Méně kosení, méně diverzity: vliv frekvence kosení na vegetaci suchých trávníků na jižní Moravě

Less mowing, less diversity: the effect of mowing frequency on vegetation of dry grasslands in southern Moravia

Helena Chytrá[1], Dariia Borovyk[1], Michaela Krejčová[1], Daniel Kadaš[2], Karel Kizek[1], Zdenko Večerík[1], Kryštof Chytrý[1]

[1]Ústav botaniky a zoologie, Přírodovědecká fakulta, Masarykova univerzita, Kotlářská 2, 611 37, Brno; chytra@sci.muni.cz
[2]Agentura ochrany přírody a krajiny České republiky, Správa CHKO Pálava, Náměstí 32, 692 01, Mikulov

Abstract: Dry grasslands are a significant habitat in Central Europe and are crucial for nature conservation. This research focused on the impact of different mowing practices, specifically regular mowing and irregular mowing (mosaic mowing), on the species composition of dry grasslands in southern Moravia. Data collection took place in the years 2022-2023, resulting in 119 phytocenological relevés from 70 sites. Data analyses revealed that irregular mowing has a significant negative impact on plant diversity compared to regular mowing. Irregularly mown areas were, on average, 20% less species-rich and had 38% fewer endangered species than regularly mown areas. Irregular mowing also led to the accumulation of litter, negatively affecting some rare species. Improperly conducted mosaic mowing can cause grassland degradation and the spread of unwanted species. Based on the study results, recommendations for conservation management are formulated, emphasizing the need for careful planning and control of mowing practices to minimize negative impacts on the biodiversity of dry grasslands.
Keywords: biodiversity, dry grasslands, mosaic mowing, nature conservation, southern Moravia

Abstrakt: Suché trávníky jsou ve střední Evropě významným biotopem a jsou klíčové pro ochranu přírody. Tento výzkum se zaměřil na vliv různých forem seče, konkrétně pravidelného kosení a nepravidelného kosení (mozaikové seče), na druhové složení suchých trávníků na jižní Moravě. Sběr dat probíhal v letech 2022–2023, kdy bylo získáno 119 fytocenologických snímků ze 70 lokalit. Analýzy dat odhalily, že nepravidelné kosení má významný negativní dopad na diverzitu rostlin ve srovnání s pravidelným kosením. Nepravidelně kosené plochy byly průměrně o 20 % druhově chudší a měly o 38 % méně ohrožených druhů než plochy pravidelně kosené. Nepravidelné kosení také vedlo k akumulaci stařiny, což mělo negativní vliv na některé vzácné druhy. Mozaiková seč, pokud není správně prováděna, může způsobit degradaci trávníků a šíření nežádoucích druhů. Na základě výsledků studie jsou formulována doporučení pro ochranářský management, které zdůrazňují potřebu pečlivého plánování a kontroly provádění seče s cílem minimalizovat negativní dopady na biodiverzitu suchých trávníků.
Klíčová slova: druhová diverzita, jižní Morava, mozaiková seč, ochrana přírody, suché trávníky

Úvod

Suché trávníky patří mezi druhově nejbohatší biotopy ve střední Evropě (Wilson et al. 2012, Chytrý et al. 2015), a jsou tedy dlouhodobě předmětem aktivní ochranářské péče. V pradávné době je formovaly přirozené procesy, jako je pastva velkých herbivorů a požárová dynamika (Roleček & Hájek 2019, Chytrý et al. 2022), na které později navázal

člověk kosením, pastvou hospodářských zvířat a řízeným vypalováním, tedy postupy, jimž dnes souhrnně říkáme „tradiční management“ (Janišová et al. 2023), a tím napomohl šíření trávníků. Na lidské činnosti jsou suché trávníky závislé i v dnešní době, kdy by na většině míst, kde se vyskytují, bez obhospodařování degradovaly a posléze zarostly dřevinami. Vzhledem ke společenským změnám a k proměně života na venkově v Česku v současnosti stojí péče o suché trávníky ve velké většině případů na bedrech orgánů ochrany přírody a jejích dodavatelů prací (obr. 1).

Přístup ochránců přírody k péči o trávníky prošel fázemi od odmítání jakéhokoli hospodaření přes celoplošnou aplikaci seče až ke striktnímu prosazování mozaikové seče. Při mozaikové seči dochází k ponechávání určitých plošek neposečených, přičemž dle standardu Sečení (Hejduk et al. 2017) Agentury ochrany přírody a krajiny České republiky (dále AOPK ČR) by tyto neposečené plochy měly činit alespoň 10 až 20 % celkové kosené plochy, a následně by měly být také posečeny nejpozději za jeden rok. Takto prováděná seč je šetrnější k bezobratlým živočichům (Johansen et al. 2019; Čížek et al. 2012; Řezáč & Heneberg 2018; Schwarz et al. 2023) a měla by zajišťovat rozrůznění stanovištních podmínek. Je-li mozaiková seč prováděna i s ohledem na rostliny, může mít pozitivní dopady rovněž na diverzitu vegetace. Díky podpoře generativní reprodukce cílových druhů rostlin a jejich následnému šíření na lokalitě může významně přispívat k obnově degradovaných částí (E. Ekrtová in litt.). Je však zásadní, aby byla prováděna selektivně a byla pečlivě plánována i kontrolována, což může být zejména u rozsáhlých nebo heterogenních lokalit logisticky náročné.

Naším cílem bylo zjistit, jak snížení frekvence seče nebo mozaiková seč ovlivňují druhové složení vegetace suchých trávníků na jižní Moravě, a navrhnout úpravy postupů péče, které by minimalizovaly případné negativní dopady.

Obr. 1. Ochranářský management v PP Hovoranské louky (foto M. Krejčová).
Fig. 1. Conservation management in Hovoranské louky Nature Monument (photo by M. Krejčová).

Metodika

Výběr lokalit a snímkovaných ploch

Lokality jsme vybírali ze 4 regionů: Mikulovsko, Hustopečsko, Bučovicko a Moravské předhůří Vysočiny. Zajímaly nás biotopy T3.3 úzkolisté suché trávníky (přednostně sečené typy), T3.4 širokolisté suché trávníky a T3.5 acidofilní suché trávníky (Chytrý et al. 2010) a přednostně jsme se zaměřovali na zvláště chráněná území. Na každé lokalitě, kde to bylo možné, jsme se snažili zapsat jeden pár ploch, který se lišil typem péče (pravidelné kosení, mozaikovité kosení, absence kosení). V případě, že byl management na lokalitě homogenní, jsme zapsali plochu jedinou.

Obr. 2. Příklady párů zapisovaných ploch. PR Ševy (nahoře), PP Hovoranské louky (dole), vlevo porosty pravidelně kosené, vpravo nepravidelně kosené, se stařinou (foto D. Borovyk).
Fig. 2. Examples of pairs of recorded plots. Upper row: Ševy Nature Reserve, lower row: Hovoranské louky Nature Monument, left : regularly mown grasslands, right: irregularly mown with litter (photo by D. Borovyk).

Data o druhovém složení a charakteru místa

Na každé lokalitě jsme ve vegetačních sezónách 2022 a 2023 nejčastěji zapsali dva (výjimečně jeden nebo tři) fytocenologické snímky o velikosti 5 m × 5 m. Pokud to situace dovolila, páry ploch jsme zapisovali na místech se stejným (nebo velmi podobným) sklonem, orientací a mikroreliéfem (obr. 2), abychom minimalizovali vliv těchto faktorů na vegetaci. Ve fytocenologických snímcích jsme zaznamenali druhy cévnatých rostlin a jejich pokryvnosti s pomocí rozšířené Braun-Blanquetovy devítičlenné škály. Fytocenologické snímky jsme ve většině případů zapisovali v době fenologického optima suchých trávníků, tedy od poloviny května do konce června. Dále jsme zapisovali celkovou pokryvnost vegetačních pater (keřového, bylinného, mechového), výšku porostu a pokryvnost stařiny. Zaznamenali jsme souřadnice snímku, sklon a orientaci svahu a nadmořskou výšku. Dále jsme určili, o jaký biotop se jedná (T3.3, T3.3/T3.4, T3.4, T3.5). U každé plochy jsme se v terénu na základě různých indikátorů pokusili nezávisle odhadnout frekvenci kosení, tedy jestli

Obr. 3. Degradované trávníky s velkým množstvím stařiny v PP Stepní stráně u Komořan (foto D. Borovyk).
Fig. 3. Degraded grasslands with large amounts of litter in Stepní stráně u Komořan Nature Monument (photo by D. Borovyk).

