

FOTOINTERPRETACJA W GEOGRAFII

23



IWONA MORAWIECKA
PETER WALSH*

PROSTE METODY WYKONYWANIA NISKOPOZIOMOWYCH ZDJĘĆ DLA STUDIÓW GEOMORFOLOGICZNYCH, NA PRZYKŁADZIE BADAŃ PALEOKRASU**

SIMPLE METHODS OF LOW-LEVEL AERIAL PHOTOGRAPHY FOR GEOMORPHOLOGICAL STUDIES, WITH PARTICULAR REFERENCE TO PALAEOKARST INVESTIGATIONS

WPROWADZENIE

Zdjęcia lotnicze używane w badaniach geologicznych, geomorfologicznych, hydrograficznych i innych dyscyplinach nauk o Ziemi wykonywane są zazwyczaj ze znacznych wysokości. Wykonuje się je przy użyciu specjalnych kamer fotogrametrycznych, a ramka tła takich zdjęć posiada wszystkie niezbędne informacje do analizy fotogrametrycznej i fotointerpretacyjnej. Wykorzystanie niskopoziomowych zdjęć pionowych, wykonywanych za pomocą prostych urządzeń, stanowi standardową technikę badań w archeo-

* Mgr Iwona Morawiecka, Katedra Geomorfologii Wydziału Nauk o Ziemi Uniwersytetu Śląskiego, ul. Będzińska 60, 41-200 Sosnowiec.

Dr Peter Walsh, Department of Civil Engineering, The City University, Northampton Square, London EC1V 0HB.

** Badania były częściowo finansowane w ramach tematu badawczego: Uniwersytet Śląski S-117 oraz stypendium TEMPUS (EWG).

logii. Natomiast metoda ta jest niedoceniana w szczegółowych badaniach geomorfologicznych.

Celem artykułu jest wykazanie, że zdjęcia powierzchni Ziemi wykonywane z niskich pułapów, z wysokości 5-500 m nad badanym terenem, są prostą i taną metodą badań, stanowiącą wartościową część konwencjonalnych metod badań terenowych. Na podstawie zdjęć i innych materiałów z własnych badań terenowych autorzy przedstawiają, jak cenne i bogate w szczegóły są tego typu zdjęcia oraz, że są one niezastąpioną i wręcz konieczną metodą w analizie planu sytuacyjnego badanych obiektów, ich przestrzennego rozmieszczenia i wzajemnych związków.

Niniejszy artykuł, poza geomorfologicznym opisem wybranych zdjęć, nie zawiera wyników badań fotointerpretacyjno-geomorfologicznych. Przedstawiono w nim głównie zagadnienia konstrukcyjne i techniczno-metodyczne związane z wykonywaniem zdjęć niskopoziomowych.

Użyty przez autorów termin „zdjęcia niskopoziomowe” (*low-level aerial photographs*) oznacza, że są to zdjęcia powierzchni Ziemi wykonywane z „wysokości lotu ptaka” za pomocą prostych metod. Metody te zostaną przedstawione w dalszej części opracowania.

METODY WYKONYWANIA ZDJĘĆ NISKOPOZIOMOWYCH

Liczba metod wykonywania zdjęć niskopoziomowych nie jest duża. Można tu wymienić siedem metod: metoda masztu wielosegmentowego (Wiltshire, 1967); metody wielonogów (dwu, trój, czworo) wielosegmentowych (Whittlesey, 1966; Hume, 1969; Whittlesey, 1975; Sterud, Pratt, 1975; Fleming, 1978); metoda wieżowa (Nylen, 1964; Straffin, 1971; Skrok, 1991); metoda hydraulicznie obsługiwanego masztu lub drabiny (Sterud, Pratt, 1975); metoda balonu na uwięzi (Guy, 1932; Whittlesey, 1970, 1975; Waldhausl, Lubowski, 1980); metoda latawca (Bascom, 1941) i metoda zdalnie sterowanych modeli latających. Istnieją także inne coraz to bardziej skomplikowane i trudniejsze w użyciu metody niskopoziomowych systemów fotograficznych, takie jak fotografowanie z lotni czy też z helikopterów (Rojewski, 1954; Teodorowicz, 1970). Jednak prowadzenie badań terenowych za ich pomocą wymaga umiejętności ich obsługi, związane jest ze znacznymi kosztami oraz posiadaniem zezwoleń prawnych.

Należy zauważyć, że metody niskopoziomowych systemów fotograficznych używane są często dla celów komercyjnych, na przykład do fotografowania i analizy zakładów przemysłowych i usługowych, systemów komunikacyjnych, ruchu drogowego itp.

Literatura dotycząca tych metod nie jest łatwa do wyśledzenia i znajduje się zazwyczaj w popularno-naukowych czasopismach archeologicznych

i magazynach dotyczących zdalnie sterowanych modeli latających. Szczególnie mało na ten temat napisano w Polsce, chociaż wiadomo, że techniki te były wykorzystywane przez polskich badaczy. Spośród zacytowanych wyżej autorów i publikacji, najlepszym przeglądem niskopoziomowych systemów fotograficznych jest artykuł E.L. Steruda i P.P. Pratta (1975), w którym można znaleźć opis i przykłady tych technik. Cenne są również i te publikacje, które dotyczą tylko jednej techniki, ale dzięki swej szczegółowości pokazują wszystkie drobiazgi konstrukcyjne, techniczne i metodyczne danego systemu (Nylén, 1964). Prawie wszystkie z zacytowanych wyżej publikacji zawierają opis wykorzystania tych technik do celów badawczych.

Każda z wyżej wymienionych metod niskopoziomowych systemów fotograficznych oferuje konkretne korzyści, jak również każda z nich posiada określone wady. Przy przeprowadzaniu jakichkolwiek badań wykorzystujących te systemy wskazane jest spełnienie szeregu wymagań. Wymagania te można sformułować następująco:

1. Aparat fotograficzny powinien być wyposażony w znormalizowany obiektyw, zapewniający obrazowanym obiektom jak najwierniejsze odwzorowanie.

2. Użytkowany w czasie fotografowania sprzęt musi być wolny od wibracji i bezpieczny zarówno dla osób wykonujących zdjęcia, jak i osób trzecich.

3. Aparat fotograficzny powinien posiadać możliwość realizowania zdjęć na różnego rodzaju filmach jednocześnie lub procedura opuszczania na ziemię całego systemu i wymiana filmu w aparacie fotograficznym musi być jak najmniej skomplikowana.

4. Elementy składowe systemu muszą być rozważnie zaprojektowane i skonstruowane, tak aby znaleźć najlepszy bilans pomiędzy lekkością i wytrzymałością konstrukcji oraz łatwością jej obsługi w warunkach terenowych.

5. Sprzęt powinien być łatwy w transporcie, przechowywaniu i konserwacji.

6. Konstrukcja powinna posiadać mechanizm zabezpieczający ją przed upadkiem lub minimalizujący jego efekty.

7. Aparat fotograficzny musi być przystosowany do zdalnego wyzwania migawki sposobem mechanicznym, pneumatycznym lub elektronicznym.

8. Wskazane jest używanie aparatu fotograficznego z przystawką stereoskopową spełniającą parametry zdjęć fotogrametrycznych

9. Konieczne jest wyposażenie aparatu fotograficznego w urządzenia sprawdzające i korygujące poziome położenie płaszczyzny obrazowej aparatu w czasie poprzedzającym bezpośrednio moment ekspozycji.

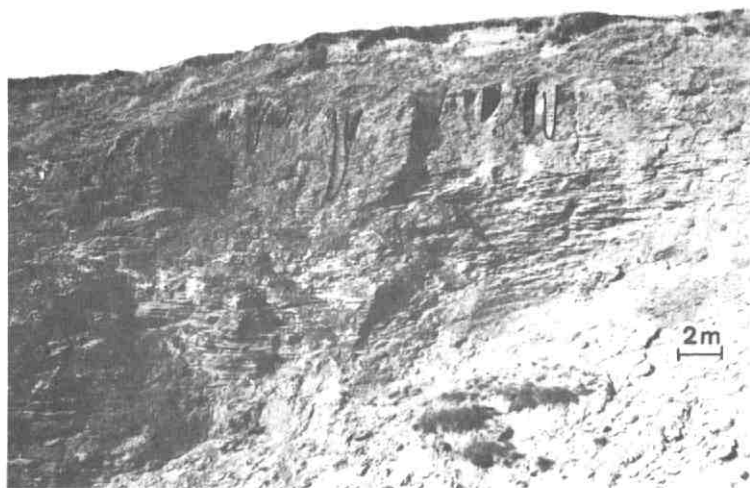
10. Używany sprzęt nie może zakłócać cywilnego lub wojskowego systemu nawigacji lotniczej, ingerować w telekomunikację i inne dziedziny działalności człowieka; musi być używany legalnie i nie może powodować negatywnych skutków w środowisku naturalnym.

