

Navadni trst – prevladujoča rastlinska vrsta Cerkniškega jezera

Alenka Gaberščik in Nik Ojdanič

Uvod

Navadni trst (*Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud.) je kozmopolitska vrsta trave, ki je široko razširjena po svetu in je prevladujoča v različnih mokriščih. Avtohtone populacije navadnega trsta so razširjene v zmernem pasu na vseh celinah, razen na Antarktiki (Packer in sod., 2017). Naseljuje območja ekotonov na prehodu med kopenskimi in vodnimi okolji tako v celinskih kot tudi obmorskih predelih (Mauchamp in Méthy, 2004), kjer tvori obsežne enovrstne sestoje. Uspešno raste v precej globoki vodi, lahko pa kljubuje tudi spremembam vodostaja in daljšim sušnim obdobjem (Hudon in sod., 2005). V razmerah zmernega podnebja naseljuje habitate z globino vode do 2 m in ravnijo talne vode do 1 m, v toplejših območjih pa lahko uspeva tudi v večjih globinah. Navadni trst slabo prenaša močna gibanja vode (velike in hitre spremembe vodostaja, valove ali tokove), saj lahko pride do poškodb stebel (Haslam, 1972; Ojdanič in sod., 2023). Globoka voda lahko omejuje dovajanje kisika v podzemne dele rastline (White in Ganf, 2002). V takih razmerah ima trst višja stebela in manj listov, kar omogoča vzdrževanje pozitivne ogljikove bilance (Dinka in Szeglet, 1999). Navadni trst ima učinkovit prezračevalni sistem, ki omogoča prehajanje plinov po zračnem tkivu (aerenhimu), ki je prisotno po celotni rastlini. Kisik iz ozračja in kisik, ki nastaja v procesu fotosinteze, prehaja v korenine, ogljikov dioksid in metan iz korenin in rizosfere (območja, ki obdaja rastlinske korenine, kjer poteka interakcija med koreninami in talnimi mikroorganizmi) pa se sproščata v ozračje (Armstrong in sod., 1992). Zaradi vpliva presnovnih procesov se koncentracija plinov v zračnih prostorih dnevno-nočno spreminja (Faußer in sod., 2016). Kadar so listi potopljeni, je vir kisika lahko tudi zračni film na listih. Za prezračevanje korenin lahko služijo tudi posušena zlomljena stebela (Armstrong in sod., 1992), kar je pomembno predvsem izven rastne sezone. Kisik iz korenin se sprošča tudi v bližnjo rizosfero in oksidira različne strupene snovi, ki nastanejo v anoksičnih tleh in lahko škodijo koreninam trsta in biocenozi tal (Bart in Hartman, 2000). Korenine trsta v rizosfero izločajo 3,4,5-trihidroksibenzojsko kislino, ki zavira rast korenin drugih vrst rastlin (Rudrappa in sod., 2009).

Širjenje populacij poteka predvsem s klonsko rastjo vodoravnega sistema korenin in površinskih stolonov, nove populacije pa se lahko vzpostavijo iz korenin, delov stebela in semen. Navadni trst vsako leto požene tudi do 5 m visoke poganjke. Na koncu stebela se razvije socvetje, ki ga oprahuje veter. Ena rastlina lahko tvori od 500 do 2000 semen (Packer in sod., 2017). Navadni trst je genetsko in fenotipsko zelo raznolik (Vretare in sod., 2001), kar omogoča učinkovitejšo prilagajanje spreminjajočim se okoljskim razmeram v primerjavi z vrstami z majhno plastičnostjo. Linije in genotipi navadnega trsta so raznoliki zaradi hibridizacije, poliploidije, variabilnosti velikosti genoma in širjenja na velike razdalje (Eller in sod., 2017).

Navadni trst ima široko ekološko valenco, veliko primarno proizvodnjo ter obsežen in dobro prezračen koreninski sistem, ki ustvarja ugodne razmere za pretvorbo, privzem in zadrževanje hranil, zato trstične grede ali tako imenovana grajena močvirja uporabljamo za terciarno čiščenje odpadnih voda (Vymazal in Kröpfelová, 2005). Sestoji trsta zagotavljajo habitate za ranljive

vrste ptic. Stebla trsta so uporabna za strešno kritino, biomasa pa lahko služi kot vir energije (Čížková in sod., 2023). Zaradi široke razširjenosti navadni trst lahko uporabimo tudi kot modelno vrsto pri proučevanju učinkov globalnih sprememb (Eller in sod., 2017).

Navadni trst prevladuje tudi na presihajočem Cerkniškem jezeru, kjer je izpostavljen nepredvidljivim okoljskim spremembam, ki so posledica izrazitih naravnih motenj, povezanih s spremembami vodostaja (slika 1). V takšnih razmerah je velika fenotipska plastičnost navadnega trsta skupaj z velikim regeneracijskim potencialom fragmentov stebela zelo pomembna.

Na območju Cerkniškega jezera smo proučevali ekofiziološke odzive navadnega trsta in nekatere funkcionalne lastnosti, ki mu omogočajo preživetje v tem izjemnem okolju. Zanimale so nas tako lastnosti listov, kot so morfološke in biokemijske lastnosti ter elementna sestava, kot tudi značilnosti habitusa in vitalnost koreninskega sistema. Skupaj z madžarskimi kolegi smo raziskovali fotokemično učinkovitost fotosistema (FS) II in skupno vsebnost prostih aminokislin v bazalnih internodijih, ki sta pokazatelja stanja stresa (Dinka in sod., 2008).



Slika 1: Navadni trst (*Phragmites australis*) je kozmopolitska vrsta, ki prevladuje tudi na območju presihajočega Cerkniškega jezera. Na sliki je navadni trst ob strugi Stržena (foto: Mateja Grašič).

