СПИСАНИЕ НА БЪЛГАРСКОТО ГЕОЛОГИЧЕСКО ДРУЖЕСТВО,
год. 85, кн. 3, 2024, с. 182–185

REVIEW OF THE BULGARIAN GEOLOGICAL SOCIETY,
vol. 85, part 3, 2024, p. 182–185

Nature-based solutions for erosion and flooding control of coastal areas: Comparative study of native to the Bulgarian Black Sea Coast plant species

Stoyan Vergiev, Daniela Toneva, Tsveta Pencheva, Pavel Krachunov

Technical University of Varna, Department of Ecology and Environmental Protection, 1 Studentska St, 9010 Varna, Bulgaria;
E-mails: stvergiev@gmail.com; dtoneva@abv.bg; tsvetapencheva@gmail.com; pavelkrachunov@gmail.com

Природно базирани решения за контрол на ерозията и наводненията на крайбрежните зони: Сравнително изследване на местни растителни видове по Българското Черноморско крайбрежие

Стоян Вергиев, Даниела Тонева, Цвета Пенчева, Павел Крачунов

Abstract. Sustainable development of coastal areas recommends nature-based solutions for erosion and flooding control such as planting and transplanting techniques instead of artificial coastal stabilization and protection structures. In order to compare the capacity of well adapted plant species with extensive root systems, a multidisciplinary study based on GIS mapping and modelling of seven study sites over the Bulgarian Black Sea Coast. Three hand-planted polygons were monitored and compared to natural ones. A strong correlation between percentage participation of the native, salt-tolerant plant species in dune vegetation and dynamic of the shoreline was observed. Polygons with prevailing of species from the family *Poaceae* had a more stable coastline, unlike polygons with predominance of species from the *Cyperaceae* and *Asteraceae* families.

Keywords: nature-based solutions, erosion and flooding control, coastal areas, Bulgarian Black Sea Coast.

Въведение

Глобалните климатични промени и свързаните с тях покачване на морското равнище и интензифициране на нетипичните метеорологични явления, поставят морските брегови ивици под натиск и нарастващ риск от наводнения и ерозия (Nicholls, Cazenave, 2010; Temmerman et al., 2013; Weisse et al., 2014; Hoggart et al., 2014; Durant et al., 2018). Крайбрежните зони действат като буфер за вътрешните урбанизирани територии и осигуряват местообитания за много редки и застрашени растителни и животински видове (Vergiev, 2022a). В условията на засилен антропогенен натиск, изразяващ се в концентрация на население и интензивна стопанска дейност, всяко едно природно бедствие би довело до големи щети и забавено социално-икономическо развитие на крайбрежните територии.

Устойчивото развитие на крайбрежните зони предполага прилагането на природно базирани решения, основаващи се на засаждането на добре адаптирани растения с обширни коренови системи, които да изместят бъдещи или съществуващи вече изкуствени структури за стабилизиране и защита на брега (Vergiev, 2019). Изкуствено създадените растителни съобщества биха могли да осигурят важни екосистемни услуги като контрол на ерозията и буферна функция при наводнения, както и допълнително

© Българско геологическо дружество и Българска академия на науките, 2024

https://doi.org/10.52215/rev.bgs.2024.85.3.182

смекчаване на отрицателните въздействия, улавяне на въглерод, опазване на ландшафта и др. (Clark, 1995; Borsjea et al., 2011).

Малките приливно-отливни амплитуди, както и липсата на големи реки, вливащи се по българското черноморско крайбрежие, определят ниската честота на морските наводнения (Vergiev, 2022b). Само екстремни метеорологични събития, като необичайни бури и щормове, могат да причинят наводнения на ниско разположени райони и ерозия на дюните (Trifonova et al., 2014). Данните за минали щормове по българското черноморско крайбрежие показват отрицателното въздействие върху дюните и щетите върху крайбрежната инфраструктура (Trifonova et al., 2014). В резултат на това, крайбрежните зони губят своята буферна функция трайно или до възстановяването на растителните съобщества на доминиращите пясъчни стабилизатори, най-вече в рамките на един вегетационен сезон (Vergiev, 2019).