Z wyżej wymienionych zaleceń i wymagań wynika, że aby uzyskać niskie koszty prowadzonych prac fotograficznych konieczne jest przeprowadzenie

kompromisu w wyborze sprzętu i sposobu pracy. Poniżej przedstawiono trzy metody wykonywania zdjęć niskopoziomowych. Zostały one wykorzystane w badaniach krasu i paleokrasu wybrzeży morskich. Autorzy mają nadzieję, że zaprezentowane tu metody badań zainteresują szersze grono geomorfologów i innych specjalistów prowadzących badania terenowe.

OBSZAR BADAŃ

Przedmiotem badań były formy krasowe i paleokrasowe rozwinięte w skałach węglanowych różnego wieku, od prekambriu do plejstocenu. Znajdowały się one w strefie wybrzeża Kornwalii, Devonu i wyspy Anglesey w północnej Walii, zarówno w obrębie klifu (ryc. 1) jak też w strefie międzypyłkowej (ryc. 2). Większość form paleokrasowych należała do krasu przykrytego lub międzyławicowego. Badania ukierunkowane były na znalezienie związku między tymi formami a niekrasowym utworem przykry-



Ryc. 1. Saunton Down, Devon, Anglia. Stanowisko badawcze na krawędzi klifu, którego wysokość osiąga 15 m. W górnej jego części zbudowanej z czwartorzędowych skalytowanych piaskowców widoczne są pionowe kominki tworzące system form krasu przykrytego osadami soliflukcyjnymi (head) strefy peryglacjalnej z ostatniego zlodowacenia

Fig. 1. The site surveyed close to the edge of the coastal cliff ca 15 m high at Saunton Down, Devon, England. In the upper part of the calcareous sandrock cliff there are vertical pipes, which appear to form a covered karst system beneath a non-calcareous periglacial-soliflucted deposit (head) dating from the last glaciation

wającym. Aby określić takie czynniki jak: przestrzenne rozmieszczenie form, ich kształt w planie, wewnętrzną teksturę materiału wypełniającego, o ile taki występował, geometrię spękań w skale itp., wykonano niskopoziomowe zdjęcia stereoskopowe, a następnie je zanalizowano (ryc. 3, 4, 5). Efektem prowadzonych obserwacji terenowych i interpretacji wykonanych zdjęć były szkice geomorfologiczne (ryc. 6).



Ryc. 2. Stanowisko badawcze w strefie międzyplywowej w Dwlban Point, Anglesey, Północna Walia. Skalą macierzystą jest dolnokarboński kalkarenit, którego warstwy zapadają łagodnie w kierunku lądu

Fig. 2. The site surveyed in the intertidal zone at Dwlban Point, Anglesey, Wales. The host rock is a Viscaen calcarenite which dips at a gentle angle parallel with the wave advance

Wybór metody wykonywania zdjęć niskopoziomowych w niniejszych badaniach miał swoje uzasadnienie. W przypadku badań w strefie międzyplywowej duże znaczenie miało zastosowanie takiej metody, która pozwoliłaby na szybkie przeprowadzenie badań w czasie odpływu. Jeżeli chodzi o stanowiska na klifie, to badane formy występowały w szczytowej partii kilkunastometrowej wysokości klifu i ich sfotografowanie z normalnej pozycji „z ręki” było niemożliwe. Poza tym, w obydwu przypadkach chodziło o uchwycenie badanych form i stanowisk w planie. Zastosowanie konwencjonalnej fotografii lotniczej było tu niemożliwe ze względu na zbyt wysokie koszty. Również skala konwencjonalnych zdjęć lotniczych byłaby zbyt mała do dokładnej analizy geomorfologicznej badanych obiektów.



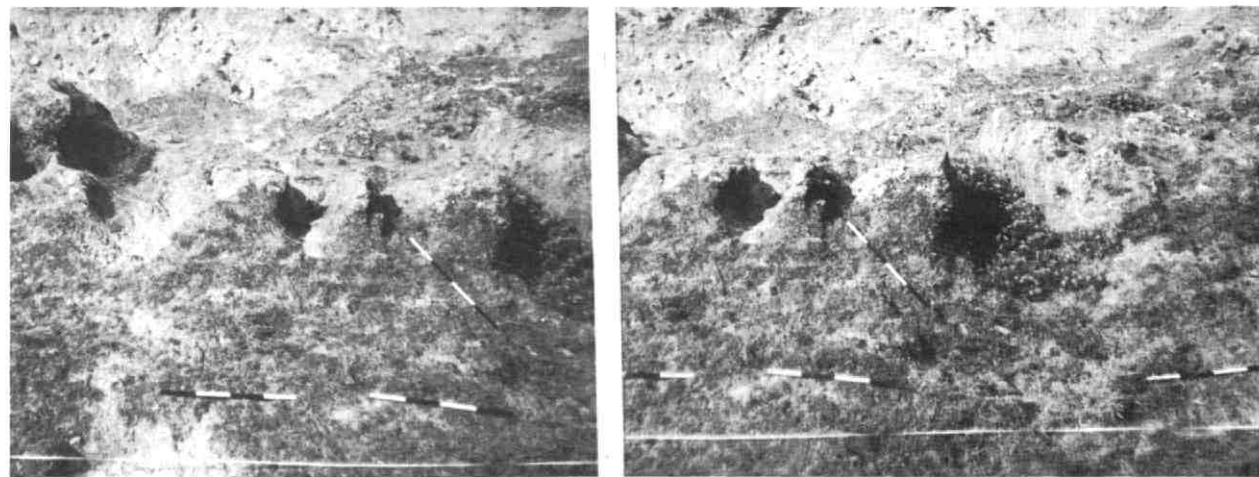
Ryc. 3. Saunton Sands, Devon, Anglia. Forma półki, w klifie zbudowanym z górnoplejstocennych skaleytowych piaskowców eolicznych i plazowych, tworzących twardy skaleytowy piaskowiec. W obrębie półki widoczne są formy krasowe takie jak pionowe kominki, kamenice, itp. Powierzchnia piaskowca, prawdopodobnie dopiero niedawno wylonila się spod pokrywy górnoplejstocennych osadów peryglacialno-soliflukcyjnych (head). Na zdjęciu dobrze widoczna jest lineacja piaskowca (na lewo), która jest prawdopodobnie związana z rozpuszczaniem utworów węglanowych i nawiązuje wyraźnie do warstwowania podścielających go dewońskich łupków (na prawo)

Fig. 3. A ledge formed from late-Pleistocene „raised beach” at Saunton Sands, Devon, England. The beach is formed from calcareous-cemented aeolian sands (sandrock) and in its upper levels contains pipes, small solution basins, etc. The surface of the sandrock mass has probably only recently emerged from under a former cover of last-Glacial solifluction sediment (head); it shows an unusual solution-related lineation (on the left) which, as seen, is very nearly parallel with the stratification of the underlying Devonian slates (on the right)