Fiziološki odziv na okoljske razmere

Dejavnost navadnega trsta se glede na okoljske dejavnike spreminja (Čížková in sod., 2023). Za rastline je ključnega pomena asimilacija ogljika, ki poteka v procesu fotosinteze in gospodarjenje z vodo. Vodni režim rastline in vključenost rastline v vodni krog ugotavljamo s spremljanjem transpiracije. Meritve transpiracije navadnega trsta na Cerkniškem jezeru so pokazale velike razlike glede na hidrološke razmere. Manjše vrednosti (okrog $7 \text{ mmol H}_2\text{O/m}^2/\text{s}$) so bile izmerjene v globlji vodi (0,6–1,6 m), medtem ko se je med zniževanjem vodostaja transpiracija močno povečala na $20 \text{ mmol H}_2\text{O/m}^2/\text{s}$ (Dolinar in sod., 2010). Dosežene vrednosti so glede na druge skupine rastlin zelo velike (Larcher, 2003). Veliko transpiracijo sestojev trsta, ki je presegala tudi 10 mm dan^{-1} , sta izmerila tudi Herbst in Kappen (1999). Raziskava je pokazala, da je letna evapotranspiracija znatno presegala letno izhlapevanje (evaporacijo) vode z odprte jezerske površine in večinoma tudi količino padavin na območju. Vse navedene meritve kažejo, da trstišča ugodno vplivajo na lokalno kroženje vode in imajo velik pomen za vodno bilanco jezer in mokrišč ter za lokalne klimatske razmere.

Tudi izmerjena fotosintezna dejavnost navadnega trsta je bila v primerjavi z drugimi vrstami velika, saj je znašala celo več kot $25 \text{ } \mu\text{mol CO}_2/\text{m}^2/\text{s}$ (Rudolf, 2008). Vrednosti so se spreminjale glede na razmere v okolju, predvsem glede na temperaturo in relativno vlago. Meritve potencialne fotokemične učinkovitosti FS II, ki je pokazatelj prisotnosti stresa v listih, so bile okrog 0,80, kar kaže na normalno delujoč fotosintezni aparat in odsotnost trajnega stresa. Manjše in bolj spremenljive vrednosti dejanske fotokemične učinkovitosti FS II so odražale prisotnost prehodnega stresa, ki je posledica vpliva dnevnih sprememb okoljskih razmer na pridobivanje energije. To potrjuje tudi skupna vsebnost prostih aminokislin v bazalnih internodijih stebel, ki je odražala začasno (ne trajno) stresno stanje pri rastlinah jezerskih sestojev (Dinka in sod., 2008), ki je bilo večinoma povzročeno s pomanjkanjem vode. Pri tem pa je potrebno poudariti, da je najbolj ključna posledica vpliva suše na rastlino zmanjšanje listne površine, ki je posledica sušenja in odpadanja listov (Larcher, 2003) in omogoči, da preostali listi ohranijo nemoteno funkcijo. Tudi v primeru navadnega trsta se skupni indeks listne površine (listna površina na m^2 tal; angl. *leaf area index* - LAI) med pomanjkanjem vode močno zmanjša, predvsem pri rastlinah jezerskega sestoja, kadar se rastišče popolnoma izsuši (Ojdanič in sod., 2023).

Morfološke in biokemijske značilnosti

Veliko dejavnost trsta v primerjavi z drugimi rastlinskimi vrstami omogočajo njegove morfološke značilnosti. Listi imajo ogromno število majhnih listnih rež (preglednica 1, slika 1), ki omogočajo natančen nadzor nad izmenjavo plinov, privzemom ogljikovega dioksida in oddajanjem vode. Število listnih rež je celo večje kot pri rastlinah sušnih rastišč (Larcher, 2003). Listi so razmeroma debeli, imajo majhno specifično listno površino in velik delež opornega tkiva. Obenem je površina listov močno okremenjena in prekrita s številnimi bodičkami (okremenjenimi trihomi), kar utrjuje list in preprečuje izgubo vode (slike 2, 3 in 4 ter preglednica 1). Posledica vseh teh prilagoditev je velika učinkovitost rabe vode (Rudolf, 2008). V mokriščih je trst izpostavljen veliki jakosti sončevega sevanja, vključno z UV-B sevanjem. Poleg okremenjene kutikule ga ščiti tudi velika vsebnost UV absorbirajočih snovi v povrhnjici listov. Gosti listni mezofil je bogat tudi s fotosinteznimi in zaščitnimi pigmenti, kot so antocianini (preglednica 1).

