

## 2.2. OCENA ZAGĘSZCZENIA ZWIERZĄT

Bogusław BOBEK, Jan KOZŁOWSKI

Ocena zagęszczenia populacji jest punktem wyjściowym wielu badań ekologicznych. Problem ten jest jeszcze bardziej istotny dla niektórych dziedzin gospodarki jak leśnictwo, łowiectwo czy rybactwo, które zwykle szukają możliwie łatwych i szybkich ocen liczebności zwierząt pożytkiwanych (zwierzęta łowne, ryby) bądź stanowiących zagrożenie dla produkcji (owady, gryzonie).

Zagęszczenie zwierząt można ocenić przy pomocy metod względnych i bezwzględnych. Metody bezwzględne pozwalają ocenić liczbę zwierząt przypadających na jednostkę powierzchni, czyli zagęszczenie. Metody względne pozwalają jedynie na wyliczenie różnorodnych wskaźników, które są związane z zagęszczeniem, a w najlepszym przypadku do niego proporcjonalne, są jednak z reguły znacznie szybsze i tańsze niż bezwzględne. Niekiedy istnieje możliwość ich wyskalowania (patrz dalej).

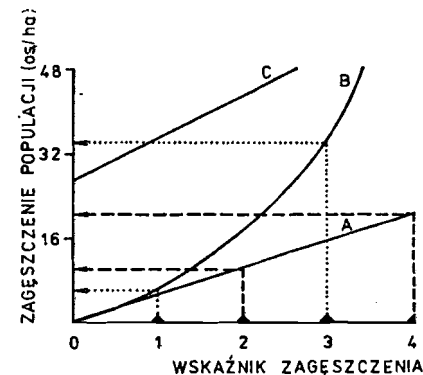
Oceniając zagęszczenie zwierząt nie zawsze liczymy osobniki. Czasem ocenę można przeprowadzić w oparciu o liczenie tropów, nasłuch głosów ptaków, ilość zjedzonego pokarmu lub pozostawionego kału. Metody takie nazywane są często pośrednimi w przeciwieństwie do metod bezpośrednich, gdy liczymy same zwierzęta.

Szczegóły techniczne przeprowadzania ocen zagęszczenia zależą od bardzo wielu czynników, przede wszystkim od wielkości i ruchliwości zwierząt oraz charakteru środowiska. Każda grupa systematyczna, a niekiedy nawet każdy gatunek wymaga innych metod i narzędzi. W rozdziale tym będą przedstawione przykłady ocen zagęszczenia ptaków, ssaków i zwierząt glebowych lecz nawet dla tych grup opis metod jest niewystarczający i przed podjęciem badań terenowych trzeba zapoznać się z podręcznikami szczegółowymi (patrz literatura pomocnicza) lub skonsultować się z fachowcami. Celem tego rozdziału jest przede wszystkim zapoznanie Czytelnika z teoretycznymi podstawami różnych metod oceny zagęszczenia. Niektóre metody, zwłaszcza stosowane na zajęciach terenowych, są przedstawione szczegółowo.

Każda ocena zagęszczenia obciążona jest błędem. Istnieją dwa podstawowe jego źródła: (1) błąd systematyczny wynikający z niespełnienia przez populację wszystkich wymogów, jakie stawia metoda, (2) błąd statystyczny wynikający stąd, że na podstawie pewnej liczby prób wnioskujemy o całej populacji. Niektóre źródła błędów systematycznych będą omówione przy opisie metod natomiast ocena błędów statystycznych niektórych metod jest przedstawiona w Dodatku 2.

### 2.2.1. Względne oceny zagęszczenia zwierząt

Przykładem względnej oceny zagęszczenia może być liczba sarn zaobserwowanych w ciągu godziny spędzonej przez myśliwego w łowisku, liczba kukulek słyszanych podczas jednokilometrowego spaceru, czy liczba pędów zgryzionych przez jelenie na hektarze uprawy leśnej. Tego typu wskaźniki można podzielić na liniowo zależne od zagęszczenia populacji (ryc. 2.2.1A) i zależne od zagęszczenia nieliniowo (ryc. 2.2.1B). Liczba jeleni obserwowanych przez myśliwego w ciągu godziny jest zależna liniowo od zagęszczenia badanej populacji tzn. wzrost tego wskaźnika z 2 do 4 odpowiada dwukrotnemu wzrostowi zagęszczenia populacji. Inaczej jest, gdy używanym wskaźnikiem jest liczba gryzoni złowionych przez jedną pułapkę. Jeżeli używamy pułapek mogących złapać tylko jedno zwierzę, każdy schwytywany osobnik eliminuje



Ryc. 2.2.1. Liniowa (A i C) i nieliniowa relacja wskaźnika do zagęszczenia. Zależność C nie może być użyta, gdyż linia nie przechodzi przez środek układu współrzędnych.

pułapkę z dalszych odłowów. Prowadzi to do nieliniowego związku pomiędzy wskaźnikiem i rzeczywistym zagęszczeniem. Nieliniowość ta jest tym silniejsza, im większy procent pułapek jest wypełniony przy każdorazowej kontroli.

