w stosunku do pozostałych, naturalnego pochodzenia. Dlatego datowanie w oparciu o szerokości smug odbitego światła od tej krawędzi jest niemożliwe. W przypadku artefaktów całkowicie wyłupanych z krzemieni pozostałe krawędzie, niestępiane w trakcie użytkowania narzędzi, pozwalają na datowanie w oparciu o krzywą kalibracyjną z wykresu 5. W przypadku krzemieni omawianych w niniejszym rozdziale datowanie ogranicza się do określenia maksymalnego wieku krawędzi powstałych w sposób naturalny bez poznania czasu wykonania wyszczerbień na krawędzi. Precyzyjne datowanie powstania wyszczerbień powinna zapewniać metoda pomiaru różnicy w głębokościach uwodnienia między fragmentem krzemienia wyszczerbionego a fragmentami nienaruszonymi w procesie wytwarzania badanego narzędzia. Opisany w niniejszym rozdziale materiał, ze względu na niewielką wartość dla muzealników, predysponowany jest do opisanych pomiarów metodą niszcząco niewielkie fragmenty badanych obiektów. Ideę takiego sposobu datowania przedstawiają ryc. 11A i 11B.

■ 32 Ibidem.

33 A. Józefaciuk, C. Józefaciuk, *Struktura zagrożenia erozją wodną fizjograficznych krain Polski*, „Pamiętnik Puławski” 1992, suplement 101, s. 23–49.



Ryc. 11A i 11B. Widok uwodnionej warstwy krzemienia na przekrojach jego powierzchni zewnętrznych: pierwotnej ściany zewnętrznej (a), wyszczerbionej krawędzi (b) i krawędzi odłamanej w trakcie wykonywania szlifu (c). Fotografię wykonano w świetle przechodzącym – widzialnym (ryc. 11A) i podczerwonym – $\lambda \sim 1\ 300\ \text{nm}$ (ryc. 11B). Widoczne różnice w zasięgach uwodnienia zewnętrznych warstw materiału krzemienno wywołane zróżnicowaniem w czasie początków uwadniania się porównywanych powierzchni – krawędź wyszczerbiona jest o jedną trzecią węższa. Brak uwodnienia powierzchni współczesnego pęknięcia

Fot. Leszek Chróst

4. Wnioski końcowe

4.1. Uwagi do korzystania z metody w archeologii

Metodę przedstawioną w niniejszym artykule ogranicza pewność datowania w młodszych przedziałach czasu, jest użyteczna dopiero od momentu erozyjnego stępienia krawędzi badanego obiektu, w którym krawędzie między tworzącymi krawędź powierzchniami usytuowane względem siebie pod różnymi kątami wytworzą na niej płaszczyznę odbicia światła o szerokości powyżej $100\ \mu\text{m}$, mniej zależną od różnic w wartościach kątów stykających się powierzchni.

Artefakty starsze niż 300 000 lat sugerują bliską liniowej zależność stopnia stępienia krawędzi od podanego przez pracowników muzeów czasu ich wytworzenia (wykres 5). Ma to istotne znaczenie, gdyż metoda oparta na pomiarach grubości zmienionej uwodnieniem powierzchni warstwy jest ograniczona wiekiem, powyżej którego ustala się równowaga między wgłębną zachodzącą zmianą a rozpuszczaniem powierzchni krzemienia. Proponowana metoda jest tej wady pozbawiona. Dotychczas stosowane sposoby datowania artefaktów młodych (do mezolitu włącznie) wystarczają. Warunek – zachowanie się na nich śladów traseologicznych używania szacowanych na około 8000–10 000 lat. Warunek dotyczy arte-

faktów krzemiennych pozyskiwanych z powierzchniowej warstwy gruntu polodowcowego pochodzenia – szybciej podlegających erozji.

4.2. Zróżnicowanie materiału krzemiennego

W dyskusjach z archeologami pozyskano informację o możliwym innym przebiegu wietrzenia wyrobów z krzemieni w utworach lessowych³⁴. Kwestią otwartą jest, w jakim stopniu znacznie zwiększona powierzchnia właściwa takiego gruntu w stosunku do gleb piaszczystych opóźnia erozję chemiczną (szybkie nasycanie wody opadowej krzemionką hamujące dalsze rozpuszczanie ścian artefaktów krzemiennych?) i spodziewane mniejsze nasilenie erozji chemicznej i fizycznej (ścieranie krawędzi) w wyniku różnic w masie ocierających ziaren o artefakty między piachem i pyłem. Dodatkowym wskaźnikiem może być również wytrącanie się w glebach lessowych utworów wapiennych, sugerujące podobne zjawisko w przypadku krzemionki. Problem sprowadza się do wyjaśnienia dużej „świeżości” niektórych artefaktów krzemiennych pomimo ich znacznego przyjmowanego wieku. Przykład stanowi pięściak z miejscowości Owsiszczce (gm. Krzyżanowice)³⁵ czy wzmianka o braku patyny, cesze charakterystycznej dla artefaktów krzemiennych z utworów lessowych:

Przyjmuje się, iż patyna brązowo-żółta powstaje w warunkach ciepłego klimatu, w środowisku osadów o znacznej przepuszczalności, obfitujących w substancje żelaziste. Z kolei patyna biała tworzy się w warunkach klimatu zimnego, w środowisku alkalicznym. **Brak patyny charakterystyczny jest dla środowiska utworów lessowych** [pogrubienie – L.Ch.]³⁶.