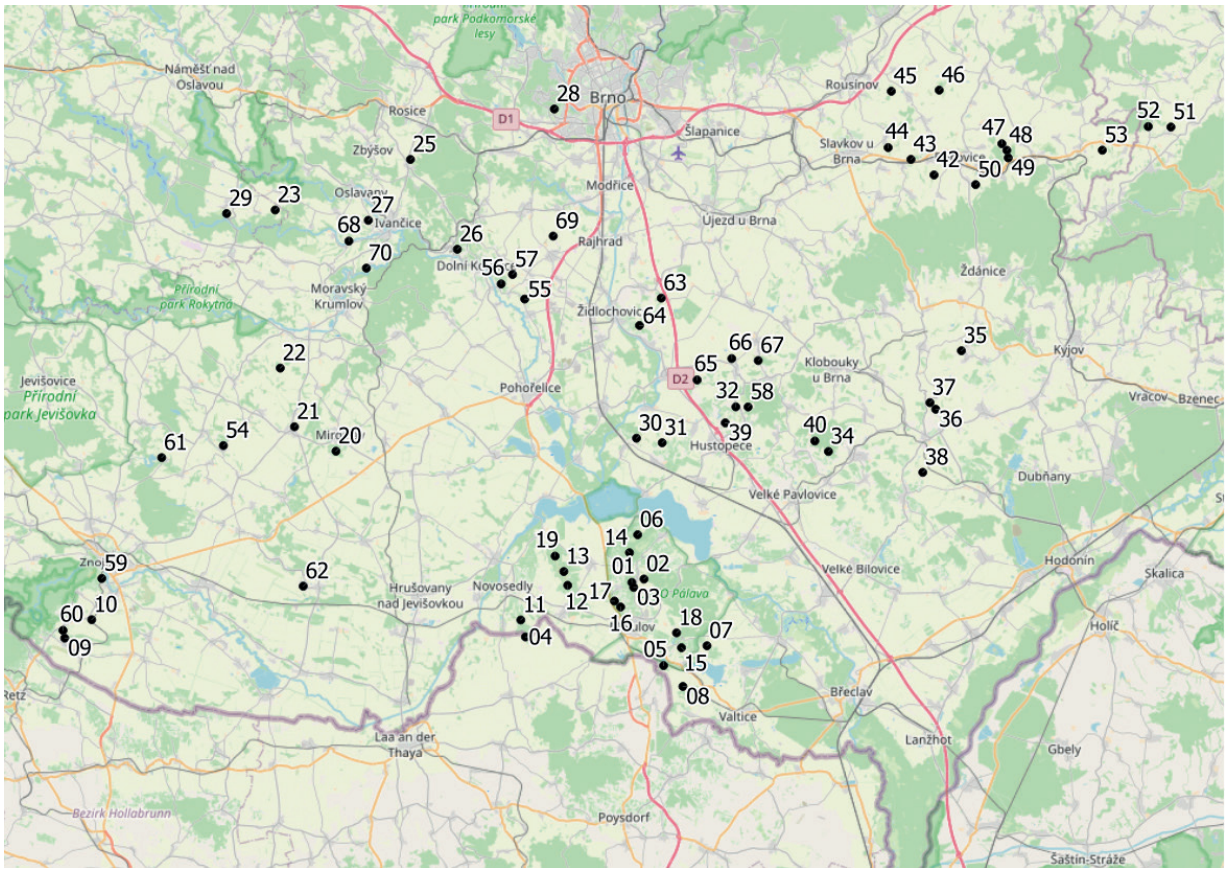
Obr. 4. Sečené a nesečené plochy lze dobře odlišit i v následující vegetační sezóně, PP Roviny (foto H. Chytrá).
Fig. 4. Mown and unmown areas can be well distinguished even in the following vegetation season, Roviny Nature Monument (photo by H. Chytrá).

je plocha kosená každoročně, nepravidelně nebo vůbec. Jako indikátory jsme mimo jiné použili vrstvu akumulované stařiny (obr. 3), přítomnost stojící biomasy z loňského roku (obr. 4) nebo přítomnost dřevin. Indikátory jsme posuzovali v kontextu okolních porostů.

Data o managementu
Po dokončení terénních prací jsme od pracovníků ochrany přírody zodpovědných za management lokalit a dalších znalců získali údaje o tom, jaký management byl aplikován na námi studovaná místa v posledních 10 letech. Získaná data nebyla srovnatelná a stejně podrobná, proto jsme museli přistoupit k jejich zjednodušení a sjednocení tak, aby byla využitelná pro analýzy. Informace od garantů lokalit jsme srovnali s vlastním odhadem a s nezávislým hodnocením pomocí dostupných leteckých snímků. Hodnocení, které bylo využito v analýzách, kombinovalo všechny zmíněné zdroje (údaje od garantů lokalit, terénní pozorování a údaje z leteckých snímků) tak, aby bylo co nejblíže skutečnosti. Původní informace od garantů a zpřesněné expertní hodnocení jsme srovnali pomocí aluviálního diagramu (obr. 7).

Analýza vegetačních dat
V rámci charakteristik získaných v terénu jsme srovnali pokryvnost bylinného patra, pokryvnost stařiny, pokryvnost mechového patra, průměrnou výšku bylinného patra, počet druhů dřevin a pokryvnost dřevin. Z dat o druhovém složení jsme vypočítali celkový počet druhů, Shannonův index diverzity, ekvitabilitu společenstva, pokryvnost expanzních druhů (s využitím připravovaného seznamu, Axmanová et al. in prep.), počet bazálních a specifických druhů biotopů T3.3, T3.4 a T3.5 (Lustyk et al. 2023) a počet diagnostických druhů odpovídajících vegetačních svazů. Dále jsme využili IUCN klasifikaci červeného seznamu (Grulich 2017) pro srovnání počtu ohrožených druhů (jako ohrožené druhy chápeme druhy řazené do kategorií CR, EN, VU a NT). Nakonec jsme využili ekologické indikační hodnoty pro českou flóru (Chytrý et al. 2018), abychom srovnali průměrné nevážené ekologické indikační hodnoty pro světlo a živiny. Zmíněné charakteristiky jsme vizualizovali pomocí krabicových grafů. V panelu grafů je obsaženo i jednoduché statistické srovnání pomocí jedno-výběrového t-testu (referenční skupina jsou pravidelně kosené plochy).
Data o druhovém složení jsme modelovali pomocí mnohorozměrné analýzy (parciální dbRDA založená na Bray-Curtis matici nepodobnosti log transformovaných pokryvností jednotlivých druhů). Formule modelu obsahovala jeden přímý prediktor (expertní hodnocení prováděného managementu) a tři podmíněné prediktory (lokalita, biotop a přítomnost pastvy na lokalitě). Odpovědi modelů byly odmocněné hodnoty pokryvnosti jednotlivých druhů. Modelovali jsme nejprve celý datový soubor, posléze jsme modelovali pouze kontrast mezi plochami pravidelně kosenými a nepravidelně kosenými. Statistickou průkaznost modelů jsme testovali pomocí permutačního testu. Analýzy a vizualizace dat byly provedeny v programovém prostředí R, verzi 4.3.0 (https://cran.r-project.org/) za pomocí knihoven vegan (Oksanen et al. 2024), tidyverse (Wickham et al. 2019) a sf (Pebesma & Bivand 2023).

Výsledky
Získali jsme soubor 119 fytocenologických snímků ze 70 lokalit na jižní Moravě (obr. 5). Zaznamenali jsme celkem 410 taxonů cévnatých rostlin. Z nich 124 druhů je uvedených v aktuálním červeném seznamu ohrožených druhů v kategoriích CR, EN, VU a NT. 16 fytocenologických snímků bylo zapsáno ve vegetaci úzkolistých suchých trávníků (T3.3; obr. 6A), 68 ve vegetaci širokolistých suchých trávníků (T3.4; obr. 6B), 16 v porostech odpovídajících přechodu mezi těmito dvěma biotopy (obr. 6C) a 19 ve vegetaci acidofilních suchých trávníků (T3.5; obr. 6D).