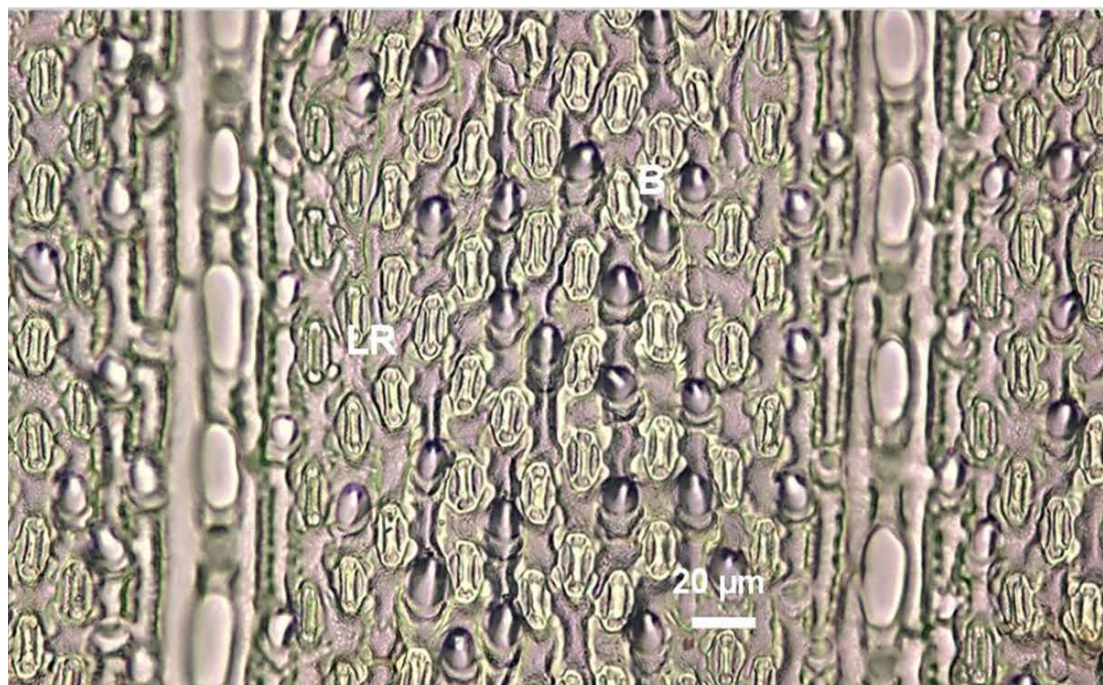
Preglednica 1: Morfološke in biokemijske lastnosti listov navadnega trsta.

Lastnost lista		Lastnost lista	Zgornja listna ploskev	Spodnja listna ploskev
Specifična listna površina (cm ² /g)	92,9 ± 4,8	Debelina kutikule (μm)	1,30 ± 0,04	1,35 ± 0,10
Debelina lista* (μm)	245 ± 7,5	Debelina povrhnjice (μm)	15,7 ± 0,53	15,5 ± 0,47
Debelina listne sredice (μm)	195 ± 7,2	Gostota bodičk (št./mm ²)	83 ± 15	284 ± 25
Klorofil a (g/m ²)	0,339 ± 0,007	Dolžina bodičk (μm)	16,0 ± 0,3	19,5 ± 0,6
Klorofil b (g/m ²)	0,150 ± 0,008	Gostota listnih rež (št./mm ²)	354 ± 14	509 ± 27
Karotenoidi (g/m ²)	0,083 ± 0,004	Dolžina listnih rež (μm)	20 ± 0,3	20 ± 0,2
Antocianini (REP**)	1,11 ± 0,79			
UV-B absorbirajoče snovi (REP**)	19,43 ± 0,85			
UV-A absorbirajoče snovi (REP**)	28,98 ± 1,39			

