



## PALYNOLOGY AND ITS APPLICATION TO CRIMINALISTICS

Jacek MADEJA

*Institute of Botany, Jagiellonian University, Krakow, Poland*

### Abstract

Forensic palynology is the study of pollen and spores from the point of view of using them as evidence in court cases. The paper contains a description of pollen development, structure and dispersal. The paper explains the potential use of palynology as a forensic science.

### Key words

Forensic palynology; Pollen grains; Pollen analysis.

*Received 8 August 2006; accepted 11 December 2006*

### 1. Introduction

The term “palynology” was proposed by Hayd and Williams in 1944 in the journal *Pollen Analysis Circular* [10] and derives from the Greek word “palyno” to sow, to sprinkle, to pour. Palynology is a science dealing with pollen and spores as well as other organisms or their remains (eg. *Algae*, animal microfossils), which can be observed using techniques applied in palynology [3]. Palynology examines the process of developing (growth) of pollens and spores, their structure, spreading (dissemination) and possibilities of survival in different types of environments. Palynological studies are utilised in plant taxonomy, examination of pollen spreading (aeropalynology), allergology, studies on climate changes and plant history, as well as the influence of the human factor on flora in the past. In recent years, palynology has achieved increasing significance in criminalistics (forensic palynology), as it provides valuable evidence used in legal cases.

### 2. Production and structure of pollen grains

Pollen grains, which are responsible for transferring male gametes to female reproductive organs, are produced in pollen sacs, which together with connective tissue form a head of flower stamen. In the microspore formed in the pollen sac, meiotic division, cytokinesis and processes that determine the specific morphological structure of the pollen grain surface take place. The external part of the pollen grain, which is called the sporoderm, consists of two layers: the internal intine and the external exine. The pattern of the pollen grain surface that is characteristic of particular taxonomical units (Figure 1) is determined, among other things, by orbicules, which are saturated with sporopollenin and accumulate on the exine [18]. Thanks to the presence of sporopollenin, a chemical compound of polymeric structure, pollen grains are more resistant to the influence of chemical, physical and biological factors. Accordingly, they may survive in favourable conditions for several thousands years, maintaining a recognisable shape and morphology (Figure 2).

In order to fulfil its biological task, pollen must leave the anther and reach a female reproductive organ

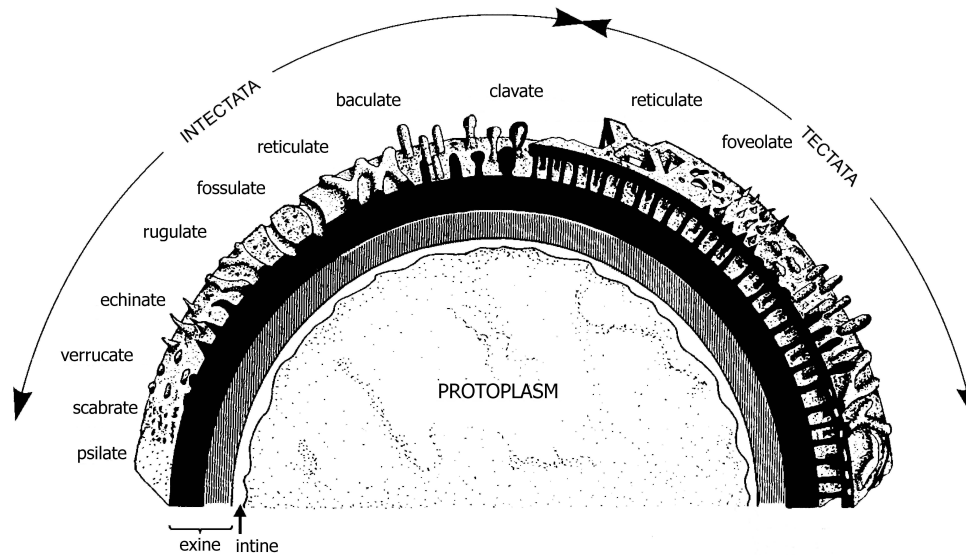


Fig. 1. Structure and morphology of *Angiospermae* pollen grain wall (Jarzena and Nicholsa in: [25], with changes).

of an individual of the same species. In nature, there are a few ways of transport of pollens, which are incapable of independent movement. These are: hydrogamy, which is a way of pollination where water is the transferring medium, anemogamy, which means wind-pollinated and zooidiogamy, i.e. flower pollination by animals [21]. It turns out that there is a distinct relationship between the ecology of pollination and the formation of pollen grains, their morphology and the distance they may be found from the maternal plant. These relationships are very important when the so-called pollen profile is determined, i.e. when the pollen composition of the sample is examined and on this basis, the flora of the particular place, e.g. the crime scene, is reconstructed.

