

Biodiverzita v hospodářském lese – snadno a rychle?

Jan Hošek, Dominik Kebrle, Jitka Hošková, Vojtěch Kodet, Petr Karlík, Aleš Tenčík

Cílem příspěvku je představit problematiku strukturních indexů a možností jejich využití při hodnocení lesa z hlediska potřeb udržení či obnovy biodiverzity. Strukturní indexy jsou kvantitativní kumulativní formou popisu souboru různorodých strukturních charakteristik lesa. Jeden z postupů, navržených a odzkoušených německými autory (Storch et al. 2018), byl v modifikované podobě aplikován s využitím dat Národní lesnické inventarizace ČR na dataset pocházející z vlastního multitaxonového

šetření (120 ploch) a dále pak byla s jeho pomocí vyhodnocena situace ve všech lesních chráněných územích. Byla potvrzena dobrá citlivost vypočteného indexu při identifikaci příznivých podmínek pro modelové taxony (mechorosty, cévnaté rostliny, ptáci) v hospodářských lesích. Tématu jsme se věnovali v rámci řešení projektu „Nástroj pro multikriteriální hodnocení stavu lesa z hlediska potenciálu pro ochranu biodiverzity a udržení příznivého vodního režimu“ (TAČR SS05010260).



Obr. 1 Nesanované (nezaklapnuté) vývraty často představují unikátní soubor stanovišť, které v okolním porostu nemají úplnou analogii. Foto Jan Hošek

Jedinečnost lesa

S lesním prostředím je v celosvětovém měřítku nějakým způsobem propojeno 75–80 % terestrické biodiverzity, v ČR to bude o něco méně, ale je jasné, že pokud to myslíme s ochranou biodiverzity vážně, musíme se vlastnostmi lesa zabývat. Ve světle výše uvedeného sdělení se nabízí otázka, v čem je les tak výlučný. Na první pohled je patrný výrazný vertikální rozměr (jdeme *na* louku, ale *do* lesa, mravenci to mají jinak), dále je to velká biomasa, velká transformovaná energie, strukturní a funkční komplexita, důležitá je schopnost přetváření environmentálních podmínek předurčeným abiotickým prostředím, a v důsledku toho snižování závislosti na něm. Les je vysoce dominujícím typem potenciálního vegetačního pokryvu v ČR – kromě nejvyšších poloh a dalších plošně nevýznamných výjimek by při zastavení lidských aktivit pokrýval celé území státu. Naše lesy spadají do biomu temperátního opadavého (smíšeného) lesa, pro který je typické nepřítliš bohaté stromové patro (většinou K-strategové, často anemogamní). Frekventované jsou zde chamaefyty, u nichž převládá vegetativní rozmnožování, častá je též myrmekochorie, významně se vyskytují hemikryptofyty (trávy, ostřice, byliny), geofyty (především efemeroidy jarního aspektu), naopak terofyty a epifyty jsou vzácné. V přirozených podmínkách se vyvíjí bohatá vertikální struktura, mimo horské polohy převládá opadavost, klima v interiéru lesa je vyrovnané, na jaře před olistěním stromů je v podrostu relativně vysoký světelný požitek (50–80 %), v létě pak i méně než 10 %. Stávající podoba lesů byla kromě způsobů lesního hospodaření výrazně ovlivněna procesy postglaciálního vývoje naší přírody. S glaciály souvisí skutečnost, že převaha lesních druhů rostlin je bazofilní (protože jejich vývoj probíhal po dlouhou dobu na bazických půdách). Glaciály v kombinaci s bariérou alpského horstva způsobily ochuzení tuzemské lesní vegetace; všechny tyto geohistorické jevy, společně s postupně rostoucí antropogenní exploatací, spoluvytvářely současný obraz naší lesní bioty.

Stromy – stavební kameny lesa

Vlastnosti jednotlivých druhů, jejich absolutní a relativní biomasa, rozměry, vitalita, věk, resp. věková struktura a podíl na skladbě porostu patří k hlavním strukturním charakteristikám lesa, které též významnou měrou spolurozhodují

o diverzitě lesní bioty, kterou lze na daném stanovišti očekávat.

Důležitým poznatkem však je, že lokální ohniska biodiverzity mnohdy najdeme na místech, kde je dominance stromů nějakým způsobem potlačena – buď dlouhodobě působením nějakého stresoru, anebo jednorázově (či opakovaně) působením disturbancí. Konkurenční síla dřevin může být omezena vlivem specifických substrátů (skála, suť, nestabilní substráty, rašelina) nebo vlastnostmi geologického podloží (obtížně zvětrávající horniny produkující mělké půdy), zamokřením, mechanickými efekty disturbancí, specifickým hospodařením (nízký a střední les, obory s vysokou koncentrací býložravců). Specifické podmínky z tohoto pohledu představují také antropogenní artefakty, kterými jsou násypy a úvozy lesních cest, které jsou mnohdy výrazným ohniskem biodiverzity v jinak druhově chudých lesích.

