

**Janusz Bogdan Faliński**

Białowieska Stacja Geobotaniczna  
 Uniwersytetu Warszawskiego  
 ul. Sportowa 19  
 17-230 Białowieża

## Długoterminowe badania ekologiczne na stałych powierzchniach.

### II. Podstawy i warunki realizacji

Long-term ecological studies  
 on the permanent plots.

### II. Fundamentals and realization conditions

„Czas –

*rzecz*

*niezwykle długowieczna”.*

Włodzimierz Majakowski – „Dobrze”

Tłum. A. Sandauer

*„Jeśli zjawiska kolejno docierają do naszej świadomości, nie powinniśmy z tego wnioskować, że w rzeczywistości tak po sobie następują, jak je odbieramy, a jeszcze mniej mamy powodów, by wierzyć, że powstają w tej chwili właśnie, gdy je postrzegamy”.*

Anatol France – „Historia komiczna”

Tłum. P. Herz

## 1. Wprowadzenie

Długoterminowe badania, rozumiane jako badania towarzyszące procesom zachodzącym w przyrodzie, są z natury złożone. Wymagają one równoczesnego spełnienia przynajmniej siedmiu warunków. Oto one:

1. dojrzała koncepcja naukowa, w tym zwłaszcza: jasno sformułowane cele, hipotezy i przedmiot badań; szczegółowy plan i terminarz prac;
2. odpowiednio wybrany, przygotowany i zabezpieczony obiekt (rys. 1);
3. system stałych powierzchni badawczych (rys. 2–5);
4. długoterminowe i regularne obserwacje;
5. złożona procedura badawcza (rys. 7);
6. systematyczna archiwizacja danych i ich opracowywanie na bieżąco;
7. zespół kwalifikowanych pracowników, sprawne kierownictwo; dostateczne środki finansowe i techniczne.

## 2. Koncepcja badań

W omawianych badaniach dojrzała, czyli optymalna koncepcja to koncepcja, 1) która w danych warunkach pozwala na uwzględnienie wszystkich zjawisk niezbędnych dla zrozumienia istoty badanego procesu lub ogólniej: osiągnięcia celu,

2) która zapewnia zebranie danych niezbędnych do weryfikacji przyjętych założeń i  
 3) która jest wykonalna przy dostępnych środkach, założonym terminie i kolejności badań. W tak sformułowanych wymaganiach zawierają się zwłaszcza dwie zasadnicze myśli: **optymalizacji badań i ekonomiki wysiłku**.

Innymi słowy: badania powinny być tak pomyślane, aby były wszechstronne, a więc możliwie głębokie i wyczerpujące, wykonane według wszelkich zasad sztuki badań ekologicznych, a przy tym możliwe do wykonania. W sformułowaniu **możliwe do wykonania** zawiera się zwłaszcza myśl: **raz rozpoczęte powinny być regularnie wykonywane i doprowadzone do zamierzonego końca** (lub w pewnych przypadkach prowadzone jako badania o nieograniczonym czasie trwania). W każdym przypadku pożyteczne jest podzielenie wieloletnich badań na etapy (patrz rozdz. 3.2 w części I).

### 3. Obiekty (poligony) i układy odniesienia do badań długoterminowych

Jednym z warunków powodzenia długoterminowych badań ekologicznych jest znalezienie odpowiednich obiektów terenowych, i to w korzystnym położeniu, czyli dostępnych dla badaczy, a przy tym pozostających w naturalnej izolacji. Konieczne jest trwałe zabezpieczenie i zarezerwowanie takiego obiektu do naszych celów, np. przez porozumienie się z jego właścicielem lub administratorem, a nawet zawarcie w szczególnej sytuacji specjalnej umowy dwustronnej. Celowe może być także powołanie specjalnego rezerwatu przyrody (rys. 2). Obiekty te nazywać można poligonami badawczymi, spełniają one bowiem w nauce rolę podobną co poligony wojskowe lub stadiony w sporcie, wydzielone obszary dla celów transportowych, masowej rozrywki, itd. Oprócz **parków narodowych i rezerwatów przyrody** tradycyjnie wykorzystywanych od dawna do tych celów, niezwykle cenne okazały się **kompleksy porzuconych pól uprawnych, łąk i pastwisk oraz formacji roślinnych użytkowanych ekstensywnie** (wrzosowiska, pustacie, torfowiska, makkia, garrigue, chapparal, itd; por. np. Gimingham 1972, Schmidt 1974, 1976, 1981, 1984, 1988, Faliński 1977, 1978, 1980a, 1980b, 1986a, 1986b, 1998a, van der Maarel 1980, Miller 1981, Rosén 1982, Schreiber 1985, 1997a, 1997b, Majer 1989, Osbornová i in. 1990, Falińska 1991, Bakker i in. 1996). Jako obiekty wyzwolone spod długotrwałej presji człowieka, zwykle położone w obszarach słabo zaludnionych, nieśpiesznie poddawane rekultywacji, stwarzają możliwość nieomal nieograniczonych badań nad sukcesją wtórną, kolonizacją, relacjami: rośliny–zwierzęta, i innymi zjawiskami. Dają przy tym swobodę podejmowania nawet daleko idących eksperymentów.

Obiekty trwale chronione świetnie nadają się do badań nad rytmiką sezonową, fluktuacją, regeneracją i innymi procesami właściwymi dla ekosystemów trwałych,

niezaburzonych lub mało zmienionych. W jednych i drugich obiektach możliwe jest także prowadzenie badań nad zachowaniem się roślinności i innych komponentów ekosystemów wobec działania gwałtownych czynników destrukcyjnych i po ich ustąpieniu, np. pożaru i w toku sukcesji bądź regeneracji popożarowej (por. np. Tra baud 1973, Clément i Touffet 1990, Gloaguen 1990, Faliński 1996b, 1998a). Zarówno obiekty formalnie poddane ochronie, jak i porzucone grunty, dają dużą **gwarancję przeprowadzenia badań w warunkach kontrolowanych i o nieograniczonym czasie trwania** (rys. 2).

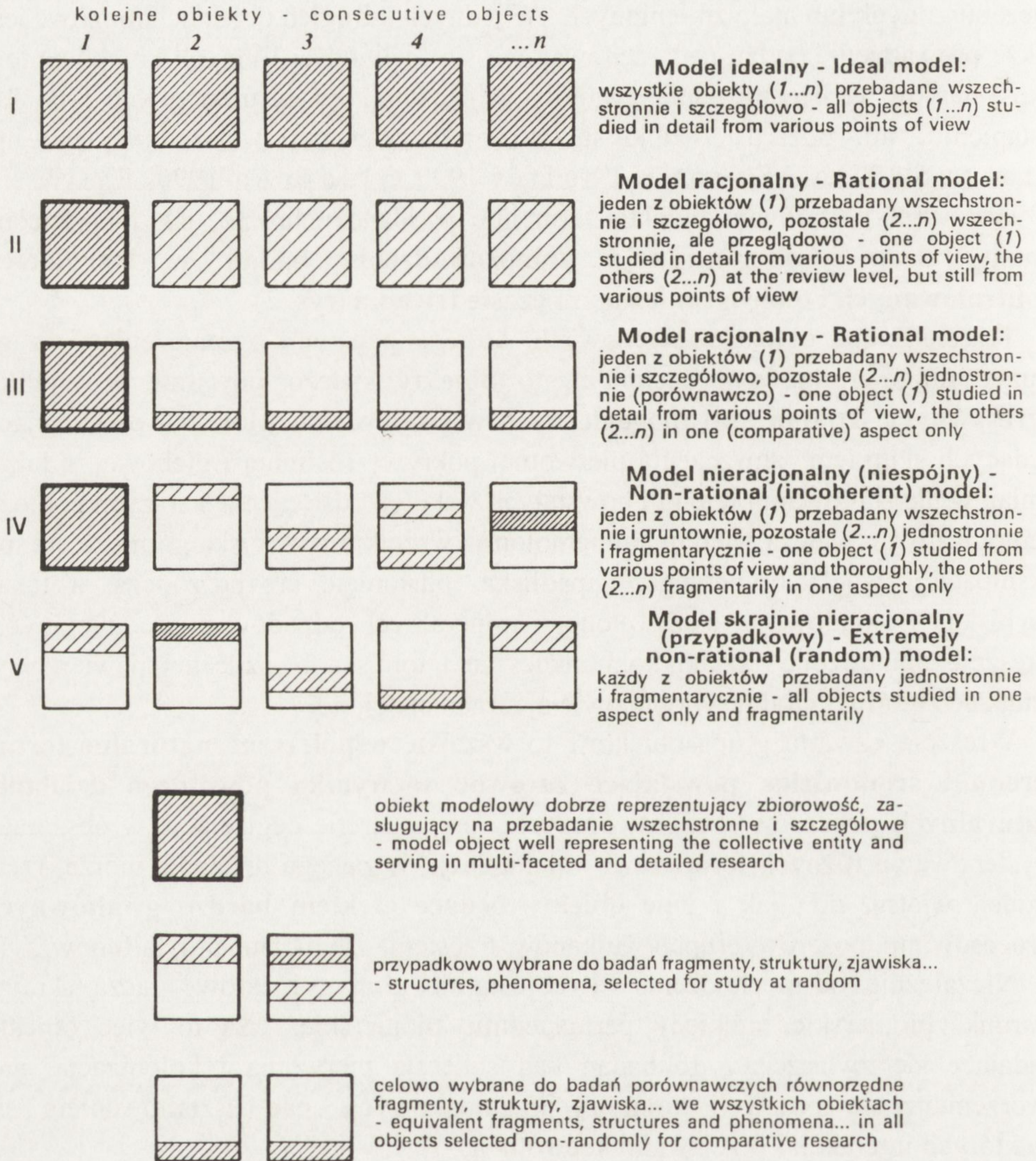
Trzecia grupa obiektów terenowych, które z pewnymi ograniczeniami mogą służyć długoterminowym badaniom, to **obiekty świeżo powstałe w wyniku agresywnych działań antropogenicznych w środowisku**. Mowa tu o sytuacjach będących skutkiem zniszczenia pierwotnej pokrywy roślinnej i glebowej, a także zmian w ukształtowaniu terenu i powstałych wskutek odsłonięcia starszych podłoży geologicznych. Należą więc tu kamieniołomy, wszelkie wyrobiska górnicze, np. po eksploatacji węgla brunatnego, zapadliska, odsłonięte erozją zbocza, a także usypiska i składowiska skały płonej i mineralnych odpadów poprodukcyjnych, wreszcie opuszczone szlaki komunikacyjne i lotniska o sztucznej nawierzchni, sztuczne zbiorniki wodne w obudowie nieorganicznej, itd.

