

WŁADYSŁAW AULAK  
Instytut Ochrony Lasu i Drewna AR  
Warszawa

## METODYKA

### Propozycja sposobu obliczania produkcji netto runa metodą bezpośrednią oraz szacowania błędów metod pośrednich

A suggested method for calculating herb layer net production directly or by estimating errors of indirect methods

#### 1. Wstęp

W pracy Aulaka (1974), w konkluzji rozważań o parametrach produkcji i stanów biomas wpływających na błędy oszacowania produkcji netto runa metodami pośrednimi, zasygnalizowano konieczność założenia stałych powierzchni kontrolnych, na których można by analizować wszystkie zmiany zachodzące w populacjach poszczególnych gatunków roślin runa. Powierzchnie takie mogłyby służyć do szacowania błędów, jakimi obarczone są wyniki uzyskane metodami pośrednimi.

Metodę kontroli zmian w populacji oraz analizy produkcji każdego osobnika oddzielnie można nazwać metodą bezpośredniego obliczania produkcji netto.

#### 2. Sposób obliczania produkcji metodą bezpośrednią

Proponowana metoda polega na badaniu produkcji każdego osobnika w ciągu roku na stałych powierzchniach. Badania tą metodą prowadzone są od 1971 r. na płacie *Tilio-Carpinetum* Tracz., 1962 w Białowieskim Parku Narodowym.

Wybrano powierzchnię 0,25 ha grądu typowego o względnie dużej jednorodności. Ze względu na to, że badania mają jednocześnie charakter metodyczny, nie analizowano produkcji na większej powierzchni, która wykazywałaby większe zróżnicowanie.

Na działce obserwacyjnej wyłożono 30 krat o powierzchni wewnętrznej  $100 \times 100$  cm. Każdą kratę podzielono żyłką nylonową na kwadraty  $10 \times 10$  cm. Ze względu na możliwy wpływ na rozwój runa sąsiedztwa

ramy drewnianej, zrezygnowano z analizy runa na kwadratach przylegających bezpośrednio do kraty. Stąd powierzchnia efektywna każdej kraty wyniosła  $80 \times 80$  cm ( $= 6400$  cm<sup>2</sup>). Łączna powierzchnia analizowana  $= 19,2$  m<sup>2</sup>. W kratkach tych rejestrowano wszystkie osobniki każdego gatunku indywidualnie. Jedynie *Anemone nemorosa*, ze względu na bardzo duże zagęszczenie (łącznie zarejestrowano ponad 3000 osobników), analizowano na powierzchni 0,25 m<sup>2</sup> w każdej kratce, co dało łącznie 7,5 m<sup>2</sup>.

Podział wewnętrzny kraty jest konieczny dla właściwej lokalizacji każdego osobnika w każdym terminie obserwacji. Po dwóch latach badań wydaje się, że znacznie przyspieszyłoby prace terenowe zastosowanie podziału krat na kwadraty  $5 \times 5$  cm.

W każdym terminie obserwacji sporządzano raporty graficzno-liczbowe (fig. 1), zaznaczając lokalizację osobnika symbolem graficznym (innym dla każdego gatunku) oraz podając obok znaku wysokość osobnika z dokładnością do 1 cm. Na raporcie zaznaczano też specjalnym indeksem graficznym osobniki kwitnące i usychające.

