

DAMIAN CHMURA, ANNA SALACHNA, EDYTA SIERKA

Porównanie oceny zwarcia drzewostanu za pomocą metody wizualnej i zwarciomierza

Comparison of visual estimation of the canopy cover with the canopyscope assessment

ABSTRACT

Chmura D., Salachna A., Sierka E. 2016. Porównanie oceny zwarcia drzewostanu za pomocą metody wizualnej i zwarciomierza. Sylwan 160 (6): 475-481.

The visual estimates of tree canopy cover belong to the fundamental measurements of analytical features of forest phytocoenoses. However, it is the subjective method, which results in error difficult to control. The objective of the research was to present a canopyscope and to compare results of canopy cover estimation using it with visual estimates. We conducted several experiments in oak-hornbeam, pine and spruce forest stands in southern Poland. We engaged in fieldwork well- and less-experienced students, i.e. biologists skilled in methods of phytosociology and students of nature engineering as well as three professional phytosociologists. They performed a comparative research in terms of correlation analyses, analysis of coefficients of variation and intra-class correlation (ICC) between-observers and between-methods using both ways of canopy cover estimates. The correlation between canopyscope score and results of visual estimates was highest in the group of phytosociologists ($r_s=0.82$, $p<0.001$) followed by well-experienced students ($r_s=0.72$, $p<0.001$) and less-experienced persons ($r_s=0.62$, $p<0.001$). For purpose of comparison of both methods two variants of visual method were applied: optional visual cover estimate, and adjusted visual method where percentage cover of tree layer was noted using 4% intervals likewise in canopyscope method. The results of visual estimate method were characterized by more than threefold higher variation ($CV\%=9.72$ and $CV\%=9.46$ for optional variant and adjusted variant respectively) in comparison with canopy-scope method ($CV\%=2.26$) in repeating measurements on the same plot. In terms of repeatability, analysis yielded 0.873 ($p<0.0001$) and 0.622 ($p=0.00682$) values of ICC for canopyscope and adjusted visual estimate respectively between two phytosociologists. The result of intra-class correlation for comparison between methods within each rater separately revealed low and non-significant value of ICC. We suggest using canopyscope because this method is more precise, reliable and repeatable than visual estimation. Moreover, canopyscope is easier and more convenient to use when compared to objective methods as hemispherical photography of tree canopy and image analysis.

KEY WORDS

canopy closure, ocular estimate cover, phytosociology

ADDRESSES

Damian Chmura ⁽¹⁾ – e-mail: dchmura@ath.bielsko.pl
Anna Salachna ⁽¹⁾ – e-mail: asalachna@ath.bielsko.pl
Edyta Sierka ⁽²⁾ – e-mail: edyta.sierka@us.edu.pl

⁽¹⁾ Instytut Ochrony i Inżynierii Środowiska, Akademia Techniczno-Humanistyczna w Bielsku-Białej; ul. Willowa 2, 43-309 Bielsko-Biała

⁽²⁾ Katedra Botaniki i Ochrony Przyrody, Uniwersytet Śląski; ul. Jagiellońska 28, 40-032 Katowice

Wstęp

W fitosocjologii ocena zwarcia drzewostanu należy do metod, za pomocą których badane są cechy analityczne fitocenozy leśnych. Pośrednio mówi ona o warunkach świetlnych panujących na dnie lasu. Tradycyjnie zwarcie warstwy drzew oceniane jest subiektywnie przez badacza, który szacuje, jaki procent nad powierzchnią zdjęcia fitosocjologicznego zajmują korony drzew [Pawłowski i in. 1977]. Metoda ta jest szybka i tania, lecz może być obciążona trudno mierzalnym błędem. Ocena wizualna zwarcia warstwy drzew, powszechnie stosowana w badaniach fitosocjologicznych, należy do często krytykowanych [Kercher i in. 2003; Klimeš 2003; Vittoz, Guisan 2007], dlatego też podejmowane są próby stworzenia alternatywnej, bardziej obiektywnej i równie nieskomplikowanej metody do powszechnego zastosowania [Jennings i in. 1999].

