

GIS-BASED ESTIMATING POLLEN PRODUCTIVITY OF KEY PLANT TAXA IN AGROCENOSSES AND RELEVANT SOURCE AREA OF POLLEN IN EASTERN BULGARIA

Abstract: Pollen Productivity Estimate (PPE) is one of the main parameters that is used for quantitative interpretation of fossil pollen data in palaeoecological reconstructions. A dataset of pollen counts from 10 modern pollen samples in agrocenoses together with corresponding vegetation data, measured around each sample point in concentric rings, were collected in 2018 yr. Three submodels of the Extended R-Value (ERV) model are used to relate pollen percentages to vegetation composition. The plant abundance of each pollen type is weighed by distance in GIS environment in order to create a calibrated model. The aim of the present study is to calculate PPE of key plant taxa and to define the Relevant Source Area of Pollen (RSAP) in Eastern Bulgaria. Most of the tree taxa have PPE higher than 1 (ERV3 submodel). Cichoriceae, Fabaceae and Asteraceae have lower PPE.

Author information:

Stoyan Vergiev

Senior Assistant Professor, PhD
Technical University of Varna
✉ stvergiev@gmail.com
🌐 Bulgaria

Keywords:

Modern pollen data, Pollen-vegetation relationship, Pollen Productivity Estimates, distance-weighted plant abundance, Relevant Source Area of Pollen, Eastern Bulgaria.

Mariana Filipova-Marinova

Professor, Dr. Sci.
✉ marianafilipova@yahoo.com
🌐 Bulgaria

Dragomir Plamenov

Professor, PhD
Technical University of Varna
✉ dplamenov@abv.bg
🌐 Bulgaria

Pavlina Naskova

Assoc. Prof., PhD
Technical University of Varna
✉ pavlina76@abv.bg
🌐 Bulgaria

Ruska Dimitrova

Assistant Prof.
Technical University of Varna
✉ r_dimitrova@tu-varna.bg
🌐 Bulgaria

Въведение

Спорово-поленовият анализ е един от основните методи прилаган при палеоекологични реконструкции [1], като прецизността му зависи до голяма степен от създаването на съвременни калибрирани модели, които отразяват съотношението полен-растителност в съвременни условия [2, 3]. Тази връзка се разкрива при анализ на поленовите спектри от съвременни повърхностни проби, като данните се съпоставят с

растителните съобщества, произвели съответното количество полен [4, 5]. За разлика от класическите качествени интерпретации на поленовите спектри, математическото моделиране в GIS среда предлага възможности за сравнително точни количествени реконструкции, за получаването на които е необходимо да бъдат изведени данни за ключови параметри: прилежащата зона източник на полен (ПЗИП) и оценка на поленовата продуктивност (ОПП). За разлика от другите необходими при реконструкциите и симулациите параметри, тези два варират в зависимост от географската ширина и типовете растителни съобщества произвели полена. Това налага тези показатели да бъдат изчислени за всеки специфичен ландшафт, както и за всяка една територия и впоследствие да бъдат използвани при моделирането [3].

ПЗИП отразява територията около точката на вземане на пробата, от която е възможно да бъде продуциран полен от съответен таксон и той да се приеме за локален, т. е. се продуцира от растителността, разположена в непосредствена близост до пробата. Другата част е резултат от далечен пренос, приема се за поленово фоновото натоварване и неговото количество е константно [2].

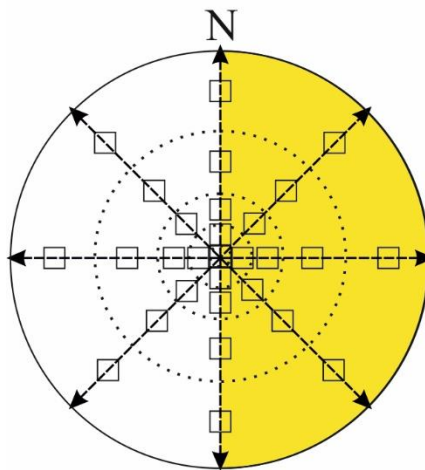
Настоящото изследване има за цел да определи ПЗИП за източна България и ОПП за 30 таксона за агроценози за вегетационен период 2018 г., като получените данни ще послужат при проследяването на годишните вариации в тези параметри и ще даде възможност да се изготви калибриран модел, необходим при палеоекологични реконструкции.