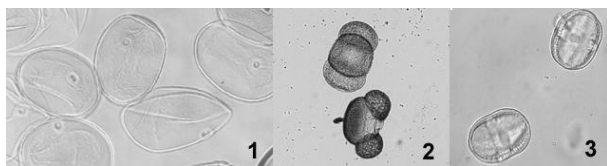


Fig. 2. Examples of pollen grains in light microscope: 1 *Secale serelae* (rye), 2 *Abies alba* (silver fir), 3 *Centaurea cyanus* (cornflower), different magnification.

Self-pollinated plants are characterised by a very low amount of pollen grains production and hence are hardly ever found in pollen-examined samples, usually only in those collected very close to the maternal plant unit. The presence of pollen grains from this group may indicate direct contact of an object (e.g.

clothes of the suspected person) with the plant. Water-plant pollen may be found only in samples collected from boggy or watery areas. Wind-pollinated plants constitute a very large group. Their flowers usually produce large amounts of pollen grains (Table I). They can be transferred over long distances, sometimes even hundreds of kilometres from the maternal plant. These pollens have a smooth surface and, as in the case of most coniferous trees, special structures (air sacs) which are involved in wind-borne transfer (Figure 2). In the case of animal-pollinated plants, many species reveal a lower level of pollen grains production compared to wind-pollinated plants. Pollen grains of animal-pollinated plants are most frequently found just a few meters from the maternal plant. They are also, of course, present in the dwelling places of pollen transferring animals. Their surface is covered with specific elements (spikes, hooks) that enable attachment of pollen to the animal body. When such pollens attach to the surface of clothes or hair, they are hard to remove.

### 3. Occurrence of pollen grains in the atmosphere

Pollen grains of particular plant species appear in the atmosphere in defined seasons, which is connected with the phenology of their blooming. Long-term observations of pollination phases characteristic of particular plants, performed for allergological purposes, have led to the development of so-called pollen calen-

dars. The beginning and the end of the plant pollination season may differ for particular areas as well as over the course of time, which is connected with various climatic conditions. Pollen grains and spores floating in the air fall on the surface of soil and ultimately become a component of it. They may further penetrate into water reservoirs and be deposited on surfaces of all objects that are exposed to the air – even those inside buildings. They are also breathed in with air and deposited in the respiratory tracts.

TABLE I. AVERAGE NUMBER OF POLLEN GRAINS PRODUCED BY FLOWER OF CHOSEN PLANT TAXA (POHL 1937 IN [22], WITH CHANGES)

No.	Taxons
Wind-pollinated taxons	
1	<i>Picea abies</i> (Norway spruce) 589500 ± 52990
2	<i>Cannabis sativa</i> (marijuana) 347000 ± 7512
3	<i>Pinus sylvestris</i> (Scots pine) 157661 ± 5071
4	<i>Betula pendula</i> (silver birch) 20145 ± 1534
5	<i>Fagus sylvatica</i> (European beech) 12214 ± 333
Insect-pollinated taxons	
1	<i>Papaver rhoeas</i> (corn poppy) 2636000 ± 20,075
2	<i>Tilia cordata</i> (Small-leaved Lime) 435000 ± 3,430
3	<i>Acer platanoides</i> (Norway maple) 7941 ± 565
4	<i>Polygonum bistorta</i> (common bistort) 5678 ± 296
Water-pollinated taxons	
1	<i>Vallisneria spiralis</i> (straight vallis) 72