Głównym celem pracy jest przedstawienie propozycji alternatywnej metody, tak prostej i taniej jak wizualna, wykorzystującej do oceny zwarcia drzew tzw. kanopiskop (ang. canopyscope) [Brown i in. 2000]. Szczegółowym celem pracy jest porównanie wyników oceny zwarcia drzew uzyskanych metodą kanopiskopową z wynikami metody wizualnej. Dla porównania obu metod, pod kątem ich wiarygodności i powtarzalności, przyjęto następujące hipotezy:

- 1) pomiar metodą kanopiskopową jest skorelowany z oceną wizualną zwarcia drzewostanu, przy czym wartość korelacji zależy od umiejętności i doświadczenia badacza,
- 2) metoda kanopiskopowa jest bardziej wiarygodna ze względu na mniejszy błąd pomiaru (mniejszą zmienność pomiaru) niż metoda wizualna,
- 3) ocena procentowego zwarcia warstwy drzew wyliczona na podstawie obu metod jest bardziej powtarzalna w metodzie kanopiskopowej niż w metodzie wizualnej pomimo dużego doświadczenia badaczy.

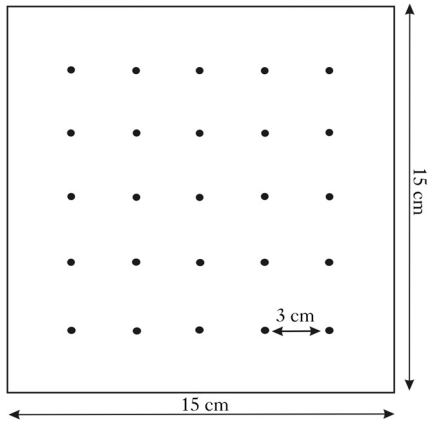
Materiał i metody

BUDOWA KANOPISKOPU (ZWARCIOMIERZA). Określenie „kanopiskop” wynika ze spolszczenia nazwy angielskiej. Słowo to można przetłumaczyć jako „zwarciomierz” i właśnie tę formę proponują autorzy jako polski odpowiednik. Zwarciomierz to przezroczysta płytko o wymiarach 15×15 cm z siatką 25 punktów (o średnicy około 1 mm). W praktyce najlepiej sprawdza się czerwony kolor punktów. Są one rozstawione w siatce 5 rzędów × 5 kolumn, a odstęp między nimi na płytce wynosi 3 cm (ryc. 1). Do rogu płytki, pod kątem prostym, przymocowany jest pręt lub linijka o długości 20 cm, co umożliwia zachowanie stałej odległości od oka. Oceny zwarcia drzew dokonuje się, stojąc w środku poletka, na którym wykonuje się zdjęcie fitosocjologiczne, przykładając płytkę do oka z zachowaniem odległości 20 cm i spoglądając w górę. Następnie liczy się punkty, które są widoczne na tle luk w drzewostanie. Procentowe zwarcie drzew oblicza się według wzoru:

$$P\% = (25 - \text{liczba punktów stwierdzonych na tle nieba}) \times 100/25$$

Przeliczone wartości podano w tabeli 1.

Badania przeprowadzono z udziałem kilku grup studentów oraz trzech doświadczonych fitosocjologów. W zależności od celu eksperymentu wykorzystywano różne grupy badaczy. Przyjęto następujące zasady: przy ocenie zwarcia drzew za każdym razem najpierw oceniano



Ryc. 1.

Ustawienie siatki punktów na kanopiskopie o wymiarach 15×15 cm [Brown i in. 2000]

Situation of points in grid on canopyscope (15×15 cm) [Brown et al. 2000]

Tabela 1.

Przeliczanie liczby punktów w metodzie kanopiskopowej na procentowe zwarcie drzewostanu
Conversion of score of canopy-scope into percent cover of tree canopy

Liczba punktów widocznych w luce Canopy openness score	Liczba punktów widocznych na tle zwarcia Canopy cover score	Zwarcie [%] Canopy cover [%]
0	25	100
1	24	96
2	23	92
3	22	88
4	21	84
5	20	80
6	19	76
7	18	72
8	17	68
9	16	64
10	15	60
11	14	56
12	13	52

zwarcie metodą wizualną, a potem kanopiskopową, tj. dokonywano pomiaru poprzez liczenie punktów na płytce na tle luk (ang. openness) w drzewostanie. Osoby uczestniczące w pomiarach nie kontaktowały się ze sobą i wykonywały pomiary samodzielnie. Proszone były o jak najbardziej dokładne i rzetelne pomiary.