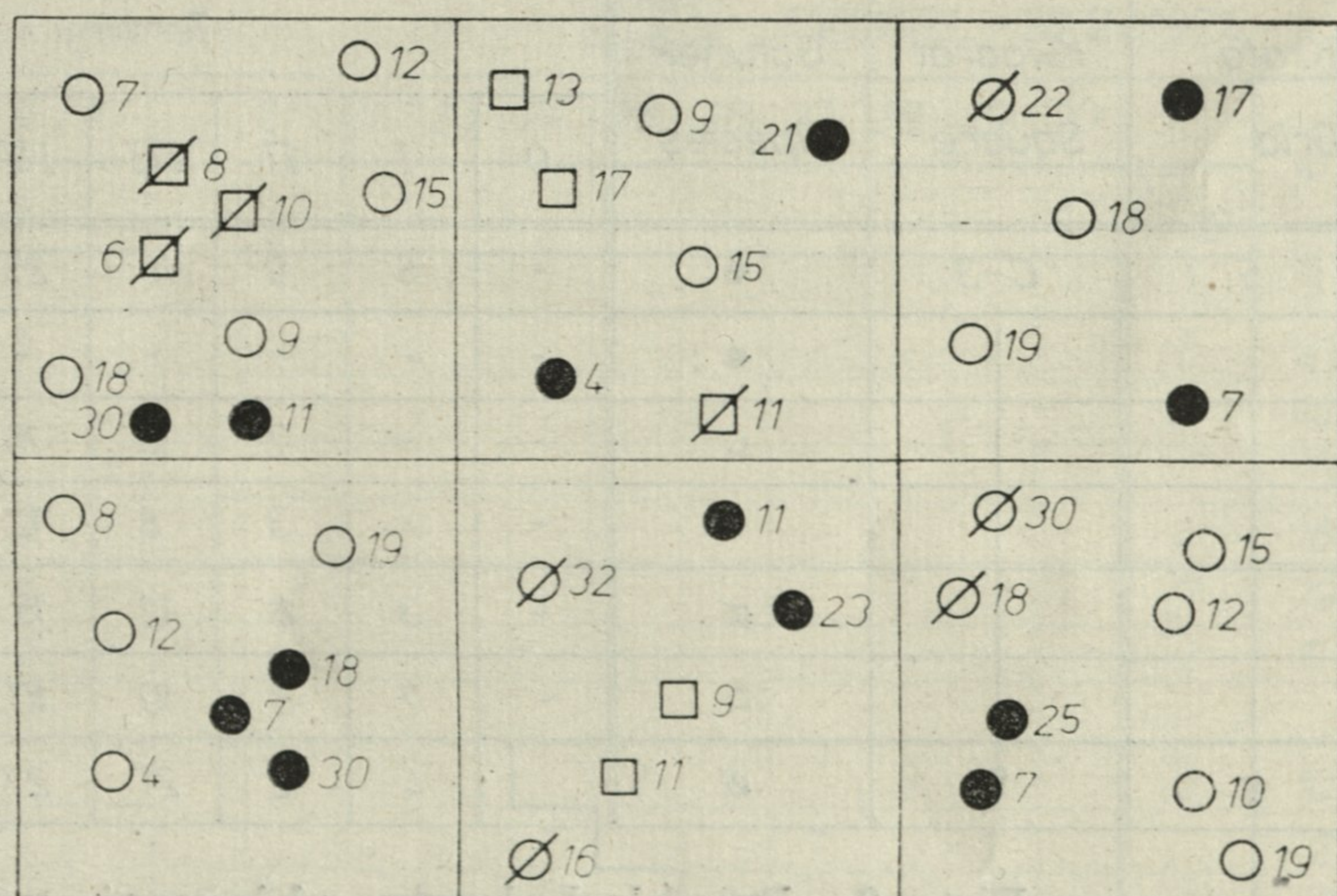


Fig. 1. Przykład wycinka raportu terenowego  
Example of sector of field report

- *Anemone nemorosa*      □ *Asperula odorata*  
 ∅ *Dentaria bulbifera*      ▣ *Hepatica nobilis*  
 ● *Galeobdolon luteum*

Terminy obserwacji dostosowano do dynamiki rozwoju runa w badanym zespole. Przy tym termin zerowy (ruchomy) wypadł na moment zejścia pokrywy śnieżnej z krat. Następne terminy w okresie od 1 kwietnia do 1 sierpnia wypadały co dwie dekady. Od 1 sierpnia do 1 listopada obserwacji dokonywano jeden raz na początku każdego miesiąca. Większa częstotliwość obserwacji w okresie wiosenno-letnim wynika z większej dynamiki zmian w tym okresie w grądzie.

Porównanie raportów z kolejnych terminów obserwacji pozwala na prześledzenie wzrostu i rozwoju każdego osobnika w cyklu rocznym. Dane te nanosi się na raporty zbiorcze (fig. 2).

Przy badaniach tą metodą nie uwzględniano nielicznych *Gramineae* i *Cyperaceae*, których identyfikacja osobnicza wymagałaby trwałego znaczenia w terenie. Ze względu na mały ich udział zaniechano analizy ich produkcji. Nie analizowano też *Oxalis acetosella*, którego pomiary wysokościowe są w skali masowej niemożliwe, a poza tym kraty  $10 \times 10$  cm były zbyt duże dla identyfikacji osobników między okresami.

Za osobnika uznawano każdą nadziemną część wegetacyjną wyrastającą spod ziemi (np. u *Hepatica nobilis* — liście). Było to konieczne dla właściwego obliczenia produkcji przy różnej liczebności elementów wegetacyjnych wśród osobników pojmowanych w sensie biologicznym.

Wysokość mierzono wraz z wyciągniętymi w górę liśćmi. Była to konieczność, ponieważ wiele roślin po zakończeniu wzrostu pędu głównego powiększa swój aparat asymilacyjny. Przy pomiarach wysokości

Krata Grid	Kwadrat Square	Gatunek Species	Terminy - Dates										
			0	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
5	C-3	●	-	5	9	14	25	38	46	49	52	53	53
		●	-	-	-	-	-	-	-	3	8	8	-
		○	-	-	7	15	16	-	-	-	-	-	-
		○	-	-	3	8	12	-	-	-	-	-	-
		∅	-	3	8	12	15	16	16	16	16	-	-
		□	-	7	8	10	10	12	12	-	-	-	-
↓	↓	∅		4	12	21	27	-	-	-	-	-	-

Fig. 2. Przykład karty zbiorczej wzrostu osobników.

Example of summary card for growth of individuals

tylko pędu, dalsza produkcja nie byłaby rejestrowana (np. u *Anemone nemorosa*, *Stellaria holostea* i in.).

Dla ustalenia przeliczników wysokości na biomase osobniczą pobierano w każdym terminie obserwacji (spoza krat) dla każdego gatunku, w każdej klasie wysokości dość liczne próby (minimum 50 osobników). Określano w ten sposób ciężar osobniczy w każdej 1 cm klasie wysokości. Ponieważ różnice między okresami nie były istotne i nie wykazywały wyraźnego trendu zmian, do dalszych obliczeń stosowano ciężar osobniczy w każdej klasie wysokości wyliczony z materiału całorocznego. Dane liczbowe zestawiano w tabelach, które były podstawą do obliczenia produkcji. Produkcja każdego osobnika w każdym z anali-

zowanych okresów stanowiła różnicę między ciężarami osobniczymi odpowiadającymi osiągniętym wysokościami na początku i na końcu okresu. Suma produkcji z okresów dała produkcję łączną osobnika. Suma produkcji osobników stanowiła produkcję populacji. Produkcja łączna stanowi sumę produkcji poszczególnych populacji.

Dla ułatwienia obliczeń, dane co do przyrostów wysokości, zestawiano z kart zbiorczych (fig. 2) na specjalnych formularzach (fig. 3) osobno dla każdego gatunku i każdego okresu. Z zestawień tych uzyskujemy dane łączne na temat osobników nowych dla danego okresu ( $D$ ), czyli rejestrowanych po raz pierwszy w końcu analizowanego okresu, osobników wyeliminowanych w danym okresie ( $W$ ), czyli niezarejestrowanych w końcu okresu oraz przyrosty osobników w każdej klasie wysokości.