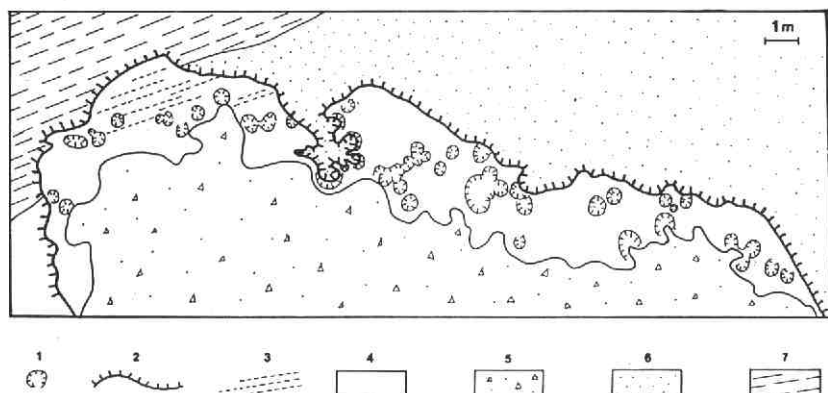
Ryc. 4. Dwlban Point, Anglesey, Północna Walia. Pionowe kominki utworzone w dolnokarbońskich kalkarenitach z zachowanymi piaskowcowymi wypełnieniami. Niektóre z kominków są wyraźnie przecięte przez inne tego typu formy, co wskazuje na ich różny wiek. Pomiędzy macierzystym wapieniem a kwarcytowym piaskowcem wypełnienia występuje il, prawdopodobnie zsunięty podczas zasypywania kominków piaskiem, który w wyniku swej mniejszej odporności na wietrzenie pozostawił po sobie koliste depresje. Niektóre kominki są w planie idealnie okrągłe (Baughen, Walsh, 1980; Walkden, Davies, 1983)

Fig. 4. The sandstone pipes preserved in the Visean calcarenites at Dwlban Point, Anglesey, North Wales. Some pipes are evidently cross-cut by others, showing them to be of different age. Between the central core of quartzitic sandstone and the host limestone lies an annulus of sheared mudstone, which evidently lubricated the descent of the sand into the pipe and which, owing to its greater erodibility, weathers out as a circular depression on an exposed surface. Note the almost perfectly circular plan form of some of the pipes (Baughen, Walsh, 1980; Walkden, Davies, 1983)



Ryc. 5. Sterogram przedstawiający kominki krasowe rozwinięte w plejstoceńskich piaskowcach, podniesionych teras nadmorskich w Saunton Down, Devon, Anglia. Geneza kominków związana jest prawdopodobnie z działalnością procesów krasowych pod przykryciem osadu siflukcyjnego (head). Wypełnienia kominków w postaci tego samego materiału uległy zniszczeniu po odsłonięciu ściany klifu (West, 1974). Rycina 1 przedstawia to samo stanowisko oglądane z boku

Fig. 5. A stereopair of the pipes developed in the Pleistocene raised beach sandrock, at Saunton Down, Devon, England. The pipes, which are considered to have formed beneath the former cover of head, have lost their fills of collapsed head-derived sediment as they became exposed at the cliff edge (West, 1974). Compare Fig. 1 which shows the same exposure in profile



Ryc. 6. Saunton Sands, Devon, Anglia. Szkic geomorfologiczny przedstawiający rozmieszczenie form krasowych na półce klifu morskiego. 1 — kominki cylindryczne, 2 — krawędź półki klifu, 3 — lineacja w skale macierzystej, 4 — półka klifowa zbudowana z piaskowca węglanowego, 5 — osad peryglacialno-soliflukcyjny przykrywający piaskowiec, 6 — współczesna plaża, 7 — platforma abrazyjna

Fig. 6. Saunton Sands, Devon, England. Geomorphological sketch showing the karst forms in a cliff ledge. 1 — pipes, 2 — edge of the cliff ledge, 3 — lineation of the host rock, 4 — calcareous cliff ledge, 5 — periglacial soliflucted material overlying the sandrock, 6 — modern beach, 7 — marine cut platform

Opis zastosowanych metod

W trakcie prowadzonych badań wykorzystano trzy metody wykonywania zdjęć niskopoziomowych: metodę wielosegmentowego masztu, metodę wielosegmentowego trójnoga i metodę fotografowania ze zdalnie sterowanego modelu latającego.

Fotografowanie z wielosegmentowego masztu

Metodę tę użyto do badania form paleokrasowych, występujących w obrębie czoła i krawędzi klifu teras nadmorskich na wybrzeżu Kornwalii i Devonu.

System składa się z siedmiu elementów. Podstawową konstrukcję tworzą cztery aluminiowe rurki o długości 1,5 m każda i przekroju poprzecznym 25 mm. Grubość ścianek tych rurek wynosiła 3 mm. Końcówki rurek masztu są karbowane, aby ułatwić ich skręcanie i zwiększyć opór dłoni podczas utrzymywania masztu w odpowiedniej pozycji w czasie pracy. Skręcone razem tworzą one sześciometrowej wysokości maszt. W czasie wykonywania zdjęć maszt jest nachylany pod kątem 25° (ryc 7), dzięki czemu nie odfotografowuje się on na zdjęciu. Aparat fotograficzny zamontowany jest na ramie (ryc. 8) z zespawanych płytek stalowych. Na krawędziach ramy znajdują się trzy gniazdko do zamocowania nóg trójnoga (w metodzie „masztowej” używa się gniazdko środkowego). Niewielki otwór wywiercony w ramie umożliwia dowiązania linki pomocniczej. Jednostką obrazującą jest

Aparat fotograficzny CANON AF35M o automatycznie regulowanej ogniskowej, kącie rozwarcia obiektywu 35° oraz automatycznym napędzie. Aparat przymocowany jest do podstawy za pomocą śruby motylkowej. Do mechanizmu

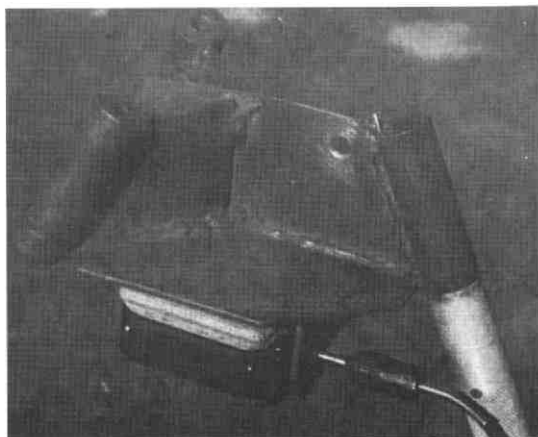


Ryc. 7. Trzyczęściowy maszt, obsługiwany przez jedną osobę. Maszt odchylony jest od pionu o 25° i oparty o wewnętrzną część stopy operatora. Badania nad dolnokarbońskim paleokrasem w Moelfre Point, Anglesey, Walia (Baughen, Walsh, 1980)

Fig. 7. The 3-segment single pole as operated by one person. The pole is inclined to the vertical at 25° and it is anchored by placing it against the inside right foot of a right-handed operator. Survey of Lower Carboni-ferous paleokarst at Moelfre Point, Anglesey, Wales (Baughen, Walsh, 1980)

Ryc. 8. Rama aparatu fotograficznego wyposażona w trzy gniazdko, służące do przykręcania nóg trójnoga. Widoczny jest również otwór umożliwiający przywiązanie do ramy linki pomocniczej. Plastikowy przewód zakończony igłą spustową uruchamianą pneumatycznie, przymocowany jest do mechanizmu spustowego aparatu fotograficznego

Fig. 8. The camera base plate, showing 3 sockets to take the rods of the tripod arrangement. Next to this socket is a hole for attaching a guy-rope. The ejector-needle of the pneumatic lead is screwed into a camera base plate adjacent to the triggering mechanism of the camera