EKSPERYMENT PIERWSZY. W sprawdzaniu pierwszej hipotezy uczestniczyły dwie grupy studentów oraz trzech fitosocjologów. Pierwsza grupa – studenci biologii z Uniwersytetu Śląskiego w Katowicach, zwani dalej „biologami” – reprezentowała osoby z IV roku studiów po dwóch kursach terenowych i jednym roku specjalizacji geobotanicznej. Druga grupa (zwana dalej „inżynierami”) reprezentowała studentów III roku kierunków Inżynieria Środowiska i Ochrona Środowiska Akademii Techniczno-Humanistycznej w Bielsku-Białej, po dwóch krótkich kursach terenowych, bez specjalizacji geobotanicznej. Grupa biologów dokonała pomiarów w dwóch zbiorowiskach leśnych w grądzie *Tilio-Carpinetum* oraz w płacie boru świeżego *Leucobryo-Pinetum*. Wykonano łącznie 31 powiązanych pomiarów, tj. uzyskanych dwiema metodami w obu zbiorowiskach leśnych w różnych wariantach zwarcia drzewostanu. Grupa inżynierów dokonała po-

dobnych pomiarów ($n=31$) w grądzie subkontynentalnym i borze świerkowym nawiązującym do *Abieti-Piceetum montanum* z domieszką sosny. Fitosocjologzy łącznie przeprowadzili 36 powiązanych pomiarów w tych samych warunkach. Dla każdej grupy wyniki uzyskane z obu metod poddano analizie korelacji Spearmana.

EKSPERYMENT DRUGI. W celu przetestowania drugiej hipotezy w jednym i tym samym płacie grądu grupa inżynierów wykonała pomiary zwarcia drzew obiema metodami. Aby uniknąć wpływu zróżnicowania warstwy drzew, w obrębie wybranego płątu założono powierzchnię 10×10 m, którą opalowano i oznaczono taśmą. W środku powierzchni wyznaczono miejsce, gdzie kolejne osoby przeprowadzały ocenę zwarcia warstwy drzew. Zastosowano dwa warianty oceny zwarcia w metodzie wizualnej: „dowolny”, gdzie można było używać jakiegokolwiek skali wyrażonej procentami, oraz wariant „skorygowany”, czyli z przedziałami co 4%, tak jak w metodzie kanopiskopowej (tab. 1). Ten drugi sposób pomiaru mógł wyeliminować błąd związany z nierównymi przedziałami w procentowym pokryciu.

Następnie dane z pomiaru metodą kanopiskopową przeliczono na procentowe pokrycie według tabeli 1. Wyniki obydwu metod porównano poprzez wyliczenie procentowych współczynników zmienności (CV). Założono, że doświadczenie badaczy mogło mieć wpływ na wielkość CV, ale nie na różnice między dwiema metodami.

EKSPERYMENT TRZECI. W tym eksperymencie, testującym trzecią hipotezę, dokonano obliczenia współczynnika korelacji wewnątrzklasowej ICC (intra-class correlation) [Shrout, Fleiss 1979] między osobami i metodami. Współczynnik ICC, przyjmujący wartość od 0 do 1, mierzy powtarzalność (zgodność) pomiarów między dwoma (i więcej) obserwatorami. Podobnie jak poprzednio, w metodzie wizualnej zastosowano ocenę zwarcia z 4-procentowymi przedziałami. Aby zapewnić możliwie najwyższą powtarzalność, pomiary wykonywano jedynie w parze dwóch doświadczonych fitosocjologów w różnych płątach zbiorowisk lasów liściastych i borowych. Obie osoby zebrały łącznie 15 powiązanych pomiarów, w tym samym miejscach. Po przeliczeniu wyników metody kanopiskopowej na zwarcie procentowe wyliczono współczynniki ICC dla oceny zgodności między osobami i dla oceny zgodności między metodami oddzielnie dla każdej osoby.