Wreszcie czwarta grupa obiektów to wszelkie **współczesne naturalne formy terenu i środowiska, powstające zarówno w wyniku powolnego działania naturalnych procesów rzeźbotwórczych**, np. w strefie deglacjacji, w obszarach występowania różnych form erozji i akumulacji, w zasięgu działania morza, rzek, źródeł, wiatru, itd., jak i inne **obiekty będące efektem bardzo gwałtownych procesów**, np. pożarów, erupcji wulkanów, trzęsienia ziemi, tsunami, tajfunów.

Niezależnie od pochodzenia, dwie ostatnie grupy obiektów łączą skrajne warunki pionierskie, niekiedy permanentnie pionierskie. Są to więc obiekty nadające się zwłaszcza do badań nad sukcesją pierwotną i kolonizacją, nad tworzeniem się prostych kompozycji gatunkowych, nad kształtowaniem się niektórych interakcji i przejawami koewolucji.

#### 4. Wybór modelowego obiektu badań

W polowych badaniach ekologicznych istnieje silna zależność między narodzinami i rozwiązaniem postawionego problemu a konkretnym obiektem fizjograficznym. Zainteresowanie się jakimś zjawiskiem w danym obiekcie daje zwykle nie tylko przesłanki do sformułowania wstępnych hipotez i celów badań, ale skłania do poszukiwań kolejnych obiektów fizjograficznych tego samego typu (np. podobnych wysp na rzekach bądź jeziorach, torfowisk, pagórków kemowych z murawami kserotermicznymi), w których także można spodziewać się wcześniej zaobserwowanych zjawisk. Rzadko natomiast występuje sytuacja odwrotna, a więc,



**Rys. 1.** Optymalizacja w badaniach długoterminowych przez właściwy wybór obiektów badań. I–V – modele postępowania (wg Falińskiego 1997)  
Optimization of long-term study by a proper choice of the study objects. I–V: models of proceeding (after Faliński 1997)

gdy ekolog z gotową koncepcją poszukuje od początku odpowiedniego obiektu do badań. Zatem dysponowanie znaczną liczbą danych o obiektach i występowaniu w nich interesujących nas zjawisk pozwala już w fazie formułowania koncepcji badań na racjonalizację przyszłych poczynań i ograniczenie w nich elementu przypadkowości.

Pojęcie racjonalizacji poczynają odnosi się więc już do wyboru obiektu badań lub zespołu obiektów o cechach modelowych z większej liczby obiektów, w których dane zjawisko może występować (rys. 1). Wielu badaczy radzi sobie z tą kwestią intuicyjnie lub dokonuje wyboru kierując się kryteriami podrzędnymi, np. dostępnością obiektu.

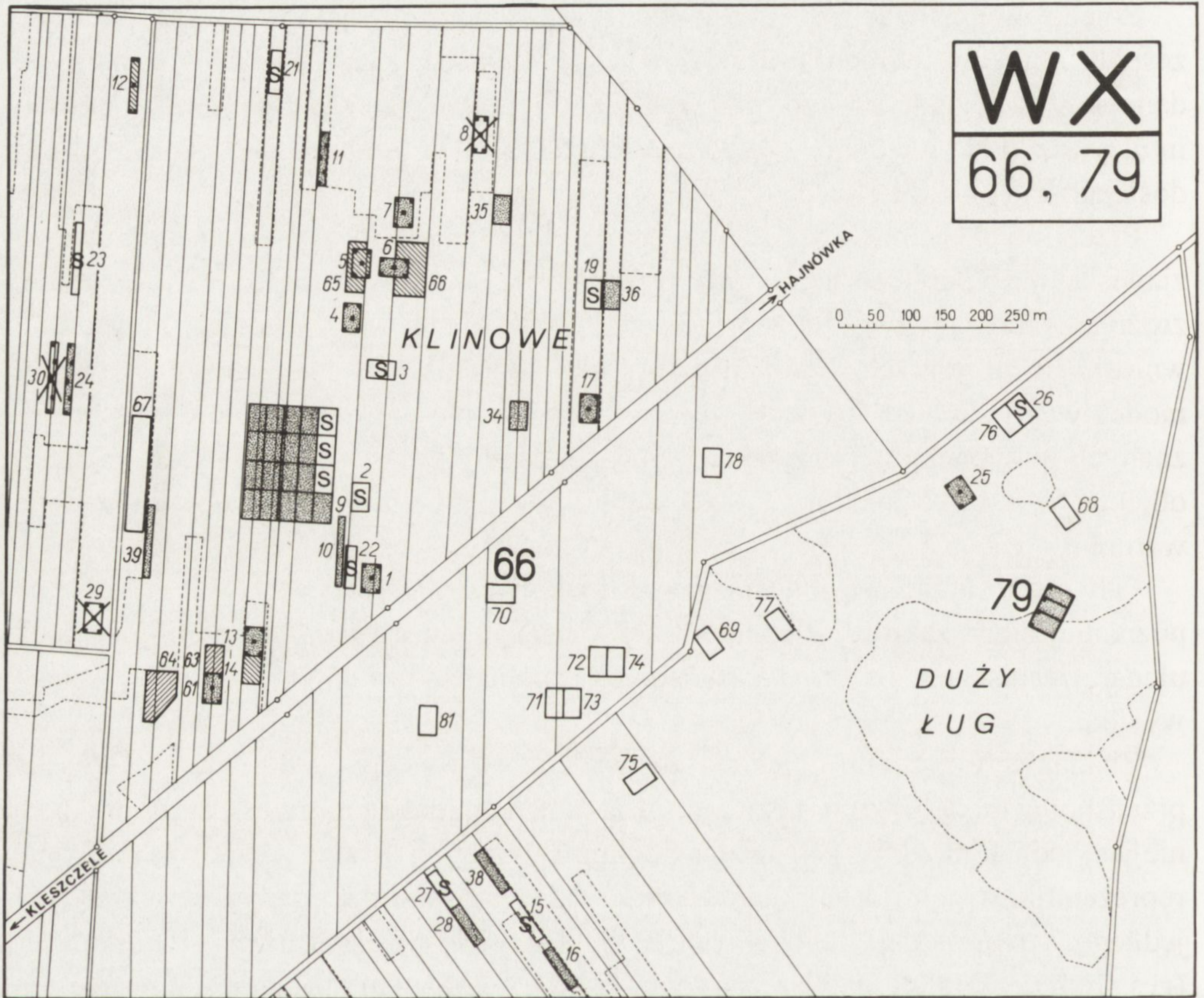
Przez obiekt modelowy rozumiem obiekt, w którym występowanie danego zjawiska ma charakter trwały lub powtarzalny, w którym jego uwarunkowania, zróżnicowanie i rozwój są reprezentatywne dla danej klasy zjawisk, a wyniki i wnioski z przyszłych badań dadzą się uogólnić. W poszukiwaniu obiektu modelowego zawiera się myśl, że nie zawsze konieczne jest badanie wszystkich znanych przypadków (wszystkich zjawisk danej klasy we wszystkich znanych obiektach), a tylko niektórych, specjalnie wybranych, za to spełniających opisane warunki.

Gdy rodzi się pokusa zbadania wszystkich możliwych przypadków z nadzieją na poznanie całego zakresu ich zmienności w czasie i przestrzeni, nie należy jej jednak ulegać, jeśli stawia się przed sobą zadania wymagające wielu lat skoncentrowanego wysiłku.

Zbadanie wszystkich obiektów ze względu na występowanie danego zjawiska przedstawia model I, który nazwać można modelem idealnym (rys. 1: I). W praktyce nie jest jednak możliwe posłużenie się nim. Biorąc pod uwagę, że żaden obiekt nie reprezentuje w pełni danej klasy zjawisk, zalecić wypada zastosowanie w praktyce jednego z dwu modeli racjonalnych, czyli II lub III (rys. 1: II lub 1: III). Model II (rys. 1: II) opiera się na wszechstronnym i szczegółowym zbadaniu interesującego nas zjawiska w jednym obiekcie (w obiekcie modelowym), a w kilku innych obiektach w sposób przeglądowy. Model III (rys. 1: III) zakłada szczegółowe zbadanie zjawiska w jednym obiekcie (w obiekcie modelowym), i uzupełnienie badań przez wybiórcze i jednostronne potraktowanie pozostałych obiektów. Odradza się natomiast stosowanie modeli nieracjonalnych (rys. 1: IV i 1: V), ponieważ materiały zebrane przy ich zastosowaniu są mało przydatne do porównań, syntezy, interpretacji, generalizacji, itd.