Obr. 5. Rozmístění studovaných lokalit (n = 70).

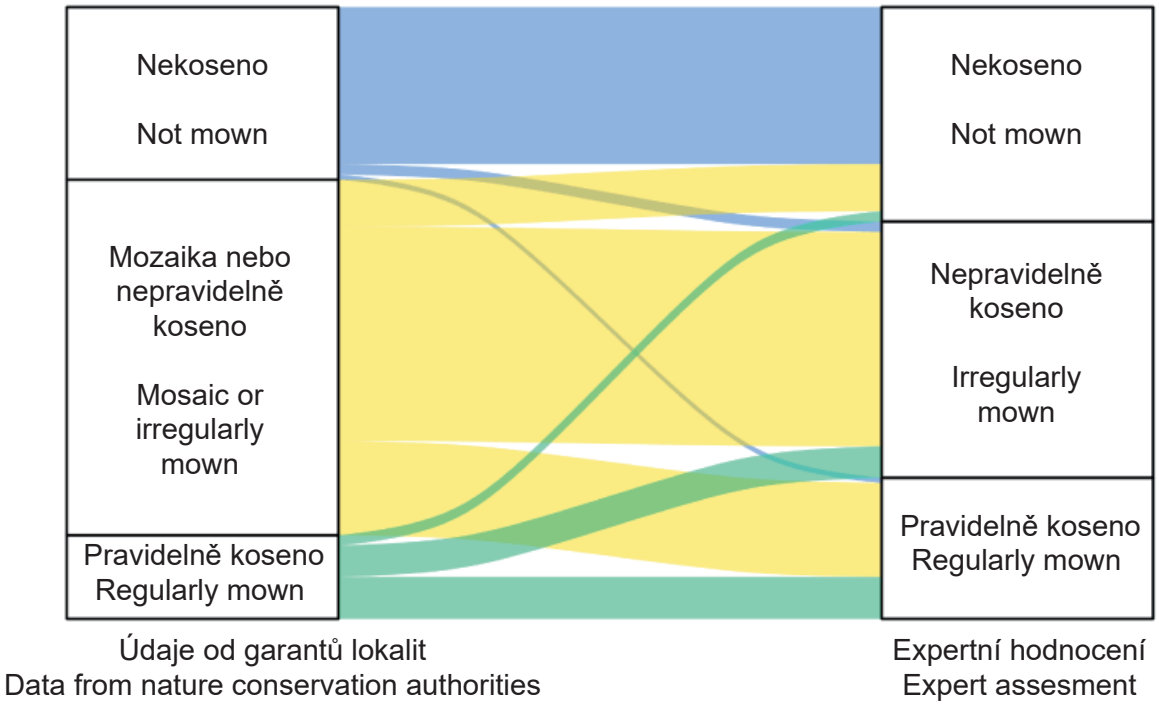
Fig. 5. Location of the study sites (n = 70). Glossary: NPR = National Nature Reserve; PR = Nature Reserve; NPP = National Nature Monument; PP = Nature Monument.

01: NPR Tabulová, vrcholové plato; 02: Klentnické sady; 03: NPR Tabulová, jižní úpatí; 04: PP Langewart Location of the study sites; 05: PP Skalky u Sedlece; 06: NPR Děvín, severní úpatí; 07: PP Studánkový vrch; 08: PP Paví kopec; 09: PP Skalky u Havraníků; 10: PP Pustý kopec u Konic; 11: Přerovský vrch; 12: NPP Dunajovické kopce, jih; 13: NPP Dunajovické kopce, střed; 14: NPR Děvín, Martinka; 15: PR Liščí vrch; 16: PP Růžový kopec; 17: PP Anenský vrch; 18: PP Kienberg; 19: NPP Dunajovické kopce, sever; 20: NPP Miroslavské kopce; 21: PP U Kapličky; 22: PR Na Kocourkách; 23: PP Kozének; 25: PP Patočkova hora; 26: PP Žebětín; 27: PP Bouchal; 28: PR Kamenný vrch; 29: NPR Mohelenská hadcová step; 30: NPP Pouzdřanská step; 31: PP Hochberk; 32: PP Kamenný vrch u Kurdějova; 34: PR Zázmoníky; 35: NPP Na Adamcích; 36: PP Hovoranské louky; 37: PP Zápověd u Karlína; 38: PP Špidláky; 39: PP Přední kopaniny; 40: PP Jesličky; 40: PP Nosperk; 42: PR Ševy; 43: PP Člupy; 44: PP Návdavky u Němčan; 45: PP Stepní stráně u Komořan; 46: NPP Větrníky; 47: PR Hašky; 48: PP Roviny; 49: NPP Malhotky; 50: PP Baračka; 51: PP Přehon; 52: NPR Strabišov-Oulehla; 53: PP Kuče; 54: Želetice, u starého lomu; 55: Němčičky; 56: Pravlov; 57: Mělčany; 58: PP Lipiny; 59: Znojmo, pod Kraví horou; 60: Havraníky, PP Skalky u Havraníků; 61: Výrovice; 62: Božice; 63: Blučina; 64: Židlochovice; 65: Křepice; 66: Nikolčice; 67: Šitbořice; 68: Řeznovice, nad řekou Jihlavou nad skalkou; 69: Syrovice, PP Bezourek; 70: Budkovice, PP Budkovické slepence

Obr. 6. Příklady snímkovaných vegetačních typů trávníků: A) T3.3, NPR Mohelenská hadcová step (foto D. Borovyk); B) T3.4, PR Ševy (foto D. Borovyk); C) T3.3/T3.4, PP Paví kopec (foto H. Chytrá); D) T3.5, PP Kozének (foto D. Borovyk).
Fig. 6. Examples of sampled grassland vegetation types: A) T3.3, Mohelenská hadcová step National Nature Reserve (photo by D. Borovyk); B) T3.4, Ševy Nature Reserve (photo by D. Borovyk); C) T3.3/T3.4, Paví kopec Nature Monument (photo by H. Chytrá); D) T3.5, Kozének Nature Monument (photo by D. Borovyk).

Využitelnost dat o managementu

Na základě informací od pracovníků ochrany přírody jsme každé studované místo zařadili do jedné z těchto kategorií: nekoseno, mozaiková seč, nepravidelně koseno, (koseno méně často než jednou za rok), pravidelně koseno (koseno každoročně). Srovnání dat od garantů lokalit s upraveným souborem zohledňujícím informace z terénu a ze satelitních snímků ukázalo drobné nepřesnosti (obr. 7). Až na dvě výjimky byly nekosené plochy vždy identifikovány jako nekosené i v případě zpřesněného hodnocení. Jako nekosené byly ale ve zpřesněném hodnocení označeny i některé mozaikovitě sečené trávníky. Velká část mozaikově sečených trávníků byla pak ve zpřesněném datovém souboru přeřazena k pravidelně koseným plochám. Tyto posuny lze vysvětlit špatnou praxí mozaikového kosení, kterou jsme na mnoha místech pozorovali v reálných přírodních podmínkách zájmových lokalit. Místo pravidelného střídání, které by mělo zajistit, že žádná část lokality nezůstane neposečená dva roky po sobě, dochází často k opakované aplikaci téhož zásahu (sečení; ponechání plochy neposečené) na témže místě. Obvykle je tomu tak, že dobře technicky dostupné části mozaikově kosených lokalit jsou sečené každoročně, hůře dostupné části jsou pak často kosené buď velmi nepravidelně, nebo nejsou kosené vůbec (obr. 8 a 9). Kvůli této skutečnosti jsme ve zpřesněném hodnocení, které vstupovalo do analýz, nepoužívali termín mozaiková seč. Místo mozaikové seče používáme termín „nepravidelně kosené“ plochy, který je možné chápat jako kosení s průměrnou frekvencí jednou za 1,5 až 4 roky.



Obr. 7. Srovnání původních informací od garantů lokalit s korigovaným hodnocením s využitím poznatků z terénu a leteckých snímků. Toto korigované hodnocení je využito ve všech prezentovaných analýzách.

Fig. 7. Comparison of the original information from nature conservation authorities with resulting comprehensive assessment using our expert estimates and aerial photographs. This corrected assessment is used in all analyses presented.