#### 4. Samples and pollen analysis

As was mentioned above, pollen grains are present almost everywhere. This means that soil and almost all objects that are in contact with soil, air or directly with flora may be subjected to pollen analysis. For the purposes of forensic palynology, the most frequently examined materials are samples of soil, house dust, clothes, shoes, animal fur, materials used to wrap, ropes, food, vehicles (tires), documents, paints, tools used to commit crimes and bodies [11, 13, 15]. Pollen examination is carried out with a light microscope which is additionally equipped with phase contrast. Samples of soil, as well as other samples containing multiple components that can interfere with identification of pollen grains by microscopic examinations, are

subjected to chemical treatment. The most often utilised method is Erdtman acetolysis, which is used to remove organic remains. Mineral components are dissolved by soaking in hydrofluoric acid. In order to calculate the number of pollen grains, indicator tablets are added to each examined sample. The tablets contain a specified number of *Lycopodium* spores, which are easy to identify [1, 20]. The prepared material, when stored in glycerine or silicon oil can be kept for many years and serve as a sample for additional examinations performed by other experts. However, a sample subjected to such preparation can only be used for palynological studies. Therefore, in order that other research can be carried out, an appropriate amount of material should be collected, or studies should be carried out in an appropriate order. Because of the risk of contamination, it is crucial to be very careful during the processes of collection of evidence material and its analysis in the laboratory. Collection of specimens from the hair surface and clothes is carried out with different devices. Pollen grains may be stuck onto special adhesive tapes or brushed from a fabric with different kind of combs and brushes. Identification of pollen grains, i.e. determination of the maternal plant which produced the particular pollen, is based on the unique morphology of the exine characteristic of a particular taxon (Figure 1). Specialist albums, pollen grain keys and collections of reference slides are very helpful at this stage (e.g. [6, 17]). The results of counting of pollen grain contents are then introduced into a computer program (e.g. POLPAL for Windows [23]), and finally the results obtained for particular pollen grains are presented in percentages. It should be added that it is not always possible to define species or even genus of pollen. In the case of pollen grains which are the same or very similar for all species within the same family or genus, accurate determination is not possible. The concept of groups and types is also applied in pollen analysis – these (groups and types) encompass pollen grains coming from plants located in different taxonomical units, but expressing the same structure.

#### 5. Forensic palynology

Forensic palynology is a scientific discipline which is concerned with providing palynological data that may be used as evidence in legal cases [12] and should be perceived as a branch of forensic botany.

The possible usefulness of palynological data for forensic purposes was considered in the nineteen fifties, but only later cases attracted more attention [5]. The first documented trial, where information given

by a palynology expert witness was used in a court took place in Sweden in 1959. The case concerned a woman who was murdered in May while on an excursion. Experts were asked to determine whether the woman was murdered in the location where the body was found or whether it was transferred to this site. Since the pollen content determined on the clothes of the murdered woman was poor in pollen grains of plants occurring abundantly in the area, it was suggested that the body must have been transferred from another place. However, a second interpretation of results indicated the fact that May, the month when the crime was committed, is the period preceding the plant pollination phase in the area. It was concluded that this could have been the reason for the lack of pollen grains on the victim's clothes. This case was important, because for the first time in the world history of the justice system, the results of pollen analysis were used as evidence, and treated as equal to other evidence types.

The various numbers of pollen grains produced by plants, differences in spreading mode, seasonal appearance and other factors mean that pollen grains present in soil or on the surface of objects create pollen assemblages which are specific for a location, region and country. They mark a place with a specific "pollen fingerprint" – a palynological fingerprint [2]. Detailed palynological studies have revealed that pollen composition of (different) surface samples taken from one site is almost identical. Minor differences in pollen composition are noted when samples are collected from points a few meters distant from each other [8]. However, sites with flora of the same type, but at different geographic locations are characterised by pollen assemblages that are significantly different from each other [7]. On the other hand, one has to be aware that an area with identical pollen composition depends on many factors and its range is possible to determine only by pollen analysis of samples from adjacent locations. The size of an area characterised by an identical palynological fingerprint must differ depending on the location of the studied site (and thus on many factors affecting the spreading of pollen grains). Certainly, questions relating to the diversity of pollen spectra of different surface samples still require more extensive research, addressing such problems as seasonal differences in polling and variation in natural, spatial and geographical conditions for the selected study areas. Studies on spore content enable determination of degree of similarities between submitted evidence and reference samples or comparison with data in pollen calendars [9]. In the case of studies aiming to determine degree of similarity between soil samples, it is necessary to apply additional research methods (e.g.

methods used in mineralogy), which make the obtained data more reliable [4, 19, 24]. Forensic palynology may answer two basic questions: "where" and "when" the crime under investigation took place [16]. Pollen analysis is particularly helpful for:

- determination of the association between a suspect and a crime scene;
- determination of the association between place of body deposition and a crime scene;
- determination of mutual relationships between individuals, objects, clothes, places;
- determination of area of origin (continent, country, geographic region) for drugs, food, mail, museum objects and illegally traded commodities and other things;
- confirmation of existence of plantations used for drugs production in a particular place;
- determination of when an event occurred (month or season, not a particular year) [14].