Инвентаризацията и изследването на разпространението на висшата флора по българското черноморско крайбрежие идентифицира видове от три растителни семейства, които доминират пясъчните ивици и имат потенциал за стабилизатори. Видовете от семействата *Poaceae*, *Cyperaceae* и *Asteraceae* демонстрират висок потенциал на своите коренови системи за натрупване на пясък, предотвратяване на отнасяне на седиментите и висока преживяемост, което е демонстрирано в серия от изследване на влиянието на солевия и водния стрес върху тях (Trifonova et al., 2014; Vergiev, 2019, 2022b).

Настоящото изследване е фокусирано върху избрани псамофитни видове от три семействата: *Poaceae*, *Cyperaceae* и *Asteraceae*, като цели да анализира връзката между динамиката на крайбрежните ивици и дюните и състава на съобществата на представителите от изследваните растителни семейства.

Материал и методи

Девет типични растителни вида (по 3 от всяко растително семейство) бяха използвани като индикатори за установяване на капацитета за стабилизиране на дюни. От семейство *Cyperaceae* бяха избрани *Carex ligerica* Gay, *Scirpoides holoschoenus* (L.) Soják и *Galilea mucronata* (L.) Parl.; за семейство *Asteraceae* – *Artemisia campestris* L., *Jurinea albicaulis* Bunge subsp. *killea* (Azn.) Koz. и *Lactuca tatarica* (L.) C.A.Mey.; за семейство *Poaceae* – *Leymus racemosus* (Lam.) Tzvelev subsp. *sabulosus* (M. Bieb.) Tzvelev, *Ammophila arenaria* (L.) Link и *Thinopyrum ponticum* (Podp.) Z.-W. Liu & R.-C. Wang.

L. tatarica и *G. mucronata* са вписани в Червената книга на Република България (2011) като застрашени видове. *L. tatarica* е включена в българския Закон за биологичното разнообразие (2002).

Проучени са седем полигона (10×10 m) с естествена растителност край курорта Шкорпиловци, както и три ръчно засадени полигона (10×10 m). Естествените полигони бяха избрани, така че да представят различни пропорции на избраните видове от изследваните семейства. Изкуствено създадените полигони (по един за всяко семейство) бяха засадени с представители на съответното семейство.

Извършено е детайлно ГИС картиране на растителни съобщества, както и GPS топографско изследване, и дистанционно наблюдение за 30 брегови профила и 10 полигона по пясъчната плажна ивица около курорта Шкорпиловци. Събраните теренни данни от 2022 до 2024 г. бяха интегрирани и анализирани в ГИС среда с помощта на цифров модел на терена (DTM). Отклонението на бреговата линия във всеки от изследваните полигони беше представено като разстояние, измерено в сантиметри от съответния референтен показател за всеки полигон, предоставящ сравними данни.

Фитоценологичните обследвания бяха проведени по метода на Braun-Blanquet (1964).

Връзката между разпределението на изследваните семейства и динамиката на бреговата линия беше представена като коефициент на участие на видовете и отклонението на брега спрямо референтната линия (C) и изчислен чрез уравнението:

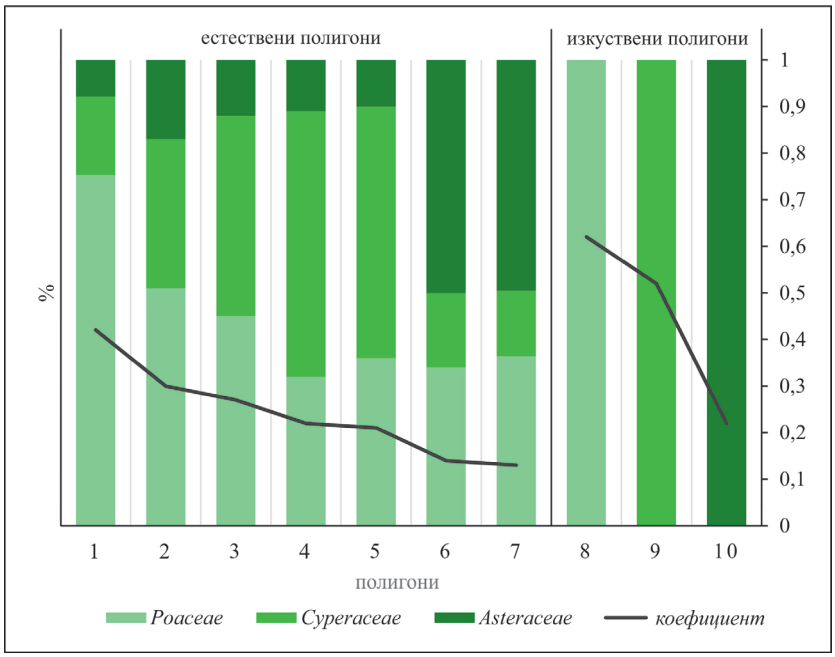
$$C = \frac{s_1 + s_2 + s_3}{S} \, . a$$

където s_{1-3} – заета площ от изследваните видове от едно семейство; S – цялата площ на полигона и *a* – отклонение на бреговата линия (Vergiev, 2022b).

Резултати и обсъждане

В настоящото изследване беше извършен анализ на динамиката в отклонението на бреговата линия и разпространението и участието в съобществата на изследваните растителните видове. Наблюдава се силна корелация между процентното участие на изследваните видове, размера на площта, която заемат, и динамиката на бреговата линия (фиг. 1).

Характерна особеност на естествените полигони с преобладаване на видове от семейство *Poaceae* е по-стабилната брегова линия и ниската



Фиг. 1. Процентно участие на изследваните семейства. Коефициент на участие на семействата и бреговата динамика.

динамика в движението ѝ през изследвания период. Полигоните с преобладаване на видове от семейство *Cyperaceae* се характеризираха с изменения на прилежащата ивица в малки граници. Полигоните с преобладаващо участие на видове от семейство *Asteraceae*, се характеризират с голямо отклонение и интензивна брегова ерозия.

Изкуствено засадените полигони могат да бъдат класифицирани в низходящ ред на устойчивост на бреговата линия, както следва: *Poaceae* – *Cyperaceae* – *Asteraceae*.

Тези резултати са в съответствие с предишни проучвания, които показват подобни стойности на бреговата ивица пред изследвани полигони с преобладаване на видове от съответните семейства (Vergiev, 2022a). По-големият капацитет за укрепване и предотвратяване на отнасянето на седиментите, както и висока преживяемост, са демонстрирани и в серия от изследвания на влиянието на солевия и водния стрес на изследваните видове (Trifonova et al., 2014; Vergiev, 2019, 2022b).

Заключение

Наблюдава се силна корелация между процентното участие на местните, устойчиви на сол растителни видове в растителността на дюните и динамиката на бреговата линия, независимо дали териториите са естествени или изкуствено създадени. Полигоните с преобладаване на видове от семействата *Poaceae* имат по-стабилна прилежаща брегова линия, за разлика от полигоните с преобладаване на видове от *Cyperaceae* и *Asteraceae*.

Литература
References

Borsjea, B. W., B. K. van Wesenbeeck, F. Dekker, P. Paalvast, T. J. Bouma, M. M. van Katwijk, M. B. de Vries. 2011. How ecological engineering can serve in coastal protection. – *Ecol. Eng.*, *37*, 113–122; https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2010.11.027.

Braun-Blanquet, J. 1964. *Pflanzensoziologie, Grundzüge der Vegetationskunde*. 3rd Edition, Berlin, Springer-Verlag; https://doi.org/10.1007/978-3-7091-8110-2.

Bulgarian Biodiversity Act. Annex III and Annex IV. – *State Gazette number*, *77*, 09.08.2002, 9–42; Last amended in State Gazette number 27, 15.03.2013.