Obr. 8. Mozaiková (pásová) seč v PP Baračka (2013–2022). Absence střídání sečených a ponechávaných ploch u mozaikové seče – nesečené plochy zůstávají bez péče po většinu let, zatímco jiné, dostupnější plochy jsou sečeny pravidelně. Snímky z let 2013 a 2020 ukazují, co bylo a nebylo posečeno v týchž letech, zatímco snímky z let 2015 a 2022 ilustrují totéž, avšak v předchozím roce, tedy 2014 a 2021. Letecké snímky ©2013–2022 Google.

Fig. 8. Absence of alternation between mown and unmown areas in mosaic mowing in Baračka Nature Monument (2013-2022). The regularly mown area received conservation management every year, while the unmown area was left unmanaged. Images from 2013 and 2020 show what was and was not mowed in the same years, while images from 2015 and 2022 illustrate the same, but in the previous year, 2014 and 2021. Aerial images ©2013-2022 Google.

Obr. 9. Absence střídání sečených a ponechávaných ploch u mozaikové seče. Zarůstání keři na opuštěných trávnících poblíž NPP Na Adamcích (2018–2022). Na pravidelně sečené ploše (bílá kružnice) probíhala ochranářská péče každý rok, zatímco nesečená plocha (žlutá kružnice) byla ponechána bez managementu a postupně zarůstala keři. Letecké snímky ©2018–2022 Google.

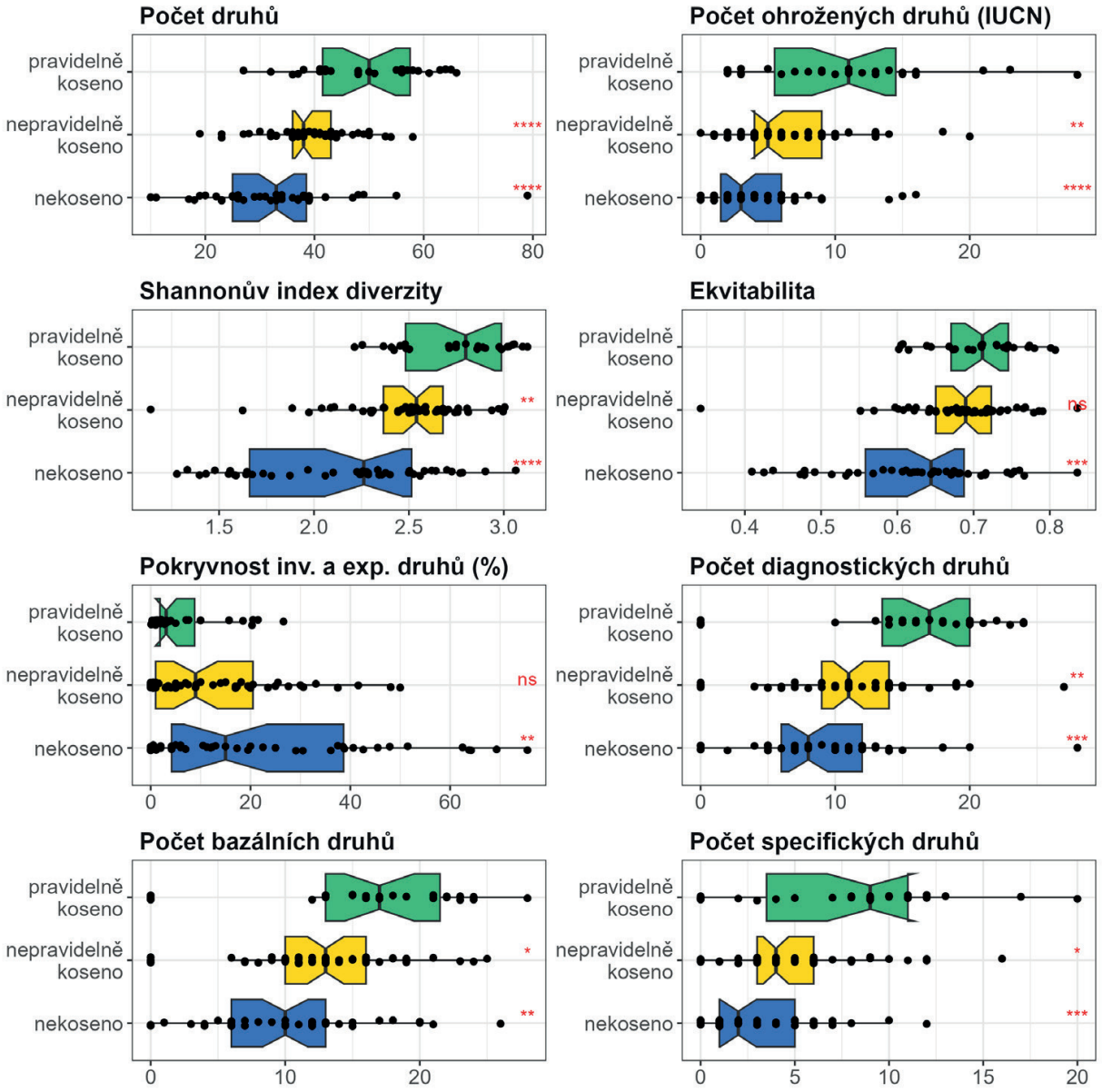
Fig. 9. Absence of alternation between mown and unmown areas in mosaic mowing. Overgrowth of shrubs on abandoned grasslands near Na Adamcích National Nature Monument (2018-2022). The regularly mown area (white circle) received conservation management every year, while the unmown area (yellow circle) was left unmanaged and gradually became overgrown with shrubs. Aerial images ©2018-2022 Google.

Vliv managementu na vegetaci

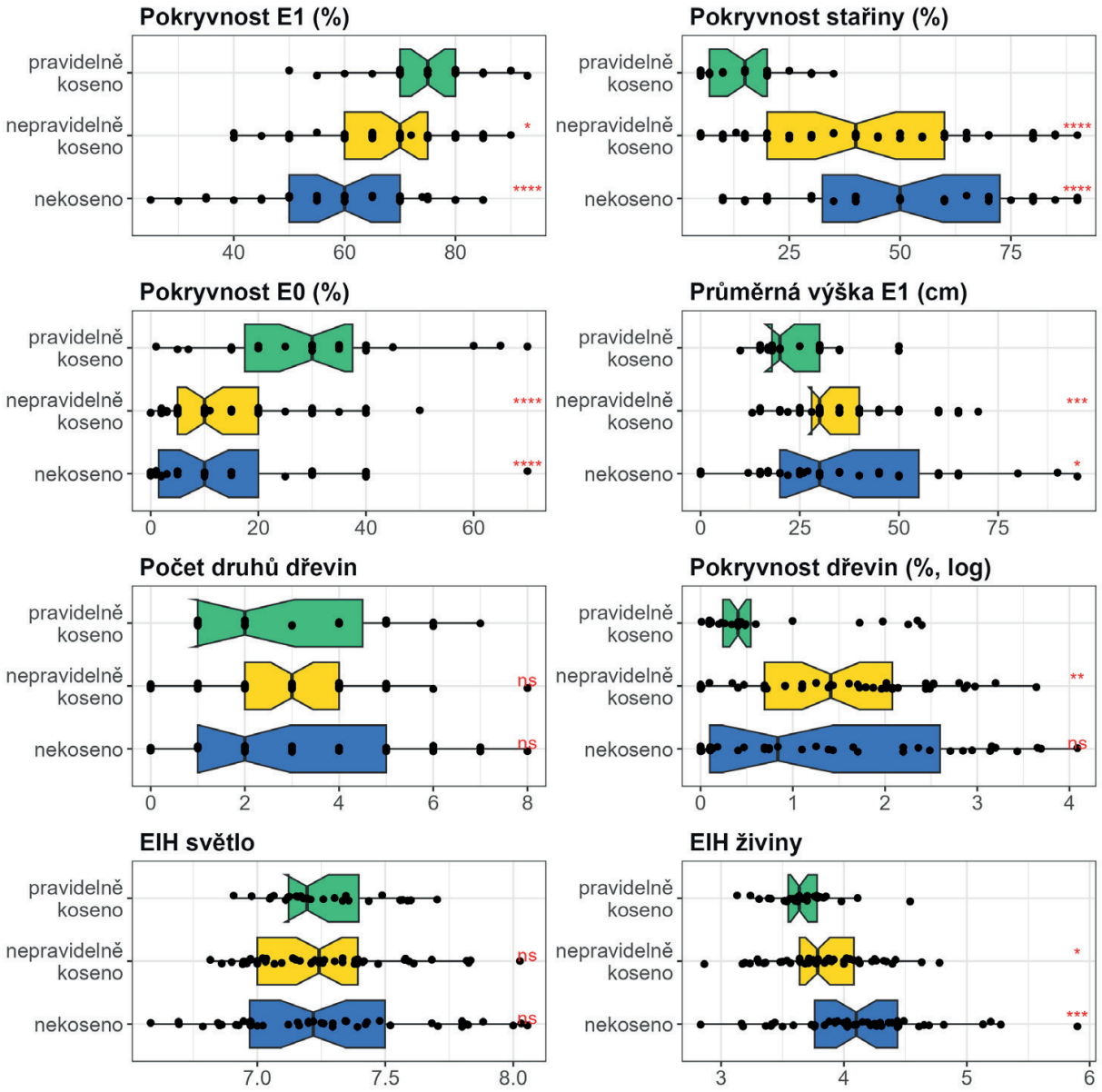
Srovnání charakteristik diverzity a struktury vegetace mezi skupinami trávníků s různým managementem ukázala, že vliv nepravidelného kosení je statisticky významně odlišný od vlivu pravidelného kosení. V případě většiny charakteristik se průměr skupiny nepravidelně kosených trávníků blížil průměru mezi skupinami pravidelně kosených ploch a ploch opuštěných (např. počty ohrožených, diagnostických, bazálních a specifických druhů, obr. 10). V jiných případech se průměr skupiny nepravidelně kosených ploch spíše blížil průměru skupiny nekosených ploch (např. celkový počet druhů, pokryvnost bylinného a mechového patra a pokryvnost stařiny; obr. 11). Nepravidelně kosené plochy byly průměrně o 20 % druhově chudší než plochy pravidelně kosené a měly o 38 % méně ohrožených druhů (tyto rozdíly jsou statisticky průkazné, obr. 10). Nekosené plochy pak byly druhově chudší o 34 %.