Analizy statystyczne przeprowadzono, wykorzystując oprogramowanie w środowisku R (www.r-project.org).

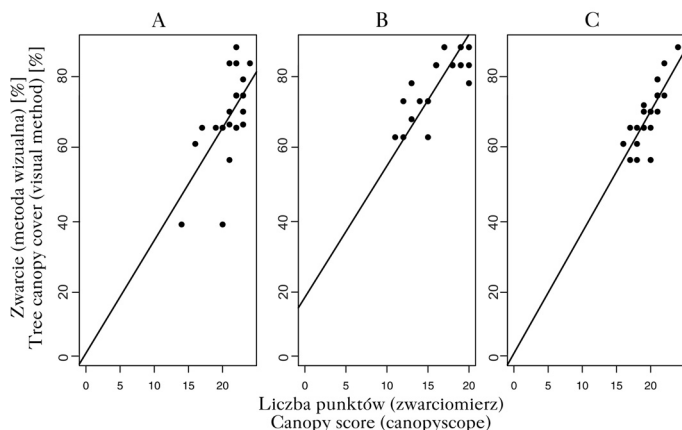
Wyniki

W grupie fitosocjologów korelacja między wynikami metody wizualnej a odczytem liczby punktów w metodzie kanopiskopowej była najwyższa ($r_s=0,82$, $p<0,0001$), w grupie biologów niższa ($r_s=0,72$, $p<0,0001$), natomiast wśród inżynierów uzyskano korelację najniższą ($r_s=0,61$, $p=0,00029$) (ryc. 2).

W drugim eksperymencie wyniki uzyskane metodą wizualną charakteryzowały się ponadtrzykrotnie większą zmiennością (9,72% CV – wariant „dowolny”, 9,46% – wariant „skorygowany”) w porównaniu z wynikami zgromadzonymi metodą kanopiskopową (CV =2,26%). Trzeci eksperyment wykazał, że metoda kanopiskopowa odznacza się wyższą wartością współczynnika korelacji wewnątrzklasowej między niezależnymi badaczami niż metoda wizualna (tab. 2). Natomiast obydwie metody nie są zgodne. Znajduje to odzwierciedlenie w małych i nieistotnych statystycznie wartościach współczynnika ICC u obu badaczy (tab. 2).

Dyskusja

Zaobserwowana istotność korelacji między wynikami obydwu metod wydaje się dość oczywista, ponieważ obie metody mają na celu zbadanie tego samego parametru. Wartości pomiarów we



Ryc. 2.

Relacja między wynikami pomiaru kanopiskopem a wizualną oceną zwarcia drzewostanu przez różne grupy obserwatorów

Relationship between canopyscope scores and results of visual estimation of the canopy cover performed by various groups

A – studenci inżynierii środowiska (n=31), B – biologzy (n=31), C – doświadczeni fitosocjologzy (n=36)

A – students of nature engineering (n=31), B – biologists (n=31), C – professional phytosociologists (n=36)

Tabela 2.

Współczynniki korelacji wewnątrzklasowej (ICC) dla zastosowanych metod oceny zwarcia drzewostanu przez fitosocjologów

Intra-class correlation (ICC) values for adopted methods of canopy estimate between two phytosociologists

	ICC	p
Metoda wizualna Visual method	0,602	0,00682
Metoda kanopiskopowa Canopyscope method	0,873	<0,0001
Obserwator 1 – porównanie metod Observer 1 – methods comparison	0,386	>0,05
Obserwator 2 – porównanie metod Observer 2 – methods comparison	0,300	>0,05