Results of pollen analysis are usually a source of additional information, which may confirm or exclude the assumed hypothesis, confirm or exclude an alibi and direct an investigation.

## 6. Summary

Pollen analysis as a scientific method is a source of valuable information, which may be useful in legal proceedings. Experiences of countries which have applied forensic palynology for many years (e.g. New Zealand, Great Britain) confirm that pollen evidence may have a significant impact on the course of an investigation.

## References

1. Berglund B. E., Ralska-Jasiewiczowa M., Pollen analysis and pollen diagrams, [in:] Berglund B. E. [ed.], Handbook of Holocene palaeoecology and palaeohydrology, John Wiley & Sons, Chichester 1986.
2. Bryant V. M. Jr., Pollen: Nature's fingerprints of plants. Yearbook of science and the future, Encyclopedia Britannica, Chicago 1989.
3. Bryant V. M. Jr., Jones J. G., Mildenhall D. C., Forensic palynology in the United States of America, *Palynology* 1990, 14, 193–208.
4. Bull P. A., Parker A., Morgan R., The forensic analysis of soils and sediment taken from the cast of a footprint, *Forensic Science International* 2006, 162, 6–12.
5. Erdtman G., Handbook of palynology, Hafner Publishing Co., New York 1969.

6. Faegri K., Iversen J., Text book of pollen analysis by Kurt Faegri and John Iversen, John Wiley & Sons, Chichester 1989.
7. Horrocks M., Coulson S. A., Walsh K. A. J., Forensic palynology: variation in the pollen content of soil surface samples, *Journal of Forensic Sciences* 1998, 43, 320–323.
8. Horrocks M., Ogden J., Modern pollen spectra and vegetation of Mt Hauhungatahi, central North Island, New Zealand *Journal of Biogeography* 1994, 21, 637–649.
9. Horrocks M., Walsh K. A. J., Forensic palynology: assessing the value of the evidence, *Review of Palaeobotany and Palynology* 1996, 103, 69–74.
10. Hyde H. A., Williams D. W., The right word, *Pollen Analysis Circular* 1944, 8, 6.
11. Madeja J., XI Międzynarodowy Kongres Palinologiczny (Hiszpania, Grenada, 4–9 lipca 2004 r.), *Prokuratura i Prawo* 2005, 5, 175–178.
12. Mildenhall D. C., Forensic palynology, *Geological Society of New Zealand Newsletter* 1982, 58, 25.
13. Mildenhall D. C., Deer velvet and palynology: an example of the use of forensic palynology in New Zealand, *Tuatara* 1989, 30, 1–11.
14. Mildenhall D. C., Forensic palynology in New Zealand, *Review of Palaeobotany and Palynology* 1990, 64, 227–234.
15. Mildenhall D. C., *Hypericum* pollen determines the presence of burglars at the scene of a crime: an example of forensic palynology, *Pollen* 2004, 14, 114.
16. Montali E., Mercuri A. M., Grandi G. T. [et al.], Towards a “crime pollen calendar” – Pollen analysis on corpses throughout one year, *Forensic Science International* 2006, 163, 211–223.
17. Moore P. D., Webb J. A., Collinson M. E., Pollen analysis, Blackwell, Oxford 1991.
18. Rodkiewicz B., Śnieżko R., Fyk B. [et al.], Embriologia Angiospermae rozwojowa i eksperymentalna, Wydawnictwo Uniwersytetu Marii Curie-Skłodowskiej, Lublin 1996.
19. Ruffell A., Wiltshire P., Conjunctive use of quantitative and qualitative X-ray diffraction analysis of soils and rocks for forensic analysis, *Forensic Science International* 2004, 145, 13–23.
20. Stockmarr J., Tablets with spores used in absolute pollen analysis, *Pollen et Spores* 1971, 13, 615–621.
21. Szafer W., Kwiaty i zwierzęta. Zarys ekologii kwiatów, PWN, Warszawa 1969.
22. Szczepanek K., Wytwarzanie i rozprzestrzenianie spor i ziarn pyłku [w:] Dybowa-Jachowicz S., Sadowska A. [red.], *Palinologia*, Wydawnictwa Instytutu Botaniki PAN, Kraków 2003.
23. Walanus A., Nalepka D., POLPAL programs for counting pollen grains, diagrams plotting and numerical analysis, [in:] Proceedings of the Fifth European Palaeobotanical and Palynological Conference, 26–30 June 1998, Kraków, *Acta Palaeobotanica* [suppl.] 1999, 2, 659–661.
24. Wiltshire P. E. J., Pirrie D., Butcher A.R. [et al.], Palynology and QEMSCAN: a powerful combination for forensic investigation, *Pollen* 2004, 14, 115.
25. Ziemińska-Tworzydło M., Kohlman-Adamska A., *Morfologia [w:] Palinologia*, Dybowa-Jachowicz S., Sadowska A. [red.], Wydawnictwa Instytutu Botaniki PAN, Kraków 2003.