## **5. System stałych powierzchni badawczych jako układ odniesienia dla badań długoterminowych**

Podstawowym wymaganiem badań długoterminowych nie jest wyłącznie możliwie długi czas ich trwania, ale także, aby te badania wykonane były w tym samym układzie odniesienia. Układem odniesienia jest system stałych powierzchni obserwacyjnych i eksperymentalnych o odpowiedniej wielkości, kształcie i podziale wewnętrznym (a także system stałych punktów pomiarowych), powołany i utrwalony w trafnie wybranym, ze względu na cel i przedmiot badań, obiekcie



	obserwacje observations	eksperymenty experimentations	pobieranie prób ze zniszczeniem komponentów sampling with components destruction	powierzchnie zniszczone destroyed plots
sukcesja roślinności vegetation succession				
rozwoj populacji gatunków pionierskich development of pioneer species populations				
regeneracja popożarowa post-fire regeneration				

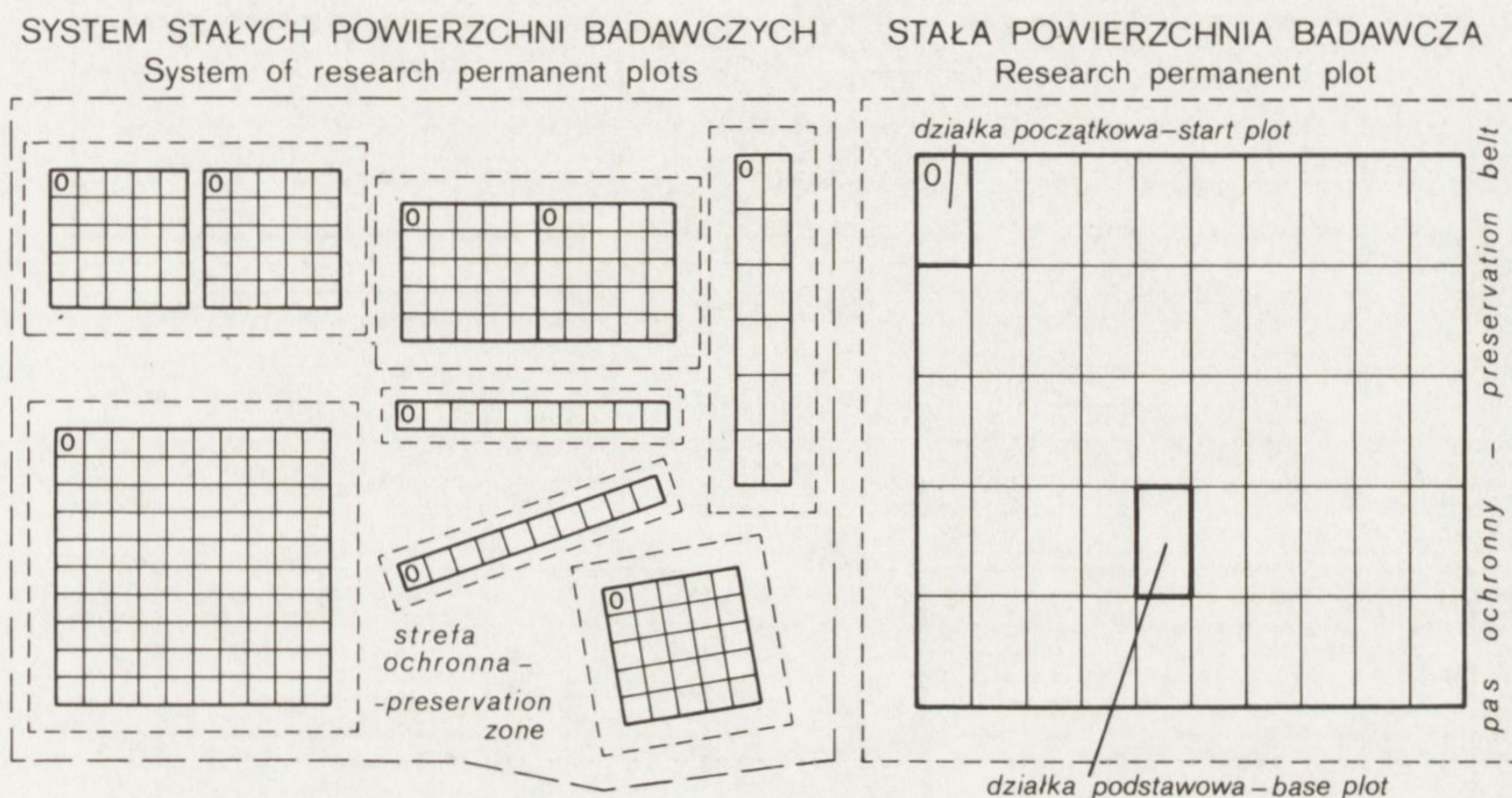
**Rys. 2.** Przykład systemu stałych powierzchni badawczych na porzuconych polach. Tworzony on był i wykorzystywany w badaniach długoterminowych w latach 1970–1999. W roku 1989 obiekt zabezpieczono trwale jako Rezerwat Jelonka

Pierwotny system stałych powierzchni (66.1–67; 79) został powiększony w roku 1992 do badań nad sukcesją popożarową (66.68–81). Każda powierzchnia – 1000 m<sup>2</sup> (0,1 ha) (wg Falińskiego 1977, 1998a)

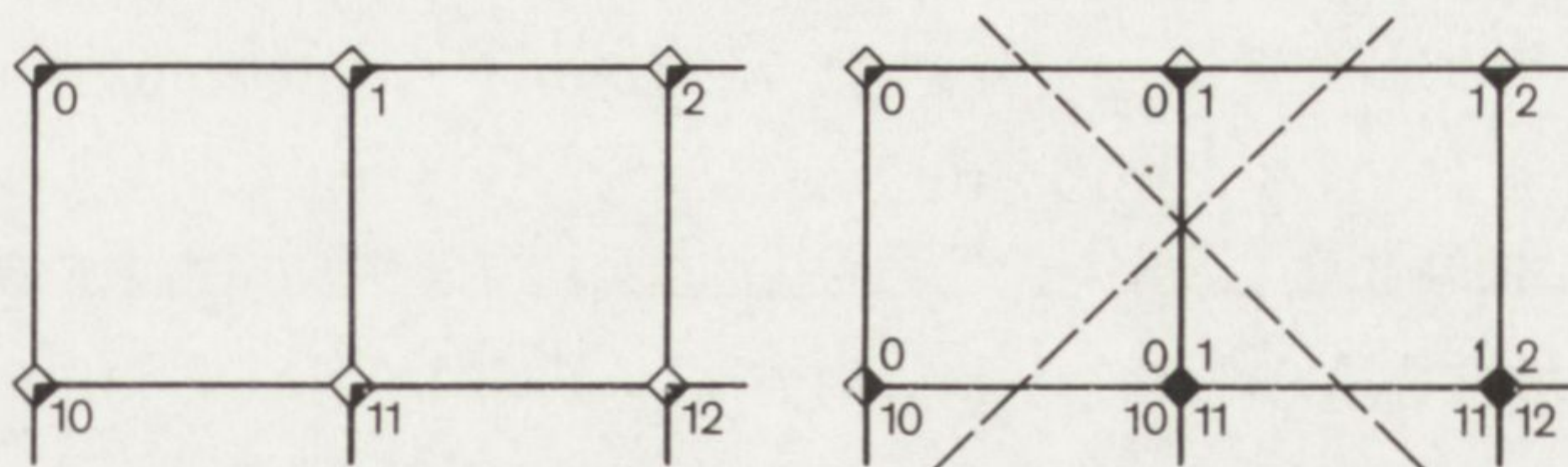
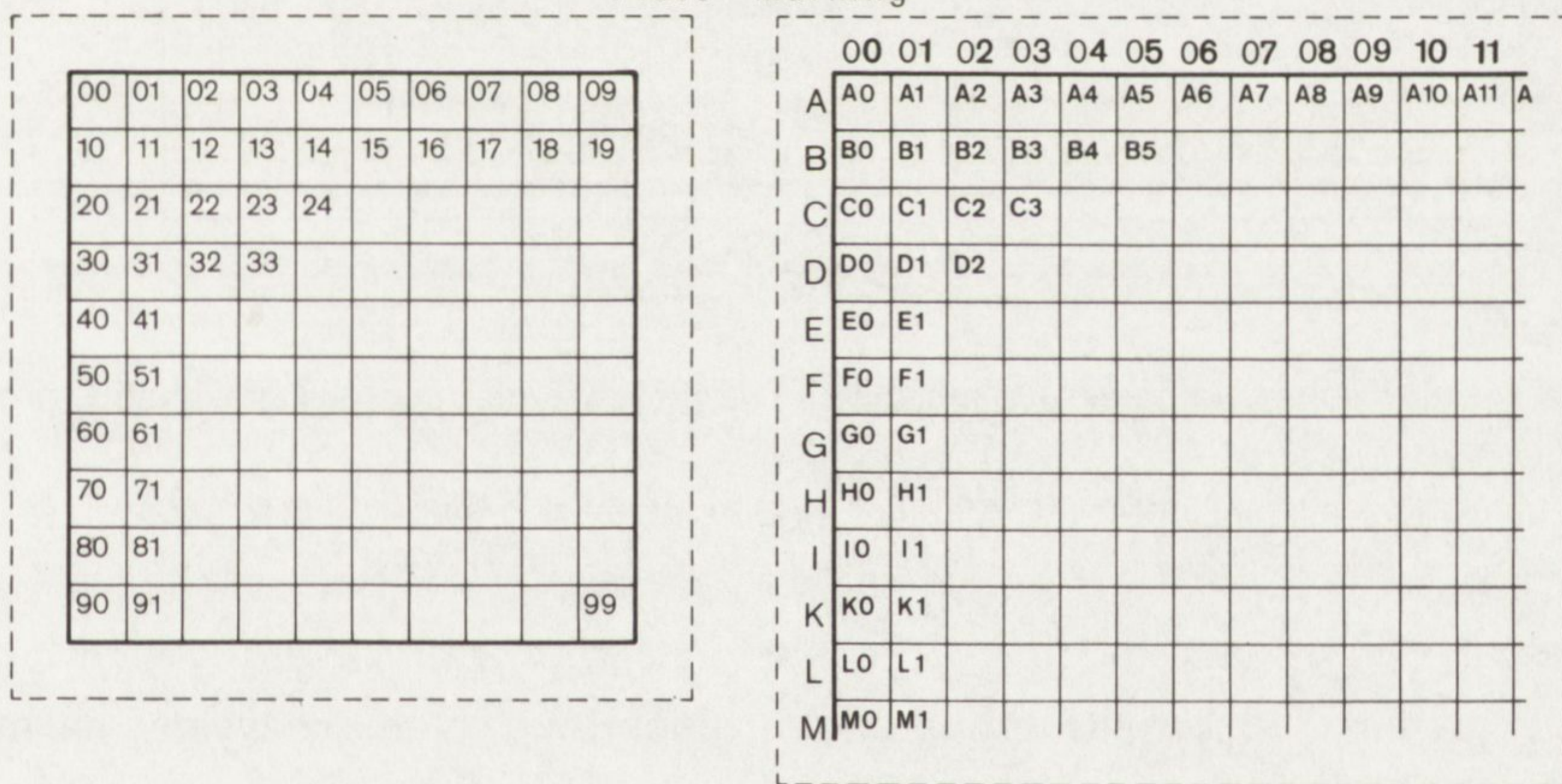
Example of a set of permanent plots on the abandoned fields (66.1–67; 79). It was created and used for long-term studies in the period 1970–1999. From 1989 the object is protected as a nature reserve (Reserve Jelonka)