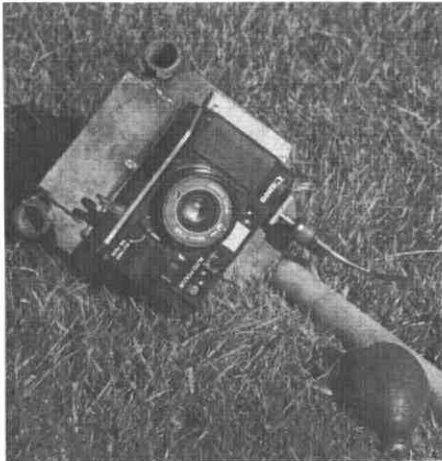


motylkowej. Do mechanizmu spustowego migawki dołączony jest p l a s - t i k o w y p r z e w ó d d ł u g o ś c i 6 m i ś r e d n i c y 3 m m z a k o ń c z o n y g u m o w ą g r u s z k ą . W p r z e w o d z i e t y m z n a j d u j e s i ę r u c h o m a i g ła u r u c h a m i a j ą c a s p u s t a p a r a t u n a z a s a d z i e p n e u m a t y c z n e j (r y c . 9) . U t r z y m y w a n i e m a s z t u w r ó w n o w a d z e z a p e w n i a l i n k a p o m o c n i c z a (r y c . 10) . O d p o w i e d n i e u s t a w i e n i e m a s z t u o r a z o r i e n t a c j ę z e w n ę t r z ą n ą a p a r a t u z a p e w n i a p r z y - r z ą d p o z i o m u j ą c y , s k o n s t r u o w a n y z d w ó c h l i b e l e k s p i r y t u s o w y c h p r z y m o c o w a n y c h d o m a s z t u n a w y s o k o ś c i k l a t k i p i e r s i o w e j o p e r a t o r a o b s ł u g u j ą c e g o c a ł e u r z ą d z e n i e (r y c . 11) . K l a m r a l i b e l k i p r z y m o c o w a n a j e s t d o m a s z t u p o d k ą t e m 25° c o s p r a w i a , ż e p ł a s z c z y z n a l i b e l e k j e s t r ó w n o ł e g ł a d o p ł a s z c z y z n y r a m y a p a r a t u f o t o g r a f i c z n e g o , a t y m s a m y m p ł a s z c z y z n y n e g a t y w u . D o o z n a c z a n i a s k a l i z d j ę c i a i w s k a z a n i a p o z i o m u t e r e n u s ł u ż y z e s t a w t y c z e k — r e p e r ó w . N a j b a r d z i e j p o m o c n e o k a z a ł o s i ę u ż y c i e 15 d r e w n i a n y c h l u b m e t a l o w y c h t y c z e k o d ł u g o ś c i 1 m , p o m a l o w a n y c h n a c z a r n o - b i a ł e o d c i n k i o d ł u g o ś c i 25 c m . D o z e s t a w u n a l e ż y r ó w n i e ż 100 m e t r o w a t a ś m a m i e r n i c z a . W s z y s t k i e e l e m e n t y t e g o s y s t e m u p r z e d s t a w i a r y c . 12 . J e g o c i ę ż a r c a ł k o w i t y w y n o s i o k o ł o 30 k g .

Zamontowanie lub rozmontowanie całego masztu w terenie, w każdych warunkach pogodowych i na różnym rodzaju podłoża nie zajmuje więcej czasu niż 2 minuty. Do obsługi czterosegmentowego masztu potrzebne są dwie osoby (ryc. 10). Jedna z osób obsługuje wówczas maszt i aparat fotograficzny, a druga linkę pomocniczą. Natomiast jedna osoba jest w stanie obsługiwać maszt trzyczęściowy (ryc. 7), chociaż szybkość operacji jest w tym przypadku wolniejsza. Aby zminimalizować niewygodę podczas zmiany stanowisk fotografowania zaleca się wykonywanie liniowych sekwencji zdjęć poprzez przesuwanie masztu w pozycji pionowej. Likwiduje się wówczas uciążliwą czynność ciągłego podnoszenia i opuszczania masztu na ziemię. Na podstawie własnych prac w terenie zaobserwowano, że do zapewnienia stabilności całego masztu niezbędne jest oparcie podstawy masztu o wewnętrzną część stopy (ryc. 7). Jeżeli jednak badania koncentrują się na małym obszarze, to znaczy nie jest konieczna częsta zmiana stanowisk wykonywania zdjęć, a podłoże jest miękkie to zaleca się użycie metalowego wspornika, na którym będzie można oprzeć maszt. Używany w trakcie prac wspornik łączył się z podstawą masztu w gniazdku kulowym i przymocowany był do podłoża za pomocą szpilek.

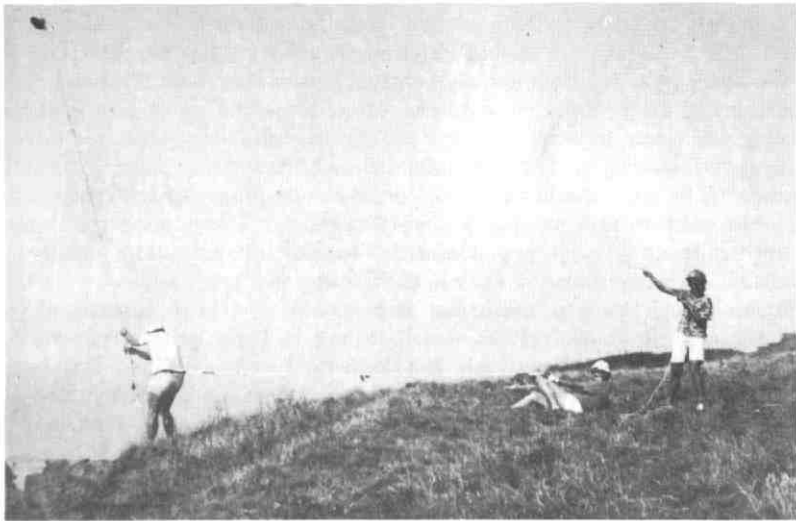
Nachylenie 6 metrowego masztu pod kątem 25° powoduje, że aparat fotograficzny znajduje się na wysokości 5,2 m. Wykonane z tej wysokości zdjęcie, przy obiektywie o kącie rozwarcia 35° obejmuje obszar o wymiarach 4,2 m × 3,6 m, ryc. 13. Dla uzyskania zdjęć pojedynczych odległość między stanowiskami powinna wynosić 2 do 3 m. Natomiast w przypadku wykonywania zdjęć z pokryciem stereoskopowym odległość między stanowiskami należy zmniejszyć do 0,5-1 m.

W celu ułatwienia późniejszego opracowania zespołu zdjęć zaleca się, aby na każdym zdjęciu były odfotografowane przynajmniej trzy repery, a dwa



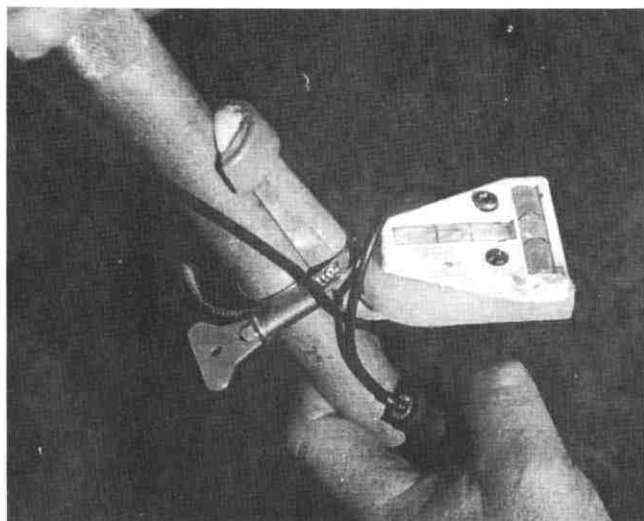
Ryc 9. Aparat fotograficzny umieszczony na ramie i przymocowany do niej za pomocą śruby motylkowej. Na zdjęciu widoczny jest również przewód z gumową gruszką służącą do pneumatycznego uruchamiania igły spustowej

Fig. 9. The camera as housed in the base plate and clamped to it by a winged nut. The pressure bulb and ejector-needle of the pneumatic lead are also shown

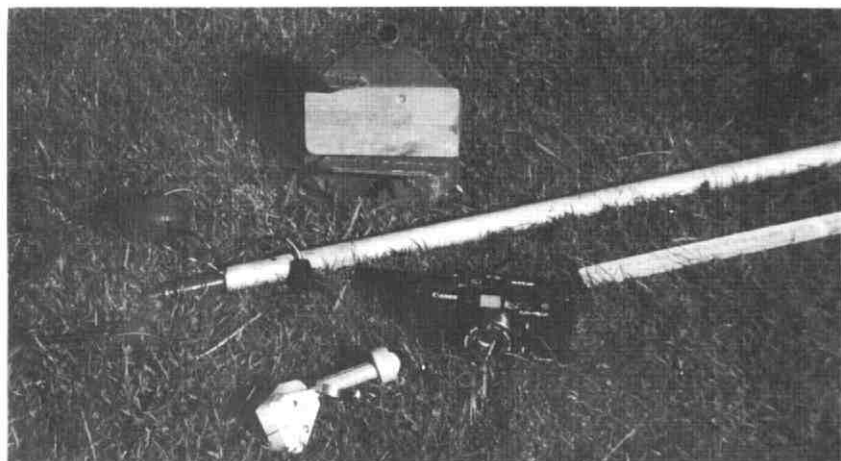


Ryc 10. Saunton Down, Devon, Anglia. Wykonywanie zdjęć niskopoziomowych, we wrześniu 1991 roku, za pomocą czteroczęściowego masztu. Sprzęt obsługiwany jest przez trzy osoby. Pierwsza trzyma i przesuwa maszt oraz obsługuje aparat fotograficzny, druga utrzymuje w równowadze maszt za pomocą linki oraz ubezpiecza aparat w razie jego upadku, trzecia osoba, ze względu na niebezpieczne warunki pracy przy krawędzi pionowej ściany klifu, ubezpiecza operatora obsługującego maszt. Z tych badań pochodzi stereogram pokazany na rycinie 5