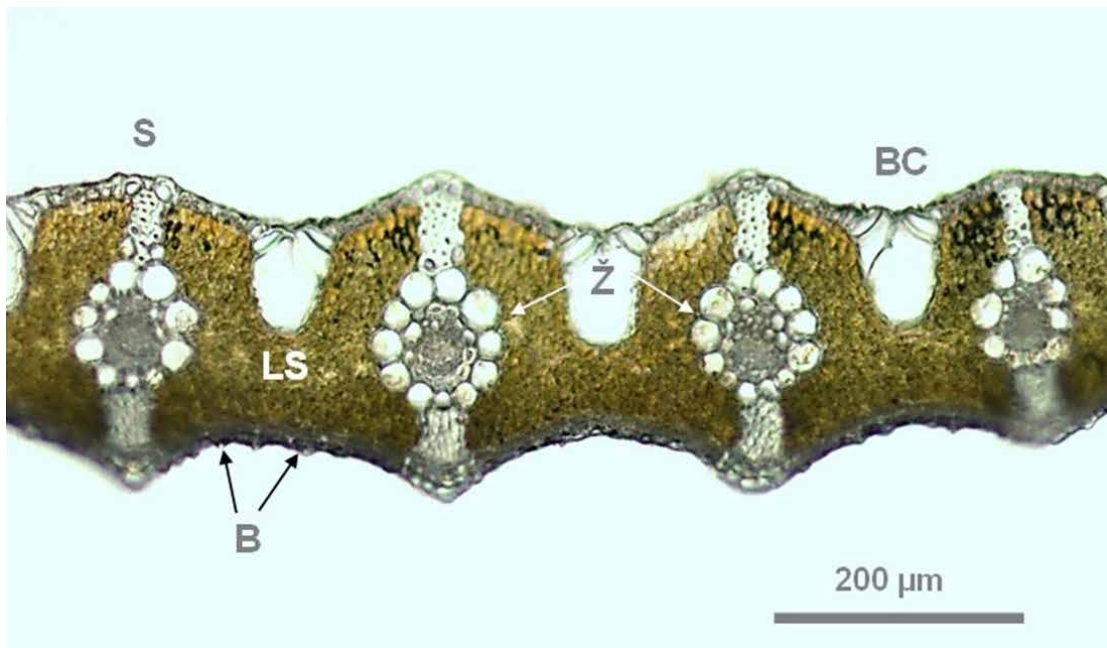
*merjeno na debelejšem delu lista

**REP – relativne enote na površino

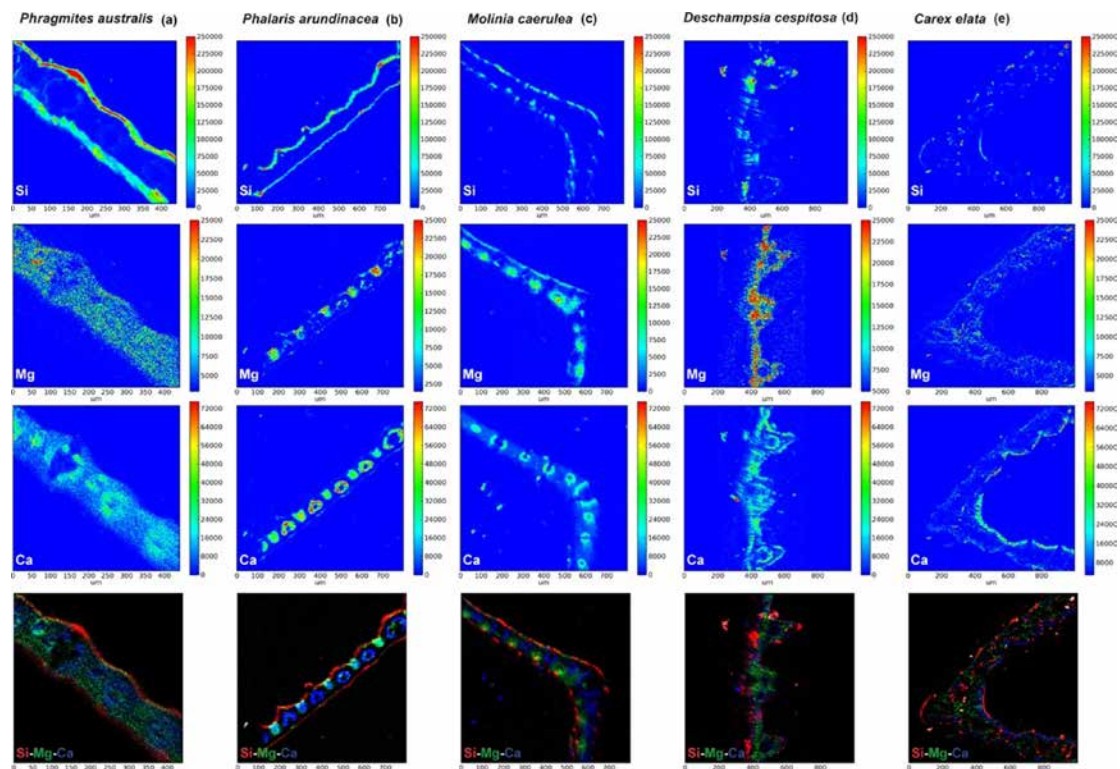
Slika 4 kaže primerjavo elementne sestave navadnega trsta z nekaterimi drugimi pogostimi vrstami trav in vrste šaša s Cerkniškega jezera. Slika razkriva močno okremenjeno (utrjeno s silicijem (Si)) povrhnjico pri navadnem trstu, nekoliko manj pa pri pisani čužki (*Phalaris arundinacea* L.) in modri stožki *Molinia caerulea* L.). Pri togem šašu (*Carex elata* All.) pa se v zgornji povrhnjici nahaja precej kalcija (Ca) (Klančnik in sod., 2014).



Slika 2: Odtis spodnje listne ploskve navadnega trsta. LR – listna reža, B – bodička (foto: Karmen Uranič).



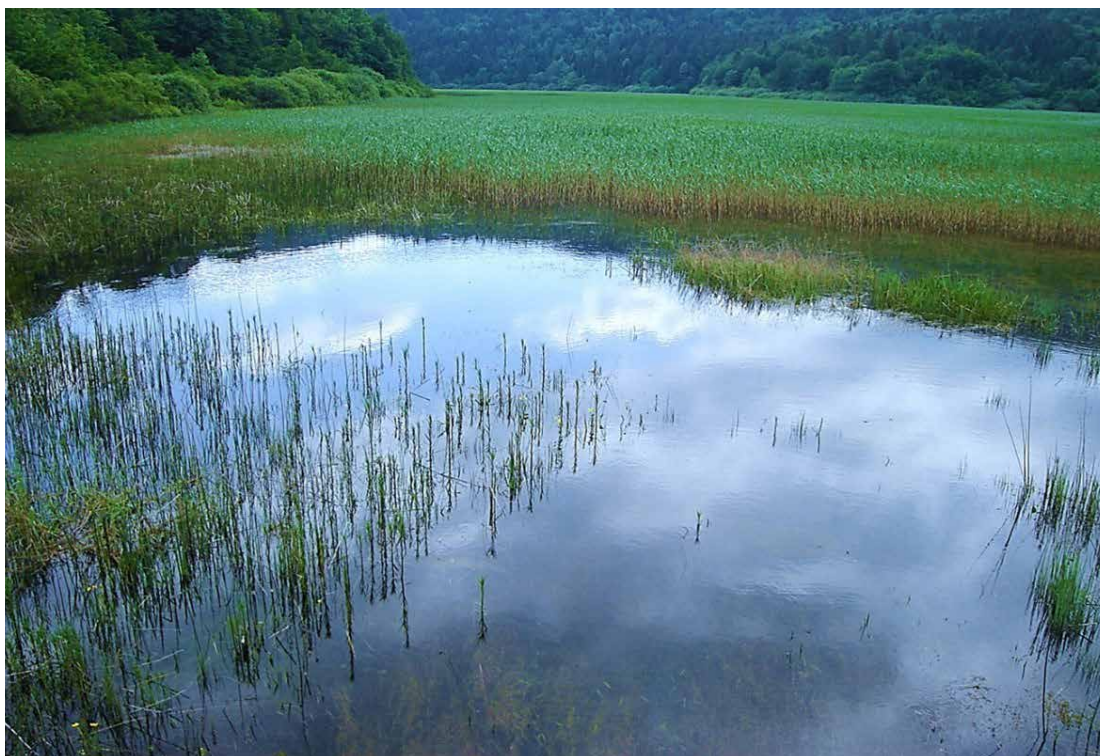
Slika 3: Prečni prerez lista navadnega trsta. BC – buliformne celice, B – bodička, S – sklerenhimatsko tkivo, Ž – žile, LS – listna sredica (foto: Karmen Uranič).