Istotne jest również, czy linia opisująca związek między wartością wskaźnika i zagęszczeniem przechodzi blisko środka układu współrzędnych. Jeśli nie (ryc. 2.2.1C) to najprawdopodobniej istnieje pewna liczba zwierząt umykających uwadze obserwatora. Może to być na przykład grupa osobników unikających pułapek, kukulki rzadko odzywające się, itp.

Wskaźniki, których relacja z zagęszczeniem jest liniowa, są szczególnie użyteczne. Mogą one służyć do porównania zagęszczenia w róż-

nych miejscach lub różnym czasie. Wskaźniki nieliniowe wymagają dodatkowych, nie zawsze precyzyjnych przekształceń.

Przykładem wskaźników liniowo zależnych od zagęszczenia może być liczba zwierząt spotykanych lub słyszanych w przeliczeniu na jednostkę długości wykonywanej marszruty, bądź też liczba spotykanych tropów lub odchodów. Innym wskaźnikiem liniowo zależnym od zagęszczenia jest liczba zwierząt odstrzelonych lub odłowionych w przeliczeniu na jednostkę nakładu pracy. Nakład ten może być mierzony na przykład jako liczba myśliwych w łowisku pomnożona przez liczbę dni tam spędzonych. W rybactwie natomiast nakład pracy jest sumą liczby ciągnięć sieci przez poszczególne statki w łowisku, zakładając oczywiście, że wszystkie połowy przeprowadzane są tak samo. Do tej grupy metod należy także łowienie owadów przywabianych do światła.

Jak zaznaczono już wcześniej, wyniki uzyskiwane przy pomocy pułapek zdolnych chwycić tylko jedno zwierzę są nieliniowym wskaźnikiem zagęszczenia. Ponieważ nieliniowość ta jest niewielka tak długo, jak długo większość pułapek pozostaje pusta, należy ustawić je gęsto (np. co 5 m w przypadku odłowu gryzoni), a dodatkowo po 2–3 w każdym punkcie. Można także przeprowadzić ich kontrolę dwukrotnie w ciągu dnia. Wskaźnikiem zagęszczenia jest procent odłowu wyliczany ze wzoru:  $\text{procent odłowu} = (n \text{ zwierząt złapanych} / n \text{ pułapek} \times n \text{ dni odłowu}) \times 100\%$ . Niskie procenty odłowu można uznać za proporcjonalne do zagęszczenia.

Do wskaźników nieliniowych w stosunku do zagęszczenia należą przede wszystkim wszelkie miary frekwencji, jak procent odłowu (zwłaszcza przy wysokich wartościach), procent karmników odwiedzanych przez zwierzęta, bądź procent prób zawierających dany gatunek. Nie mogą one przekraczać 100%, są zatem szczególnie nieprecyzyjne przy wysokich frekwencjach.

W badaniach łowieckich bądź rolniczych stosuje się często ocenę zagęszczenia w oparciu o ankiety. W badaniach takich stosuje się zwykle bardzo prosty wskaźnik polegający na arbitralnym zaklasyfikowaniu zagęszczenia do jednej z kilku klas. Najczęściej stosuje się klasyfikację trzystopniową: gatunek występuje licznie, jest rzadki lub jest nieobecny. Liczbę klas zagęszczenia można zwiększyć w zależności od lokalnych warunków i poziomu wyrobienia respondentów. Aby obniżyć stopień subiektywizmu, można zdefiniować w sposób ogólny każdą klasę (np. gatunek jest liczny jeśli spotyka się go podczas prawie każdej wizyty w lesie).

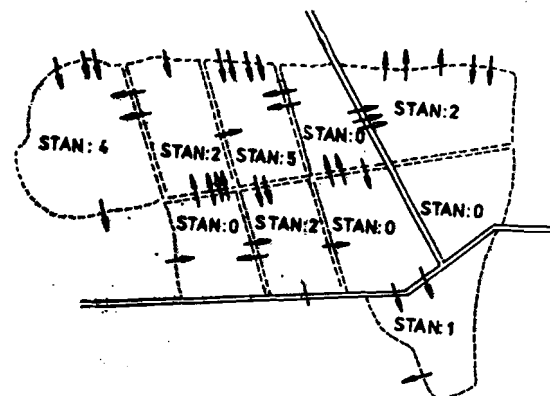
### 2.2.2. Bezpośrednia ocena zagęszczenia zwierząt

**Szacowanie:** Szacowanie polega na inspekcji środowiska przez eksperta, który w oparciu o swą wiedzę i doświadczenia oraz obserwa-

cje zwierząt i ich śladów wydaje arbitralną ocenę wielkości populacji. Szacowania takie są z natury rzeczy bardzo niedokładne i z reguły informują jedynie o rzędzie wielkości zagęszczenia.