Fig. 10. The 4-segment single pole system in use. Two persons operate the equipment: the first holds and moves pole and takes the photograph; the second supports the camera platform and helps to balance the pole by use of the guy-ropes. In this special instance, a third person supports the poleman. This was because of the particularly dangerous edge-of-cliff conditions. Survey at Saunton Down, Devon, England, September 1991. From this survey was derived the stereopair shown as fig.5



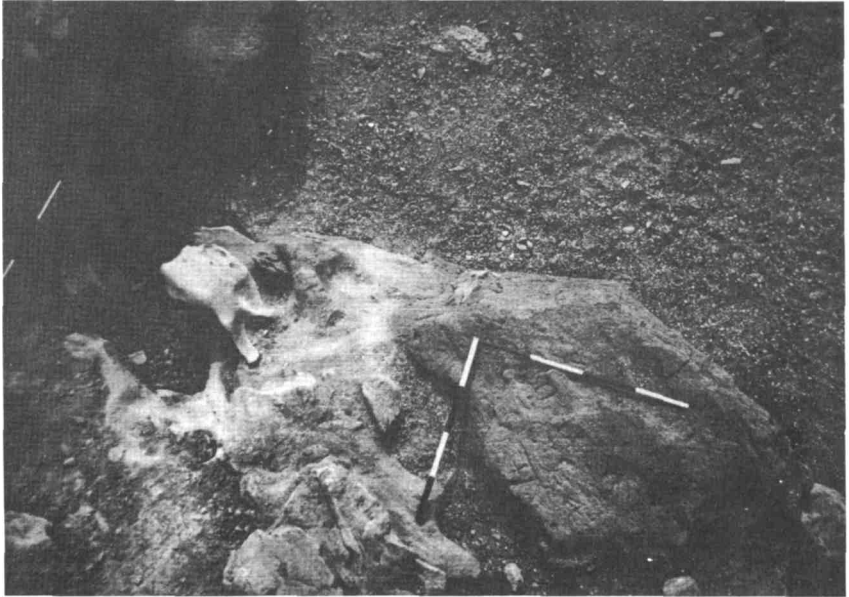
Ryc 11. Przyrząd poziomujący (podwójna libelka spirytusowa) z gruszką pneumatyczną
Fig. 11. The double spirit level attachment and pressure bulb in use



Ryc 12. Elementy wielosegmentowej konstrukcji masztowej używanej przez autorów
Fig. 12. The elements of the multi-segmented single pole system as used by the Authors

z nich znajdowały się w strefie pokrycia stereoskopowego. najlepiej jest gdy dwa repery (tyczki) stykają się pod kątem prostym i są równoległe do boków zdjęcia, ryc. 13.

Koszty skonstruowania opisanego wyżej sprzętu były niewielkie. Konstrukcja została wykonana w Katedrze Inżynierii Cywilnej, City University London, ze standardowych półproduktów. Oszacowano, że całość kosztów wyniosła około 80 GBP. Cena aparatu fotograficznego kupionego w roku 1978 wynosiła 120 GBP.



Ryc 13. Stanowisko badawcze na półce klifu w Saunton Sands, Devon, Anglia. Fragment zdjęcia wykonanego z wysokości 5,8 m za pomocą czteroczęściowego masztu i aparatu fotograficznego CANON AF35M. Widoczne na zdjęciu tyczki, pomalowane są na czarne i białe 25 centymetrowe odcinki.

Fig. 13. The fragment of photograph taken from a height of 5,8 m using the 4-segment single pole system and the CANON AF35M camera. The targets are painted black and white at 25 cm intervals. Survey of raised beach ledge at Saunton Sands, Devon, England.

System trójnoga

Elementy składowe trójnoga są w większości identyczne z elementami składowymi masztu. W przypadku trójnoga nie używa się jednak niektórych elementów, takich jak linka pomocnicza lub libelka.

Na rycinie 14 pokazano sposób montowania trójnoga i jego użycie przy wykorzystaniu wszystkich segmentów. Kolejne rurki trójnoga przykręcane są w odpowiedniej sekwencji do każdej nogi, tak że maksymalna liczba rurek w każdej nodze wynosi 6. Zapewnia to umieszczenie aparatu na wysokości

8,4 m nad powierzchnią terenu. Rozmiary odfotografowanego terenu obiektywem o kącie widzenia 35° wynoszą wówczas — 7 m \times 4,2 m (ryc. 15).

W czasie bezwietrznej pogody lub słabego wiatru trójnóg jest mocną i stabilną konstrukcją, zapewniającą uzyskanie pionowych lub prawie pionowych zdjęć. W przypadku silniejszego wiatru rama aparatu fotograficznego kolysze się i oś obiektywu, w czasie wykonywania zdjęcia, może być odchyłona kilka stopni od pionu. Jednak jakość zdjęć wykonywanych w niesprzyjających warunkach jest również bardzo dobra.

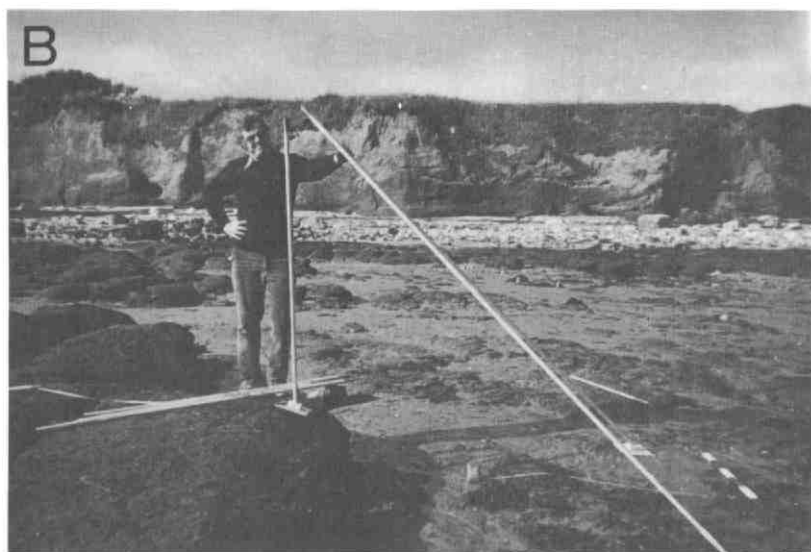
Nogi trójnoga są wystarczająco elastyczne do przesuwania całej konstrukcji z jednego stanowiska fotograficznego na następne. Dzięki temu unika się dość długiej i uciążliwej czynności rozmontowywania i ponownego składowania całej konstrukcji. Każda z nóg trójnoga może być przesuwana o około 0,5 m. Przemieszczenie całej konstrukcji może odbyć się w ciągu kilku minut. Elastyczność nóg w zakresie 0,5 m została zaprojektowana celowo, aby można było przeciwdziałać nierównościom terenu. Uzupełnieniem konstrukcji są trzy metalowe podstawy dla nóg trójnoga (ryc. 14 B). Zapobiegają one zapadaniu się konstrukcji wówczas gdy ustawiana ona jest na miękkim lub grząskim podłożu.