In the 1992 the primary set of permanent plots was enlarged for the purpose of studies on post-fire regeneration (66.68–81). Each plot is 1000 m<sup>2</sup> (0.1 ha) (after F a l i ń s k i 1977, 1998a)

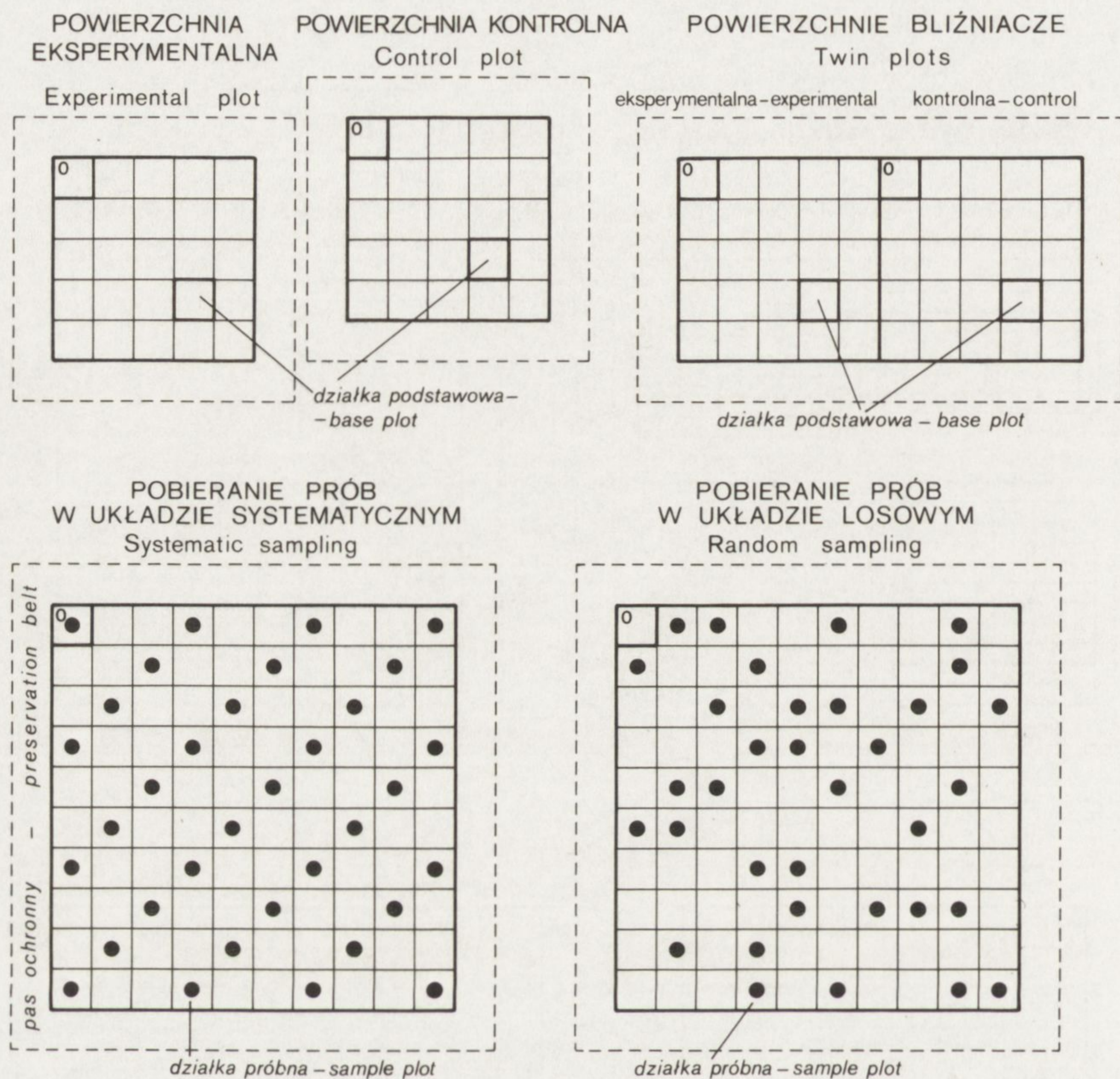
studiów (miejscu badań; por. rys. 2 i rys. 3–6). Miejsce wykonywania eksperymentów dobrze jest wybrać i zarezerwować wcześniej, nawet jeśli ich przeprowadzenie przewidziane jest na późniejszy termin (rys. 2 i 3).



OZNAKOWANIE DZIAŁEK  
Plots marking



**Rys. 3.** Organizacja stałych powierzchni badawczych: podział i oznakowanie działek (kwadratów, poletek) (wg Falińskiego, oryg.)  
Organization of the system (set) of permanent plots: plot division and fixation of base plots (squares, microplots) (after Faliński, orig.)



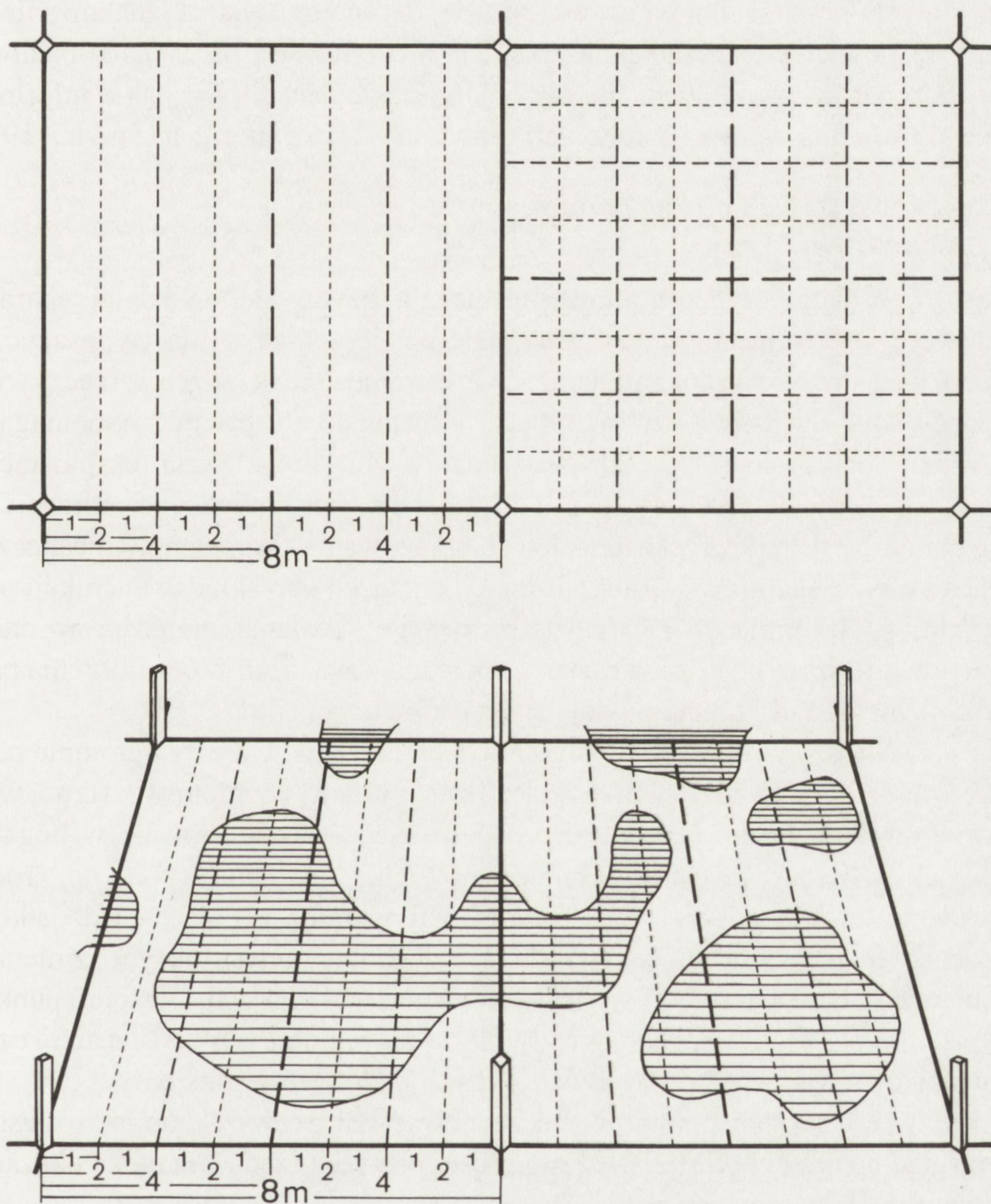
**Rys. 4.** Położenie powierzchni eksperymentalnej i kontrolnej oraz sposoby pobierania prób (wg Falińskiego, oryg.)