Материал и методика

Определянето на връзката полен-растителност беше осъществено на база 10 повърхностни почвени проби (ППП) разположени в площи засети с житни култури. За анализ са събрани на случаен принцип 5 подпроби от почвения субстрат на дълбочина максимум до 5 cm в рамките на пробна площадка с размери 1 × 1 m, подпробите са смесени в една и от нея е взето количество от 3 cm³.

Лабораторната обработка на пробите е извършена в Лабораторията по базови биологични дисциплини към катедра „Растениевъдство“, Технически университет – Варна в съответствие със стандартния ацетолизен метод на Faegri & Iversen [6] и Birks & Birks [7]. За определяне на поленовите спектри са изготвени нетрайни глицеринови микроскопски препарати, в които са изброявани всички срещащи се в пробите поленови зърна и спори (минимална поленова сума от 250 поленови зърна), като са определени до най-ниско таксономично ниво и отнесени към определен поленов тип.

Фитоценологичното обследване на растителността около пробите беше извършено през 2018 г. в съответствие с методиката на Bunting *et al.* [8], модифицирана за големи територии [4] и за описание на агроценози Vergiev *et al.* [9] (Фиг. 1). Количественото участие на видовете е описано в 4 концентрични пръстена, по 8 равноотдалечени трансекта, започващи от точката на пробовземане и насочени навън и е оценено визуално в пробни площадки от 1 × 1 m за тревни съобщества и 5 × 5 m за горски и храстови съобщества, като степента на обилие е изчислена по скалата на Braun-Blanquet [10]. Пробните площадки са разположени в съответствие с методиката на Broström *et al.* [11].



Фиг. 1. Методика за описание на растителността около точката на вземане на пробата и местоположение на пробните площадки в концентричните кръгове (по Bunting *et al.* [8], Broström *et al.* [11], Vergiev [4] и Vergiev *et al.* [9]). Оцветената част отразява площите заети от агроценози.

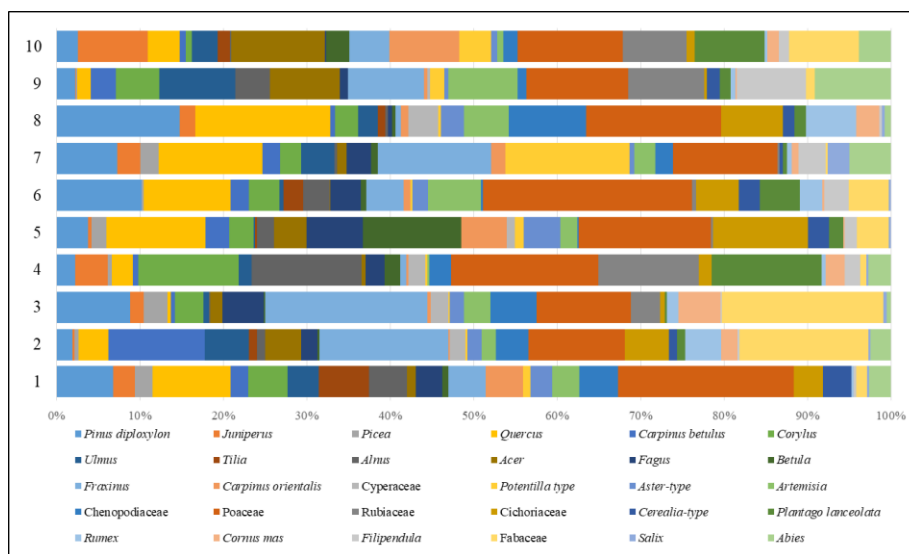
Получените данни за разпространението и покритието са дигитализирани във векторен формат с помощта на софтуерния продукт QGIS 3.0 Girona. Поленовите данни са обработени с програмата PolERV v.4.0 (HUMPOL v. 3.1) [12], основаваща се на трите подмодела на Модела ERV (Extended R-value model) [13, 14, 15].

Резултати и обсъждане

Местата за пробовземане са избрани в съответствие с методиката на Vergiev *et al.* [9], така че да отговарят на изискването 50% от изследваната площ да е заета с естествена растителност, а останалите 50% да са площи засети с житни култури.