Przy stosowanej metodzie uzyskano następujące parametry dynamiki produkcji:  $W$  — biomasę osobników wyeliminowanych w danym okresie (wypad biomasy),  $D$  — biomasę dorostu (= produkcji), czyli osobników nowych,  $B$  — biomasę osobników niewyeliminowanych w danym okresie, czyli wielkość stanu biomasy z terminu poprzedniego po-

Gatunek: <i>Galeobdolon luteum</i> Species:		Okres: 1.VI.1971. - 20.VI.1971. Period:																					
$h$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	$\Sigma D =$	$N_p$	
-			3	2	4	1	3	2	1													16	
1																							
2		7		2	1		6		1													1	21
3				1	4	5		3		2												2	18
4				2		1		5		1													10
5					1		7		3	1												4	18
6						2		6	1													7	19
7							1	3	2	1												2	11
24														2	1		5					2	10
25																	1		1				2
26																2		4				1	7
27																	6	1				4	11
28																		3					3
29																						1	1
30																							
$N_k$		7	3	7	10	9	17	21	13	9	13	8	6	5	10	6	13	15	3			$\Sigma W =$ 31 $\Sigma N_k =$ 178	$\Sigma N_p =$ 193

Fig. 3. Przykład formularza zbiorczego zmian okresowych w dynamice populacji i wzroście osobników

$h$  — klasa wysokości,  $D$  — liczebność dorostu,  $W$  — liczebność wypadu,  $N_p$  — stan na początku okresu,  $N_k$  — stan na końcu okresu

Example of summary card of periodical variations in population numbers and growth of individuals

$h$  — height class,  $D$  — numbers of individuals reaching a given height,  $W$  — numbers of extra individuals in plant fall,  $N_p$  — state at start of period,  $N_k$  — state at end of period

mniejszą o wielkość wypadu w danym okresie,  $PE_i$  — wielkość produkcji zrealizowanej przez osobniki niewyeliminowane ( $B$ ).

Produkcja netto danego okresu stanowi:  $D + PB$ .

Jedynym elementem doszacowanym, a więc nie określonym bezpośrednio, była przypuszczalna produkcja realizowana przez osobniki wyeliminowane w danym okresie, aż do momentu ich wypadu z populacji. Przyjęto, że stanowi ona dla każdego osobnika połowę przeciętnego w danym okresie przyrostu osobniczego osobników z tej samej klasy wysokości. Dla poszczególnych gatunków wielkość ta wahała się w granicach 1—2%, jedynie dla *Anemone nemorosa* stanowiła ok. 5% całorocznej produkcji populacji. Nie jest to wielkość znacząca w obliczeniach produkcji i można ją pominąć, przy założeniu (teoretycznie niesłusznym), że osobniki wypadające w danym okresie nie produkowały.

Produkcji nasion nie obliczano, ponieważ tym zagadnieniem zajmowała się F a l i ń s k a (1969).

Produkcję kwiatów lub kwiatostanów obliczono osobno mnożąc ilość osobników kwitnących danego gatunku w ciągu roku przez ciężar jednostkowy kwiatów lub kwiatostanów według prób zebranych w terenie.

Proponowana metoda oprócz danych dotyczących produkcji pozwala na uzyskanie dalszych parametrów populacyjnych, a mianowicie: dynamiki ilościowej w aspekcie rocznym, ilości osobników wchodzących w stan zimowania, przeciętnej długości życia osobnika (części nadziemnej), frakcji osobników kwitnących itp. Ponadto badania wieloletnie pozwalają na analizę wpływu parametrów meteorologicznych na dynamikę populacji oraz na stwierdzenie ewentualnego płodozmianu w produkcji.

### 3. Szacowanie błędów metod pośredniego obliczania produkcji netto runa w oparciu o proponowaną metodę

Omówiona metoda badań jest bardzo pracochłonna i stanowi tylko bazę porównawczą dla metod pośrednich, którymi przy szacowaniu produkcji runa będziemy posługiwać się jeszcze dość długo.

W prowadzonych badaniach, w tych samych terminach określano również produkcję metodami opartymi o stany biomasy i metodą T r a c z y k a (1967). Z metod opartych o stany biomas szacowano produkcję według stanu maksymalnego biomasy, według różnicy stanu maksymalnego i minimalnego (O d u m 1960) oraz metodą sumowania różnic stanów biomas między kolejnymi terminami zbioru.

Między kratami, a więc na tym samym płacie roślinnym, w każdym terminie zbierano próby na biomasę oraz zagęszczenie poszczególnych gatunków roślin runa w 30 kołach o pow. 0,2 m<sup>2</sup> każde (łącznie 6 m<sup>2</sup>). W każdym kole liczono ilość osobników oraz zbierano wszystkie osobniki dla określenia ich suchej biomasy w laboratorium. Tego typu obser-

wacje prowadzono też w zimie, po wytopieniu śniegu w kołach (około 10 lutego). Uzyskano dane dotyczące dynamiki ilościowej i stanu biomasy w aspekcie rocznym dla każdego gatunku. Dla porównań wielkości z krat i kół przeliczano na powierzchnię 1 m<sup>2</sup>. Należy przy tym zaznaczyć, że w metodach koszenia, w każdym terminie zbiory były wykonywane w innym miejscu, a więc zmiany w stanie biomas wynikały nie tylko z dynamiki, ale również ze zmienności płatu. Szacowanie błędów różnych metod pośrednich dokonywano dla każdego gatunku osobno, ze względu na różne typy dynamiki rozwojowej populacji gatunków runa.

Wśród gatunków runa w grądzie wyróżniono trzy podstawowe typy rozwojowe:

- I — typ *Anemone* — rośliny roczne o stanie biomasy po zejściu śniegu = 0.
- II — typ *Hepatica* — rośliny zimozielone, o stanie biomasy po zejściu śniegu większym od 0, nie produkujące po przezimowaniu, ale utrzymujące się dość długo w populacji.
- III — typ *Galeobdolon* — rośliny zimujące i produkujące w następnym roku. Stan biomasy populacji po zejściu śniegów wyższy od 0.

Analiza produkcji oparta o stany biomas uwzględnia w każdym terminie tylko stan aktualny biomasy bez znajomości poszczególnych elementów składających się na ten stan ( $D$ ,  $W$ ,  $B$ ,  $P_B$ ).