The location of experimental and control plots and sampling modes (after Faliński, orig.)

Układem odniesienia może być niekiedy cały pojedynczy niewielki obiekt fizjograficzny lub jednorodna grupa takich obiektów (np. małe wyspy na morzu, rzece, jeziorze, torfowisko, źródłisko). Taki obiekt traktuje się w badaniach jak jedną stałą powierzchnię (lub blok stałych powierzchni) z wewnętrznym podziałem na mniejsze kwadraty, sektory, strefy lub bez takiego podziału.

Podział wewnętrzny stałych powierzchni na mniejsze działki (działki podstawowe) musi być przeprowadzony konsekwentnie. Dla większości celów wygodne są kwadraty o boku 10 m, 5 m, 2 m, 1 m. Jeśli podział powierzchni ma służyć do częstego kartowania jakiegoś zjawiska, np. zasięgu buchtowania dzika, korzystny jest podział powierzchni na kwadraty o boku 8 m (rys. 5). Stojąc na granicy kwadratu możemy jego bok dalej umownie dzielić, aż trzykrotnie otrzymując mniejsze odcinki w całych metrach (8 : 2; 4 : 2; 2 : 2).





**Rys. 5.** Zastosowanie podziału powierzchni na kwadraty o boku 8 m ułatwiające powtarzalne kartowanie. Trzy kolejne podziały boku 8 m (8:2; 4:2; 2:2) dają zawsze odcinki w całych metrach) (wg Falińskiego, oryg.)

Application of a plot division into the squares with 8 m side, facilitating repeated mapping. Three consecutive divisions of side (8:2; 4:2; 2:2) always give segments in integer meters (after Faliński, orig.)

Praktyka wieloletnich badań nakazuje wielką dbałość i troskę o utrzymanie stałych powierzchni i gromadzenie pełnej dokumentacji ich stanu wyjściowego. Zaleca się jednolite oznakowanie wszystkich zakładanych powierzchni kolejnymi numerami, niezależnie od szczegółowych celów, którym mają służyć. Przy dużej

liczbie stałych powierzchni stosować można dziesiętny system znakowania (nr obiektu i nr powierzchni w obiekcie; rys. 2). Wykonywane zaś zadania badawcze dobrze jest opatrzyć symbolami literowymi. W bazie danych wszystkie informacje opatruje się kombinowanymi symbolami (np. Z-78, X-66.6; por. F a l i ń s k i 1977).

## 6. Wyposażenie stałych powierzchni w aparaturę i sprzęt pomiarowy

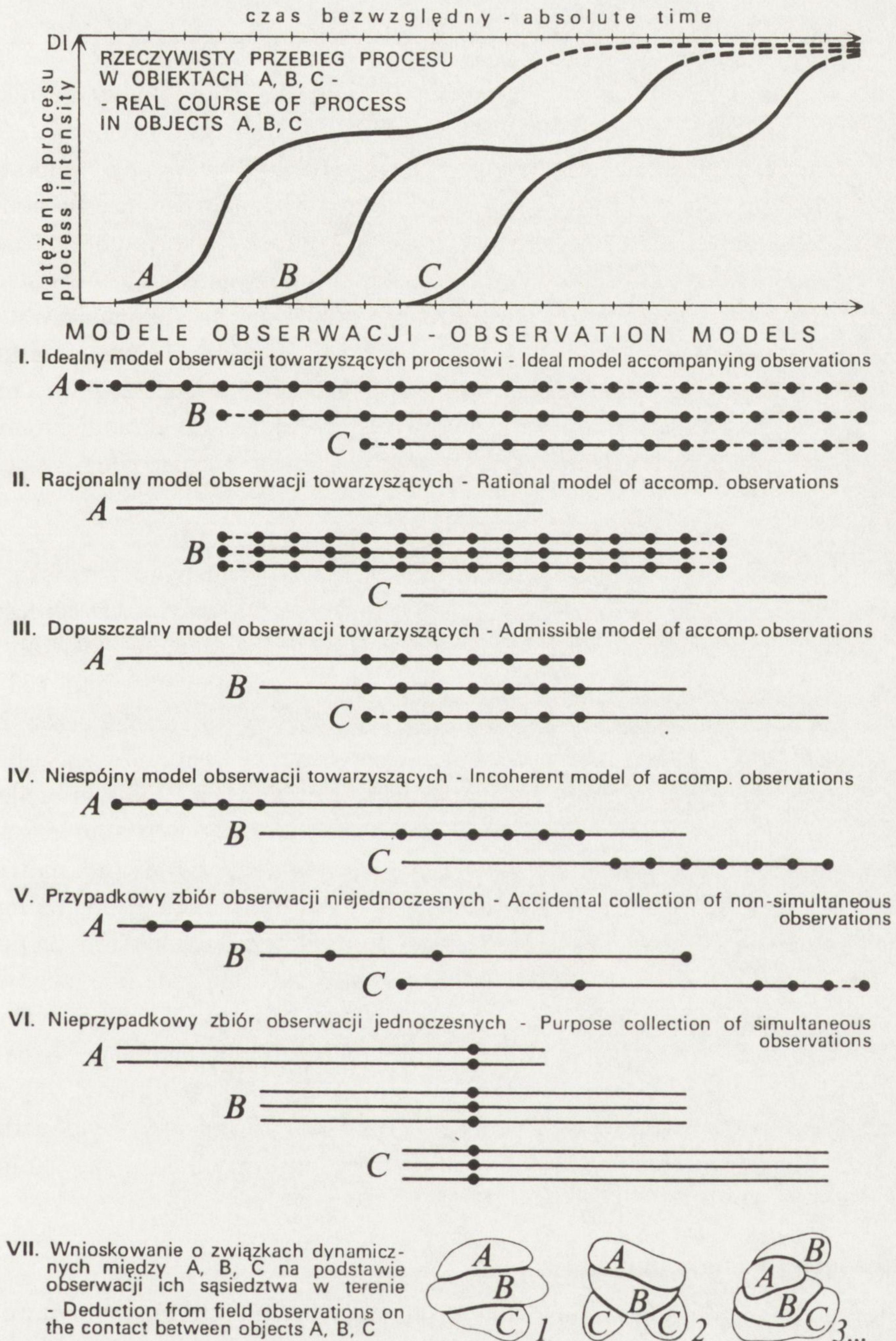
Niektóre badania długoterminowe wymagają użycia odpowiedniej aparatury pomiarowej i rejestrującej. Należy więc stałe powierzchnie w nią wyposażyć, ale tylko pod specjalnymi warunkami naraz: 1) jeśli znajdują się urządzenia rzeczywiście rejestrujące dane niezbędne dla osiągnięcia głównego celu badań i wspomagające bezpośrednio obserwacje, 2) jeśli stać nas na ich długotrwałą eksploatację i konserwację, 3) jeśli jesteśmy przygotowani do merytorycznego opracowania danych pomiarowych lub przekazania ich do opracowania kompetentnym badaczom, 4) jeśli całkowicie spełnimy warunki instalacji urządzeń określone w instrukcji przez producenta, 5) jeśli mamy gwarancję sprawnego działania urządzeń w danym obiekcie i w dłuższym przedziale czasu, a także możliwość ich zabezpieczenia przed uszkodzeniem, kradzieżą, manipulacją przez osoby trzecie, itd.

Od czasu Międzynarodowego Programu Biologicznego wzrosły ogromnie podaż i popyt na rozbudowane, bardzo kosztowne systemy pomiarowe (tzw. wieże monitoringowe) do badań ekologicznych. Stosowane są one głównie w bogatych krajach jak: Niemcy, Austria, Holandia, Wielka Brytania (por. np. roczne sprawozdanie *Institute of Terrestrial Ecology* w tym kraju), w Polsce – jednostkowo. Pierwszeństwo należy dać oczywiście urządzeniom rejestrującym zmienność interesujących nas parametrów, równocześnie w większej liczbie punktów w przestrzeni i to w sposób ciągły lub w regularnych odstępach czasu, i zapewniających wstępne przetworzenie danych i ich teletransmisję.

W wyborze urządzeń pomiarowych zachować należy umiar i rozsądek (a nie wzgląd na modę i prestiż!). Często proste i tańsze urządzenia mogą okazać się wystarczające dla naszych celów.