Получените данни за разпространението на растителността са осреднени за всеки изследван периметър и дигитализирани във векторен формат в GIS среда. Изчислено е процентното покритие на всеки растителен таксон.

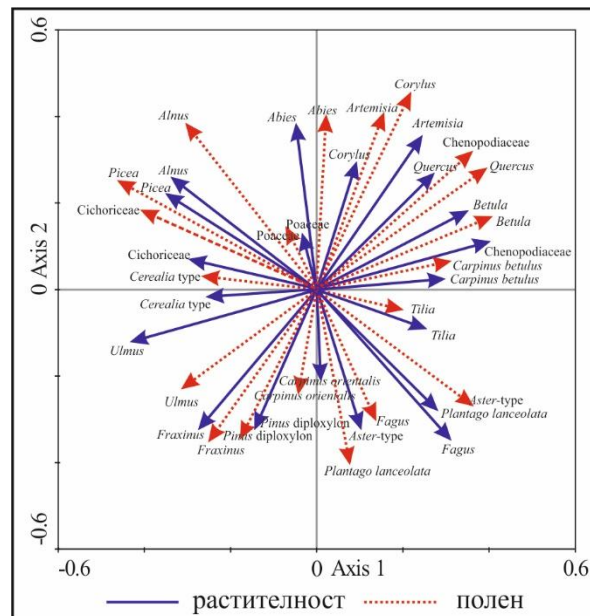
При извършения спорово-поленов анализ на съвременните повърхностни проби е отчитан броя на поленовите зърна на 30 ключови таксона, като процентното им участие във всеки поленов спектър е преизчислено до 100% (Фиг. 2). Ограничението за 30 таксона се налага от параметъра скорост на утаяване на поленовите зърна. Той се определя експериментално и наличните литературни данни са за 30 таксона [11, 15, 16].



Фиг. 2. Поленови спектри на съвременните повърхностни проби

Извършеният многовариантен анализ на данните за растителността (в рамките на различните зони от точката за вземане на пробата) и процентното участие на всеки поленов тип в поленовите спектри определи съответствието между двата набора от данни. Анализът на остатъците (RDA) показва висока корелация и силна връзка между стойностите на полена и растителността (Фиг. 3). Математически това сходство се изчислява чрез ъгъла на общата насоченост между двата вектора и значението на двете оси.

Пермутациите на стохастичният статистически метод „Монте Карло“ демонстрират малък ъгъл и съответно ниска стойност на p (0,01). Най-голяма степен на съответствие показват Poaceae, *Carpinus betulus*, *Fraxinus* и *Quercus*. Големи отклонения се отбелязват за *Artemisia*, *Plantago lanceolata* и Cichoriceae.

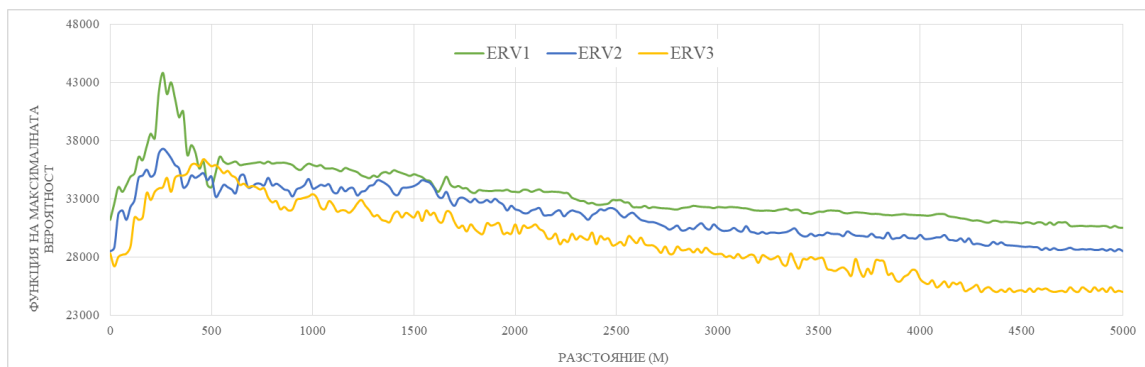


Фиг. 3. Ординационна диаграма на анализ на остатъците (RDA). Биплот на съотношението растителност-поленови данни.