Jak widać z figury 4, różnica stanów biomas między dwoma okresami tylko wtedy odpowiada produkcji, gdy brak jest biomasy na po-

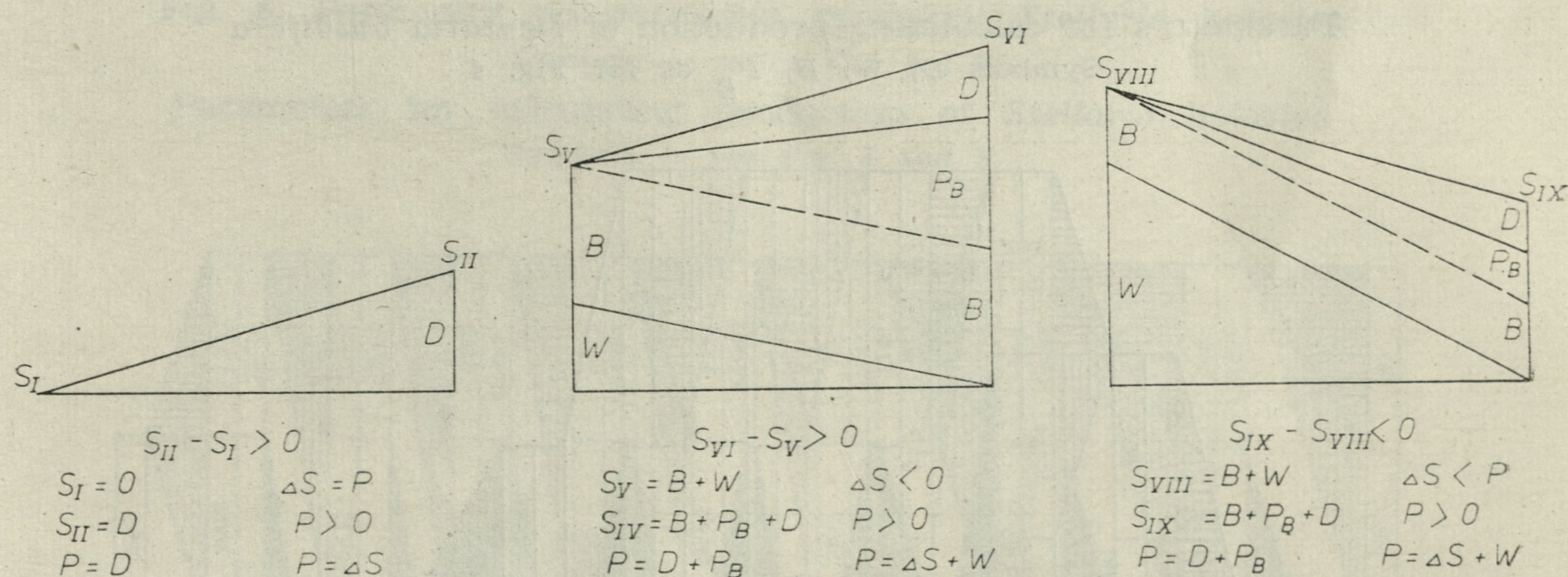


Fig. 4. Typowe przypadki zależności między produkcją a stanami biomas

$D$  — biomasa dorostu w danym okresie,  $B$  — biomasa nie wyeliminowana w danym okresie,  $P$  — produkcja rzeczywista w danym okresie,  $W$  — biomasa wyeliminowana w danym okresie,  $S$  — stan biomasy w danym terminie,  $P_B$  — produkcja biomasy  $B$

Typical cases of relations between production and states of biomass  
 $D$  — biomass of extra individuals in given period,  $B$  — biomass not eliminated in given period,  $P$  — real production in given period,  $W$  — biomass eliminated in given period,  $S$  — state of biomass at given observation time,  $P_B$  — biomass production  $B$

czątku analizowanego okresu. A więc cała produkcja równa się biomase osobników nowo powstałych. Przy tym pod koniec wegetacji, nawet przy ujemnych wartościach różnic stanów biomas, produkcja może występować ( $PB$  lub  $D + PB$ ).

Typ rozwojowy gatunku dodatkowo utrudnia obliczenia, ponieważ nie zawsze znamy wielkość wypadu biomasy ubiegłorocznej (Aulak 1974). Przykładowo podano obliczenia produkcji dla 5 gatunków według danych tylko z kart, a więc przy eliminacji błędów związanych ze zmiennością płatu. Wyliczenia dotyczą 1971 roku.

Elementy uwzględnione na figurach 5—9 nie zachowują skali zjawisk, tylko zaznaczają istnienie w poszczególnych terminach obserwacji