---

**Corresponding author**

Jacek Madeja  
Instytut Botaniki  
Uniwersytet Jagielloński  
ul. Lubicz 46  
PL 31-512 Kraków  
jac.m@wp.pl

---

## PALINOLOGIA I JEJ ZASTOSOWANIE W KRYMINALISTYCE

### 1. Wstęp

Termin „palinologia” został zaproponowany przez Hayda i Williamsa w 1944 w czasopiśmie *Pollen Analysis Circular* [10], a wywodzi się od greckiego słowa „palyno” – rozsiewać, posypywać, prószyć na kogoś. Palinologia jest nauką badającą ziarna pyłku, a także zarodniki roślin oraz inne organizmy czy ich pozostałości (np. glony, mikroskamieniałości zwierzęce), których obserwacja jest możliwa z wykorzystaniem technik stosowanych w palinologii [3]. Palinologia bada zarówno powstawanie ziarn pyłku oraz zarodników, jak i ich strukturę, rozprzestrzenianie, a także możliwości zachowania się w różnych typach środowisk. Badania palinologiczne są wykorzystywane w taksonomii roślin, badaniach nad rozprzestrzenianiem ziarn pyłku (aeropalinoologia), alergologii, badaniach dotyczących zmian klimatu i historii roślinności oraz wpływu człowieka na szatę roślinną w przeszłości. Ostatnio coraz większe znaczenie zyskuje palinologia w kryminalistyce (palinologia sądowa), dostarczając cennych dowodów wykorzystywanych w procesach sądowych.

### 2. Produkcja i budowa ziarn pyłku

Ziarna pyłku, których zadaniem jest przenoszenie męskich komórek rozrodczych na żeńskie organy rozmnażania, wytwarzane są w woreczkach pyłkowych, które wraz z łącznikiem tworzą główkę pręcika kwiatowego. W wytworzonej w woreczku pyłkowym mikrosporze zachodzi podział mejotyczny, cytokineza i procesy warunkujące specyficzną budowę morfologiczną powierzchni ziarna pyłku. Zewnętrzna część ziarna pyłku, zwana sporoderłą, składa się z dwóch warstw: wewnętrznej intyny i zewnętrznej egzyny. Charakterystyczny dla poszczególnych taksonów wzór powierzchni ziarn pyłku (rycina 1) warunkowany jest m.in. przez odkładające się na egzynie orbikule wysyczone sporopoleniną [18]. Obecność w ziarnach pyłku sporopoleniny, związku chemicznego o strukturze polimeru, sprawia, że są one bardzo odporne na działanie czynników chemicznych, fizycznych i biologicznych. Dzięki temu mogą one przetrwać w sprzyjających warunkach dziesiątki tysięcy lat, zachowując rozpoznawalny kształt i urzeźbienie (rycina 2).