ПЗИП е разстоянието при което, съотношението между представянето в растителността и поленовите спектри на всички таксони има линейна намаляваща зависимост, която е определена и от теоретичните постановки в модела ERV [4]. След това разстояние тази зависимост остава линейна, но кривата изпада в асимптота и осцилира около една стойност, т. е. не се подчинява на фактора тежест [17].

Използвайки алгоритъма заложен в програмата PolERV v.4.0 (HUMPOL v. 3.1) и ГИС модела за оценка на зависимостта полен-растителност в агроценози [9] бяха изчислени стойностите на функцията на максималната вероятност между поленовите спектри и произвелата ги растителност. След нанасяне на XY диаграма спрямо разстоянието от точката на вземане на пробата беше изчертана крива и определен радиусът на зоната, оценен на разстоянието на което функцията приближава асимптота.

Оценката на ПЗИП варира между 4310 m и 4840 m, в зависимост от използвания подмодел. ERV1 показва най-висока стойност, както на функцията на максималната вероятност (43790), така и на радиуса – 4840 m. При ERV2 най-ниската и най-високата стойности на функцията са между 28450 и 37300. Моделът показва малка разлика, но дава сравнително голям радиус (4630 m). Подмодел ERV3 показва сравнително закономерно логаритмично намаляване на кривата до достигане на асимптота. Този модел демонстрира по-добър баланс на кривата и показва най-малкия радиус – 4310 m (Фиг. 4). Основавайки се на теоретичните постановки, за радиус на ПЗИП трябва да се избере 4310 m. Това е идентична стойност с предходни изследвания за същия район [3, 4].



Фиг. 4. Криви на Функцията на максималната вероятност, съотнесена към отстоянието от точката на вземане на пробата.

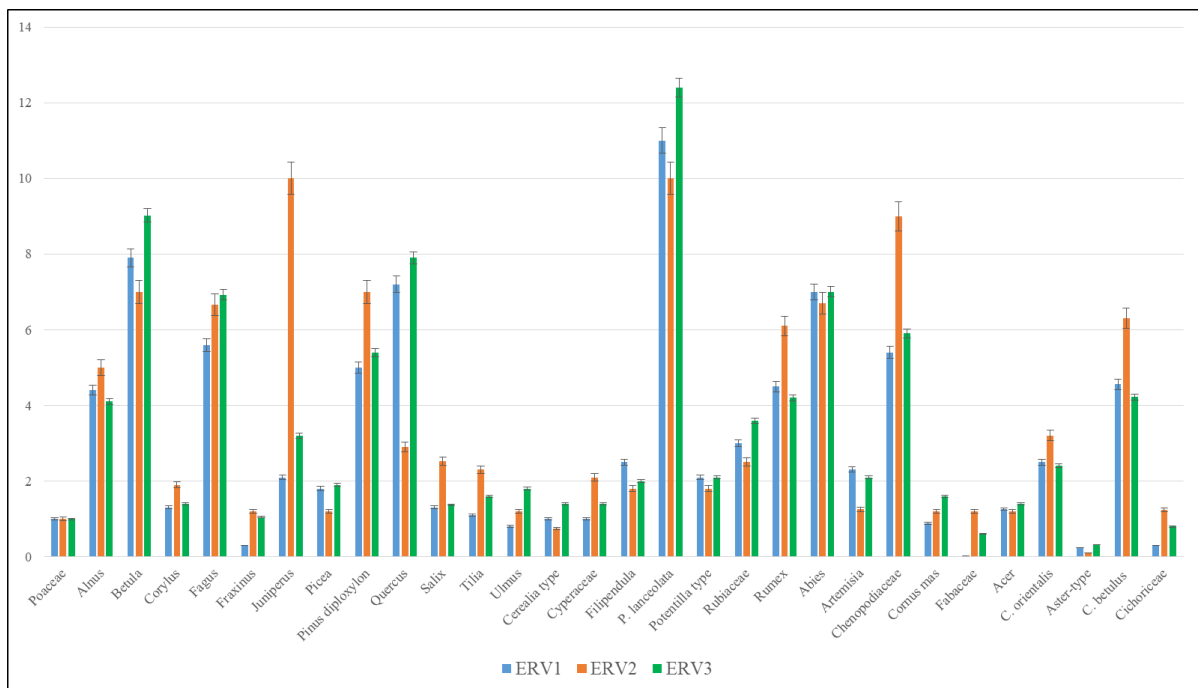
Беше извършена оценка на поленовата продуктивност за 30 основни таксона (Фиг. 5), като бяха използвани и трите подмодела на ERV. Най-добрата оценка на производителността се получава до разстоянието на ПЗИП, но въпреки това беше изчислена и осреднената производителност и стандартното отклонение за всеки таксон до 5000 m. По този начин се пренебрегва всяко възможно изменение, което може да настъпи под въздействието на външни фактори извън зоната.