wszystkich grupach badacze często się powtarzały, stąd mniejsza liczba punktów na wykresach korelacji niż liczba obserwacji (ryc. 2). Zadbano o to, aby trzy grupy badaczy wykonywały pomiary w zbliżonych warunkach, obejmujących zarówno las liściasty, jak iglasty. Ponadto płaty były zróżnicowane pod względem zwarcia. Wydaje się, że wybór innego lasu iglastego u biologów i inżynierów nie powinien mieć wpływu na porównanie korelacji (ryc. 2). Inne badania pokazały wyższą korelację wyników oceny ze zwarciomierza z oceną zwarcia na podstawie analizy obrazu z aparatu do zdjęć hemisferycznych w porównaniu z innymi metodami [Brown i in. 2000]. Dlatego w prezentowanej pracy nie powtarzano tych badań, np. z wykorzystaniem światłomierza. W pracy chciano przetestować i ewentualnie wykazać wyższość stosowania zwarciomierza nad metodą wizualną. Uzyskane różnice między grupami badaczy wydają się mieć przede wszystkim źródło w doświadczeniu osoby wykonującej ocenę. Stąd w grupie mniej doświadczonych osób stwierdzono większy wpływ czynnika losowego i niższe wartości korelacji. Doświadczenie nie było jak dotąd brane pod uwagę w badaniach testujących wiarygodność metod wizualnych, lecz na pewno ma duże

znaczenie. Już w latach 40. XX wieku [Smith 1944] zaobserwowano, że trening i doświadczenie redukują błąd w wizualnej ocenie pokrycia. Porównanie współczynników korelacji nie daje jednak odpowiedzi na pytanie, która ze zmiennych wpływa na zmniejszenie korelacji. Dlatego aby stwierdzić, która metoda daje większą zmienność i generuje większy błąd pomiaru, przeprowadzono w prezentowanych badaniach drugi eksperyment, który wykazał wyższą wartość współczynnika zmienności (CV) dla wizualnego szacowania zwarcia drzew. Dość często w podobnych badaniach, ale dotyczących oceny pokrycia niższych warstw fitocenozy w metodzie wizualnej, statystyka ta znajdowała zastosowanie [Klimeš 2003]. Minimalnie mniejsza wartość współczynnika zmienności, przy ustalonej skali pokrycia w wariancie „dowolnym”, i tak znacznie różniła się od pomiarów zwarciomierzem. Wcześniejsze pilotażowe badania z udziałem grup studentów bez żadnego przygotowania i doświadczenia wykazały wartości CV od 2,8 do 38,8% dla metody wizualnej i od 2,4 do 16,9% – zawsze na korzyść metody kanopiskopowej. Metoda wizualna wykazuje pewien mankament, tzn. zwarcie zwykle ocenia się, stosując przedziały równe 10%, a więc błąd pomiaru z definicji mieści się w 10%. Rzadziej używa się przedziałów co 5%, a do wyjątków należą prace, gdzie odnotowuje się bardziej szczegółowe, tj. niezaokrąglone z dokładnością do 1%, wartości pokrycia [Bąba 2003]. Podręczniki, w których prezentuje się metodę zdjęcia fitosocjologicznego, nie podają wytycznych w tym zakresie [Sławiński 1950; Pawłowski i in. 1977; Tomanek 1997; Wysocki, Sikorski 2002; Dzwonko 2007]. Niezależnie od tego, jaką skalę stosuje się w wizualnej ocenie pokrycia, sam badacz jest źródłem błędu, czego przykładem mogą być powtarzane pomiary wykonywane przez tę samą osobę [van Hees, Mead 2000]. Zastosowanie zwarciomierza zmniejsza błąd powtarzanego pomiaru między badaczami i odznacza się dość dużą powtarzalnością, większą niż w przypadku metody wizualnej, co wykazano w eksperymencie trzecim. Niewątpliwie zwarciomierz daje lepsze, bardziej rzetelne i powtarzalne wyniki niż tradycyjna wizualna ocena zwarcia. Metoda kanopiskopowa mogłaby znaleźć zastosowanie przy powtarzanych badaniach fitosocjologicznych, gdzie lokalizacja miejsc wykonania zdjęć fitosocjologicznych jest dobrze udokumentowana, np. za pomocą urządzenia GPS. Wystarczy znać powierzchnię zdjęcia, jego kształt i miejsce, gdzie dokonano pomiaru zwarciomierzem. Dość dokładne oszacowanie zwarcia drzewostanu może przyczynić się do większej wiedzy o różnicach między zespołami leśnymi, postaciami zespołów, stadiami sukcesyjnymi, regeneracyjnymi i degeneracyjnymi oraz o ich kondycji i reakcji na antropopresję. Ponadto stopień zwarcia drzew daje informację np. o warunkach świetlnych na dnie lasu. Wiadomo, że obecność i wielkość luk w drzewostanie jest skorelowana z promieniowaniem czynnym fotosyntetycznym PAR [Machado, Reich 1999]. Dlatego zwarciomierz może być przydatny w badaniach z zakresu ekologii ekosystemów, ekologii populacji oraz ekofizjologii gatunków runa i podszytu. Jak twierdzą twórcy zwarciomierza [Brown i in. 2000], metoda ta jest prosta, szybka i tania. Nie wymaga noszenia niewygodnego sprzętu, troski o warunki atmosferyczne i nie powoduje nadmiernego nakładu pracy ani nie zabiera znacząco dużo czasu. Można dodać, że wynik oceny jest uzyskiwany praktycznie od razu. Nie ma zatem potrzeby stosowania specjalistycznego oprogramowania w późniejszej obróbce danych.