## 7. Wybór modelu długoterminowych obserwacji

Zarysowany wcześniej problem wyboru modelowego obiektu badań znajduje przedłużenie w wyborze modelu właściwych długoterminowych obserwacji towarzyszących (rys. 6). Na wstępie zwrócić należy uwagę na idealny model obserwacji towarzyszących procesowi, który umożliwia w pewnych odstępach czasu obejmowanie obserwacjami kolejnych obiektów (rys. 6: I; A, B, C – rzeczywisty przebieg procesu w kolejnych seriach zjawisk lub procesów w miarę jak następuje ich inicjacja). Z upływem czasu przybliża się szansa łączenia danych uzyskanych w tym samym terminie i w kolejnych obiektach, i ich syntezy bądź generalizacji



**Rys. 6.** Optymalizacja w długoletnich badaniach nad dynamiką roślinności przez wybór właściwego modelu obserwacji. I–VII – modele obserwacji. Punkty na osi oznaczają terminy obserwacji (wg Falińskiego 1989, 1998a)

Optimization of the long-term studies on vegetation dynamics by the choice of a proper observation model. I–VII: models of observations. Points of the axis stand for the terms of observation (after Faliński 1989, 1998a)

w formie wielkoskalowej mapy ekologicznej (F a l i ń s k i 1991; por. załączniki w: F a l i ń s k i 1998a).

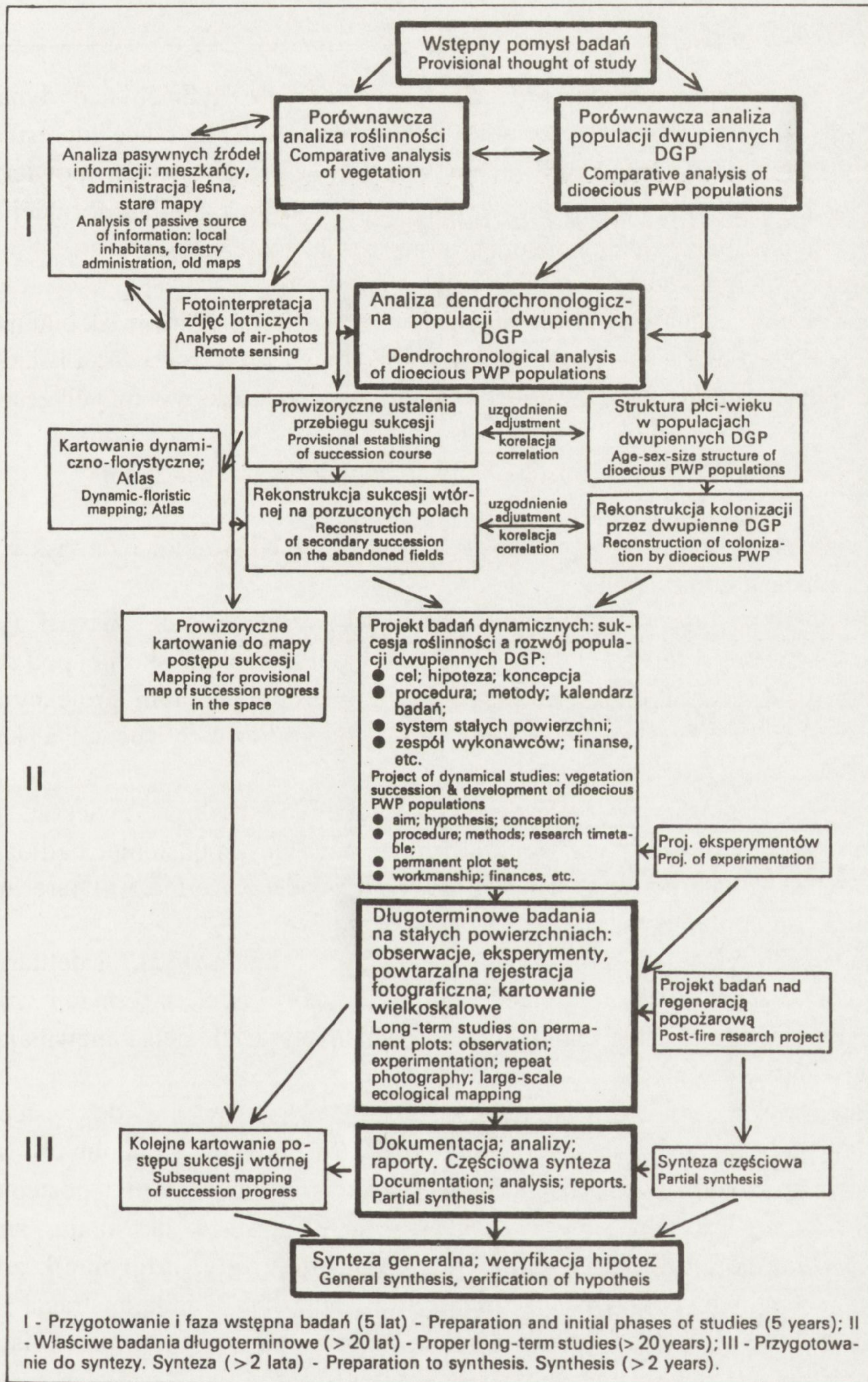
W praktyce najlepiej zdaje egzamin połączenie modelu II nazwanego tu modelem racjonalnym z modelem III (rys. 6: II, III). Model III zakłada równoczesne podjęcie obserwacji w kilku obiektach, w których badany proces występuje w różnych stadiach (C – w stadium początkowym, B – w stadium przejściowym, A – w stadium końcowym). Model ten dostarcza danych, które pozwalają na dokonanie wstępnej syntezy dla okresu kilkakrotnie dłuższego niż trwały badania. Uświadomić sobie należy nieprzydatność modeli IV, V i VI. Model VII to zawodny model wnioskowania o związkach dynamicznych między układami ekologicznymi na podstawie ich sąsiedztwa w terenie (rys. 6: VII; por. uwagi w rozdziale 6.1 w cz. I).

### 8. Częstotliwość i regularność obserwacji

Częstotliwość obserwacji wynikać musi z natury badanego zjawiska. Oto przykład: W badaniach fenologicznych nad rytmiką sezonową zbiorowisk leśnych prowadzonych w Białowieskim Parku Narodowym optymalne okazały się obserwacje w stałych terminach i w odstępach 5 dni w ciągu całego roku (73 razy w roku). Zdołano je utrzymać z tą samą częstotliwością i regularnością przez 28 lat (F a l i ń s k i 1967, 1977, 1986a, 1996a). Obserwacje są kontynuowane obecnie w odstępie co 10 dni, ale, niestety **ze stratą niektórych danych**. Wielkim błędem w badaniach fenologicznych w wielu ośrodkach (wcześniej także w Białowieży) było dostosowywanie ich częstotliwości do właściwych rytmów przyrody (np. na wiosnę częściej, w lecie rzadziej) lub możliwości czasowych obserwatora. Badania innych zjawisk wymagają obserwacji tylko kilka razy do roku, tylko w określonych porach roku, raz do roku, a nawet raz na kilka lat. Zawsze jednak konieczne jest zachowanie ustalonej na wstępie regularności i częstotliwości obserwacji. Obserwacje te powinny być przeprowadzane zawsze w optymalnych dla przebiegu badanych zjawisk porach roku. Jeśli z różnych przyczyn nie potrafimy zapewnić odpowiedniej częstotliwości i regularności obserwacji, to musimy się pogodzić z myślą, że rezultaty badań długoterminowych będą niepełne, a w skrajnych przypadkach włożony trud bezcelowy.

### 9. Procedura i metody badań

Pojęciem „procedura badań” określam sposób podejścia do zadania badawczego wynikający z przyjętej koncepcji badań. Na procedurę badawczą składa się zatem zespół metod gromadzenia danych (obserwacji i eksperymentów) i wzajemne relacje między nimi (nadrzędność, kolejność prowadzenia, itp.), sposoby weryfikacji danych uzyskanych różnymi metodami i z różnych źródeł oraz kolejne fazy wnioskowania. Procedura badawcza jest zatem czymś więcej niż zbiorem metod, zwykle szczegółowo opisywanych w każdej pracy (rys. 7).



**Rys. 7.** Procedura badawcza zastosowana do przygotowania i przeprowadzenia 27-letnich badań nad sukcesją wtórną na nieużytkach porolnych na południowo-zachodnim przedpolu Puszczy Białowieskiej (Rezerwat Jelonka). DGP – drzewiaste gatunki pionierskie (wg F a l i Ń s k i e g o 1998a)  
 The research procedure applied for the preparation and conduction of 27-year-long study of secondary succession on abandoned fields in the south-western periphery of the Białowieża Forest (Jelonka Reserve). PWP – pioneer woody plants (after F a l i Ń s k i 1998a)

Podstawowym elementem procedury badawczej w studiach nad dynamiką układów ekologicznych są długoterminowe obserwacje towarzyszące interesującym nas procesom, prowadzone na rozbudowanym systemie stałych powierzchni badawczych. Wszystkie inne metody gromadzenia danych i źródła informacji mają znaczenie pomocnicze bądź uzupełniające (por rozdz. 1 w części I).

Należą do tych metod:

1) porównawcza analiza głównego przedmiotu badań (np. zbiorowisk budujących roślinność danego obszaru i wykorzystujących odpowiednie środowiska i siedliska; także populacji odpowiednich gatunków roślin, gleb, siedlisk, wybranych zespołów zwierząt);

2) analiza dendrochronologiczna populacji gatunków drzewiastych;

3) eksperymenty;

4) wielokrotne kartowanie wielkoskalowe wybranych struktur i zjawisk w tych samych układach odniesienia;

5) wielokrotna rejestracja fotograficzna wybranych struktur i zjawisk (jak w punkcie 4); zawsze w tej samej projekcji pionowej, poziomej lub skośnej pod stałym kątem, z tych samych punktów, przy użyciu tych samych ram projekcyjnych, statywów, kamer, obiektywów i materiałów fotograficznych (por. Faliński 1998b)

6) trwałe znakowanie obserwowanych osobników roślin i zwierząt, także elementów środowiska abiotycznego (np. źródeł, naturalnych odsłoneń podłoża);

7) analiza i interpretacja porównywalnych źródeł informacji (stare mapy, archiwalia, toponimia, przekazy ustne, źródła urzędowe);

8) interpretacja zdjęć lotniczych (niekiedy też balonowych, satelitarnych) wykonanych w różnych terminach, także innych źródeł informacji zdalnie pozyskanej głównie z niskich pułapów i w specjalnych technikach, zapewniających wysoką rozdzielczość obrazu.