Slika 4: Porazdelitev in koncentracija Si, magnezija (Mg) in kalcija (Ca) na prečnem prerezu listov štirih trav in šaša. (a) navadni trst, (b) pisana čužka, (c) modra stožka, (d) rušnata masnica, (e) togi šaš, na podlagi spektroskopije LEXRF (desno: barvna lestvica; $\mu\text{g g}^{-1}$). Velikost slikovnih pik je $1,3 \times 1,3 \mu\text{m}$ (povzeto po Klančnik in sod., 2014).

Elementna sestava listov navadnega trsta se lahko razlikuje tudi glede na starost in lokacijo rasti (slika 5). Raziskave so pokazale, da so največje razlike v vsebnosti Si, ki je predstavljal od 2,8 % do 6,1 % suhe mase listov, manjše pa v deležu Ca (Grašič in sod., 2022). Glede na vsebnost Si sodi navadni trst med akumulatorje Si in lahko pomembno prispeva k njegovemu kroženju.

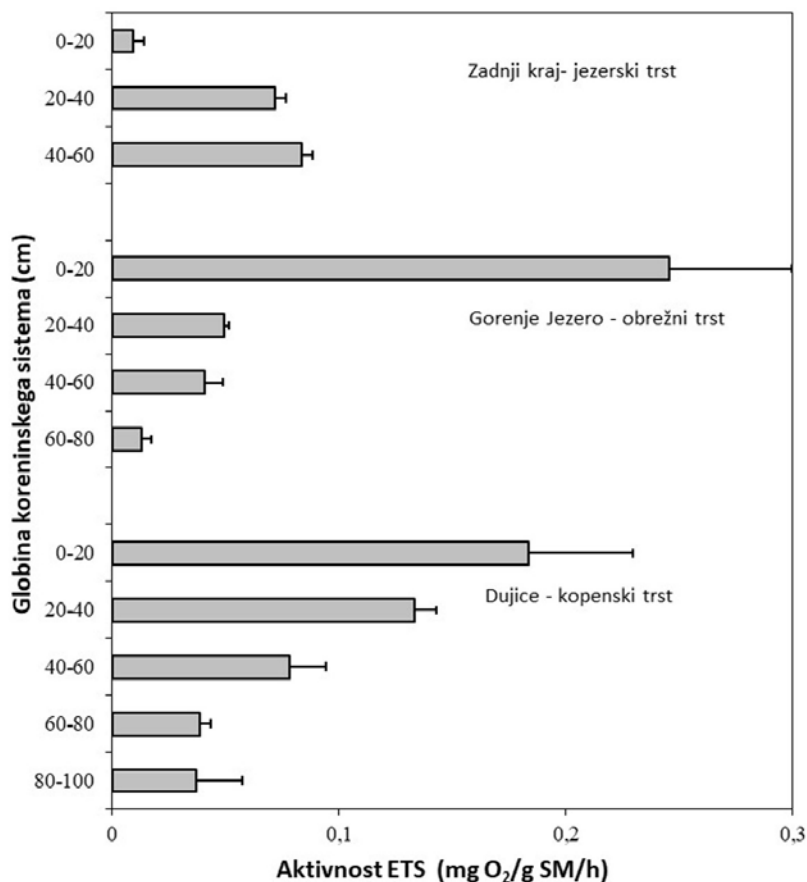
Velika vsebnost Si v listih ima številne pozitivne učinke, saj lahko poveča trdnost rastlin ter prepreči poleganje listov in senčenje listov. Raziskave so pokazale, da kopičenje Si ublaži posledice različnih stresnih razmer ter lahko veže kovinske ione (Klančnik in sod., 2014). Večji deleži Si so bili izmerjeni pri trstu na območju osrednjega dela jezera (Zadnjega kraja), kar je verjetno povezano z večjo transpiracijo in večjo količino Si v tleh (Grašič in sod., 2022)(slika 5). Transpiracijski proces omogoča pasivno gibanje Si kisline z vodo in polimerizacijo monomerov Si kisline in odlaganje kremenca na površini, ko voda izhlapeva (Bauer in sod., 2011).



Slika 5: Pogled na Zadnji kraj z obsežnimi trstišči (foto: Alenka Gaberščik).

Učinkovitost privzema vode (in hranil) v sušnih razmerah izboljšuje tudi kolonizacija korenin z mikoriznimi glivami (Dolinar in sod., 2010; Dolinar in sod., 2016). Te tvorijo razširjeno mrežo finih hif, ki se širijo na območja tal, ki jih korenine ne dosežejo (Birhane in sod., 2012). Tudi koreninski sistem navadnega trsta je zelo obsežen in učinkovit, sestavljen iz gostih, drobno razvejanih korenin in odpornih korenin z dobro razvitim zračnim tkivom, ki omogoča pre-zračevanje rizosfere (Moore in sod., 2012). To ugodno vpliva na mikorizne glive in omogoča razstrupljanje različnih strupenih snovi v usedlinah. Koreninski sistem je različno globok, kar je odvisno od zgradbe tal. Uspeva na različnih podlagah – peskih, mulju, organskih tleh – kjer je vsebnost organskih snovi od 1 % do 97 % (Packer in sod., 2017). V osrednjem delu jezer, kjer so tla plitvejša in bolj mineralna, koreninski sistem sega do nekaj 10 cm globoko, na obrobju jezera (npr. na območju Dujic) pa celo več kot 1 m globoko. Vitalnost korenin, ki

smo jo ugotavljali z meritvami dihalnega potenciala (aktivnosti terminalnega elektronskega transportnega sistema – ETS), se je spreminjala glede na raven talne vode in globino korenin (Urbanc-Berčič in Gaberščik, 2001) (slika 6).