**Spis całkowity:** Metoda spisu całkowitego może być stosowana do dużych zwierząt na otwartych przestrzeniach, np. w niektórych parkach narodowych. Dokładność wyników zależy przede wszystkim od umiejętnego doboru tras obserwacyjnych (lub też tras przelotu, gdy spis jest prowadzony z samolotu), by uniknąć zarówno podwójnego liczenia tych samych osobników jak też pomijania pewnych zwierząt. Spis całkowity można przeprowadzić w oparciu o zdjęcia lotnicze badanego obszaru, na przykład przy ocenie liczebności zimujących ptaków lub fok.

**Metoda prób losowych:** W przypadku drobnych organizmów, np. żyjących w wodzie lub glebie ocena liczebności polega na pobraniu pewnej liczby próbek wody czy gleby, zwykle rozmieszczonych losowo, przeliczeniu zwierząt w próbkach i przeliczeniu wyników na jednostkę powierzchni lub objętości. Metoda ta została opisana bardziej szczegółowo w rozdz. 2.1.



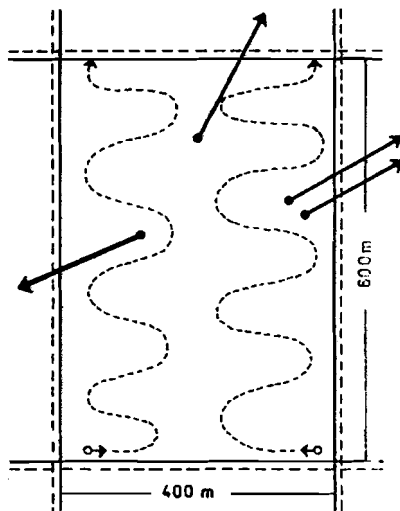
Ryc. 2.2.2. Ocena liczebności sarn metodą tropienia. Strzałkami oznaczono przejście zwierząt przez linie oddziałowe.

Jeśli niemożliwe lub niepraktyczne jest przeprowadzenie spisu całkowitego dużych zwierząt możemy ocenić ich zagęszczenie w oparciu o odpowiednio duże próby losowe. Pobieranie takich prób może polegać na liczeniu zwierząt z powietrza na określonych pasach wzdłuż trasy przelotu. Zwierzęta mogą też być liczone wzdłuż przemarszu w promieniu umożliwiającym identyfikację osobników (tzw. pas taksacyjny o ustalonej szerokości). Możliwe też jest stosowanie pasa taksacyjnego o nieustalonej szerokości. W tym przypadku notuje się wszystkie spotkane zwierzęta, zaznaczając odległość od trasy przemarszu. Liczeb-

ność można wyliczyć znając prawdopodobieństwo dostrzeżenia zwierzęcia z danej odległości. Jeśli zwierzęta mają tendencję do uciekania słysząc zbliżającego się obserwatora, spowoduje to zaniżenie oceny zagęszczenia.

Inną metodą oceny zagęszczenia dużych zwierząt łownych (sarna, jeleni, wilk, dzik), najczęściej stosowaną w naszym kraju są tropienia wykonywane podczas występowania pokrywy śnieżnej. Linie przestrzennego podziału łowiska (najczęściej linie oddziałowe) obchodzi się zacierając wszystkie tropy. Po upływie 24 godzin należy wykonać powtórny obchód, licząc tropy wejściowe i wyjściowe. Z ich różnicy wnioskuje się o liczbie zwierząt na terenie danego oddziału (ryc. 2.2.2).

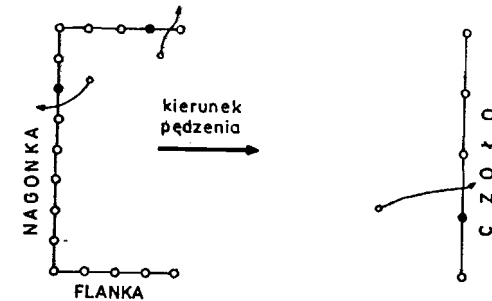
Opisany system oceny zagęszczenia jest obarczony poważnym błędem. Jeśli osobnik jest mało aktywny i pozostanie wewnątrz oddziału, nie zostanie zarejestrowany podczas tropienia. Także wymiana osobników między sąsiednimi oddziałami zaniża wynik dając bilans tropów równy zeru.



Ryc. 2.2.3. Ocena liczebności sarn (oznaczone wypełnionymi kółkami) na terenie oddziału leśnego (600×400 m), przy użyciu tropień po wypłoszeniu zwierząt. Linia przerywaną oznaczono trasę przemarszu dwóch osób penetrujących oddział, strzałki ciągle oznaczają ucieczkę zwierząt.

Pomimo tych oczywistych błędów, przekraczających niekiedy 100%, tropienia są ciągle oficjalną metodą obowiązującą w naszym kraju. Znacznie dokładniejsze wyniki daje metoda zmodyfikowana, polegająca na aktywnym wypłaszaniu zwierząt z badanych oddziałów leśnych (ryc. 2.2.3). Podobnie jak opisano poprzednio, zacierają się tropy dookoła oddziału, a po wypłoszeniu zwierząt liczy się nowo powstałe tropy wyjściowe. Należy pamiętać, by kolejne oddziały wybrane do badań nie znajdowały się blisko siebie. Pozwoli to uniknąć kilkakrotnego liczenia tych samych zwierząt.