**Porównawcza analiza roślinności** znajduje zastosowanie do wstępnego ustalenia podstawowych typów zbiorowisk roślinnych i ogólnych zasad dynamicznego zróżnicowania roślinności i ekosystemów, np. w wyniku postępującej sukcesji wtórnej na porzuconych polach, zmiany form użytkowania, zmiany stosunków własnościowych. Natomiast trzy **pasywne źródła informacji**: zdjęcia lotnicze, stare mapy, wywiad z miejscową ludnością i administracją leśną wykorzystuje się w celu weryfikacji ustaleń uzyskanych w wyniku porównawczej analizy roślinności i datowania procesu porzucania gruntów przed przystąpieniem do właściwych badań (Faliński 1998a). Różne eksperymenty i szczegółowe badania analityczne, a także kartowanie dynamiczno-florystyczne w zasadzie mają uzupełniać lub kontrolować wyniki uzyskane na drodze porównawczej analizy roślinności i na podstawie długoterminowych obserwacji na stałych powierzchniach.

W badaniach długoterminowych duże korzyści można odnieść stosując jako metodę pomocniczą **analizę dendrochronologiczną** do ustalenia struktury wieku w populacjach wybranych gatunków drzewiastych (drzew i krzewów). Badania te wymagają wprawdzie dużych prób (z 200 do 2000 osobników), ale pozwalają na sięgnięcie dość głęboko wstecz, np. do początku procesu kolonizacji i sukcesji (por. np. F a l i ń s k i 1998a), np. przy górnej granicy lasu, na porzuconych polach, łąkach, pastwiskach, ruinach osiedli. Tą drogą zwiększa się nie tylko cezurę czasową naszych badań. Możliwe staje się też datowanie niektórych zjawisk (np. pożarów, powodzi) oraz porównanie z wynikami badań towarzyszących, z wynikami eksperymentów. **Do datowania** niektórych zjawisk możliwe jest także wykorzystanie kolejno gromadzących się na dnie lasu wykrotów drzew (D y n e s i u s i J o n s s o n 1991), pni drzew (K o o p 1989), szczątków materii organicznej, a zwłaszcza węgla drzewnego w glebie, w ściółce (V e r n e t 1992), np. jeśli jego ilość i nie naruszone położenie mogą wskazywać na wystąpienie pożaru w dającym się określić terminie.

Odpowiednio ukierunkowana interpretacja zdjęć lotniczych umożliwia z kolei **generalizację przestrzenną** długoterminowych badań na stałych powierzchniach. Badania te są w istocie badaniami na niewielkich powierzchniach, i to przeprowadzanymi równocześnie w ograniczonej liczbie punktów, jeśli uwzględnia się cały obiekt badawczy (np. kompleks porzuconych pól, park narodowy; F a l i ń s k i 1972, 1991, 1998a). Najwłaściwszą formą prezentacji i interpretacji zjawisk i procesów ekologicznych przebadanych w sieci stałych powierzchni, a zachodzących w przestrzeni jest **wielkoskalowa mapa ekologiczna** lub seria takich map, a także **mapa-model** (F a l i ń s k i 1991, 1998a) i różne formy właściwych **modeli graficznych i matematycznych**.

## 10. Uwagi końcowe

Warunkiem powodzenia w stosowaniu bezpośrednich obserwacji i pomocniczych środków jest jednolitość metodyczna w toku całej serii obserwacyjnych. Dotyczy to miar, skal, narzędzi, sposobu rejestracji oraz regularności wszystkich czynności składających się na procedurę badawczą.

Stosowanie **eksperymentów** w badaniach długoterminowych jest pożądane ze wszech miar, ale pamiętać należy o kilku najważniejszych warunkach ich powodzenia. Oto one: przemyślany projekt, właściwy wybór **obiektu eksperymentalnego i kontrolnego**, niezbędne powtórzenia, **opis sytuacji przed eksperymentem**, ścisłe przeprowadzenie eksperymentu, kontrola przebiegu, terminowa i pełna analiza zjawisk wywołanych eksperymentem, **krytyczna ocena wyników**, itp. (S c h m i d t 1983, F a l i ń s k i 1997; por. także ogólniejsze uwagi na temat eksperymentu w ekologii w dziele P e t e r s a 1992 – *A critique for ecology*).

Przestrzec należy też przed pochopnym wykorzystywaniem do eksperymentu obiektów i stałych powierzchni, w które włożyliśmy przedtem duży wkład w postaci wieloletnich obserwacji, a do których to obserwacji zamierzamy powrócić po latach.

Ze względu na zmieniającą się w procesach ekologicznych, np. kolonizacji lub sukcesji, rolę poszczególnych grup gatunków lub struktur i zespołu warunków siedliskowych – jak już wielokrotnie stwierdzano – niezbędna jest kontynuacja badań przez wiele lat w tych samych obiektach, w tych samych układach odniesienia i według wcześniej ustalonej koncepcji i procedury. **Niezbędna modyfikacja koncepcji i modernizacja procedury oraz doskonalenie metod i narzędzi nie powinny niweczyć wcześniejszego nakładu pracy ani też powodować przerwę lub zmianę w długoterminowych seriach obserwacyjnych, zwłaszcza w tym stopniu, aby spożytkowanie ich rezultatów było niemożliwe.** Jeśli z jakiegoś powodu następuje nieprzewidziana przerwa w badaniach, podstawowym obowiązkiem staje się **dalsza konserwacja stałych powierzchni** oraz zabezpieczenie i opracowanie zebranych dotąd danych. W razie dłuższej przerwy należy umożliwić wznowienie w naszym obiekcie badań innym osobom lub zakładom.

**Oryginalna koncepcja i procedura sprawdzają się w długoterminowych badaniach tylko wówczas, gdy są ustawicznie wspierane przez wytrwałość badacza i czas.** Jak już wcześniej wspomniano, badania długoterminowe nie są właściwym zadaniem dla ludzi żądnych łatwych i szybkich sukcesów. Jednak uczestnictwo w nich jest bardzo kształcące i przynieść może pożytek każdemu, kto bierze udział choćby w jednym etapie badań.

Badania średnio- i długoterminowe pozwolą z czasem nie tylko na weryfikację niektórych podstawowych założeń i teorii ekologicznych, ale i na ujawnienie wielu zjawisk, których wystąpienia nie da się przewidzieć, a skutków przecenić. Zresztą trzeba przyjąć, że **im dłuższa jest seria obserwacyjna, tym większe jest prawdopodobieństwo odkrycia nowych zjawisk i zależności ekologicznych.** Sądzę, że tą drogą można się będzie z czasem pozbyć z „dorobku” ekologii niektórych zasiedziały i bezkrytycznie przyjętych twierdzeń, dla których dotąd nie było alternatywy.

**We wszystkich przypadkach, w których decydującym czynnikiem jest czas, właściwie zaprojektowane i dobrze przeprowadzone badania długoterminowe mogą zmniejszyć przepaść między ekologią teoretyczną i ekologią empiryczną, i zapewnić ich równoczesny i wzajemnie stymulowany rozwój.**