Clark, J. R. 1995. *Coastal Zone Management Handbook*. New York, CRC Press/Lewis Publishers; https://doi.org/10.1201/9781315139654.

Durant, D., E. Kernéïs, J. M. Meynard, J. P. Choisis, C. Chataigner, J. M. Hillaireau, C. Rossignol. 2018. Impact of storm Xynthia in 2010 on coastal agricultural areas: the Saint Laurent de la Prée research farm's experience. – *J. Coast. Conserv.*, *22*, 1177–1190; https://doi.org/10.1007/s11852-018-0627-8.

Hoggart, S., M. Hanley, D. Parker, D. Simmonds, D. Bilton, M. Filipova-Marinova, E. Franklin, I. Kotsev, E. Penning-Rowsell, S. Rundle, E. Trifonova, S. Vergiev, A. White, R. Thompson. 2014. The consequences of doing nothing: The effects of seawater flooding on coastal zones. – *Coast. Eng.*, *87*, 169–182; https://doi.org/10.1016/j.coastaleng.2013.12.001.

Nicholls, R. J., A. Cazenave. 2010. Sea-level rise and its impact on coastal zones. – *Science*, *328*, 1517–1520; https://doi.org/10.1126/science.1185782.

Peev, D. (Main ed.). 2011. *Red Data Book of Republic of Bulgaria. Vol. 1. Plants and Fungi*. Sofia, IBER – BAS & MEW (in Bulgarian).

Temmerman, S., P. Meire, T. J. Bouma, P. M. Herman, T. Ysebaert, H. J. De Vriend. 2013. Ecosystem-based coastal defence in the face of global change. – *Nature*, *504*, 79–83; https://doi.org/10.1038/nature12859.

Trifonova, E., N. Valchev, S. Keremedchiev, I. Kotsev, P. Eftimova, V. Todorova, T. Konsulova, V. Doncheva, M. Filipova-Marinova, S. Vergiev, J. Petkov, R. Nikolaev, W. de Vries, R. Silva, N. Andreeva, P. Galiatsatou, D. Kirilova, Y. Krestenitis, A. Polonsky, I. Androulidakis, K. Kombiadou, R. Weisse, E. Mendoza, G. Duran, T. Karambas, T. Koftis, P. Prinos, S. Kuznetsov, Y. Saprykina. 2014. Case studies worldwide: Mitigating flood and erosion risk using sediment management for a tourist City: Varna, Bulgaria. – In: Zanuttigh, B., R. Nicholls, J. Vanderlinden, H. Burcharth, R. Thompson (Eds.), *Coastal Risk Management in a Changing Climate*. Oxford, Elsevier, 358–383.

Vergiev, S. 2019. Tall wheatgrass (*Thinopyrum ponticum*): Flood resilience, growth response to sea water immersion, and its capacity for erosion and flooding control of coastal areas. – *Environments*, *6*, 103; https://doi.org/10.3390/environments6090103.

Vergiev, S. 2022a. Flood resilience, viability, and growth response to seawater immersion of bermudagrass (*Cynodon dactylon* (L.) Pers.). – *Sustainability*, *14*, 8733; https://doi.org/10.3390/su14148733.

Vergiev, S. 2022b. Comparative study of the capacity of native to the Bulgarian Black Sea Coast plant species for erosion and flooding control of coastal areas. – In: Ergin, S., C. G. Soares, (Eds.), *Sustainable Development and Innovations in Marine Technologies,* IMAM 2022, 9, 421–425; https://doi.org/10.1201/9781003358961-52.

Weisse, R., D. Bellafiore, M. Menéndez, F. Méndez, R. J. Nicholls, G. Umgiesser, P. Willems. 2014. Changing extreme sea levels along European coasts. – *Coast. Eng*., 87, 4–14; http://dx.doi.org/10.1016/j.coastaleng.2013.10.017.

The published material was presented at the National Conference with international participation GEOSCIENCES 2024.