Mnohorozměrná analýza druhového složení ukázala signifikantní vliv nepravidelného kosení jak v porovnání s pravidelným kosením a nekosením (plný model, $p < 0.001$), tak v porovnání pouze s pravidelně kosenými plochami (částečný model, $p = 0.03$). V obou případech bylo s pravidelným kosením asociováno větší množství ohrožených druhů. V částečném modelu je rozdíl mezi nepravidelným a pravidelným kosením zobrazený podél první ordinační osy (obr. 12). Opět je zřejmé, že s pravidelně kosenými plochami bylo asociováno větší množství druhů, a především druhy vzácné. V případě nepravidelně kosených ploch je vhodné zohlednit také druhou ordinační osu. Ta ukazuje, že s nepravi-

delným kosením jsou asociovány jednak druhy lemových nebo vysokobylinných porostů, jako jsou např. třemdava bílá (*Dictamnus albus*), pcháč panonský (*Cirsium pannonicum*) nebo tolita lékařská (*Vincetoxicum hirundinaria*), ale i druhy indikující postupující degradaci, např. růže šípková (*Rosa canina*), ptačí zob obecný (*Ligustrum vulgare*), třtina křovištní (*Calamagrostis epigejos*), lipnice luční (*Poa pratensis*) a ovsík vyvýšený (*Arrhenatherum elatius*), tedy dřeviny nebo trávy produkující větší množství biomasy a stařiny.
Výsledky srovnání pravidelně a nepravidelně kosených a nekosených ploch ukazují průkazné rozdíly v případě většiny charakteristik souvisejících s diverzitou a strukturou vegetace i s jejím druhovým složením. Ve většině případů jsou hodnoty parametrů nepravidelně kosených ploch statisticky průkazně odlišné od pravidelně kosených a přibližně uprostřed mezi pravidelně kosenými a nekosenými.



Obr. 10. Krabicové diagramy pro charakteristiky vegetace související s její diverzitou. Hvězdičky indikují p-hodnoty z t-testu (n.s. p > 0.05, * p ≤ 0.05, ** p ≤ 0.01, *** p ≤ 0.001). Referenční úroveň testu představovaly pravidelně kosené plochy.
Fig. 10. Box plots of vegetation characteristics related to vegetation diversity. Asterisks indicate p-values from T-test (n.s. p > 0.05, * p ≤ 0.05, ** p ≤ 0.01, *** p ≤ 0.001). Regularly mown plots were taken as a reference for the test.



Obr. 11. Krabicové diagramy pro charakteristiky vegetace související s její strukturou a dalšími vlastnostmi. Hvězdičky indikují p-hodnoty z t-testu (viz obr. 10).

Fig. 11. Box plots of vegetation characteristics related to its structure and other properties. Asterisks indicate p-values from t-test (see fig. 10 for explanations).

Obr. 12. Mnohorozměrná analýza (parciální dbRDA). Nahoře plný model porovnávající plochy nepravidelně kosené s plochami pravidelně kosenými i nekosenými, dole částečný model porovnávající pouze nepravidelně a pravidelně kosené plochy. Zkratky jmen druhů jsou první tři písmena druhového a rodového jména. Oba zobrazené modely jsou signifikantní ($p < 0.05$). Kategorie ohrožení dle IUCN: CR – kriticky ohrožený, EN – ohrožený, VU – zranitelný, NT – téměř ohrožený, NA – pro neohrožené druhy včetně LC (málo dotčený).

Fig. 12. Multivariate analysis (partial dbRDA). Top, full model comparing irregularly mown plots with regularly mown and unmown plots, bottom, partial model comparing only irregularly and regularly mown plots. Species name abbreviations are the first three letters of the species and genus name. The two models shown are significant ($p < 0.05$). IUCN threat categories: CR - Critically Endangered, EN - Endangered, VU - Vulnerable, NT - Near Threatened, NA - for non-endangered species including LC (Least Concern).

Diskuze

Vliv nepravidelného kosení na vegetaci suchých trávníků

Výsledky srovnání pravidelně kosených, nepravidelně kosených a nekosených ploch interpretujeme následovně. Nepravidelné sečení se projevuje postupnou a poměrně výraznou akumulací odumřelé biomasy. Z našich výsledků vyplývá, že tento nárůst se odehrává již u nepravidelného kosení a v případě úplné absence seče se zase tolik nezvětšuje. Právě akumulaci odumřelé biomasy považujeme za kauzální příčinu většiny pozorovaných negativních jevů. Je pravděpodobné, že nakumulovaná stařina potlačuje některé vzácné, konkurenčně slabé druhy tím, že je buď přímo zadusí (Huhta & Rautio 1998, Facelli & Pickett 1991) nebo, že jim neumožní vyklíčit (Mudrák et al. 2012). Dále z našich výsledků vyvozujeme, že nárůst pokryvnosti stařiny u nepravidelně kosených a nekosených ploch způsobuje pokles pokryvnosti živého bylinného patra. V méně často kosených plochách je tak méně prostoru pro jakékoliv rostliny, a tento omezený prostor navíc obsazují především klonální konkurenčně silné druhy, nejčastěji trávy, kterým vyšší pokryvnost stařiny nevadí tolik jako vzácným rostlinám, často závislým na generativním rozmnožování. S nepravidelným kosením je sice spojen jen poměrně pomalý (a statisticky nevýznamný) nárůst expanzivních a invazních druhů, ve skupině nekosených ploch už se ale jedná o nárůst statisticky významný. Vzhledem k heterogenitě datového souboru a korelačnímu designu studie je navzdory neprůkaznosti potřeba při aplikaci mozaikové seče tomuto negativnímu trendu věnovat zvýšenou pozornost. Kromě samotné frekvence kosení totiž záleží na celkovém kontextu lokality, konkrétně na přítomnosti potenciálních zdrojových populací invazních a expanzních rostlin. Trávníky v přítomnosti etablovaných populací expanzivních nebo invazních rostlin budou v případě aplikace nepravidelného kosení náchylnější k šíření těchto druhů než trávníky obklopené dobře zachovalou vegetací. V pravidelně kosených trávnících je obvykle vyšší pokryvnost nejen bylinného patra, ale i mechového patra, jehož úbytek u méně často kosených ploch velmi pravděpodobně také souvisí s akumulací stařiny. Vliv mechového patra na diverzitu trávníků není jednoznačně interpretovatelný, zatímco v některých mezických acidofilních trávnících může být negativní, v suchých trávnících na jižní Moravě může naopak být pozitivní (naše vlastní úvaha částečně vycházející z předkládaných dat, která ukazují korelaci pokryvnosti mechového patra s diverzitou bylinného patra, R^2 = 10 %, p = 0.001). Statisticky významný a poměrně výrazný byl u nepravidelně kosených ploch nárůst pokryvnosti dřevin. Na základě terénního pozorování konstatujeme, že se ve většině případů nejedná o semenáčky, nýbrž o výmladky keřů, které jsou sečí či pastvou pouze opakovaně potlačovány, ale nedochází k jejich likvidaci. Tato skutečnost je dalším významným faktorem problematizujícím aplikaci nepravidelné seče v suchých trávnících v chráněných územích na jižní Moravě, především z hlediska dlouhodobé udržitelnosti. Vzhledem k předpokládaným poměrně silně negativním důsledkům si proto zaslouží, aby na ni ochranářská veřejnost zaměřila svoji pozornost.