Zagęszczenie dużych zwierząt można ocenić dokładnie metodą pędzeń. W tego typu taksacji powinno brać udział co najmniej 30–50 osób, z których formuje się ruchomą linię naganki i flanki oraz linię stacjonarnych obserwatorów czołowych (ryc. 2.2.4). Naganka wraz z flankami powinna poruszać się wolno i bez hałasu, zwykle w poprzek oddziałów, które wybrano jako teren oceny. Co około 300–400 m należy robić krótkie przerwy celem wyrównania linii naganki łamiącej się niekiedy z powodu przeszkód terenowych. Ważne jest, by podczas pędzenia sąsiedni naganiacze bądź obserwatorzy czołowi byli cały czas w kontakcie wzrokowym. Naganka poruszając się do przodu wypłasza zwierzęta, które uciekają w różnych kierunkach. Każdy uczestnik naganki i obserwator liczy tylko te z nich, które przebiegają między nim a prawym sąsiadem, a naganiacze z flanki notują zwierzęta przebiegające między nimi i poprzedzającymi ich uczestnikami (ryc. 2.2.4).



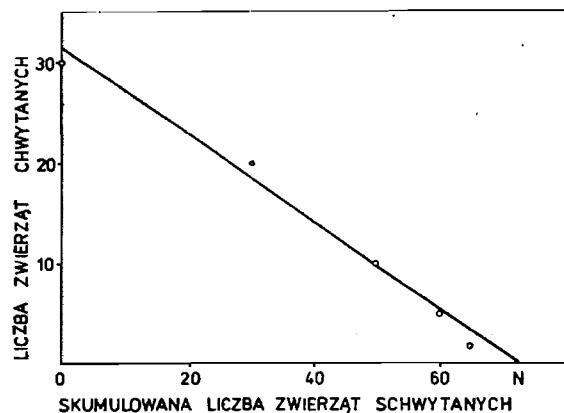
Ryc. 2.2.4. Schemat przeprowadzenia oceny liczebności dużych ssaków metodą pędzenia. Strzałki oznaczają przykładowe kierunki poruszania się sarn. Sarny te będą policzone przez osoby oznaczone czarnym kółkiem.

**Wylów częściowy:** W przypadku drobnych a równocześnie ruchliwych zwierząt, np. drobnych ssaków, całkowity wylów jest możliwy ale niepraktyczny. Wymaga on kosztownego ogradzania powierzchni, by wyeliminować migracje. Stosuje się zatem zwykle metody oparte na częściowym wylowie. Wskutek wylawiania zwierząt stopniowo maleje ich liczba, a zatem i liczba schwytań. Zagęszczenie populacji określa się analizując spadek tempa wylowu w kolejnych dniach. Można tego dokonać jedną z dwóch metod statystycznych: metodą regresji i metodą Zippina. Wyobraźmy sobie, że w kolejnych dniach odłowów schwytano 30, 20, 10, 5, 2 osobniki (Tab. 2.2.1, rubryka 2). W metodzie regresji rysujemy wykres (Ryc. 2.2.5), odkładając na osi rzędnych liczbę zwierząt aktualnie łowionych, a na osi odciętych — skumulowaną liczbę zwierząt schwytanych wcześniej, daną przez trzecią rubrykę w Tabeli 2.2.1. Warunkiem stosowania metod opartych na częściowym wylowie jest chwytywanie znacznej frakcji zwierząt każdego dnia (wylów

Tabela 2.2.1.

Przygotowanie danych do wyliczenia liczebności populacji metodą regresji z wyników uzyskanych metodą Standard-Minimum.

| Dzień odłowu | Liczba złowionych zwierząt | Skumulowana liczba złowionych zwierząt |                      |                    |
|--------------|----------------------------|----------------------------------------|----------------------|--------------------|
| $i$          | $y_i$                      | $x_i$                                  | $x_i^2$              | $x_i y_i$          |
| 1            | 30                         | 0                                      | 0                    | 0                  |
| 2            | 20                         | 30                                     | 900                  | 600                |
| 3            | 10                         | 50                                     | 2500                 | 500                |
| 4            | 5                          | 60                                     | 3600                 | 300                |
| 5            | 2                          | 65                                     | 4225                 | 130                |
| Razem        | $\Sigma y = 67$            | $\Sigma x = 205$                       | $\Sigma x^2 = 11225$ | $\Sigma xy = 1530$ |



Ryc. 2.2.5. Ocena metodą regresji liczby gryzoni N, przypadających na działkę 5,76 ha. Wykres sporządzono dla danych zestawionych w tabeli 2.2.1.