Wnioski

- ✦ Tradycyjna wizualna metoda oceny zwarcia warstwy drzew daje dobre wyniki, lecz dopiero po odpowiednim przygotowaniu i wymaga doświadczenia zawodowego/badawczego.
- ✦ Nawet u mało doświadczonych badaczy odczyt z użyciem zwarciomierza jest obarczony mniejszym błędem i daje bardziej powtarzalne wyniki w porównaniu z metodą wizualną.
- ✦ Zwarciomierz stanowi bezspornie lepszą alternatywę niż ocena wizualna zwarcia drzewostanu.

Podziękowania

Autorzy dziękują anonimowemu Recenzentowi za cenne uwagi dotyczące wcześniejszej wersji pracy.

Literatura

- Bąba W. 2003. Zbiorowiska roślinne rezerwatu krajobrazowego „Dolina Eliaszkówki”. Prądnik. Prace i Materiały Muzeum im. Prof. W. Szafera 13: 115-120.
- Brown N., Jennings S., Wheeler P., Nabe-Nielsen J. 2000. An improved method for the rapid assessment of forest understorey light environments. *Journal of Applied Ecology* 37: 1044-1053.
- Dzwonko Z. 2007. Przewodnik do badań fitosocjologicznych. Sorus.
- van Hees W. W. S., Mead B. R. 2000. Ocular estimates of understorey vegetation structure in a closed *Picea glauca*/*Betula papyrifera* forest. *Journal of Vegetation Science* 11: 195-200.
- Jennings S. B., Brown N. D., Sheil D. 1999. Assessing forest canopies and understorey illumination: canopy closure, canopy cover and other measures. *Forestry* 72 (1): 59-74.
- Kercher S. M., Frieswyk C. B., Zedler J. B. 2003. Effects of sampling teams and estimation methods on the assessment of plant cover. *Journal of Vegetation Science* 14 (6): 899-906.
- Klimeš L. 2003. Scale-dependent variation in visual estimates of grassland plant cover. *Journal of Vegetation Science* 14 (6): 815-821.
- Pawłowski B. 1977. Skład i budowa zbiorowisk roślinnych oraz metody ich badania. W: Szafer W. [red.]. Szata roślinna Polski. T. 1. PWN, Warszawa. 229-263.
- Machado J. L., Reich P. B. 1999. Evaluation of several measures of canopy openness as predictors of photosynthetic photon flux density in deeply shaded conifer-dominated forest understorey. *Canadian Journal of Forest Research* 29 (9): 1438-1444.
- Shrout P. E., Fleiss J. L. 1979. Intraclass correlation: uses in assessing rater reliability. *Psychological Bulletin* 86: 420-428.
- Sławiński W. 1950. Podstawy fitosocjologii. Cz. III. Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej, Lublin.
- Smith A. 1944. A study of the reliability of range vegetation estimates. *Ecology* 25: 441-448.
- Staszkievicz J. 1977. Zbiorowiska leśne okolic Szymbarku (Beskid Niski). *Dokument Geogr.* 1: 73-94.
- Tomanek J. 1997. Botanika leśna. PWRiL, Warszawa.
- Vittoz P., Guisan A. 2007. How reliable is the monitoring of permanent vegetation plots? A test with multiple observers. *Journal of Vegetation Science* 18 (3): 413-422.
- Wysocki C., Sikorski P. 2002. Fitosocjologia stosowana. SGGW, Warszawa.