V zahraniční literatuře jsme nalezli několik srovnání vlivu frekvence kosení na diverzitu. Tälle et al. (2018) shrnul závěry 29 studií, které se týkaly různých taxonomických skupin (nejčastěji rostlin a hmyzu). Jejich závěry ukazují mírný pozitivní efekt kosení s kratší než roční frekvencí (dvakrát a třikrát ročně), ale také poměrně malé rozdíly mezi každoročním kosením a kosením s většími časovými intervaly. Tento výsledek je v rozporu s našimi závěry, což je pravděpodobně způsobeno tím, že se autoři soustředili na různé taxonomické skupiny a různé biotopy a jejich výsledky tedy nejsou přímo aplikovatelné na diverzitu rostlin zde studovaných suchých trávníků. Je ale také možné, že nepravidelné kosení může mít méně negativní dopad, pokud se uskutečňuje v dřívější části vegetační sezóny. Na většině námi studovaných lokalit ovšem kosení probíhá v pozdějších částech vegetační sezóny, což méně omezuje konkurenčně silné druhy, často graminoidy. Naopak časné kosení by podporovalo spíše dvouděložné byliny. Pozitivní efekt kosení s kratší než roční frekvencí autoři zmiňované studie zaznamenali u většiny mezických trávníků z hlediska cévnatých rostlin, ale třeba i diverzity opylovačů. Negativní dopady nepravidelného kosení zaznamenala například autorka obsáhlé studie z polských Sudet (Pruchniewicz et al. 2017) nebo autoři studie z jižního Švédska (Millberg et al. 2017).

Entomologický informativní box:

Sečení trávníků z pohledu členovců (Karel Kizek, Zdenko Večerík)
V kontextu péče o ekosystém by pozornosti neměly unikat ani další skupiny organismů vázané na trávníky. Členovci, tedy hmyz a pavoukovci, významně přispívají ke správnému fungování ekosystému (Mulder et al. 1999), a to opylováním rostlin, rozkladem organické hmoty a jako součást potravního řetězce. Změna hospodaření v krajině významně přispěla k poklesu celosvětové biodiverzity členovců (Seibold et al. 2019, Uhler et al. 2021), a proto vhodně koncipovaná managementová opatření jsou pro záchranu přežívajících druhů členovců zcela zásadní (Konvička et al. 2005). Seč obecně vede ke snížení abundance diverzity členovců s několika výjimkami pozitivního vlivu pro některé skupiny. (Morris 1981a, b). Abundanci a diverzitu negativně ovlivňuje časná seč, kdy přežívají jen druhy vyvíjející se mimo vegetaci (van Klink et al. 2019). Počet druhů a jedinců také klesá s rostoucí frekvencí sečí. Při kosení velkých lánů travních porostů často dochází k celoplošné seči, která je charakterizovaná náhlým homogenním snížením výšky vegetace, jehož následkem je zvýšení rizika predace (Devereux et al. 2006), zhoršení mikroklimatu (Wan et al. 2002, Gardiner & Hassall 2009) a snížení dostupnosti potravních zdrojů (Callaham et al. 2002). Výsledkem je pak až 90% snížení abundance a diverzity členovců přímo vázaných na vegetaci (Humbert et al. 2010). Vysoká vegetace přtavuje vhodné útočiště pro celou řadu býložravých i dravých členovců (Schwarz et al. 2023). Druhy jako střevlík uherský (*Carabus hungaricus*) nebo kobylka sága (*Saga pedo*) vysloveně profitují z méně často sečeného až opuštěného trávníku. Naopak jsou druhy preferující nízký trávník mnohdy s vysokou pokryvností holé půdy. Mozaikovou sečí je docíleno přítomnosti neposečených ploch s vysokou vegetací zajišťujících členovcům útočiště, ze kterého může být posečená část plochy s nízkou vegetací později opět kolonizována a vzniká tak jakýsi dynamický, v čase se měnící systém (Buri et al. 2013, Kühne et al. 2015). Vhodné nastavení managementu s ohledem na všechny složky ekosystému je náročné, avšak nezbytné, proto je nutné přistupovat k lokalitě individuálně, a nejen s ohledem na daný předmět ochrany.

Doporučení pro ochranářský management
Na základě provedeného srovnání můžeme konstatovat, že aktuální praxe mozaikové seče má negativní dopad na diverzitu rostlin v suchých trávnících v chráněných územích na jižní Moravě. Současná praxe je problematická především kvůli velkým rozlohám souvislých nesečených ploch, které jsou navíc často ponechávány neposečené po delší dobu, než je jeden rok, což vede k jejich degradaci a je to rovněž v rozporu s doporučeními uvedenými ve standardu Sečení AOPK ČR (Hejduk et al. 2017). V nesouladu s uvedeným standardem je rovněž to, že dochází k ponechávání neposečených plošek nejen ve vegetačně stabilních, květnatých porostech bez výskytu invazních, expanzivních či jinak nežádoucích druhů, ale i na místech degradovaných.
Zatímco pozitivní vliv mozaikové seče na biodiverzitu zemědělsky intenzivně využívaných luk a městských trávníků byl již mnohokrát prokázán (např. Čížek et al. 2012; Chollet et al. 2018; Sehrt et al. 2020), u přirozených a polopřirozených druhově bohatých suchých trávníků je aplikace mozaikové seče z hlediska ochrany biodiverzity rostlin problematická. Je proto důležité věnovat plánování, provádění a kontrole managementu v těchto trávnících zvýšenou pozornost, aby nedocházelo ke snižování diverzity trávníků. Přinejmenším je potřeba držet se výše uvedeného standardu ohledně doporučené doby mezi jednotlivými sečemi (ne déle než jeden rok) a míst, v nichž je možné neposečené plochy ponechávat (kvalitní porosty bez výmladků dřevin, invazních, expanzivních a jinak problematických druhů). Je-li vzhledem k nedostatku porostů odpovídající kvality na lokalitě přeci jenom nutné ponechat nepokosenou plochu s ojedinělým zastoupením nežádoucích druhů, je potřeba tyto druhy eliminovat, v případě invazních druhů a výmladků keřů ideálně s využitím herbicidu. Vzhledem k domnělému negativnímu kauzálnímu vztahu stařiny a druhové diverzity doporučujeme při hodnocení stávajícího managementu kontrolovat a měřit vrstvu akumulované stařiny. V této studii jsme se sice nesoustředili na problematiku termínu

seče, ovšem jedná se o další velmi důležitý faktor, s nímž je potřeba správně pracovat. Z pohledu ochrany diverzity rostlin suchých trávníků není většinou optimální termín seče upřednostňovaný entomology, tedy v červenci až srpnu (Konvička et al. 2005). Zejména u ploch, kde hrozí degradace rozrůstáním konkurenčně silných druhů (především trav), je potřeba termín seče směřovat do časnější fáze vývoje porostu, ideálně do doby před vymetáním trav, přibližně tedy od poloviny května do poloviny června.
Ačkoliv jsme pracovali s rozmanitým množstvím zdrojů o hospodaření na daných místech (komunikace s garanty péče, využití leteckých snímků, pozorování v terénu), nejsme schopní exaktně kvantifikovat frekvenci sečení, která by zabránila degradaci porostů. Náš odhad, který vychází z provedených srovnání, je, že se degradace začíná projevovat už na plochách, které jsou kosené pravidelně každý druhý rok. Z pohledu ochrany biodiverzity rostlin by proto bylo zřejmě namístě přistoupit místo mozaikové seče k aplikaci fázované seče, při které dojde k postupnému pokosení lokality např. ve třech různých termínech v časovém rozmezí nejméně tři týdny (Hejduk et al. 2017). Bez jakékoli péče by v daném roce měl zůstat jen malý podíl celkové plochy (do 10 %), a to pouze na místech bez potenciálu k rychlejší degradaci. Je možné, že takový způsob managementu by zároveň mohl být relativně šetrný i ke členovcům. Vliv fázované seče na různé skupiny organismů však vyžaduje další studium. Fázovaná seč je nicméně náročnější na organizaci i finančně. Zastavení nebo alespoň zpomalení degradace trávníků a poklesu jejich celkové diverzity za to však jistě stojí.