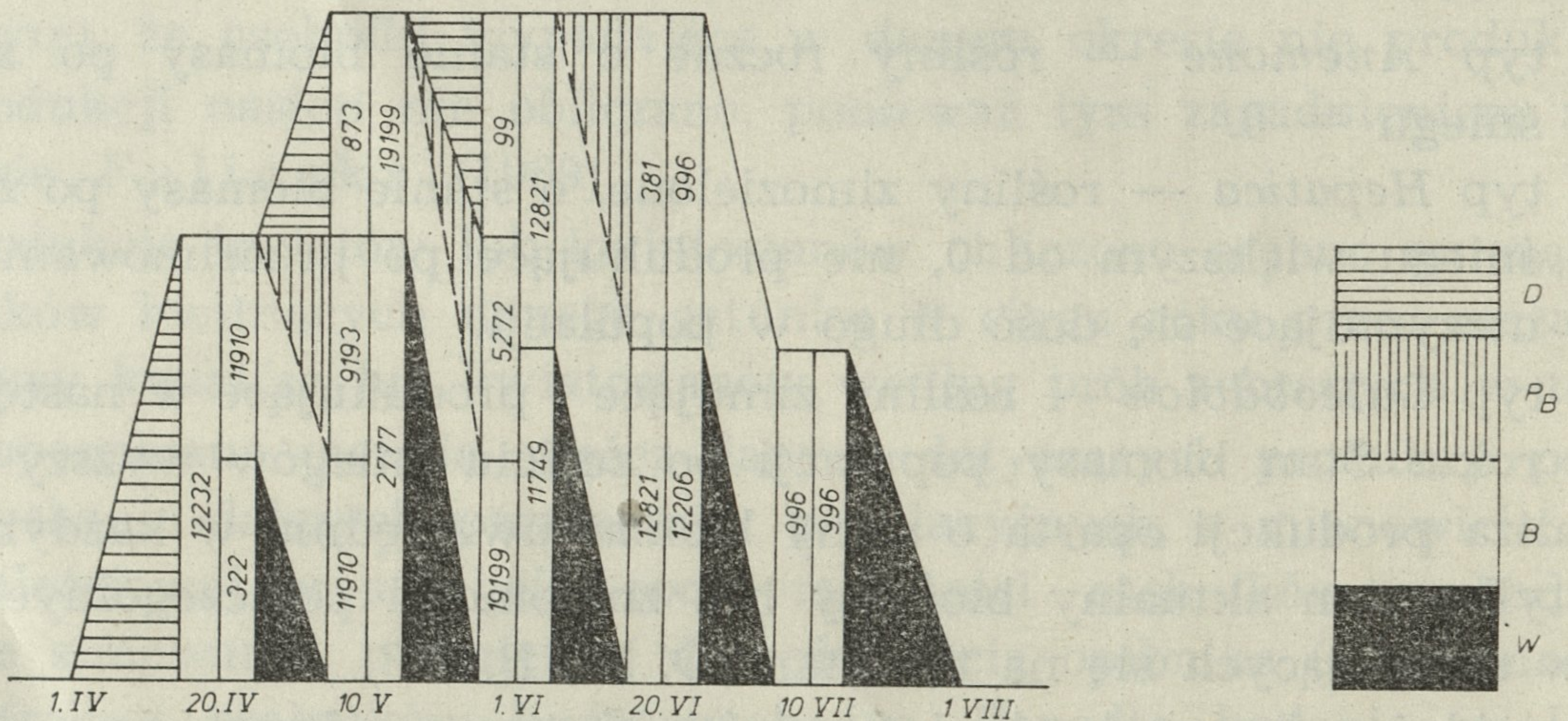


Fig. 5. Parametry do obliczenia produkcji *Dentaria bulbifera*  
Symbole  $D$ ,  $W$ ,  $B$ ,  $P_B$  patrz Fig. 4

Parameters for calculating production of *Dentaria bulbifera*  
Symbols  $D$ ,  $W$ ,  $B$ ,  $P_B$  as for Fig. 4

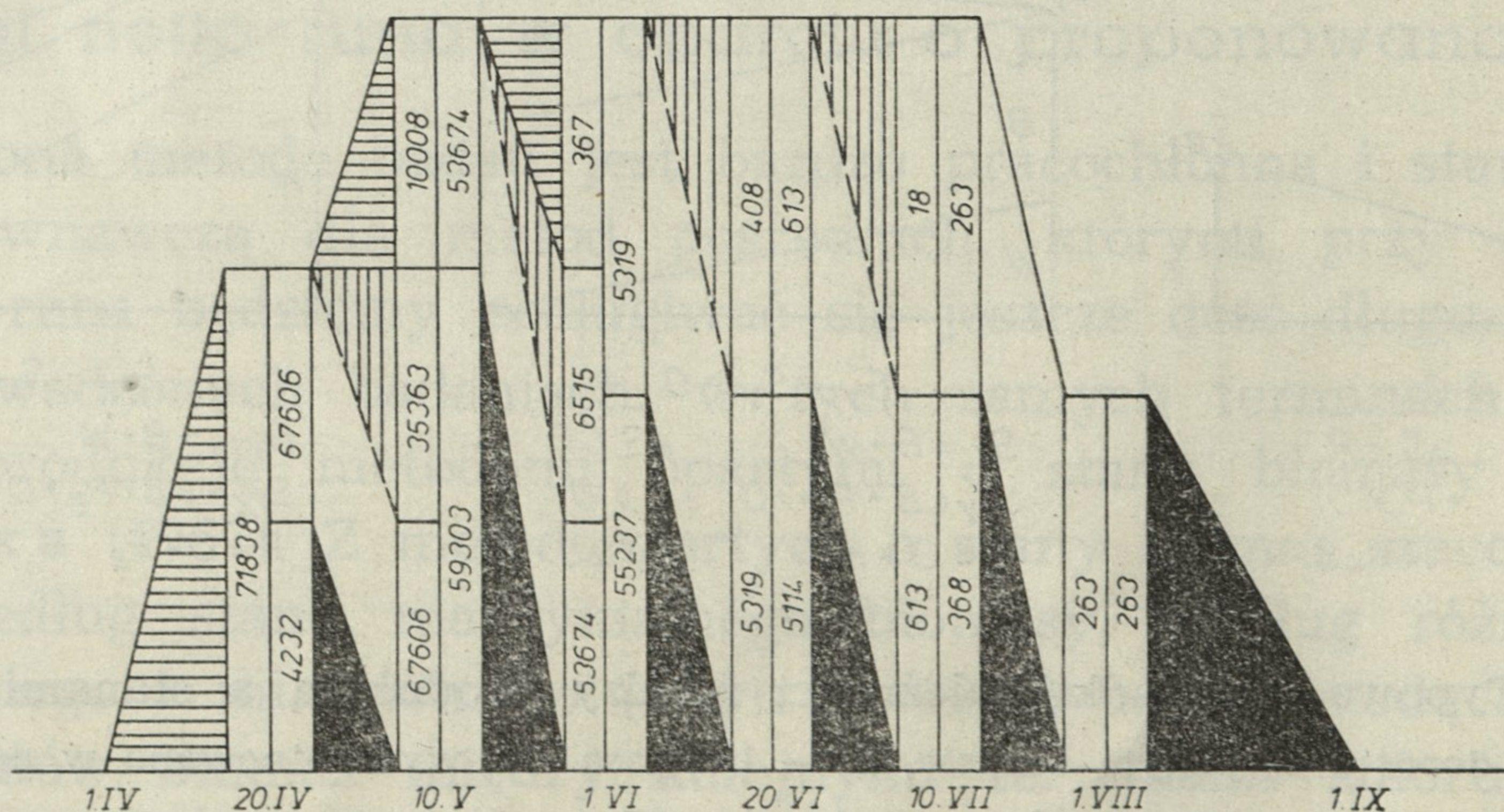


Fig. 6. Parametry do obliczenia produkcji *Anemone nemorosa*

Symbole — patrz Fig. 4 i 5

Parameters for calculating production of *Anemone nemorosa*  
Symbols — see Fig. 4 and 5