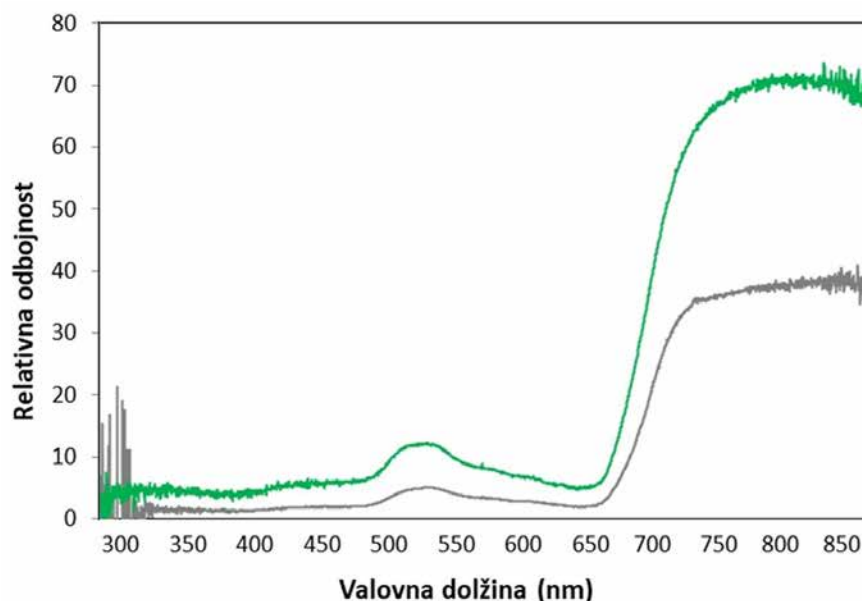
Slika 6: Aktivnost terminalnega elektronskega transportnega sistema (ETS) korenin trsta glede na globino tal v sestojih navadnega trsta na različnih lokacijah (povzeto po Urbanc-Berčič in Gaberščik, 2001).

Različni avtorji navajajo, da je globina korenin navadnega trsta omejena z globino vode in grobim substratom (Moore in sod., 2012; Vretare in sod., 2001).

Spektralni podpisi navadnega trsta

Splošno veljavno dejstvo je, da zgradba listne površine močno vpliva na površinski odboj svetlobe, medtem ko zgradba listne sredice (mezofila) vpliva na prehajanje svetlobe. Raziskave so pokazale, da pri navadnem trstu na odbojnost močno vplivajo bodičke in okremenjenost listne površine, manjši pa je vpliv biokemijske zgradbe (Klančnik in sod., 2014). Na ravni sestoja je odbojnost bistveno manjša, k čemur doprinese večja pestrost gradnikov sestoja in šum zaradi zaznane odbojnosti tal.

Razlike se pojavljajo predvsem v bližnjem infrardečem (NIR) delu spektra, kar pomeni, da list učinkoviteje uravnava energijsko bilanco kot sestoj v celoti. Obliki krivulj sta zelo podobni, z viškom v zelenem delu spektra (slika 7).



Slika 7: Odbojnost sevanja lista (zeleno) in sestoja (sivo) navadnega trsta v območju ultravijoličnega, vidnega in bližnjega IR spektra.

Zaključek

Navadni trst je kozmopolitska vrsta s široko ekološko valenco, veliko primarno proizvodnjo ter obsežnim in dobro prezračenim koreninskim sistemom. Je prevladujoča vrsta na presihajočem Cerkniškem jezeru, kjer je izpostavljena nepredvidljivim okoljskim spremembam, ki so posledica izrazitih naravnih motenj, povezanih s spremembami vodostaja. Ekofiziološke raziskave odražajo velik fotosintezni in transpiracijski potencial trsta, ter veliko učinkovitost rabe vode. Veliko dejavnost trsta v primerjavi z drugimi rastlinskimi vrstami omogočajo njegove morfološke značilnosti. Listi imajo zelo veliko število majhnih listnih rež, ki omogočajo natančen nadzor nad izmenjavo plinov, privzemom ogljikovega dioksida in oddajanjem vode. Trst sodi med akumulatorje silicija (Si), saj je vsebnost Si znašala od 2,8 % do 6,1 % suhe mase listov. Površina listov je močno okremenjena in prekrita s številnimi bodičkami, kar utrjuje list in preprečuje izgubo vode. Gosta listna sredica je bogata s fotosinteznimi in zaščitnimi barvili, kot so antocianini. Posledica zgradbe lista, predvsem pa okremenitve, so tudi njegove optične lastnosti. Navadni trst uspeva na odprtih rastiščih, zato je izpostavljen veliki jakosti sončevega sevanja, vključno z UV-B sevanjem. Poleg okremenjene kutikule, ga pred prekomerno količino svetlobe ščiti tudi velika vsebnost UV absorbirajočih snovi v povrhnjici. Okremenjeni listi imajo razmeroma veliko odbojnost v UV in vidnem delu spektra. Učinkovitost privzema vode in hranil izboljšuje tudi kolonizacija korenin z mikoriznimi glivami. Vitalnost korenin se spreminja glede na raven talne vode in globino koreninskega sistema.

Summary

Common reed – the dominant plant species of Lake Cerknica

Common reed (*Phragmites australis*) is a globally widespread grass and a dominant species in various wetlands. It inhabits ecotonal areas at the transition between terrestrial and aquatic environments in both inland and coastal areas. Common reed has an efficient ventilation system that allows gases to pass through the air tissues (aerenchyma) present throughout the plant. High genetic and phenotypic diversity of common reed allows it to adapt more effectively to changing environmental conditions. As a cosmopolitan species, it can serve as a model species when studying the effects of global change.