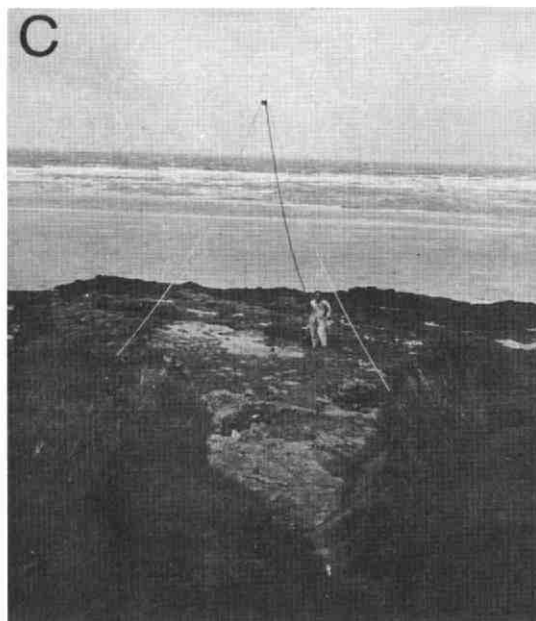
Aby umożliwić szybkie i dobre wykonanie zdjęć stereoskopowych, bez konieczności przesuwania trójnoga, wprowadzono specjalne saneczkowe urządzenie umożliwiające przesuwanie aparatu fotograficznego w zakresie do 0,5 m. Przeprowadzone testy wykazały, że określanie wysokości obiektów, na podstawie pomiaru paralaksy na wykonanych z trójnoga zdjęciach stereoskopowych, jest prawidłowe, a błąd tych obliczeń nie jest większy niż 5%.

Zdalnie sterowany model latający

Metoda zdjęć niskopoziomowych, oparta na wykorzystaniu zdalnie sterowanego modelu latającego użyta została podczas badań form paleokrasowych występujących w prekambryjskich marmurach w zatoce Cemaes Bay na wyspie Anglesey w Północnej Walii. Zdjęcia wykonywała firma usługowa Dragon Aviation z Wrexham w Północnej Walii. Wybranie przez autorów, tej metody fotografowania, podyktowane było trudnymi warunkami terenowymi (skalisty i bardzo śliski grunt w obrębie strefy międzyplywowej). Czas prowadzenia badań zaplanowano na okres pływu kwadrowego, kiedy to występuje największy odpływ morski. Stwarzało to szczególnie sprzyjające możliwości badania form paleokrasowych, które występują w części wybrzeża zalewanej wodą przez cały czas za wyjątkiem krótkich okresów odpływów kwadrowych.

Użyty model latający należy do modeli o małych gabarytach (ryc. 16). Rozpiętość jego skrzydeł wynosi 2 m, a długość kadłuba 1 m. Waży on 4,5 kg i może udźwignąć ciężar o masie 2,5 kg. Szybkość lotu może zmieniać się od 35 do 70 km/h. Silnik o pojemności skokowej 15 cm³ napędzany jest mieszaną etanolową. Zbiornik paliwa zapewnia utrzymanie się modelu

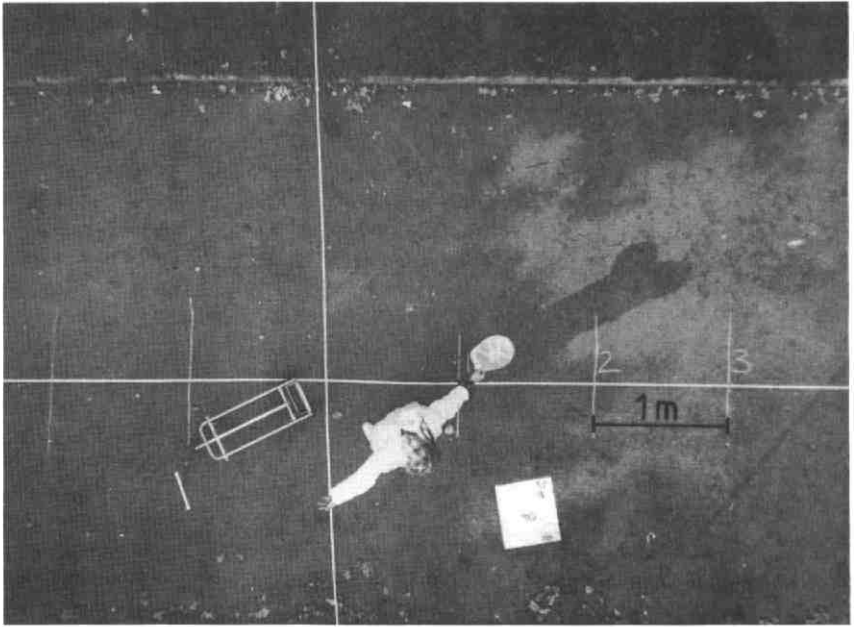




Ryc.14. Kolejne etapy montowania systemu trójnoga. A - trzy górne rurki trójnoga przymocowane są do ramy aparatu fotograficznego. B - kolejno dodawane są następne rurki; nogi trójnoga umieszczone są w specjalnej plastikowej podstawie, która zapobiega zapadaniu się konstrukcji w piasek oraz utrzymuje je suche i czyste. C - system trójnoga po złożeniu; wyraźnie widoczna jest elastyczność 9 metrowych nóg konstrukcji. Badania prowadzone były w warunkach bardzo silnego wiatru. Aby zachować stabilność całej konstrukcji, nogi trójnoga były maksymalnie rozsunięte. W normalnych warunkach pogodowych nogi ustawiane są o 1-1,5 m bliżej środka konstrukcji

Fig. 14. The successive stages in the assembly of the tripod system. A - the 3 uppermost rods of the tripod are attached to the camera base plate. B - The other rods are added in rotation; note that on a sandy foreshore the legs are placed in plastic „shoes”; this not only prevents the legs from sinking into the soft beach sand, but also, of course, keeps them dry and clean. C - the tripod system fully assembled; note the flexing of the 9 m long legs. Survey carried out in gale force winds. All three legs were extended outwards, more so than usual owing to the windy conditions; normally, in calm weather, the legs would be placed ca 1-1,5 m closer to the photocentre than as is shown here

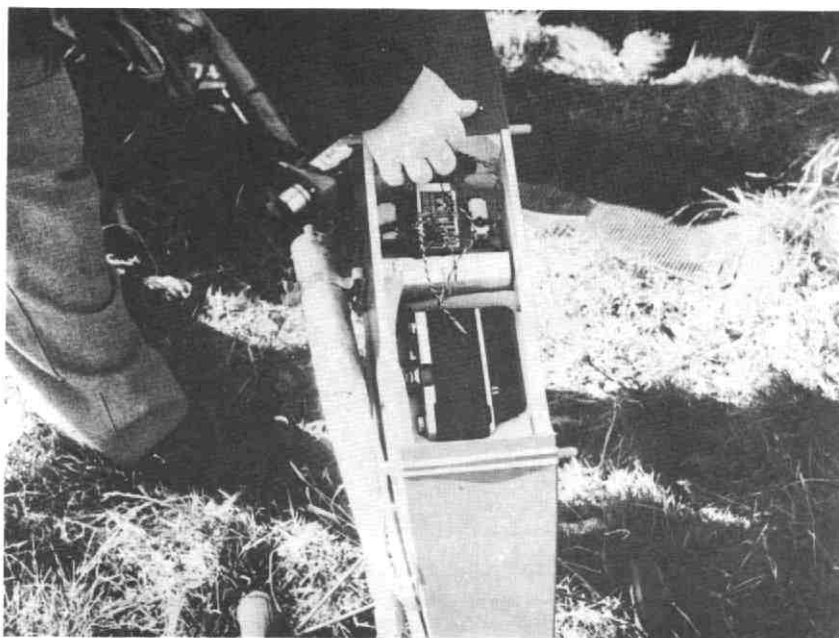
w powietrzu przez okres 30 minut. W dolnej części kadłuba oraz w jego lewej burcie wycięte są dwa okrągłe otwory umożliwiające wykonywanie, odpowiednio, zdjęć pionowych oraz zdjęć skośnych (ryc. 17 i 18). Zdjęcia skośne wykonywane są przy odchyleniu osi obiektywu aparatu fotograficznego od pionu o 50°. Spodnia strona kadłuba i skrzydeł pomalowana jest farbą przeciwodblaskową, zapobiegającą dodatkowemu zaświeteniu negatywu. Do fotografowania używano aparatu fotograficznego OLYMPUS OMIO, z automatycznie regulowaną ogniskową. Montowany on był wewnątrz kadłuba, w specjalnej gumowej oprawie, zabezpieczającej aparat przed zniszczeniem przy ewentualnym upadku modelu. Spust migawki aparatu fotograficznego,



Ryc 15. Eksperymentalne zdjęcie wykonane z aparatu CANON AF35M za pomocą trójnoga w celu określenia rozmiarów od fotografowanej powierzchni. Wysokość aparatu 8,7 m, kąt rozwarcia obiektywu 35°. Stwierdzono, że jednorazowo może być od fotografowana powierzchnia licząca 29,4 m²

Fig. 15. Experimental photography to determine the area covered by the CANON AF35M at maximum working height 8,7 m on level ground: 29,4 m² in a viewing angle of 35°





Ryc 17. Sposób umieszczenia aparatu fotograficznego w modelu latającym w celu wykonywania zdjęć pionowych

Fig. 17. The camera placed in the model aircraft for taking vertical photographs

jak również manewrowanie modelem, odbywa się drogą radiową. Do utrzymania modelu, w trakcie lotu, w pozycji poziomej służy mechanizm żyroskopowy. W modelu znajduje się spadochron uruchamiany automatycznie w przypadku awarii silnika.