Aby pyłek spełnił swoje zadanie, musi opuścić pylnik i dotrzeć na żeńskie organy rozmnażania osobnika tego samego gatunku. W przyrodzie spotykamy kilka sposobów przenoszenia, nieposiadającego możliwości samodzielnego ruchu, pyłku. Są to: hydrogamia, czyli taki sposób zapylania, gdzie wektorem przenoszącym ziarna

pyłku jest woda, anemogamia, czyli wiatropylność oraz zooidiogamia, czyli zapylanie kwiatów przez zwierzęta [21]. Okazuje się, że istnieje wyraźna zależność między ekologią zapylania a produkcją ziarn pyłku, ich budową morfologiczną i odległością, w jakiej mogą być one znalezione od rośliny macierzystej. Zależności te mają kluczowe znaczenie przy tworzeniu tzw. profilu pyłkowego, czyli określeniu składu pyłkowego prób, a następnie rekonstrukcji, czyli odtworzeniu szaty roślinnej miejsca, w którym doszło np. do popełnienia zbrodni.

Rośliny autogamiczne (samopylne) charakteryzują się bardzo niską produktywnością ziarn pyłku, w związku z czym są bardzo rzadko znajdowane w próbach podanych analizie pyłkowej i to tylko w tych, które pobrano w najbliższym sąsiedztwie rośliny macierzystej. Obecność ziarn pyłku roślin z tej grupy może świadczyć o bezpośrednim kontakcie obiektu (np. ubrania osoby podejrzanej) z rośliną. Pyłek roślin wodnych znajdowany jest jedynie w próbach pochodzących z terenów podmokłych czy obszarów wodnych. Dużą grupę stanowią rośliny wiatropylne, których kwiaty produkują zwykle duże ilości ziarn pyłku (tabela I). Może on być przenoszony na duże odległości, w wyjątkowych przypadkach nawet setki kilometrów od rośliny macierzystej. Ziarna te posiadają gładką powierzchnię oraz, jak w przypadku większości roślin szpilkowych, specjalne struktury (worki powietrzne) ułatwiające transport za pośrednictwem wiatru (rycina 2). W przypadku roślin zapylanych przez zwierzęta produkcja ziarn pyłku utrzymana jest u wielu gatunków na niższym niż w przypadku roślin wiatropylnych poziomie. Ziarna pyłku roślin zooidiogamicznych najczęściej nie są znajdowane dalej niż kilka metrów od rośliny macierzystej. Są oczywiście również obecne w miejscach bytowania zwierząt, które te ziarna przenoszą. Ich powierzchnia uzbrojona jest w specyficzne struktury (kolce, haczyki) umożliwiające przyczepianie się pyłku do ciała zwierzęcia. Jeśli ziarna tego typu dostaną się na powierzchnię odzieży czy włosów, są trudne do usunięcia.

### 3. Występowanie ziarn pyłku w atmosferze

Ziarna pyłku poszczególnych gatunków roślin pojawiają się w atmosferze w określonych porach roku, co jest związane z fenologią ich kwitnienia. Wieloletnie obserwacje okresów pylenia poszczególnych roślin na potrzeby alergologii zaowocowały powstaniem tak zwanych kalendarzy pylenia. Na poszczególnych obszarach, a także na przestrzeni lat, początek i koniec sezonu pylenia roślin może się różnić, co związane jest z różnymi warunkami klimatycznymi.

Ziarna pyłku oraz zarodniki unoszące się w powietrzu, opadając na powierzchnię gleby, stają się w końcu jej składnikiem i trafiają do zbiorników wodnych oraz osadzają się na powierzchniach wszystkich przedmiotów mających kontakt z powietrzem – nawet tych znajdujących się wewnątrz budynków. Są również wdychane wraz z powietrzem i osadzają się w drogach oddechowych.