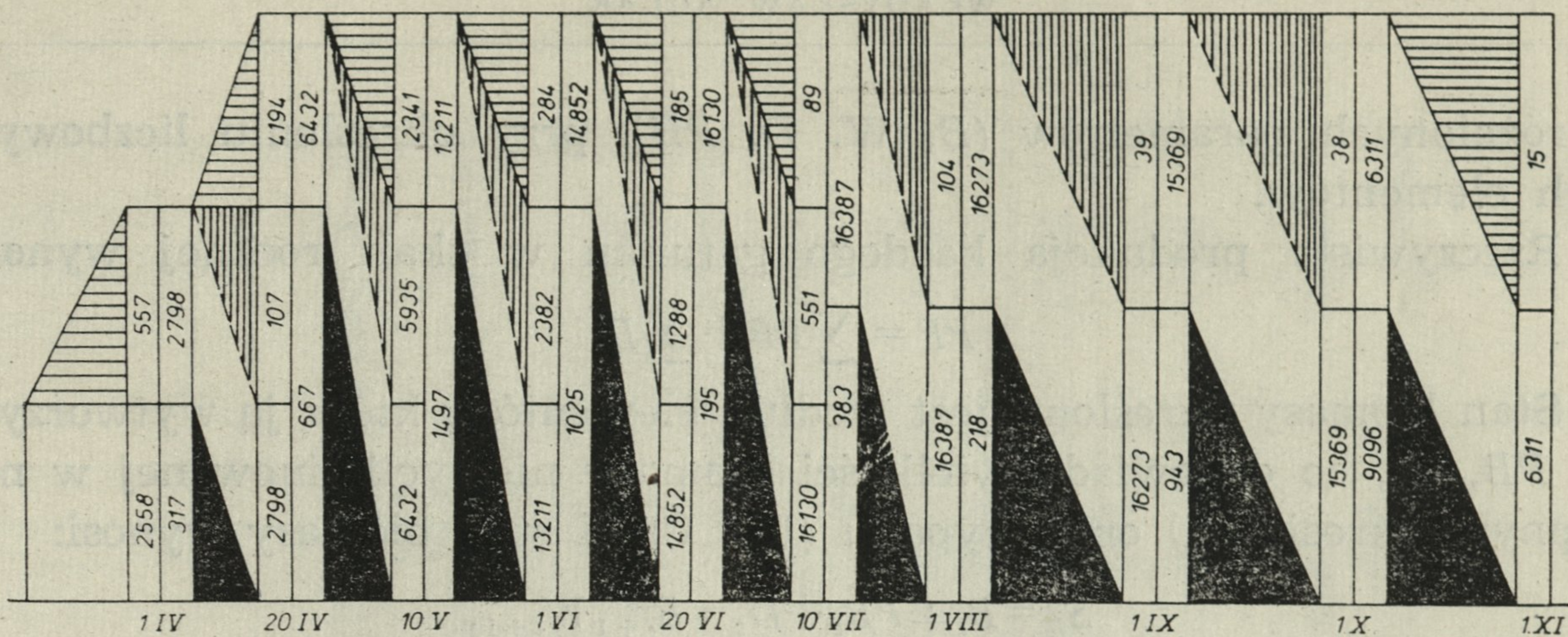


Fig. 7. Parametry do obliczenia produkcji *Hepatica nobilis*

Symbole — patrz Fig. 4 i 5

Parameters for calculating production of *Hepatica nobilis*

Symbols — see Fig. 4 and 5

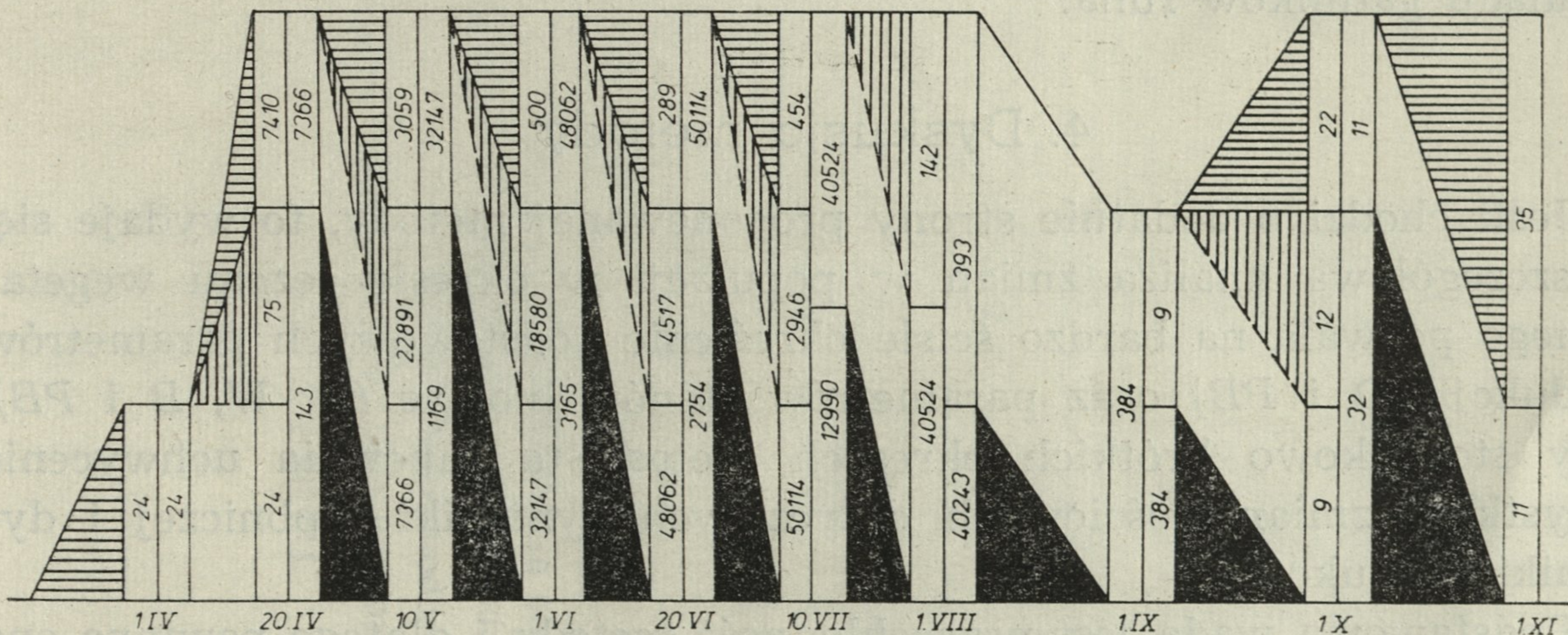


Fig. 8. Parametry do obliczenia produkcji *Stellaria holostea*

Symbole — patrz Fig. 4 i 5