Závěr

Nepravidelná seč je přímým důsledkem aplikace mozaikové seče. Ta je obvykle zaváděna kvůli podpoře různých skupin členovců, kteří na pravidelnou seč mohou reagovat snížením abundancí až lokálním vymizením. V kontextu péče o všechny složky ekosystému, což by měla být hlavní motivace všech biologů zabývajících se ochranou přírody, je na tuto skutečnost nutné brát ohled stejně důrazně jako na negativní dopady snížené frekvence kosení na rostlinná společenstva. Vztahy a vazby v ekosystému suchých trávníků jsou komplexní a zahrnují vzájemné interakce mezi jeho jednotlivými složkami. Řada bylin jsou například živné rostliny pro mnohé členovce a jejich postupné snižování abundancí až odstranění z ekosystému a nahrazení expanzivními travinami nebo křovinami nejspíše bude mít z dlouhodobého hlediska negativní důsledky i na členovce, což je teze zasluhující podrobný monitoring. Ačkoliv se může výzva k ochraně všech složek ekosystému zdát jako banální sdělení, autoři této studie se v ochranářské praxi mnohokrát setkali s velmi silně propagovanými a aplikovanými přístupy k péči, které byly jednostranně orientované a cíleně zohledňovaly jen některé složky ekosystému, ať už rostliny, nebo členovce. Ve skutečnosti taková péče ale nakonec uškodí ekosystému jako celku.
Pevně doufáme, že tento příspěvek bude začátkem hledání dialogu o takové péči, ze které bude ekosystém suchých trávníků profitovat jako celek. Vzhledem k současné krizi diverzity, která postihuje jak členovce, tak rostliny, je nutnost takového dialogu více urgentní než kdykoliv dříve.

Summary

Dry grasslands are among the most species-rich habitats in Central Europe and have long been the focus of conservation efforts. They were shaped in ancient times by natural processes, which were later followed by man through mowing, livestock grazing and controlled burning, thus facilitating their spread. Even today, dry grasslands depend on human intervention. Dry grasslands are still dependent on human activity today, and in most places where they occur they would degrade and eventually become overgrown with trees without management. Given the changes in society and the transformation of rural life in the Czech Republic, the management of dry grassland is in the vast majority of cases the responsibility of nature conservation.
The conservationists‘ approach to grassland management has gone through phases ranging from rejection of any management, to the widespread mowing, to strict enforcement of mosaic mowing. Mosaic mowing involves leaving certain patches unmown. According to nature conservation standards, this should amount to 10% to 20%, and these areas must

be mowed within a year. Mosaic mowing is expected to be beneficial for invertebrates and certain plant species, diversifying habitat conditions. However, it is essential that it is carried out selectively and carefully planned and controlled, which can be logistically challenging, particularly in large or heterogeneous sites. The consequence of improperly implemented mosaic mowing can be degradation of grasslands or the spread of invasive or expansive plant species.

The aim of the study was to investigate how reduced frequency or mosaic mowing, affect the species composition of dry grasslands in southern Moravia, to suggest modifications to management practices that would minimize negative impacts, and to evaluate the availability and usability of information on conservation management in protected areas.

In 2022 and 2023, 119 phytosociological relevés of dry grasslands were recorded at 70 sites in southern Moravia. Standard characteristics were supplemented with data on the coverage of litter, habitat type and estimated mowing frequency (annually, irregularly, not at all). Information on management over the last 10 years, obtained from nature conservation authorities, was compared with our expert estimates and aerial photographs. The resulting assessment was used in analyses comparing various species and structural characteristics of the grasslands. The term “mosaic mowing“ was replaced with “irregularly mown areas“ since it was found that within mosaic mowing, some areas (usually more accessible) were mown more frequently, while others were not mown at all. Comparison of regularly mown, irregularly mown and unmown plots showed significant differences in diversity, structure and species composition of vegetation. In most cases, irregular mowing is statistically significantly different from regular mowing and approximately intermediate between regular mowing and no mowing. The study highlighted insufficient turnover of patches in many sites where mosaic mowing is regularly practiced, leading to accumulation of litter, ultimately degrading the grasslands.

While mosaic mowing positively impacts biodiversity in intensively managed meadows or urban lawns, its correct application in species-rich dry grasslands poses a challenge for nature conservation. This study demonstrates the negative impact of current mosaic mowing practices on plant diversity in dry grasslands within protected areas in southern Moravia. Therefore, it is important to pay increased attention to the planning, implementation and control of management in these grasslands to prevent a decline in their diversity.

Literatura

Axmanová I., Chytrý K., Boublík K., Chytrý M., Dřevojan P., Ekrtová E., Fajmon K., Härtel H., Hejda M., Horáková V., Jongepier J. W., Kalníková V., Kaplan Z., Koutecký P., Lustyk P., Pergl J., Prach K., Pyšek P, Sádlo J., Vojík M. & Těšitel J. (in prep.): Catalogue of expansive species of the Czech flora. – Preslia.

Buri P., Arlettaz R. & Humbert J.-Y. (2013): Delaying mow ing and leaving uncut refuges boosts orthopterans in exten sively managed meadows: Evidence drawn from field-scale experimentation. – Agriculture, Ecosystems and Environment 181: 22–30.

Callaham M. A., Whiles M. R. & Blair J. M. (2002): Annual fire, mowing and fertilization effects on two cicada species (Homoptera: Cicadidae) in tallgrass prairie. – American Midland Naturalist 148: 90–101.

Čížek O., Zámečník J., Tropek R., Kočárek P. & Konvička M. (2012): Diversification of mowing regime increases arthropods diversity in species-poor cultural hay meadows. – Journal of Insect Conservation 16/2: 215–226. https://doi.org/10.1007/s10841-011-9407-6

Devereux C. L., Whittingham M. J., Krebs J. R., Fernandez Juricic E. & Vickery J. A. (2006): What attracts birds to newly mown pasture? Decoupling the action of mowing from the provision of short swards. – Ibis 148: 302–306.