Podczas wykonywanych badań terenowych stwierdzono, że cykl czynności: załadowania filmu do aparatu fotograficznego, włożenie kamery do modelu, wzniesienie się modelu na wymaganą wysokość, wykonanie zdjęć nad badanym terenem, wylądowanie, wyjęcie aparatu i filmu, zajmowało średnio 20 minut. W dniu wykonywania zdjęć (1991.10.03) pogoda nie była zbyt sprzyjająca do tego rodzaju prac. Prędkość wiatru wynosiła 60 km/h. Była to górna dopuszczalna granica szybkości wiatru, przy której właściciel modelu zgadzał się na prowadzenie lotów.

Ryc 16. Zdalnie sterowany model latający Dragon Aviation używany do wykonywania zdjęć podczas badań form paleokrasowych rozwiniętych w kambryjskich marmurach w Cemaes Bay, Anglesey, Północna Walia

Fig. 16. The Dragon Aviation model aircraft used to take the photographs in the survey of the paleokarst development in Cambrian host-rocks at Cemaes Bay, Anglesey, North Wales



Ryc 18. Sposób umieszczenia aparatu fotograficznego w modelu latającym w celu wykonywania zdjęć nachylonych

Fig. 18. The camera cradled in the model aircraft for taking oblique photographs

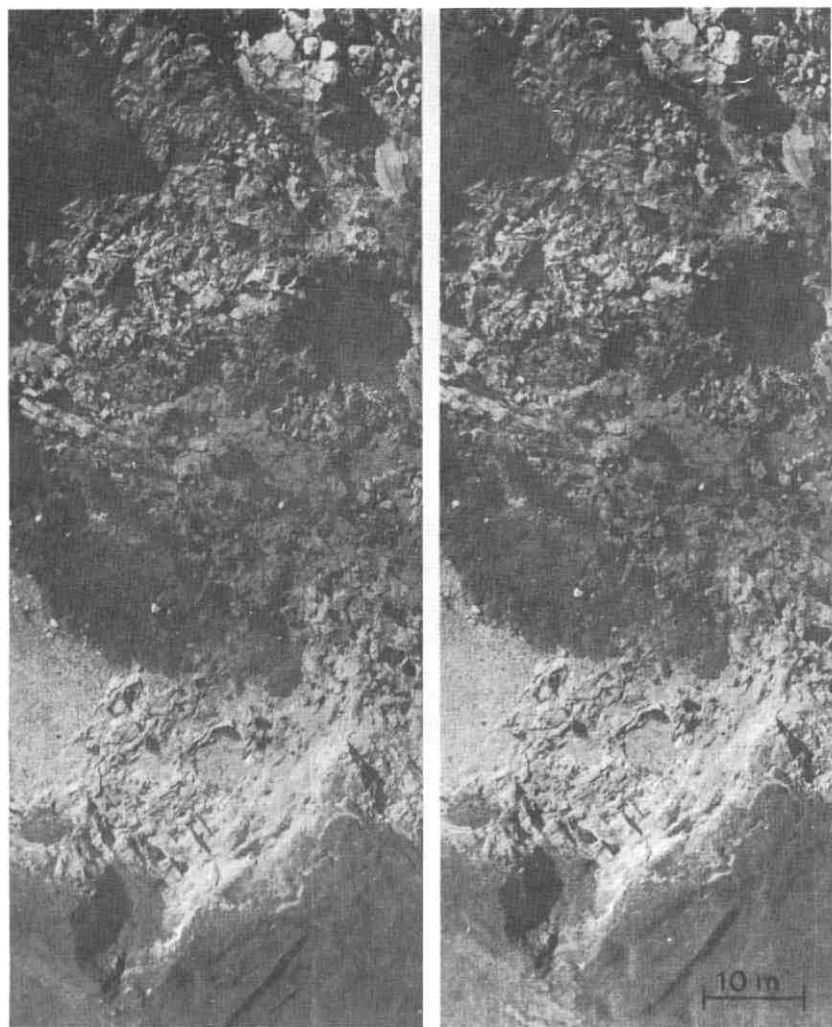
Wykonano cztery naloty fotograficzne, na różnych wysokościach od 30 do 500 m nad powierzchnią terenu. W trakcie każdego lotu wykonywane były zdjęcia stereoskopowe z pokryciem podłużnym 80%. W trakcie każdego z nalołów używano innego rodzaju filmu. Zdjęcia wykonywane były na filmach: panchromatycznym, podczerwonym i barwnym. Przykłady zdjęć: panchromatycznego i podczerwonego pokazano na ryc. 19 i 20.

Całe przedsięwzięcie wykonywania niskopoziomowych zdjęć lotniczych ze zdalnie sterowanego modelu latającego trwało 3 godziny, a jego koszt wyniósł 200 GBP.

UWAGI KOŃCOWE

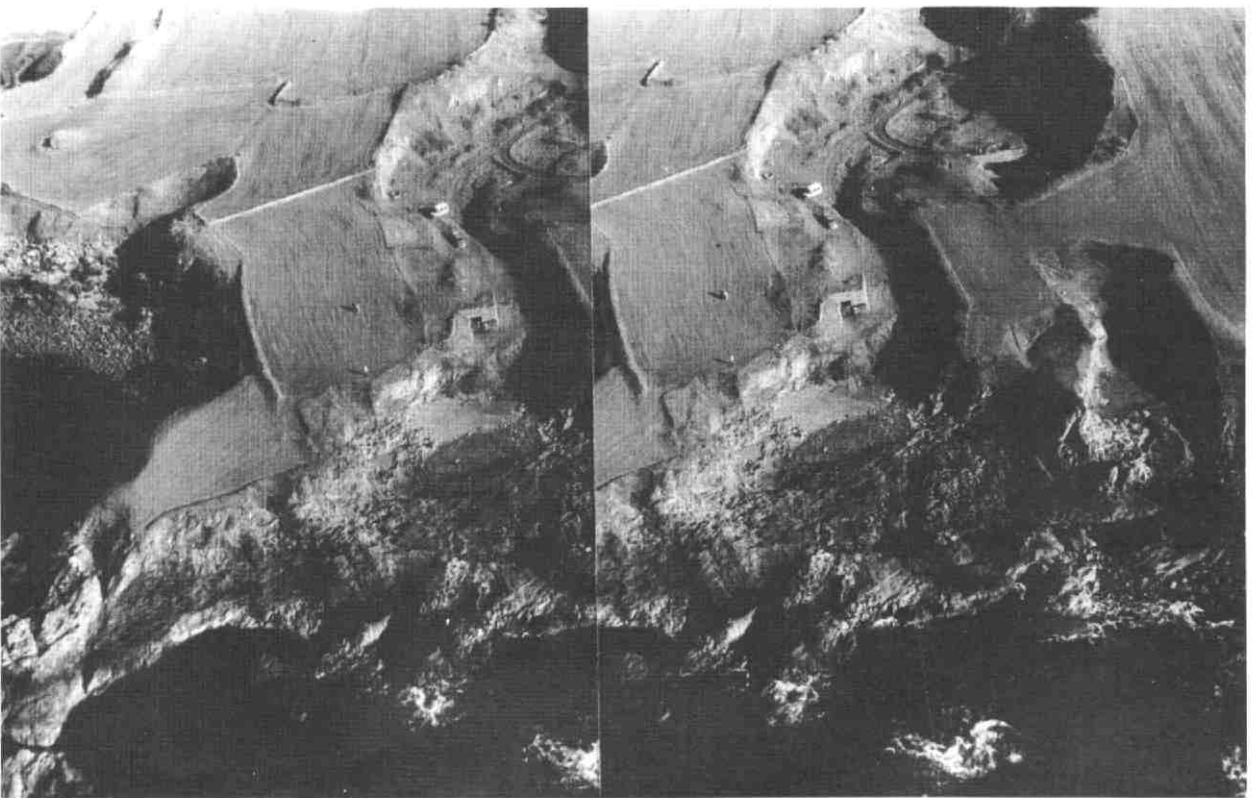
1. Użycie metody zdjęć niskopoziomowych w szczegółowych badaniach geomorfologicznych przyczynia się do przyśpieszenia badań terenowych i znacznego ich ułatwienia, zwłaszcza w terenie trudnodostępnym, przy braku możliwości uzyskania konwencjonalnych zdjęć lotniczych lub ich nieprzydatności ze względu na zbyt małą skalę.