#### 4. Próbkki i analiza pyłkowa

Jak wspomniano wcześniej, ziarna pyłku są obecne niemalże wszędzie, co sprawia, że gleba, oraz bez mała wszystkie przedmioty mające kontakt z glebą, powietrzem atmosferycznym czy bezpośrednio z roślinnością, mogą zostać poddane analizie pyłkowej. Dla celów palinologii sądowej najczęściej badanym materiałem są próbki gleby, kurzu domowego, odzież, obuwie, futra zwierząt, materiały do pakowania, liny, żywność, pojazdy (opony), dokumenty, obrazy, narzędzia zbrodni oraz ciała ofiar [11, 13, 15]. Analiza palinologiczna prób odbywa się z wykorzystaniem mikroskopu świetlnego dodatkowo wyposażonego w kontrast fazowy. Próbkki glebowe i inne, które zawierają w swym składzie dużo elementów mogących utrudniać identyfikację ziarn pyłku w mikroskopie, są poddawane obróbce chemicznej. Najczęściej stosowaną metodą jest acetoliza Erdtmanna mająca na celu usunięcie resztek organicznych, a także moczenie prób w kwasie fluorowodorowym, by rozpuścić cząstki mineralne. W celu obliczenia koncentracji ziarn pyłku w badanej próbce do każdej z nich dodawane są tabletki wskaźnikowe zawierające określoną liczbę łatwych do identyfikacji zarodników *Lycopodium* [1, 20]. Tak przygotowany materiał zamknięty w glicerynie czy olejku silikonowym może być przechowywany przez wiele lat i służyć do powtórnego badania przez innego eksperta. Materiał ten nie będzie mógł jednak zostać wykorzystany do innego typu badań niż palinologiczne. Dlatego należy zadbać o odpowiednią jego ilość lub zastosować odpowiednią kolejność badań. Należy zachować szczególną ostrożność podczas pobierania próbek i pracy w laboratorium w celu zapobieżenia ich kontaminacji.

W celu pobrania materiału do badań z powierzchni włosów lub odzieży wykorzystuje się specjalne taśmy klejące, do których przyklejają się ziarna pyłku oraz różnego rodzaju grzebyczki czy szczoteczki, które umożliwiają ich wyczesanie z włosów lub włókien tkaniny.

Oznaczanie ziarn pyłku, czyli określenia rośliny macierzystej, która wyprodukowała dane ziarno pyłku, opiera się na unikalnej, charakterystycznej morfologii egzyny pyłku danego taksonu (rycina 1). Pomocne są tutaj specjalistyczne albumy oraz klucze do oznaczania ziarn pyłku (np. [6, 17]) oraz zbiory preparatów porównawczych. Wyniki zliczeń ziarn pyłku w próbce są wprowadzane do programu kom-

puterowego (np. POLPAL for Windows [23]), a uzyskane wyniki zliczeń poszczególnych ziarn są przedstawione w wartościach procentowych.

Należy tutaj wspomnieć, że nie zawsze jest możliwa identyfikacja ziarna pyłku co do rodzaju czy gatunku. W przypadku ziarn pyłku identycznych lub bardzo podobnych w obrębie całej rodziny lub rodzaju takie dokładne oznaczenie nie jest możliwe. W analizie pyłkowej stosuje się również pojęcie grup i typów, w które włącza się ziarna pyłku pochodzące od roślin o różnej pozycji systematycznej, ale nie różniące się budową.

#### 5. Palinologia w sądownictwie

Palinologia sądowa jest działem nauki, który zajmuje się dostarczaniem danych z zakresu palinologii dla potrzeb dowodowych w procesie sądowym [12] i jest działem tzw. botaniki kryminalistycznej.

Na możliwość wykorzystania danych palinologicznych dla potrzeb sądownictwa zwrócono uwagę w latach 50. ubiegłego stulecia, jednak dopiero późniejsze przypadki wzbudziły szersze zainteresowanie [5]. W Szwecji w 1959 roku odbył się pierwszy udokumentowany proces sądowy, podczas którego wykorzystano informacje dostarczone przez biegłych z zakresu palinologii. Sprawa ta dotyczyła kobiety zamordowanej podczas majowej wycieczki. Zadaniem specjalistów było rozstrzygnięcie, czy kobieta została zamordowana w tym miejscu, gdzie zostało znalezione ciało, czy też zwłoki zostały tam tylko przeniesione. Ponieważ skład pyłkowy ziemi znalezionej na odzieży zabitej kobiety był ubogi w ziarna pyłku roślin obficie występujących na tym obszarze, sugerowano, że ciało jej musiało zostać tam przetransportowane z innego miejsca. Jednak przy powtórznej interpretacji wyników zwrócono uwagę na fakt, iż maj – miesiąc popełniania zbrodni – to okres poprzedzający okres pylenia roślinności zielnej na obszarze, gdzie doszło do zdarzenia, co mogło być przyczyną braku ich ziarn pyłku na odzieży ofiary. Proces ten był ważny, ponieważ pierwszy raz w historii światowego sądownictwa do akt sprawy zostały dołączone wyniki analizy pyłkowej i potraktowane na równi z innymi.