musi być szybki), należy zachować jednorodność warunków podczas całego okresu odłowów. Punkty naniesione dla pierwszych kilku dni powinny się wtedy układać w przybliżeniu wzdłuż malejącej linii prostej, gdyż liczba zwierząt łowionych jest proporcjonalna do liczby zwierząt obecnych, a więc będzie maleć liniowo ze zwiększaniem się liczby wyłowionych uprzednio. Do punktów na ryc. 2.2.5 można dopasować prostą, metodą najmniejszych kwadratów, przy pomocy następującego układu równań:

$$a_0k + a_1 \Sigma x_i = \Sigma y_i$$

$$a_0 \Sigma x_i + a_1 \Sigma x_i^2 = \Sigma x_i y_i$$

(1)

w którym  $k$  oznacza liczbę dni odłowów,  $\Sigma x_i$ ,  $\Sigma y_i$ ,  $\Sigma x_i^2$  i  $\Sigma x_i y_i$  są wyliczone z Tabeli 2.2.1,  $a_0$  i  $a_1$  są parametrami szukanej prostej o równaniu:

$$y = a_0 + a_1 x \quad (2)$$

Dla danych z tabeli 2.2.1  $a_0$  wynosi 31,1, zaś  $a_1 = -0,432$ .

Punkt przecięcia prostej z osią odciętych, oznaczony na wykresie 2.2.5 jako  $N$ , wyznacza liczebność populacji na powierzchni objętej odłowami. Przy odławianiu  $N$  osobników czyli 72 w danym przykładzie, teoretycznie już nic nie powinno się łowić, gdyby ocena nie była obarczona błędem i gdyby nie występowały osobniki migrujące.

W metodzie Zippina ocenia się prawdopodobieństwo złowienia przeciętnego zwierzęcia, co pozwala oszacować liczbę zwierząt, które się nie złapały, a zatem i liczbę wszystkich zwierząt. Przygotowanie danych do obliczeń metodą Zippina przedstawiono w Tabeli 2.2.2. Prawdopo-

Tabela 2.2.2

Przygotowanie danych do wyliczenia liczebności populacji metodą Zippina z danych uzyskanych metodą Standard-Minimum.

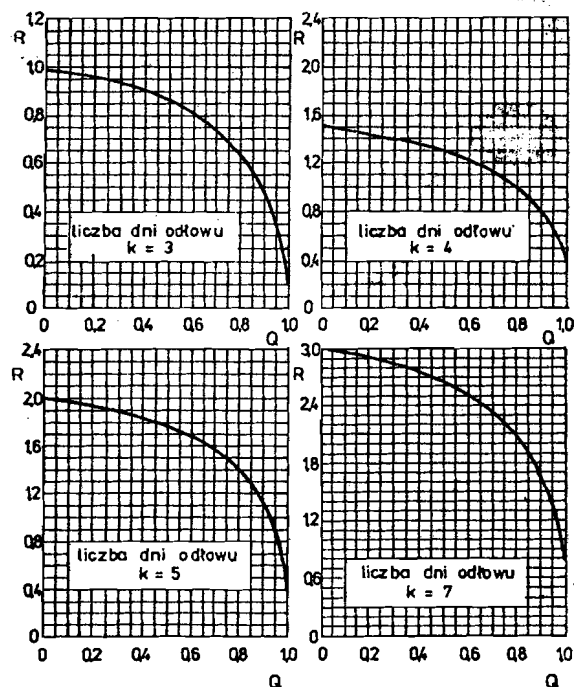
| Dzień odłowu | $i-1$ | Liczba schwytanych |                                       |
|--------------|-------|--------------------|---------------------------------------|
| $i$          |       | $y_i$              | $(i-1)y_i$                            |
| 1            | 0     | 30                 | 0                                     |
| 2            | 1     | 20                 | 20                                    |
| 3            | 2     | 10                 | 20                                    |
| 4            | 3     | 5                  | 15                                    |
| 5            | 4     | 2                  | 8                                     |
| Razem        |       | $T = 67$           | $A = 63 \quad R = \frac{A}{T} = 0,94$ |

dobieństwo  $Q$ , iż zwierzę nie zostanie schwytane podczas  $k$  dni odłowu, można odczytać z nomogramów zamieszczonych na rycinie 2.2.6. Aby określić to prawdopodobieństwo musi się obliczyć pomocniczą wartość  $R$  w sposób przedstawiony w Tabeli 2.2.2. Każdy nomogram odpowiada innej liczbie dni odłowów. Całkowitą liczebność na działce, na której prowadzi się odłow, wylicza się ze wzoru:

$$N = T/Q \quad (3)$$

w którym  $T$  oznacza sumę zwierząt złowionych (Tab. 2.2.2). Z wyników odłowów zestawionych w Tabeli 2.2.2 liczebność populacji oszacowana metodą Zippina wynosi 71, a więc jest bardzo podobna do oszacowanej metodą regresji.