Eoliczna przyczyna wytworzenia się lessów wyklucza w nich udział krzemieni. Przydatność gruntów wytworzonych na lessach sprzyjała osad-

■ 34 M. Fajer, E.M. Fołtyn, E. Fołtyn, J.K. Kozłowski, *Uwagi o kulturze mikockiej na Górnym Śląsku. Przyczynek do genezy kultury mikockiej w Europie Środkowej*, „Archeologia Polski” 2001, t. XLVI, z. 1–2, s. 54.

35 W zbiorach Muzeum w Raciborzu.

36 A. Józefaciuk, C. Józefaciuk, *Struktura zagrożenia erozją wodną fizjograficznych krain Polski*, „Pamiętnik Puławski” 1992, suplement 101, s. 23–49, [za:] R. Rotländer, *The formation of patina on flint*, „Archaeometria” 1975, t. 17, s. 106–109; R. Rotländer, M. Thomma, *Über die Patinabildung an Silices und verwandte Erscheinungen*, „Informationsblätter zu Nachbarwissenschaften der Ur- und Frühgeschichte” 1975, t. 6, Chemie, s. 13; J.K. Kozłowski, M. Pawlikowski, *Investigations into the northern lithic raw materials in Upper Silesia (Poland). Northern (erratic and jurassic) flint of south Polish origin in the Upper Palaeolithic of Central Europe*, „Prace Archeologiczne” 1989, t. 43, s. 43–46.

nictwu. W epokach kamienia narzędzia krzemienne musiały być dostarczane na takie tereny z zewnątrz, być może w wyniku wymiany za inne dobra. Prowadziło to do preferowania narzędzi krzemiennych z lepszych pod względem użytkowym gatunków krzemienia. Archeolodzy rozpoznali ich pochodzenie. Oferta produkowanych na eksport narzędzi krzemiennych w ośrodkach ich wydobywania i przetworzenia doprowadziła do powstania form artefaktów o wyrafinowanych kształtach, w oparciu o które klasyfikuje się poszczególne kultury praprzodków. Tu ujawnia się troska autorów o niezatrącenie dotychczasowego dorobku archeologii w tym zakresie podczas wykorzystywania przyszłych nowych metod datowania.

Przeciwnie, na terenach zasobnych w ten minerał, do celów użytkowych wykonywano *ad hoc* narzędzia z przypadkowo znajdowanych krzemieni, różnej jakości i kształtów, niewymagających większej obróbki, by wykorzystać je jako narzędzie. Ze względu na niską jakość i łatwość wykonania porzucano je często po wykorzystaniu. Przykładem tego może być ich zagęszczenie na terenach zlewni górnej Brynicy, zasobnych w ochrę czerwoną (jak wspomniano wcześniej, materiał pożądaný od paleolitu zarówno przez *Homo sapiens*, jak i neandertalczyków). Na tym obszarze wychodnie piaskowca pstrego zasobnego w hematyt (ochrę czerwoną) zalegają płytko (ok. 1 m pod powierzchnią gruntu) w warstwach znacznej miąższości³⁷. Długotrwała eksploatacja ochry nagromadziła w miejscach jej wydobywania i pobytu ludzi w czasach jej pozyskiwania znaczną liczbę zużytych artefaktów niskiej jakości użytkowej, na przykład w rejonie źródła wody oraz na terenach współwystępowania krzemieni z okruchami i kawałkami zabarwionego na czerwono piaskowca pstrego (rozdział 3.5.).

4.3. Muzealna i naukowa przydatność omawianych artefaktów

Artefakty krzemienne grupy omawianej w rozdziale 3.5. nie nadają się do eksponowania w muzeach, gdyż każdy z nich rozpatrywany oddzielnie ze względu na niewyrafinowany kształt może być wytworem natury. Dopiero eksponowanie razem całego zbioru przy wykazaniu znacznego procentowego udziału, tu w co drugim lub co trzecim przypadku (rozdziały 3.5.2.1. i 3.5.2.2.), sugeruje ich nienaturalne pochodzenie.

Brak finexji w ich tworzeniu stanowi dowód intencjonalnego wykonania tylko dla przeprowadzającego takie badania i ich bezpośrednich uczestników. Wymóg powtarzalności uzyskanych wyników badań może być spełniony dla terenów obecnie lub wcześniej użytkowanych rolniczo, gdzie przeoranie pługiem gruntu wynosi nowe okazy na powierzchnię.