За референтен таксон е избран Poaceae и всички стойности на ОПП са изчислени спрямо него, поради междинната относителна поленова производителност, близка до 1 [2]. При изчисленията и на трите подмодела Poaceae има ОПП 1,0 и стандартна грешка 0.

При използването на ERV1 шест от изследваните таксони имат ОПП под тази на референтния таксон Poaceae (*Fraxinus*, *Ulmus*, *Cornus mas*, Fabaceae, Asteraceae и Cichoriceae). Всички останали показват по-високи стойности, като максимуми имат *Betula* (7,9) и *Plantago lanceolata* (11). *Quercus*, *Plantago lanceolata*, *Rumex* и Chenopodiaceae показват голяма стандартна грешка - индикатор за големи вариации в ОПП на тези таксони от разстоянието на ПЗИП (4310 m) до максималното разстояние на проучването (5000 m) и отвъд него.

Данните при ERV2 показват големи вариации и големи грешки. Максимуми се отчитат при *Juniperus* (10,1), Chenopodiaceae (9,0) и *Plantago lanceolata* (10,1). При тях се отбелязва и най-голяма грешка. Големите вариации и стандартни грешки определят този подмодел като най-малко приложим, което се доказва и от изчисляването на ПЗИП.

При ERV3, всички дървесни таксони показват стойности по-високи от 1,0. Единствено пониска продуктивност имат Cichoriceae (0,8), Fabaceae (0,6) и Asteraceae (0,32). Максимуми се отбелязват при *Plantago lanceolata* (12,4), *Betula* (9,02) и *Fagus* (6,92). В сравнение с другите подмодела, ERV3 показва най-ниски стойности на стандартната грешка. Това в комбинация с закономерната крива на логаритмичната вероятност определя този модел като най-подходящ за извършване на реконструкциите за района на източна България.



Фиг. 5. Оценка на поленовата продуктивност и допустимата грешка за 30 таксона.

При повечето дървесни таксони стойностите са по-високи от 1,0, което е в съответствие с изследвания на ОПП в различни части на Европа [11]. Тревистите видове, които се опрашват от насекоми по правило имат ниска поленова продуктивност [18, 19]. Такъв таксон, показващ ниски стойности е Fabaceae.

Изводи

Радиусът на Прилежащата зона източник на полен за Варненско-Белославския езерен комплекс е оценен на 4310 m, което показва ниска степен на тежест на фактора отстояние от вземане на пробата. Подмодел ERV3 демонстрира по-добър баланс на кривата и показва най-малък радиус.

На базата на извършения спорово-поленов анализ на съвременни повърхностни проби и обобщени данни за растителността, е установена линейна зависимост за връзката полен-растителност за 30 растителни таксона за източна България. Получените данни показват, че в сравнение с другите подмодел, ERV3 показва най-ниски стойности на стандартната грешка при ОПП и демонстрира по-добър баланс на кривата и най-малък радиус. Следователно този модел е най-подходящ за извършване на палеоекологични реконструкции в района на източна България.

При сравнение с изследванията от предходни вегетационни периоди, ПЗИП и ОПП показват близки стойности, като разликите попадат в рамките на стандартно допустимата грешка.

Благодарности

Научните изследвания, резултатите от които са представени в настоящата публикация, са извършени по проект НП11/2018 „Създаване на ГИС модел за оценка на зависимостите полен-растителност и полен-климат в агроценози“ в рамките на присъщата на ТУ-Варна научноизследователска дейност, финансирана целево от държавния бюджет.