Różna liczba ziarn pyłku produkowana przez rośliny, różnice w ich transporcie, sezonowość występowania oraz inne czynniki sprawiają, że obecne w glebie czy na powierzchni przedmiotów ziarna pyłku tworzą specyficzne dla danego miejsca, regionu czy kraju zespoły pyłkowe. Znaczą one miejsce specyficznym „pyłkowym odciskiem palca” *palynological fingerprint* [2]. Szczegółowe badania palinologiczne wykazały, że skład pyłkowy prób powierzchniowych pobranych w obrębie jednego stanowiska jest niemal identyczny. Niewielkie różnice w składzie pyłkowym są notowane, gdy próbki są pobierane w odległości kilku metrów od siebie [8]. Na-

tomiast stanowiska z roślinnością tego samego typu, ale o innej lokalizacji geograficznej, charakteryzowane są przez zespoły pyłkowe różniące się między sobą w sposób znaczący [7]. Należy jednak zdawać sobie sprawę, iż obszar charakteryzujący się identycznym składem pyłkowym zależy od wielu czynników, a jego wielkość jest możliwa do ustalenia tylko poprzez przeprowadzenie analizy pyłkowej prób z przyległych lokalizacji. Obszar charakteryzujący się identycznym „palinologicznym odciskiem palca” będzie różnił się wielkością w zależności od lokalizacji badanej powierzchni (czyli od wielu czynników mających wpływ na rozprzestrzenianie ziaren pyłku). Z pewnością zagadnienia dotyczące zróżnicowania spektrów pyłkowych prób powierzchniowych wciąż jeszcze wymagają licznych badań z uwzględnieniem m.in. sezonowości pylenia, a także różnorodności warunków przyrodniczo-geograficzno-przestrzennych wybranych do badań obszarów.

Badania zawartości sporomorf umożliwiają określenie stopnia podobieństwa między próbkami przekazanymi do ekspertyzy a próbkami kontrolnymi lub ich porównanie z kalendarzem pylenia [9]. W przypadku badań mających na celu określenie stopnia podobieństwa prób glebowych, konieczne staje się stosowanie dodatkowych metod badawczych (np. mineralogicznych), dzięki czemu uzyskane dane są bardziej wiarygodne [4, 19, 24]. Palinologia sądowa może przynieść odpowiedź na dwa podstawowe pytania: „gdzie?” i „kiedy?” miało miejsce zdarzenie, które jest przedmiotem śledztwa [16]. Analiza pyłkowa jest przydatna w szczególności do:

- określenia relacji pomiędzy podejrzanym a miejscem przestępstwa;
- określenia relacji pomiędzy miejscem znalezienia ciała a miejscem zbrodni;
- określenia wzajemnych powiązań między osobami, przedmiotami, ubraniami, miejscami;
- określenia miejsca pochodzenia (kontynent, kraj, rejon geograficzny) narkotyków, żywności, przesyłek pocztowych, obiektów muzealnych czy nielegalnie sprowadzanych towarów i innych przedmiotów;
- potwierdzenia istnienia upraw roślin przeznaczonych do produkcji narkotyków w danym miejscu;
- ustalania czasu zdarzenia (miesiąca lub pory roku, nie konkretnego roku kalendarzowego zdarzenia) [14].

Wyniki analizy pyłkowej dostarczają zazwyczaj informacji pomocniczych, dodatkowych, mogących wykluczyć lub potwierdzić wątki przyjętej wersji albo potwierdzić lub wykluczyć alibi i ukierunkować przebieg śledztwa.

## 6. Podsumowanie

Analiza pyłkowa, będąca metodą naukową, dostarcza cennych informacji przydatnych w procesie karnym.

Doświadczenia krajów, w których palinologia sądowa znajduje zastosowanie od wielu lat (Nowa Zelandia, Wielka Brytania), potwierdzają, że uzyskane dzięki analizie pyłkowej informacje mogą mieć znaczący wpływ na przebieg śledztwa.