Parameters for calculating production of *Stellaria holostea*

Symbols — see Fig. 4 and 5

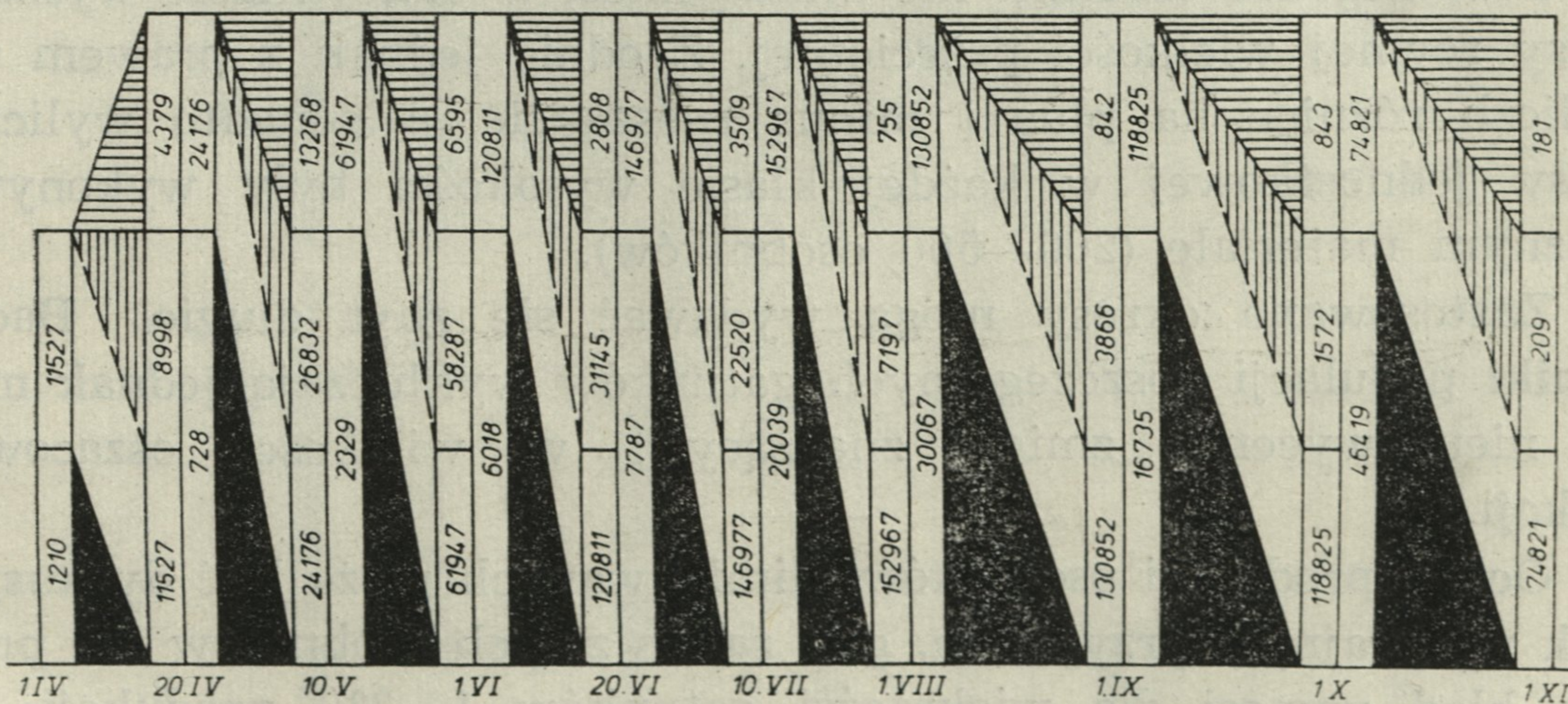


Fig. 9. Parametry do obliczenia produkcji *Galeobdolon luteum*

Symbole — patrz Fig. 4 i 5

Parameters for calculating production of *Galeobdolon luteum*

Symbols — see Fig. 4 and 5



wyróżnionych parametrów ( $B$ ,  $W$ ,  $D$ ,  $PB$ ), przy określeniu liczbowym tych elementów.