**Piśmiennictwo**

- Bakker J. P., Willems J. H., Zobel M. 1996 – Long-term vegetation dynamics: Introduction – *J. Veget. Sci.* 7: 147–155.
- Clément B., Touffet J. 1990 – Plant strategies and secondary succession on Brittany heathlands after severe fire – *J. Veget. Sci.* 1: 195–202.
- Dynesius M., Jonsson B. G. 1991 – Dating uprooted trees: comparison and application of eight methods in a boreal forest – *Can. J. For. Res.* 21: 655–665.
- Falińska K. 1991 – Plant demography in vegetation succession – Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Boston, London.
- Faliński J. B. 1967 – Białowieska Stacja Geobotaniczna Zakładu Fitosocjologii Stosowanej Uniwersytetu Warszawskiego – *Mater. Zakł. Fitosoc. Stos. UW, Warszawa, Białowieża*, 18: 1–40.
- Faliński J. B. 1972 – Podstawy i formy eksploracji naukowej Białowieskiego Parku Narodowego – *Ochr. Przyr.* 37: 7–55.
- Faliński J. B. 1977 – Research on vegetation and plant population dynamics conducted by Białowieża Geobotanical Station of the Warsaw University in the Białowieża Forest and in the environ (1952–1977) – *Phytocoenosis*, 6(1/2): 1–148.
- Faliński J. B. 1980a – Vegetation dynamics and sex structure of the populations of pioneer dioecious woody plants – *Vegetatio*, 43: 23–38.
- Faliński J. B. 1980b – Changes in the sex- and age-ratio in populations of pioneer dioecious woody species (*Juniperus*, *Populus*, *Salix*) in connection with the course of vegetation succession in abandoned farmlands – *Ekol. Pol.* 28: 327–365.
- Faliński J. B. 1986a – Vegetation dynamics in temperate lowland primeval forests. Ecological studies in Białowieża forest – *Geobotany* 8, Dr. W. Junk Publishers, Dordrecht, Boston, Lancaster.
- Faliński J. B. 1986b – Sukcesja roślinności na nieużytkach porolnych jako przejaw dynamiki ekosystemu wyzwolonego spod długotrwałej presji antropogenicznej – *Wiad. Bot.* 30: 12–50; 115–126.
- Faliński J. B. 1989 – Le temp et l'espace dans les recherches écologiques sur la dynamique de la végétation – *Giorn. Bot. Ital.* 123: 81–107.
- Faliński J. B. 1991 – Kartografia geobotaniczna. Cz. 3. Kartografia geobotaniczna ogólna i stosowana – PPWK, Warszawa.
- Faliński J. B. 1996a – Badania fenologiczne w Białowieskim Parku Narodowym w latach 1952–1996 w programach badawczych Białowieskiej Stacji Geobotanicznej UW – *Phytocoenosis*, 6 N. S. Semin. Geobot. 4: 31–42.
- Faliński J. B. 1996b – Przeżywalność pionierskich gatunków drzewiastych po pożarze na torfowisku – *Phytocoenosis*, 6 N. S. Semin. Geobot. 4: 111–122.
- Faliński J. B. 1997 – Geobotanika u progu XXI wieku – *Phytocoenosis*, 9 N. S. Semin. Geobot. 5: 1–64.
- Faliński J. B. 1998a – Dioecious woody pioneer species (*Juniperus communis*, *Populus tremula*, *Salix* sp. div.) in the secondary succession and regeneration – *Phytocoenosis*, 10 N. S. Suppl. Cartogr. Geobot. 8: 1–256.
- Faliński J. B. 1998b – Powtarzalna naziemna rejestracja fotograficzna w stacjonarnych badaniach ekologicznych – *Fotointerpretacja w Geografii*, 27: 3–33.
- Faliński J. B. (red). 1978 – Vegetation dynamics. Proceedings of the Third Symposium of the Working Group on Succession Research on Permanent Plots, Białowieża 30.08.–02.09.1977 – *Phytocoenosis*, 7: 1–401.
- Gimingham C. H. 1972 – Ecology of heathlands – Chapman & Hall, London.
- Gloaguen J. C. 1990 – Post-burn succession on Brittany heathlands – *J. Veget. Sci.* 1: 147–152.

- K o o p H. 1989 – Forest dynamic. SILVI: A comprehensive monitoring system – Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg.
- M a j e r J. D. (red.) 1989 – Animals in primary succession – the role of fauna in reclaimed lands – Cambridge Univ. Press.
- M i l l e r P. C. (red.) 1981 – Resource use by chaparral and matorral. A comparison of vegetation function in two mediterranean type ecosystems – Ecological Studies 29, Springer-Verlag, New York, Heidelberg, Berlin.
- O s b o r n o v á J., K o v á r o v á M., L e p š J., P r a c h K. (red.) 1990 – Succession in abandoned fields, studies in Central Bohemia, Czechoslovakia – Geobotany 15, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Boston, London.
- P e t e r s R. H. 1992 – A critique for ecology – Cambridge Univ. Press.
- R o s é n E. 1982 – Vegetation development and sheep grazing in limestone grasslands of south Öland, Sweden – Acta Phytogeogr. Suec. 77: 103–114.
- S c h m i d t W. 1974 – Bericht über die Arbeitsgruppe für Sukzessionsforschung auf Dauerflächen der Internationale Vereinigung für Vegetationskunde – Vegetatio, 29: 69–73.
- S c h m i d t W. 1976 – Sukzessionsforschung im Brachland – Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie, 279–296.
- S c h m i d t W. 1981 – Ungestörte und gelenkte Sukzession auf Brachäckern – Scr. Geobot. 15: 1–199.
- S c h m i d t W. 1983 – Experimentelle Syndynamik – Neuere Wege zu einer exakten Sukzessionsforschung, dargestellt am Beispiel der Gehölzentwicklung auf Ackerbrachen – Ber. Dtsch. Bot. Ges. 96: 511–533.
- S c h m i d t W. 1984 – Der Einfluss des Mulchens auf die Entwicklung von Ackerbrachen – Ergebnisse aus 15-jährigen Dauerflächenbeobachtungen – Nat. Landschaft, 59(2): 47–55.
- S c h m i d t W. 1988 – An experimental study of oldfield succession in relation to different environmental factors – Vegetatio, 77: 103–114.
- S c h r e i b e r K.-F. 1997a – Sukzessionen – Eine Bilanz der Grünlandbracheversuche in Baden-Württemberg – Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg Projekt „Angewandte Ökologie“, 23, Karlsruhe.
- S c h r e i b e r K.-F. 1997b – Grundzüge der Sukzession in 20-jährigen Grünland-Bracheversuchen im Baden-Württemberg. Characteristics of succession in 20 years' abandoned grassland studies in Baden-Württemberg – Forstwiss. Centralbl. (Hamb.), 116: 243–258.
- S c h r e i b e r K.-F. (red.) 1985 – Sukzession auf Grünlandbrachen Vorträge eines Symposiums der Arbeitsgruppe „Sukzessionsforschung auf Dauerflächen“ in der Internationalen Vereinigung für Vegetationskunde Stuttgart-Hohenheim 1984 – Ferdinand Schöningh, Paderborn.
- T r a b a u d L. 1973 – Experimental study on the effects of prescribed burning on a *Quercus coccifera* L. garrigue: early results – Proceedings Annual Tall Timbers Fire Ecology Conference, March 22–23, 1973, 97–129.
- V a n d e r M a a r e l E. (red.) 1980 – Succession. Symposium on advances in vegetation sciences, Nijmegen. The Netherlands, May 1979 – Dr. W. Junk Publishers, The Hague, Boston, London.
- V e r n e t J.-L. (red.) 1992 – Les charbons de bois les anciens écosystèmes et le rôle de l'homme – Bull. Soc. Bot. Fr. 139: 1–725.

## Summary

To perform long-term studies understood as studies accompanying processes occurring in nature, it is necessary to fulfil at least seven conditions: (1) mature scientific conception, including clearly defined aims, hypotheses, and the subject of studies, as well as detailed plan and schedule; (2) appropriately

selected, prepared, and secured object; (3) system of permanent research plots; (4) long-term and regular observations; (5) complex research procedure (Fig. 7); (6) systematic archiving and current processing of data; (7) a group of qualified staff, management, sufficient financial and technical resources.

Under the presented conditions, a mature, or otherwise optimum conception implies a conception which (1) in particular circumstances allows to take into account all phenomena indispensable to understand the essence of the studied process, or more generally to achieve the aim, (2) which guarantees gathering of data necessary to verify the accepted assumptions; and (3) which can be realised with the available funds, in the assumed deadline, and in compliance with the assumed sequence of examinations.

Thus formulated requirements combine two main thoughts: optimization of studies and the economy of effort.

The main requirement of long-term studies is not exclusively the longest possible duration of the studies, but also an unchanged system of references. The system of references comprises permanent observation and experimental plots characterised by adequate size, shape, inner division (the system of constant measuring point), all determined and maintained in an appropriately selected object for studies, especially in light of the aim and subject of studies. It is advisable to select and reserve the plot of the experiment earlier, even if the studies are supposed to begin somewhat later.

It is worth highlighting the ideal model of observations accompanying the process; this model allows at certain intervals to include into observations subsequent objects (Fig. 6: I; A, B, C the real course of the process in subsequent series of phenomena or processes upon their initiation). With the course of time, it becomes more plausible to relate data obtained at the same time and in subsequent objects, and then to perform a synthesis or generalisation in the form of multi-scale ecological map.

In practice, the best results are obtained if model II called here the rational model is combined with model III (Fig. 6: II, III). Model III assumes launching concurrent observations in a few objects, in which the process under study occurs at different stages of its development (C at the initial stage, B in the intermediary stage, A in the final stage). This model supplies data which allow to make an initial synthesis for a period much longer than the time of the actual studies. One should become aware of the uselessness of models IV, V, and VI. Model VII is fallible as regards drawing conclusions about the dynamic relationships between ecological systems on the basis of the fact that they are adjacent in the plot (Fig. 6: VII).

The term "procedure of the studies" means here the attitude to the research task which is in accordance with the adopted conception of the studies (Fig. 7). The research procedure contains a set of methods of data gathering (observation and experiments) and their mutual relations (superiority, sequence of concurrence, etc., ways of verifying data acquired via different methods and from different sources, as well as subsequent phases of concluding; Fig. 7). Hence, the research procedure implies more than simply a set of methods which are usually described at length in each paper.

The main element of research procedure in the studies on the dynamism of ecological systems are long-term observations of the processes under study, that are carried out on a certain system of permanent research plots. All other methods of collecting data and information sources are either subsidiary or complementary in character.

Direct observations and subsidiary sources prove successful provided that throughout the observation series the applied methodology is the same. This applies to measures, scales, tools, ways of recording, and the regularity of all activities involved in the research procedure.

Application of experiments in long-term studies also brings good results, yet one should remember about the major factors assuring this success, such as a well-conceived project, appropriate choice of the experimental and control objects, indispensable repetitions, description of the situation prior to experiment, close performance of experiment, control of the experiment course, termed and full analysis of the phenomena evoked by the experiment, critical assessment of results, etc.

The original conception and procedure prove successful in long-term studies only when are they constantly underpinned by the stamina of the researcher and time. As it has already been pointed out, long-term studies are not a proper task for people who aim at easy and quick success.

In all cases in which time is the crucial factor, well-designed and well-performed long-term studies may decrease the gap between theoretical and empirical ecology, and thus guarantee their concurrent and mutually-stimulated development.

(wpłynęło: 21 VIII 1998 r.)