2. Zdjęcia niskopoziomowe są doskonałym sposobem rejestracji form rzeźby oraz innych zjawisk i związków przestrzennych występujących na



Ryc 19. Cemaes Bay, Anglesey, Północna Walia. Stereogram zdjęć panchromatycznych wykonanych z modelu latającego z wysokości około 100 m n.p.m. Okragłe lub prawie okragłe formy paleokrasowe wypełnione silnie zwietrzałym materiałem krystalicznym występują w nierównej powierzchni platformy zbudowanej z kambryjskich osadów węglanowych. Występuje ona na tej samej wysokości, do której sięgają przypyły, ale jej geneza jest w dużej części związana z działalnością eksploatacyjną w kamieniołomie

Fig. 19. Cemaes Bay, Anglesey, North Wales. The stereopair of the vertical black and white panchromatic prints taken from ca. 100 m A.S.L. Circular or near-circular pipes containing deeply-weathered material apparently of igneous origin are present in the rough platform cut across Cambrian carbonates which coincides in height with that of normal high tides, but which probably owes much of its forms to quarrying activity



Iwona Morawiecka, Peter Walsh

- Ryc 20. Cemaes Bay, Anglesey, Północna Walia. Stereogram zdjęć nachylonych wykonanych z modelu latającego, z wysokości około 120 m n.p.m., w zakresie podczerwieni. Badania przeprowadzone były w czasie pływu kwadrowego. Wyraźnie widoczny jest skomplikowany system spękań w skale macierzystej. W północnej części przyładka, ze znajdującymi się tam formami paleokrasowymi, występuje duża eliptyczna zatoczka, wskazująca prawdopodobnie na dawną działalność korozji krasowej, której produkty zostały już usunięte w wyniku erozji morskiej
- Fig. 20. Cemaes Bay, Anglesey, North Wales. Infra-red, black and white oblique prints taken from ca. 120 m A.S.L. The survey was made at a time of low spring tide. Note the complex fracture systems in the Cambrian host rock and the large elliptical embayment on the north side of the headland containing the pipes, which may indicate the former presence of a karstic weathering feature now removed by marine erosion

badanym terenie. Metoda jest przydatna zarówno do badania terenów płaskich jak i o urozmaiconej rzeźbie pod warunkiem, że są one dobrze odświetlone.

3. Wykonanie potrzebnego sprzętu, przy dostępności do odpowiednio wyposażonego warsztatu, nie powinno nastroczać większych trudności.

4. Przygotowując się do wykonania niskopoziomowych zdjęć, zwłaszcza z modeli latających, należy uprzednio uzyskać legalizację prawną tych działań. Dostęp do modelu latającego i jego odpowiednie wyposażenie najlepiej jest załatwić we współpracy z klubem modelarskim.

5. Opisane konstrukcje i techniki wykonywania zdjęć niskopoziomowych użyte zostały w szczegółowych badaniach geomorfologicznych, oczywiście jest jednak, że mogą one znaleźć zastosowanie i w wielu innych dziedzinach terenowych badań środowiska geograficznego.

Podziękowanie. Autorzy pragną podziękować następującym osobom i instytucjom za pomoc w prowadzeniu swoich badań. Panu P. Bonomini - za zaprojektowanie wielu elementów trójnoga i nadzorowanie jego konstrukcji; Pani S.B. de Ionno — za pomoc w rozwijaniu terenowych technik systemu trójnoga; Pani A. Fussell oraz Panu J. Hooker — za pomoc w dostępie do artykułów naukowych dotyczących tematu zdjęć niskopoziomowych; instytucjom: National Trust of England and Wales — za zgodę na przeprowadzenie badań na ich terenie w Cemaes Bye; City of London Polytechnic — za umożliwienie wyjazdu na staż oraz możliwość korzystania ze sprzętu i pomieszczeń uczelni.

LITERATURA

- Bascom W.R., 1941: *Possible applications of kite photography to Archaeology and Ethnology.* Illinois State Academy of Science Transactions, Vol., 34 No 2, str. 62-63.
- Baughen D.J., Walsh P.T., 1980: *Palaeokarst phenomena in the Carboniferous Limestone of Anglesey, North Wales.* Transactions of the British Cave Research Association, No 7, str. 13-30.
- Fleming D., 1978: *A simple wooden bipod for vertical photography.* Bulletin of the Institute of Archaeology, Vol., 15, str. 131-148.
- Gu y P.L.O., 1932: *Balloon Photography and Archaeological Excavation.* Antiquity, Vol., 6, str. 148-155.
- Hume I.N., 1969: *Historical Archaeology.* Alfred A Knopf, New York.

- Nylen E., 1964: *A turret for vertical photography*. Antikvarist arkiv, Vol., 24, str.1-79.
- Rajewski Z., 1959: *Helikoptery w badaniach archeologicznych*. Wiadomości Archeologiczne, T., 26, z., 1-2, str. 281-287.
- Skrok Z., 1991: *Archeologia podwodna*. Wydawnictwa Filmowe i Artystyczne, str. 43-48.
- Straffin D., 1971: *A device for vertical archaeological photography*. Plains Anthropologist, No 53, str 232-234.
- Sterud E.L., Pratt P.P., 1975: *Archaeological intra-site recording with photography*. Journal of Field Archaeology, Vol., 2, str. 151-167.
- Teodorowicz M., 1970: *Wieloskalowe zdjęcia helikopterowe miasta Krakowa i możliwości ich wykorzystania w praktyce*. Fotointerpretacja w geografii, T., 8, str. 157-165.
- Waldhausl P., Lubowski G., 1980: *Ballonphotogrammetrie. Paper presented to the Kongress der Internationalen Gesellschaft für Photogrammetrie*, Hamburg, Erstveröffentlichung in CZVuPh, Heft 1/1980, str. 30-39.
- Walkden G., Davies J.R., 1983: *Polyphase erosion of subaerial omission surfaces in the late Dinanlian of Anglesey, North Wales*. Sedimentology, Vol., 30, str. 861-878.
- West I.M., 1974: *Carbonate cementation of some Pleistocene temperate marine sediments*. Sedimentology, Vol., 20, str. 229-249.
- Whittlesey J.H., 1966: *Bipod Camera Support*. Photogrammetric Engineering, Vol., 32, No 6, str 1005-1010.
- Whittlesey J.H., 1970: *Tethered balloon for archaeological photographs*. Photogrammetric Engineering, Vol. 36, No. 2, str. 181-186.
- Whittlesey J.R., 1975: *Elevated and Airborne Photogrammetry and Stereo Photography*. W: E.Harp (red.), 1975: *Photography in Archaeological Research*. University of New Mexico Press.
- Wiltshire R.J., 1967: *A pole for high viewpoint photography*. Industrial and Commercial Photographer, Vol., 7, str. 53-56.

Summary

This paper suggests that there is a case for a much more widespread application of low-level air photography in Earth Science field studies.

During recent field surveys of karst and paleokarst phenomena in coastal areas of the West of England and North Wales, the Authors have used three aerial systems, namely: a multi-segmented single pole; a multi-segmented tripod and a controlled powered model aircraft.

The general requirements for an unmanned air survey platform are discussed, together with the special requirements of the Authors' own field studies. The methods and equipment used are detailed and selected results of the paleokarst systems analysed figured.

The paper attempts to justify the concept that such surveys can offer an inexpensive, rapid and accurate alternative to some parts of a conventional field investigation programme.

Maszynopis złożono w redakcji : 1992.11.06