Rzeczywista produkcja każdego gatunku w skali rocznej wynosi:

$$PP = \sum PB + \sum D.$$

Stan biomasy określony jest według elementów, które ją wytworzyły ( $P$ ,  $PB$ ,  $D$ ), co odpowiada wielkości biomasy niewyeliminowanej w następnym okresie ( $B$ ) oraz wypadu ( $W$ ). Czyli stan biomasy wynosi:

$$S_B = B_t + PB_t + D_t = B_{t+1} W_{t+1}.$$

Tabela I podaje wyniki obliczeń dla kilku metod oraz określone błędy tych metod. Błąd jest dość znaczny dla poszczególnych metod i wyraźnie wskazuje, że metody pośrednie dają tylko przybliżoną wielkość produkcji z błędem różnym dla różnych typów rozwojowych populacji gatunków runa.

#### 4. Dyskusja metody

Jeśli chodzi o dodatnie strony proponowanej metody, to wydaje się, że szczegółowa analiza zmian w populacji w okresie sezonu wegetacyjnego pozwala na bardzo ściśle określenie podstawowych parametrów produkcji ( $D$  i  $PB$ ) oraz parametrów stanów biomas ( $D$ ,  $W$ ,  $B$  i  $PB$ ). Przy stosunkowo krótkich okresach metoda ta zapewnia uchwycenie wszystkich zmian ilościowych dotyczących dynamiki osobniczej i dynamiki produkcji.

Podstawową wadą jest pracochłonność metody i dlatego powinna ona być stosowana tylko dla szacowania błędów metod pośrednich. Oczywiście powierzchnie tego typu powinny obejmować wszystkie typy lasu.

Wydaje się ponadto, że pewne elementy metody mogą budzić wątpliwości:

1. Poszczególne osobniki nie muszą mieć, w danej klasie wysokości, biomasy równej wielkości przeciętnej. Zgodnie jednak z prawem wielkich liczb różnice na plus i minus znoszą się, a ponadto wyliczenia biomasy jednostkowej w każdej klasie wysokości były wykonywane na liczonym materiale (200—500 osobników).

2. Zastosowane okresy mogą wydawać się zbyt długie. Badania dynamiki populacji poszczególnych gatunków wykluczają jednak możliwość nieuchwycenia zmian znaczących w wielkości oszacowanej produkcji.

3. Ocena produkcji osobników eliminowanych może być dyskusyjna. Jednak w skrajnym przypadku, gdy żaden z tych osobników nie produkował, błąd wynosi dla większości gatunków 1—2% produkcji całorocznej. W bardziej prawdopodobnej sytuacji, gdy osobniki produkują do momentu wypadu (często zgryzieniu przez roślinożerców), oszacowana wielkość ich produkcji jest realna.

Tabela I

Produkcja kilku gatunków runa (w mg) oszacowana różnymi metodami oraz błędy w oszacowaniu w stosunku do produkcji rzeczywistej określonej proponowaną metodą

Production of several plant species in the herb layer (in mg) estimated by different methods and errors in estimating in relation to actual production defined by the suggested method

Gatunek — Species	Metoda — Method	$S_{\max}$	$S_{\max} - S_{\min}$	$S$	Produkcja rzeczywista — Real production
<i>Anemone nemorosa</i>	Produkcja — Production	112977	112977	112977	124517
	Błąd — Error (%)	—9,3	—9,3	—9,3	
<i>Dentaria bulbifera</i>	Produkcja — Production	24570	24570	24570	28150
	Błąd — Error (%)	—12,7	—12,7	—12,7	
<i>Stellaria holostea</i>	Produkcja — Production	53514	53490	53493	60926
	Błąd — Error (%)	—12,2	—12,2	—12,2	
<i>Hepatica nobilis</i>	Produkcja — Production	16770	13655	13655	18109
	Błąd — Error (%)	—7,4	—24,6	—24,6	
<i>Galeobdolon luteum</i>	Produkcja — Production	173006	160269	160269	193806
	Błąd — Error (%)	—10,7	—17,3	—17,3	

Dodatkowym atutem tej metody jest to, że wskaźniki błędów metod pośrednich mogą być przenoszone na inne płaty tego samego biotopu, a w wypadku stwierdzenia podobieństwa dynamiki gatunków grądowych o szerokiej skali ekologicznej między różnymi fitocenoząmi, przeliczniki dla tych gatunków mogą być uniwersalne.

### Piśmiennictwo

- Aulak W. 1974 — Błędy metod szacowania produkcji runa leśnego opartych na stanach biomas — Wiad. ekol. 20: 47—56.
- Falińska K. 1969 — Produkcja nasion wybranych gatunków runa różnych postaci grądu (*Quercus-Carpinetum*) w Białowieskim Parku Narodowym — Acta Soc. Bot. Pol. 38: 195—203.
- Odum E.P. 1960 — Organic production and turnover in old field succession. — Ecology, 41: 34—49.
- Traczyk T. 1967 — Propozycja nowego sposobu oceny produkcji runa — Ekol. Pol. B, 13: 241—247.

### Summary

The author proposes a new method for defining net production of the herb layer by analysing the production of each individual separately. Although this method, as being very laborious, is unsuitable for wide-scale application, it is useful, when simultaneous estimation is made of production by the methods hitherto employed, for defining the extent of errors in estimating production by the methods in general use.

The method consists in placing a certain number of grids (minimum 30) in an area, which have fairly densely arranged inner parallel bars permitting of exact localization of individuals without making it necessary for them to be permanently marked out in the area. The height of each individual is measured, each time observations are made, which takes place fairly frequently over the course of a year. At the same time samples are taken for individual weight in established classes of height (optimum every 1 cm). In this way the differences in height can be converted into difference in the individual's biomass between two consecutive observation periods. The sum total of periodical increases gives the combined production of an individual, while the sum total of individuals of the same species permits of accurately defining the population's production.

Simultaneous estimation of production by indirect methods in general use permits of defining the errors of these methods by comparison with the results obtained by the suggested method.

Recording the state of each individual every time observations are made simultaneously permits of obtaining additional data on variations in population numbers, variations in production over the yearly cycle, definition of the extent of elimination in different periods etc.

Table I contains examples of errors in estimating production by certain indirect methods for 5 species, based on data obtained by the direct method.