Enyedi Z. M., Ruprecht E. & Deák M. (2008): Long-term effects of the abandonment of grazing on steppe-like grasslands. – Applied Vegetation Science 11: 55–62. https://doi.org/10.1111/j.1654-109X.2008.tb00204.x

Facelli J. M. & Pickett S. T. A. (1991): Plant litter: Its dynamics and effects on plant community structure. – Bot. Rev. 57: 1–32. https://doi.org/10.1007/BF02858763

Gardiner T. & Hassall M. (2009): Does microclimate affect grasshopper populations after cutting of hay in improved grassland? – Journal of Insect Conservation 13: 97–102.
Grulich V. (2017): Červený seznam cévnatých rostlin ČR. – Příroda 35: 75–132.
Hejduk S., Svobodová A. & Krahulec F. (2017): Standardy péče o přírodu a krajinu: Sečení. – Agentura ochrany přírody a krajiny České republiky, Praha & Mendelova univerzita, Brno.
Huhta A.-P. & Rautio P. (1998): Evaluating the impacts of mowing: a case study comparing managed and abandoned meadow patches. – Annales Botanici Fennici 35/2: 85–99.
Humbert J.-Y., Ghazoul J., Sauter G. J. & Walter T. (2010): Impact of different meadow mowing techniques on field invertebrates. – Journal of Applied Entomology 134: 592–599.
Chollet S., Brabant C., Tessier S. & Jung V. (2018): From urban lawns to urban meadows: Reduction of mowing frequency increases plant taxonomic, functional and phylogenetic diversity. – Landscape and Urban Planning 180: 121–124. https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2018.08.009
Chytrý M., Dražil T., Hájek M., Kalníková V., Preislerová Z., Šibík J., Ujházy K., Axmanová I., Bernátová D., Blanár D., Dančák M., Dřevojan P., Fajmon K., Galvánek D., Hájková P., Herben T., Hrivnák R., Janeček Š., Janišová M., Jiráská Š., Kliment J., Kochjarová J., Lepší J., Leskovjanská A., Merunková K., Mládek J., Slezák M., Šeffer J., Šefferová V., Škodová I., Uhlířová J., Ujházyová M. & Vymazalová M. (2015): The most species-rich plant communities in the Czech Republic and Slovakia (with new world records). – Preslia 87: 217–278.
Chytrý M., Kučera T., Kočí M., Grulich V. & Lustyk P. (2010): Katalog biotopů České republiky. – Agentura ochrany přírody a krajiny České republiky, Praha.
Chytrý M., Tichý L., Dřevojan P., Sádlo J. & Zelený D. (2018): Ellenberg-type indicator values for the Czech flora. – Preslia 90: 83–103. https://doi.org/10.23855/preslia.2018.083
Chytrý K., Willner W., Chytrý M., Divíšek J. & Dullinger S. (2022): Central European forest-steppe: An ecosystem shaped by climate, topography and disturbances. – Journal of Biogeography 49: 1006–1020. https://doi.org/10.1111/jbi.14364
Janišová M., Bojko I., Ivașcu C. M., Iuga A., Biro A.-S. & Magnes M. (2023) Grazing hay meadows: History, distribution, and ecological context. – Applied Vegetation Science 26: e12723. https://doi.org/10.1111/avsc.12723
Johansen L., Westin A., Wehn S., Iuga A., Ivascu C. M., Kallioniemi E. & Lennartsson T. (2019): Traditional semi-natural grassland management with heterogeneous mowing times enhances flower resources for pollinators in agricultural landscapes. – Global Ecology and Conservation 18: e00619. https://doi.org/10.1016/j.gecco.2019.e00619
van Klink R., Menz M. H. M., Baur H., Dosch O., Kühne I., Lischer L., Luka H., Meyer S., Szikora T., Unternahrer D., Arlettaz R. & Humbert J.-Y. (2019): Larval and phenological traits predict insect community response to mowing regime manipulations. – Ecological Applications 29/4: e01900. https://doi.org/10.1002/eap.1900
Konvička M., Beneš J. & Čížek L. (2005): Ohrožený hmyz nelesních stanovišť: ochrana a management. – Sagittaria, Olomouc.
Kühne I., Arlettaz R., Pellet J., Bruppacher L. & Humbert J.-Y. (2015): Leaving an uncut grass refuge promotes butterfly abun dance in extensively managed lowland hay meadows in Switzerland. – Conservation Evidence 12: 25–27.
Lustyk P. [ed] (2023): Příručka hodnocení biotopů – Agentura ochrany přírody a krajiny České republiky, Praha.
Milberg P., Tälle M., Fogelfors H. & Westerberg L. (2017): The biodiversity cost of reducing management intensity in species-rich grasslands: Mowing annually vs. every third year. – Basic and Applied Ecology 22: 61–74. https://doi.org/10.1016/j.baae.2017.07.004
Mudrák O., Doležal J., Hájek M., Dančák M., Klimeš L. & Klimešová J. (2012): Plant seedlings in species-rich meadow: effect of management, vegetation type and functional traits. – Applied Vegetation Science 16: 286–295. https://doi.org/10.1111/avsc.12001

Mulder Ch., Koricheva J., Huss-Danell K., Högberg P. & Joshi J. (1999): Insects affect relationships between plant species and ecosystem processes. – Ecology Letters 2. https://doi.org/10.1046/j.1461-0248.1999.00070.x

Oksanen J., Simpson G., Blanchet F. G., Kindt R., Legendre P., Minchin P. R., O'Hara R. B., Solymos P., Stevens M. H. H., Szoecs E., Wagner H., Barbour M., Bedward M., Bolker B., Borcard D., Carvalho G., Chirico M., De Caceres M., Durand S., Evangelista H., FitzJohn R., Friendly M., Furneaux B., Hannigan G., Hill M., Lahti L., McGlinn D., Ouellette M.-H., Ribeiro Cunha E., Smith T., Stier A., Ter Braak C. J. F. & Weedon J. (2022): Vegan: Community ecology package. – Version 2.6-4 [software]. Available at https://CRAN.R-project.org/package=vegan

Pebesma E. & Bivand R. (2023): Spatial data science: With applications in R. – Chapman and Hall/CRC. Available at https://r-spatial.org/book/

Pruchniewicz D. (2017): Abandonment of traditionally managed mesic mountain meadows affects plant species composition and diversity. – Basic and Applied Ecology 20: 10–18. https://doi.org/10.1016/j.baae.2017.01.006

Řezáč M. & Heneberg P. (2018): Effects of uncut hay meadow strips on spiders. – Biologia 73: 43–51. https://doi.org/10.2478/s11756-018-0015-8

Roleček J. & Hájek M. (2019): Comeback středoevropské lesostepi. – Vesmír 98: 424–427.

Sehrt M., Bossdorf O., Freitag M. & Bucharova A. (2020): Less is more! Rapid increase in plant species richness after reduced mowing in urban grasslands. – Basic and Applied Ecology 42: 47–53. https://doi.org/10.1016/j.baae.2019.10.008

Seibold S., Gossner M., Simons N., Blüthgen N., Müller J., Ambarli D., Ammer Ch., Bauhus J., Fischer M., Habel J., Linsenmair K., Nauss T., Penone C., Prati D., Schall P., Ernst Detlef S., Vogt J., Wöllauer S. & Weisser W. (2019): Arthropod decline in grasslands and forests is associated with landscape-level drivers. – Nature 574: 671–674. https://doi.org/10.1038/s41586-019-1684-3

Schwarz C., Fumy F., Drung M. & Fartmann T. (2023): Insect-friendly harvest in hay meadows – Uncut refuges are of vital importance for conservation management. – Global Ecology and Conservation 48. https://doi.org/10.1016/j.gecco.2023.e02731

Tälle M., Deák B., Poschlod P., Valkó O., Westerberg L. & Milberg P. (2018): Similar effects of different mowing frequencies on the conservation value of semi-natural grasslands in Europe. – Biodiversity and Conservation 27: 2451–2475.

Uhler J., Redlich S., Zhang J., Tobisch C., Ewald J., Seibold S., Mitesser O., Benjamin C., Englmeier J., Fricke U., Ganuza C. Haensel M., Riebl R., Rojas Botero S., Rummler T., Uphus L., Steffan-Dewenter I. & Müller J. (2021): Relationship of insect biomass and richness with land use along a climate gradient. – Nature Communications: 12. https://doi.org/10.1038/s41467-021-26181-3

Wan S., Luo Y. & Wallace L. L. (2002): Changes in microcli mate induced by experimental warming and clipping in tall grass prairie. – Global Change Biology 8: 754–768.

Wickham H., Averick M., Bryan J., Chang W., McGowan L. D., François R., Grolemund G., Hayes A., Henry L., Hester J., Kuhn M., Pedersen T. L., Miller E., Bache S. M., Müller K., Ooms J., Robinson D., Seidel D. P., Spinu V., Takahashi K., Vaughan D., Wilke C., Woo K. & Yutani H. (2019): Welcome to the tidyverse. – Journal of Open Source Software 4/43: 1686. https://doi.org/10.21105/joss.01686

Wilson J. B., Peet R. K., Dengler J. & Pärtel M. (2012): Plant species richness: the world records. – Journal of Vegetation Science 23: 796–802. https://doi.org/10.1111/j.1654-1103.2012.01400.x

Příloha

Doplňující fytocenologické snímky jsou přístupné online na https://www.priroda.nature.cz/