Przykładem metody opartej na częściowym wyłowieniu jest metoda Standard-Minimum stosowana do oceny zagęszczenia drobnych ssaków. Została ona opracowana w okresie badań prowadzonych w ramach Międzynarodowego Programu Biologicznego przez Grodzińskiego, Pucaka i Ryszkowskiego (1966). Odłowy prowadzi się na kwadratowej działce o powierzchni 5,76 ha. Na działce takiej wyznacza się 256 punktów w wieżbie 15×15 m (16 linii i 16 rzędów), ryc. 2.2.7. W punktach tych wyklada się przynętę (owies) aby przyzwyczaić zwierzęta do odwiedza-

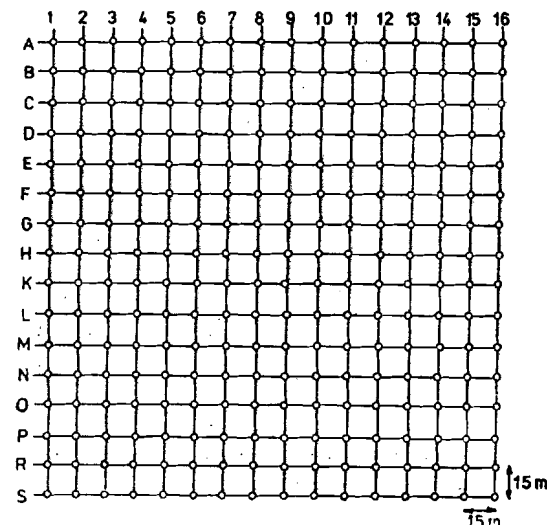


Ryc. 2.2.6. Nomogramy służące do oceny prawdopodobieństwa  $Q$  nieschwytania zwierzęcia w ciągu  $k$  dni odłowów. Poszczególne nomogramy odpowiadają różnej liczbie dni odłowów (wg Southwooda, 1966).

nia konkretnych miejsc i w ten sposób przyspieszyć ich wyłów. Po pięciodniowym okresie zanęcania w każdym z 256 punktów ustawia się po dwie pułapki zabijające. Jako przynętę na pułapkach używa się zwykle knotu bawełnianego od lampy naftowej, smażonego uprzednio w oleju i mące. Taka przynęta jest atrakcyjna dla drobnych ssaków, wygodna w użyciu i trudna do zdjęcia z pułapki. Odłowy prowadzi się przez 3–5 następnych dni.

Przy odłowach zwierząt prowadzonych na działce występuje tzw. efekt krawędzi. Liczba schwytanych zwierząt jest nieco zawyżona gdyż areale części z nich tylko w niewielkim stopniu zachodzą na powierzchnię odłowną. Efekt krawędzi jest tym silniejszy, im większy jest stosunek obwodu działki do jej powierzchni.

Jeśli do oceny liczebności gryzoni stosujemy pułapkolinie zamiast metody Standard-Minimum, możemy również użyć metody regresji lub metody Zippina. Uzyskujemy jednak ocenę względną tak długo, jak



Ryc. 2.2.7. Schemat działki służącej do odłowów drobnych ssaków metodą Standard-Minimum. Powierzchnia działki 5,76 ha, 256 punktów odłowów oznaczonych kółkami, to jest 512 pułapek.

długo nie znamy obszaru kontrolowanego przez pułapkolinie; obszar ten zależy przede wszystkim od arealów osobniczych zwierząt (ryc. 2.2.8). Można go oszacować ze wzoru:

$$S = 2rl + \pi r^2 \quad (4)$$

w którym  $S$  — oznacza obszar kontrolowany przez pułapkolinie,  $l$  — jej długość,  $r$  — promień arealu osobniczego. Wartość  $r$  zależy od gatunku, a także płci, wieku itp. Promień arealu osobniczego gryzoni wynosi od 7–35 m, przeciętnie około 20 m.

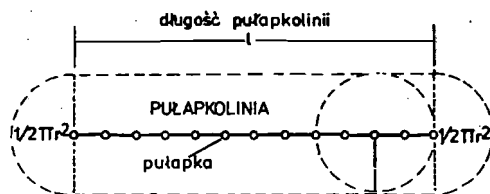
Wyłów selektywny: Metoda selektywnego wyłowu może mieć zastosowanie przede wszystkim do zwierząt łownych, np. bażantów, u

których strzela się głównie do samców. Zagęszczenie może być wyliczone, jeżeli znamy udział obu płci w populacji przed i po sezonie łowieckim oraz liczbę odstrzelonych kogutów i pomyłkowo odstrzelonych kur. Liczebność populacji przed sezonem łowieckim jest szacowana ze wzoru:

$$N = \frac{R - f_1(R + r)}{f_0 - f_1}$$

w którym  $N$  — oznacza liczebność przed sezonem łowieckim,  $R$  — liczbę odstrzelonych kogutów,  $r$  — liczbę odstrzelonych kur,  $f_0$  — frakcję samców w populacji przed sezonem,  $f_1$  — frakcję samców po sezonie.

Metody wyłowu selektywnego nie można stosować w przypadku, gdy obie płcie różnią się w sposób znaczny zachowaniem, jak np. u jeleni, gdyż wtedy obserwacja nie pozwala ustalić proporcji płci w populacji.