The species is also dominant in the intermittent Lake Cerknica, where it is exposed to extreme environmental changes resulting from pronounced natural disturbances due to changes in water levels. We investigated common reed ecophysiology and some of the functional traits that enable its survival in this outstanding environment. Leaf characteristics such as morphological and biochemical properties, element composition, as well as habitat characteristics and root system vigour were examined. We also investigated photochemical efficiency of photosystem (PS) II and total free amino acid content of basal internodes, which are indicators of stress conditions.

Common reed has high photosynthetic activity and transpiration rate compared to other species. Total leaf area index may be significantly reduced during water deficit, especially when the lake drains completely. Plant activity is supported by the specific morphological characteristics of the reed, which allow fine control of gas exchange, as carbon dioxide uptake and water release. The leaf stomata are of small size and very numerous. The leaves are relatively thick, have a low specific leaf area and a considerable amount of sclerenchyma. The leaf surface is heavily incrustated and covered with numerous prickly hairs that stiffen the leaf and prevent water loss. All these adaptations result in high water-use efficiency. Common reed is usually exposed to high intensities of solar radiation, including UV-B radiation. Leaf is not only protected by a thick incrustated cuticle, but also by high content of UV absorbing substances in the epidermis. The dense leaf mesophyll is not only rich in photosynthetic, but also in protective pigments, such as anthocyanins.

Element composition of the leaves of common reed may vary according to reed age and location of growth. Silicon (Si) content ranged from 2.8% to 6.1% of dry matter, which classifies reed as a Si accumulator and thus it contributes efficiently to Si cycling. The efficiency of water and nutrient uptake may be improved by the colonisation of roots by mycorrhizal fungi, which form an extended network of fine hyphae that spread to areas of the soil that roots cannot reach. The root system of common reed is also very extensive and efficient, consisting of dense, finely branched roots and rhizomes with well-developed aerenchyma that allows aeration of the rhizosphere. The root system varies in depth depending on water regime and soil structure. In the central part of the lake, where the soil is shallower and more mineral, it reaches up to some 10 cm deep, while in organic soil in the lake periphery, it reaches even more than 1 m.

Generally, leaf surface strongly influences the surface reflection of light, while the structure of mesophyll influences the transmission of light. In reeds, reflectance is strongly influenced by prickly hairs and leaf incrustation, and less by the biochemical structure. At the stand level, reflectance is significantly lower in comparison to the leaf level due to a greater diversity of the stand structure. Differences occur mainly in the near-infrared (NIR) part of the spectrum, which means that a leaf regulates energy balance more efficiently than a stand as a whole.

Zahvala

Raziskave je finančno podprla Javna agencija za znanstvenoraziskovalno in inovacijsko dejavnost Republike Slovenije preko programa Biologija rastlin P1-0212 in preko financiranja mladega raziskovalca 55856.

Viri

- Armstrong, J., Armstrong, W., Beckett, P. M. 1992. *Phragmites australis*: Venturi- and humidity-induced pressure flows enhance rhizome aeration and rhizosphere oxidation. *New Phytologist*, 120(2), 197–207. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.1992.tb05655.x>
- Bart, D., Hartman, J. M. 2000. Environmental determinants of *Phragmites australis* expansion in a New Jersey salt marsh: an experimental approach. *Oikos*, 89(1), 59–69. <https://doi.org/10.1034/j.1600-0706.2000.890107.x>
- Bauer, P., Elbaum, R., Weiss, I. M. 2011. Calcium and silicon mineralization in land plants: Transport, structure and function. *Plant Science*, 180(6), 746–756. <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2011.01.019>
- Birhane, E., Sterck, F. J., Fetene, M., Bongers, F., Kuyper, T. W. 2012. Arbuscular mycorrhizal fungi enhance photosynthesis, water use efficiency, and growth of frankincense seedlings under pulsed water availability conditions. *Oecologia*, 169(4), 895–904. <https://doi.org/10.1007/s00442-012-2258-3>
- Čížková, H., Kučera, T., Poulin, B., Květ, J. 2023. Ecological basis of ecosystem services and management of wetlands dominated by common reed (*Phragmites australis*): European Perspective. *Diversity*, 15(5), 629. <https://doi.org/10.3390/d15050629>
- Dinka, M., Ágoston-Szabó, E., Urbanc-Berčič, O., Germ, M., Šraj-Kržič, N., Gaberščik, A. 2008. Reed stand conditions at selected wetlands in Slovenia and Hungary. V *Wastewater treatment, plant dynamics and management in constructed and natural wetlands* (str. 1–12). Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-8235-1_1
- Dinka, M., Szeglet, P. 1999. Carbohydrate and nutrient content in rhizomes of *Phragmites australis* from different habitats of Lake Fertő/Neusiedlersee. *Limnologica*, 29(1), 47–59. [https://doi.org/10.1016/S0075-9511\(99\)80038-3](https://doi.org/10.1016/S0075-9511(99)80038-3)
- Dolinar, N., Regvar, M., Abram, D., Gaberščik, A. 2016. Water-level fluctuations as a driver of *Phragmites australis* primary productivity, litter decomposition, and fungal root colonisation in an intermittent wetland. *Hydrobiologia*, 774(1), 69–80. <https://doi.org/10.1007/s10750-015-2492-x>
- Dolinar, N., Rudolf, M., Šraj, N., Gaberščik, A. 2010. Environmental changes affect ecosystem services of the intermittent Lake Cerknica. *Ecological Complexity*, 7(3), 403–409. <https://doi.org/10.1016/j.ecocom.2009.09.004>
- Dolinar, N., Šraj, N., Pongrac, P., Regvar, M., Gaberščik, A. 2010. The presence of mycorrhiza in different habitats of an intermittent aquatic ecosystem. V *Water and nutrient management in natural and constructed wetlands* (str. 299–308). Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-90-481-9585-5_22
- Eller, F., Skálová, H., Caplan, J. S., Bhattarai, G. P., Burger, M. K., Cronin, J. T., Guo, W.-Y., Guo, X., Hazelton, E. L. G., Kettenring, K. M., Lambertini, C., McCormick, M. K., Meyerson, L. A., Mozdzer, T. J., Pyšek, P., Sorrell, B. K., Whigham, D. F., Brix, H. 2017. Cosmopolitan species as models for ecophysiological responses to global change: The common reed *Phragmites australis*. *Frontiers in Plant Science*, 8. <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.01833>
- Faußer, A. C., Dušek, J., Čížková, H., Kazda, M. 2016. Diurnal dynamics of oxygen and carbon dioxide concentrations in shoots and rhizomes of a perennial in a constructed wetland indicate down-regulation of below ground oxygen consumption. *AoB PLANTS*, 8. <https://doi.org/10.1093/aobpla/plw025>