Jednorazowy zbiór okazów z terenu o nienaruszonej wcześniej powierzchni likwiduje w znacznym stopniu możliwość weryfikacji wyników takich badań. Być może rodzaj reliefu (jednostronny lub dwustronny) i rodzaj preferowanego materiału krzemiennoego, przy poznaniu czasu, który upłynął od powstania ostrej krawędzi narzędzi, pozwoli przypisać wytwórców poszczególnych artefaktów do określonych kultur archeologicznych.

5. Podsumowanie

W celu dopracowania metody postuluje się stosowanie mikroskopu stereoskopowego podczas ustawiania obiektu do pomiaru krawędzi. Najbliższe krawędzie płaszczyzny powinny być usytuowane pod takim samym kątem w stosunku do obiektywu urządzenia pomiarowego, a metoda wyskalowana dla kilku przedziałów kątów tworzących badane krawędzie.

Metoda może być pomocna również w identyfikacji pierwotnego stanu przekopanych w przeszłości przez poszukiwaczy³⁸ krzesiwiek w jaskiniach zawierających stary materiał krzemienno.

Posłowie

Byliśmy świadkami istotnych przemian w dziedzinie biologii, w tym przejścia z badań opartych o statystykę opisową na badania oparte o statystykę będącą dziedziną matematyki. Istotne postępy w dziedzinach astronomii i fizyki dało odkrycie ciemnej materii. Nowe rodzaje aparatury wywołały znaczące postępy w dziedzinie chemii.

Podobny istotny postęp jest spodziewany w dziedzinie archeologii, na co wskazuje na przykład przypisanie neandertalczykom coraz bardziej ludzkich cech i przyjmowanie nieliniowego procesu ewolucji czelöksztalnych do gatunku *Homo sapiens sapiens*. Odkrycie w Grecji śladów pobytu *Homo sapiens* około 210 000 lat temu³⁹ (co wykracza poza krzywą kalibracyjną z wykresu 5) zaburza przyporządkowanie autorstwa artefaktów tylko neandertalczykom. Dotychczas przyjmowano 35 000 lat za dolną granicę pobytu neandertalczyków i 45 000 lat za górną granicę pobytu *Homo sapiens sapiens*. W szerokościach smugi światła odbitego od krawędzi badanych artefaktów odpowiada to na rycinach odpowiednio 71 μm i 100 μm . Czy datowanie artefaktów krzemiennoych w oparciu o proponowaną metodę wspartą datowaniem na podstawie pomiaru grubości warstwy uwodnionej na powierzchni krzemieni (zob. ryc. 11A i 11B) usprawni rozwój archeologii? Ważne, by wprowadzając ewentualne poprawki w chrono-

■ 38 W. Demetrykiewicz, W. Kuźniar, *Najstarszy paleolit na ziemiach polskich...*, s. 7, 9.

39 K. Harvati, C. Rüdinger, A.M. Bosman et al., *Apidima Cave fossils provide earliest evidence of *Homo sapiens* in Eurasia*, "Nature" 2019, vol. 571, p. 500–504.

logii rozwoju człekokształtnych, nie zagubić bogatego dotychczasowego dziedzictwa badań archeologicznych, lecz odpowiednio je modyfikować w miarę nowych odkryć.

Summary

Dating the Time of Formation of Flint Edges Based on their Degree of Smoothing

While conducting research on obtaining useful minerals in the catchment area of the rivers: Brynica, Stoła and Potok Pniowiecki (the borderland of Upper Silesia and Małopolska), the authors found numerous flints proving their possible use as tools in prehistory. The degrees of weathering of the surface of these objects indicate the different times of their creation. The article is an attempt to link the degree of smoothing of the originally sharp edges of flints as a result of physical and chemical processes occurring in the ground over time. It was assumed that the main factor in smoothing the edges is the abrasion of sand grains present in the soil of post-glacial origin as a result of daily and seasonal temperature changes. Therefore, the phenomenon only affects specimens lying shallowly in the ground or on its surface.

Based on dated flint artifacts made available for research by the Archaeological Museum in Racibórz, a calibration curve was drawn linking the widths of the light streaks reflected from the examined edges of the artifacts with the dates of their production assigned to the artifacts by the Museum employees. The results of using the curve in dating other flint exhibits provided by archaeological museums in Bytom, Racibórz and Toruń for research by Tarnogórska Land Lovers Association are presented. Archaeological objects from the gravel pit in Kończyce Wielkie were made available for research by the geological museum of the University of Silesia in Sosnowiec. In addition, numerous flints from a private geological collection were also examined – as remains of the glaciations of the Warta, Oder and San in southern Poland.

Keywords: dating methods, dating of flint artefacts, Stone Age archaeology