Ryc. 2.2.8. Ocena powierzchni kontrolowanej przez pułapkolinie z arealów osobniczych zwierząt.

Dla zilustrowania rozpatrywanej metody rozpatrzmy następujący przykład: Jeśli w łowisku o powierzchni 3 tys. ha odstrzelono 350 kogutów i omyłkowo 15 kur, a liczba kur przypadających na 1 koguta przed i po zakończeniu sezonu wynosiła odpowiednio 1:1,5 i 1:2,5, to liczebność całej populacji ocenia się na:

$$N = \frac{350 - 0,28(350 + 15)}{0,40 - 0,28} = 2065 \text{ zwierząt}$$

co odpowiada zagęszczeniu 68,8 bażantów na 100 ha łowiska.

Metody oparte na znakowaniu Liczebność populacji można też ocenić w oparciu o znakowania i powtórne odłow. Jeśli schwyte zwierzęta oznakuje się i wypuszcza, to o liczebności populacji można wnioskować na podstawie frakcji zwierząt znakowanych przy następnych odłowach. Istnieje szereg mniej lub bardziej skomplikowanych metod opartych na znakowaniu. Ograniczmy się tutaj tylko do dwóch najprostszych, sygnalizując jedynie bardziej skomplikowaną metodę Jolly'ego-Sebera.

W metodzie Petersena-Lincolna odławiamy zwierzęta dwukrotnie. Za pierwszym razem znakuje się je i wypuszcza. Zakłada się, że frakcja zwierząt znakowanych w drugim odłow jest równa frakcji zwierząt znakowanych w całej populacji, co można wyrazić wzorem:

$$n_1/N = n_{1,2}/n_2 \quad (6)$$

w którym  $n_1$  — jest liczbą zwierząt schwytanych w pierwszym odłow, a następnie oznakowanych i wypuszczonych,  $n_2$  — liczbą wszystkich zwierząt schwytanych w drugim odłow,  $n_{1,2}$  — liczba zwierząt oznakowanych wśród powtórnie schwytanych. Powyższy wzór pozwala na wyliczenie liczebności badanej populacji.

W metodzie Petersena-Lincolna konieczne jest chwytanie dużej liczby zwierząt, ściślej — znacznej części populacji, w każdym z dwu odłowów. Tej niedogodności nie ma inna z metod, tzw. metoda Schnabela. Aby ją stosować łapie się zwierzęta kilkakrotnie, w niewielkich odstępach czasu. Każdorazowo znakuje się wszystkie pierwszy raz schwy-

Tabela 2.2.3  
Zestawienie danych do oceny liczebności metodą Schnabela.

| Dzień odłowu $i$ | Liczba schwytanych $n_i$ | Liczba schwytanych powtórnie $R_i$ | Liczba nowoznakowanych $M_i$      | Suma znakowanych wcześniej $M_i$ | $n_i M_i$ |
|------------------|--------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|-----------|
| 1                | 35                       | —                                  | 35                                | —                                | 0         |
| 2                | 39                       | 10                                 | 29                                | 35                               | 1365      |
| 3                | 28                       | 14                                 | 14                                | 64                               | 1792      |
| 4                | 50                       | 20                                 | 30                                | 78                               | 3900      |
| 5                | 40                       | 22                                 | 18                                | 108                              | 4320      |
| $R_i = 66$       |                          |                                    | $M_i = 285 \quad n_i M_i = 11377$ |                                  |           |

tane zwierzęta i notuje się całkowitą liczbę schwytanych z rozbiciem na wcześniej znakowane i schwytane po raz pierwszy. Wygodnie jest zestawić dane w sposób analogiczny do Tabeli 2.2.3, z której liczebność wyliczamy według wzoru:

$$N = \sum n_i M_i / \sum R_i \quad (7)$$

w którym  $n_i$  oznacza liczbę zwierząt schwytanych w  $i$ -tym dniu,  $M_i$  — liczbę zwierząt oznakowanych przed  $i$ -tym dniem, a  $R_i$  — liczbę schwytanych powtórnie w  $i$ -tym dniu. Dla zamieszczonych w niej danych liczebność wynosi:

$$N = 11377 : 66 = 172,4$$

Metoda Schnabela jest wygodna w użyciu i stosunkowo dokładna pod-

warunkiem, że wychwytujemy każdorazowo znaczną frakcję populacji. Dla stosowania metody Schnabela powinny być spełnione podobnie jak w metodzie Petersena-Lincolna następujące warunki: (1) oznakowania nie są gubione, (2) oznakowania nie wpływają na śmiertelność, (3) oznakowania nie wpływają na prawdopodobieństwo schwytania w drugim odłowieniu, (4) zwierzęta oznakowane rozmieszczają się losowo w populacji, (5) okres między odłowami jest tak krótki, że można pominąć migracje, rozrodczość i śmiertelność.