- Grašič, M., Likar, M., Vogel-Mikuš, K., Samardžić, T., Gaberščik, A. 2022. Decomposition rate of common reed leaves depends on litter origin and exposure location characteristics. *Aquatic Botany*, 179. <https://doi.org/10.1016/j.aquabot.2022.103513>
- Haslam, S. M. 1972. *Phragmites communis* Trin. (*Arundo Phragmites* L.,? *Phragmites Australis* (Cav.) Trin. ex Steudel). *The Journal of Ecology*, 60(2), 585–610. <https://doi.org/10.2307/2258363>
- Herbst, M., Kappen, L. 1999. The ratio of transpiration versus evaporation in a reed belt as influenced by weather conditions. *Aquatic Botany*, 63(2), 113–125. [https://doi.org/10.1016/S0304-3770\(98\)00112-0](https://doi.org/10.1016/S0304-3770(98)00112-0)
- Hudon, C., Gagnon, P., Jean, M. 2005. Hydrological factors controlling the spread of common reed (*Phragmites australis*) in the St. Lawrence River (Québec, Canada). *Écoscience*, 12(3), 347–357. <https://doi.org/10.2980/i1195-6860-12-3-347.1>
- Klančnik, K., Vogel-Mikuš, K., Gaberščik, A. 2014. Silicified structures affect leaf optical properties in grasses and sedge. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, 130, 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.jphotobiol.2013.10.011>
- Larcher, W. 2003. *Physiological plant ecology: ecophysiology and stress physiology of functional groups* (4th edition). Berlin. Springer. 514 str.
- Mauchamp, A., Méthy, M. 2004. Submergence-induced damage of photosynthetic apparatus in *Phragmites australis*. *Environmental and Experimental Botany*, 51(3), 227–235. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2003.11.002>
- Moore, G. E., Burdick, D. M., Peter, C. R., Keirstead, D. R. 2012. Belowground biomass of *Phragmites australis* in coastal marshes. *Northeastern Naturalist*, 19(4), 611–626. <https://doi.org/10.1656/045.019.0406>
- Ojdanič, N., Holcar, M., Golob, A., Gaberščik, A. 2023. Environmental extremes affect productivity and habitus of common reed in intermittent wetland. *Ecological Engineering*, 189, 106911. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2023.106911>
- Ojdanič, N., Zelnik, I., Holcar, M., Gaberščik, A., Golob, A. 2023. Contrasting dynamics of littoral and riparian reed stands within a wetland complex of Lake Cerknica. *Plants*, 12(5), 1006. <https://doi.org/10.3390/plants12051006>
- Packer, J. G., Meyerson, L. A., Skálová, H., Pyšek, P., Kueffer, C. 2017. Biological flora of the British Isles: *Phragmites australis*. *Journal of Ecology*, 105(4), 1123–1162. <https://doi.org/10.1111/1365-2745.12797>
- Rudolf, M. 2008. Vpliv presihanja na aktivnost in primarno produkcijo vrst *Phragmites australis* in *Carex elata* na Cerkniškem jezeru [Master of science thesis]. Ljubljana. Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta.
- Rudrappa, T., Choi, Y. S., Levia, D. F., Legates, D. R., Lee, K. H., Bais, H. P. 2009. *Phragmites australis* root secreted phytotoxin undergoes photo-degradation to execute severe phytotoxicity. *Plant Signaling & Behavior*, 4(6), 506–513. <https://doi.org/10.4161/psb.4.6.8698>
- Urbanc-Berčič, O., Gaberščik, A. 2001. The influence of water table fluctuations on nutrient dynamics in the rhizosphere of common reed (*Phragmites australis*). *Water Science and Technology*, 44(11–12), 245–250. <https://doi.org/10.2166/wst.2001.0836>
- Vretare, V., Weisner, S. E. B., Strand, J. A., Granéli, W. 2001. Phenotypic plasticity in *Phragmites australis* as a functional response to water depth. *Aquatic Botany*, 69(2–4), 127–145. [https://doi.org/10.1016/S0304-3770\(01\)00134-6](https://doi.org/10.1016/S0304-3770(01)00134-6)
- Vymazal, J., Kröpfelová, L. 2005. Growth of *Phragmites australis* and *Phalaris arundinacea* in constructed wetlands for wastewater treatment in the Czech Republic. *Ecological Engineering*, 25(5), 606–621. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2005.07.005>

White, S. D., Ganf, G. G. 2002. A comparison of the morphology, gas space anatomy and potential for internal aeration in *Phragmites australis* under variable and static water regimes. Aquatic Botany 73(2), 115-127. [https://doi.org/10.1016/S0304-3770\(02\)00010-4](https://doi.org/10.1016/S0304-3770(02)00010-4)