References:

1. **Overpeck, J., Webb III, T., Prentice, I. 1985.** Quantitative interpretation of fossil pollen spectra: dissimilarity coefficients and the method of modern analogs. *Quat. Res.*, 23(1): 87–108.
2. **Sugita, S. 1994.** Pollen representation of vegetation in quaternary sediments: theory and method in patchy vegetation, *J. Ecol.*, 82:881–897.

3. **Vergiev, S., 2014.** Paleoekologiya i geoarheologiya na gornopleystotshenski i holotshenski sedimenti po danni ot dulbokovodnata chast na Cherno more i Varnenskoto ezero. Ph. D. Thesis. IO-BAN, Varna, AI "prof. M. Drinov", BAN, Sofia, (in Bulgarian).
4. **Vergiev, S., Filipova-Marinova, M., Giosan, L., Pavlov, D., Slavchev, V. 2014.** Pollen-based quantitative reconstruction of holocene vegetation in Varna Lake area (Northeastern Bulgaria) using modelling and simulation approach. *Comptes Rendus de L'Academie Bulgare des Sciences*, 67(6):831–834.
5. **Andersen, S. 1970.** The relative pollen productivity and pollen representation of North European trees and correction factors for tree pollen spectra, *Danm. Unders.*, 96(2):1-99.
6. **Faegri, K., Iversen, J. 1989.** Textbook of pollen analysis, John Wiley, Sons, Chichester.
7. **Birks, H., Birks, H. 1980.** Quaternary Palaeoecology, Edward Arnold, London.
8. **Bunting, M., Farrell, M., Broström, A., Hjelle, K., Mazier, F., Middleton, R., Nielsen, A., Rushton, E., Shaw, H., Twiddle, C. 2013.** Palynological perspectives on vegetation survey: a critical step for model-based reconstruction of Quaternary land cover, *Quaternary Science Reviews*, 82:41-55.
9. **Vergiev, S., Plamenov, D., Naskova, P., Dimitrova, R. 2019.** GIS-based model for analysis of modern pollen–vegetation relationship in agrocenoses. Scientific researches of the Union of Scientists in Bulgaria-Plovdiv, series B. Natural Sciences and the Humanities (*in press*)
10. **Braun-Blanquet, J. 1964.** Pflanzensociologie: Grundzuge der Vegetationskunde. 3te aufl. Springer-Verlag, Wein.
11. **Broström, A., Sugita, S., Gaillard, M. 2004.** Pollen productivity estimates for reconstruction of past vegetation cover in the cultural landscape of Southern Sweden, *Holocene*, 14:371–384.
12. **Bunting, M., Middleton, R. 2005.** Modelling pollen dispersal and deposition using HUMPOL software, including simulating windroses and irregular lakes, *Rev Palaeobot Palynol*, 134:185–196.
13. **Parsons, R., Prentice, I. 1981.** Statistical approaches to R-values and the pollen-vegetation relationship, *Rev Palaeobot Palynol*, 32:127–152.
14. **Prentice, I., Parsons, R. 1983.** Maximum likelihood linear calibration of pollen spectra in terms of forest composition, *Biometrics*, 39:1051–1057.
15. **Sugita, S., Gaillard, M., Broström, A. 1999.** Landscape openness and pollen records: a simulation approach, *Holocene*, 9:409–421.
16. **Fredh, D., Broström, A., Zillén, L., Mazier, F., Rundgren, M., Lagerås, P. 2012.** Floristic diversity in the transition from traditional to modern land-use in southern Sweden A.D. 1800–2008, *Vegetation History and Archaeobotany*, 21(6):439-452.
17. **Jackson, S., Lyford, M. 1999.** Pollen dispersal models in quaternary plant ecology: assumptions, parameters, and prescriptions, *Bot. Rev.*, 65:39–75.
18. **Real, L. 1983.** Pollination biology, Orlando, FL: Academic Press Inc.
19. **Mazier, F., Broström, A., Gaillard, M., Sugita, S., Vittoz, P., Buttler, A. 2008.** Pollen productivity estimates and relevant source area of pollen for selected plant taxa in a pasture woodland landscape of the Jura Mountains (Switzerland). *Vegetation History and Archaeobotany*, 17(5); 479–495.