Istnieją także metody ocen liczebności oparte na znakowaniu a nie wymagające tak wielu założeń. Wśród nich metoda Jolly'ego-Sebera jest najbardziej precyzyjna, uwzględnia ona bowiem takie procesy demograficzne jak śmiertelność, rozrodczość a także migracje. W metodzie tej zwierzęta łowi się wielokrotnie, podobnie jak w metodzie Schnabela, notując dni złowienia dla poszczególnych osobników. Dla każdego z nich prowadzi się kalendarz (historię) złowienia. Jeśli badania takie prowadzone są systematycznie na tym samym terenie, stare zwierzęta giną, a na ich miejsce pojawiają się nowe. Na tej podstawie można oszacować nie tylko liczebność ale i również wskaźniki demograficzne. System obliczeń używany w tej metodzie jest dość skomplikowany, tak że przy dużej ilości danych niezbędne jest stosowanie komputera.

#### PROPONOWANE ĆWICZENIA

1. Ocena liczebności populacji nornicy rudej w oparciu o wyniki odłowów metodą Standard Minimum.

Zadanie to wykonuje się na podstawie rzeczywistych kart odłowów np. w grądach Puszczy Niepołomickiej w różnych porach roku. Wyniki pozwalają na wykreślenie krzywej dynamiki liczebności populacji.

2. Model urnowy metody Petersena-Lincolna i metody Schnabela. Ćwiczenie to można wykonać na groszkach bądź kulkach. Ciągając każdorazowo inną liczbę kulek można pokazać jak rośnie precyzja oceny przy zwiększaniu wielkości prób.

3. Model urnowy metody opartej na wylowie selektywnym. Ćwiczenie to można wykonać stosując dwa kolory kulek — jeden oznaczający samce, drugi — samice.

4. Podczas zajęć terenowych można zastosować metodę pędzenia, tropienia, bądź tropienia połączonego z wypłaszaniem zwierząt.

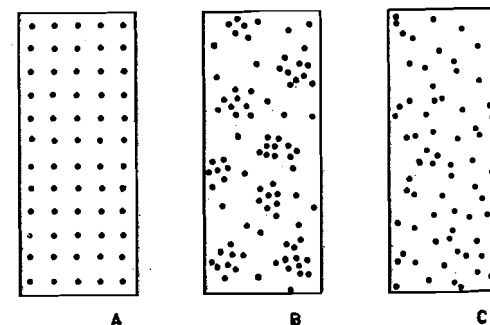
#### LITERATURA CYTOWANA I UZUPEŁNIAJĄCA

1. Begon M. 1979: Investigating animal abundance. Edward Arnold.
2. Bobek B., Morow K., Perzanowski K., 1984: Ekologiczne podstawy łowiectwa. PWRiL. Warszawa.
3. Blower J.G., Cook L.M., Bishop J.A., Estimating the size of animal populations. George Allen and Unwin. London, Boston, Sydney.
4. Grodziński W., Pucek Z., Ryszkowski L., 1966: Estimation of rodent numbers by means of prebaiting and intensive removal. Acta theriol., 11: 297—314.
5. Southwood T.R.E., 1978: Ecological methods. Wyd. II. Chapman and Hall, London.

### 2.3. TYPY ROZMIESZCZENIA ORGANIZMÓW

Małgorzata KOTAŃSKA, Jan KOZŁOWSKI,  
Helena TRZCIŃSKA-TACIK

Każdy żywy organizm potrzebuje do życia pewnej przestrzeni. Przestrzeń tę nazywamy jego arealem. Niekiedy grupa osobników (stado) może mieć areal wspólny. Arealy mogą być rozdzielone przestrzennie bez osobników, mogą graniczyć ze sobą lub też częściowo się pokrywać. Można wyróżnić w ich obrębie miejsca specyficzne (np. miejsce żerowania, gniazdo, miejsce przytwierdzenia organizmu) i centra aktywności, które mogą, ale nie muszą pokrywać się z któryś z miejsc specyficznych. Areal może mieć wyraźną granicę brzoną przez zachowanie zwierzęcia, czy przez wydzielane substancje allelopacyjne, albo też może nie mieć wyraźnej granicy i być po prostu terenem, gdzie



Ryc. 2.3.1. Typy rozmieszczenia przestrzennego organizmów. A — równomierne, B — skupiskowe, C — losowe.

najczęściej spotyka się danego osobnika. Wielkość arealu zależy od gatunku organizmu, jego rozmiarów, sposobu życia, a także od środowiska i jego zasobności pokarmowej oraz od organizmów sąsiadujących. Arealy poszczególnych osobników (dla uproszczenia dalej używać będziemy słowa „osobniki”, rozumiejąc przez to środki arealów) mogą być rozmieszczone na badanej powierzchni w sposób losowy, równomierny bądź skupiskowy (ryc. 2.3.1). Rozmieszczenie losowe występuje wtedy, gdy organizmy nie wykazują tendencji do skupiania ani do odpychania się. W przyrodzie spotyka się takie rozmieszczenie rzadko, np. w pierwszych stadiach zasiedlania nowego terenu, jak zarastanie wydmy lub