Situace je do jisté míry obdobná, nahlížíme-li toto téma z pohledu kondice individuálního stromu. Při ztrátě jeho růstové vitality, například ve vysokém stáří, se na těle stromu i v jeho těsné blízkosti vyvíjí čím dál tím více cenných struktur různého původu, které souhrnně nazýváme mikrohabitaty spojené s dřevinami (*tree-related microhabitats*). Mikrohabitaty představují často nenahraditelné prostředí pro různé vysoce specializované druhy. Strom v této fázi vývoje paralelně pozbývá části asimilačního aparátu, světlo proniká hlouběji do porostu, a tak má opět, i když jiným mechanismem, pokles vitality stromu za následek lokální zvýšení biodiverzity. V současnosti je rozlišováno několik desítek typů mikrohabitátů (Bütler *et al.* 2024), rozvíjejí se jejich systematika založená na genezi či poloze na těle stromu apod. Příklady významnějších typů mikrohabitátů jsou kmenové dutiny, dendrotelmy schopné zadržet vodu, silné mrtvé větve v korunách stromů; komplexní strukturou, s níž bývá spojen větší počet mikrohabitátů, je vývrát (Obr. 1 a 2).

Složitá síť vztahů

Standardní výzkum, zacílený na odhalování podmínek pro udržení či obnovu biodiverzity v lese obvykle zvolí nějaký okruh strukturních proměnných, které jsou sledovány na pokusných plochách současně s (aktuálním) výskytem vybraných skupin bioty a získané poznatky jsou následně zobecněny. Takový postup je sice možný (mnohdy jediný proveditelný), jeho výpočetní hodnota je ale nutně omezená. Mnoho

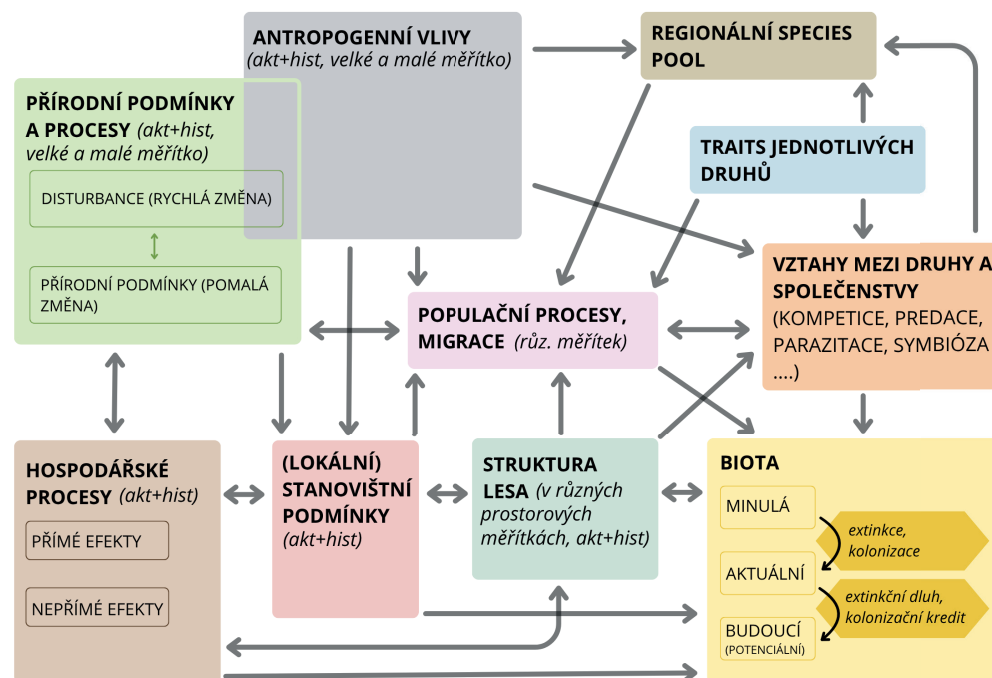


Obr. 2 Kmenová dutina, odlomená část koruny dubu.
Foto Jan Hošek

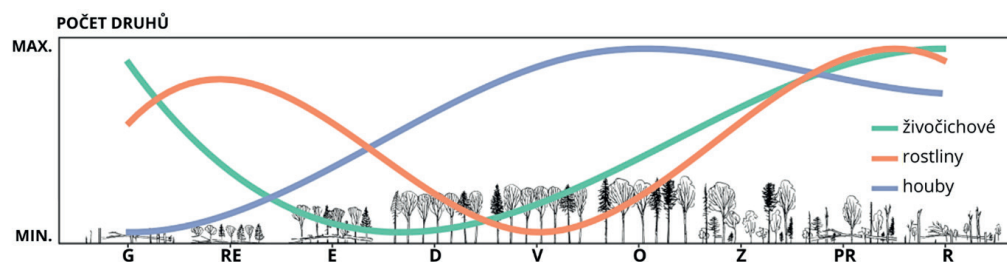
zachycených druhů nemusí mít k místu svého nálezu významný vztah a podmínky prostředí nemusí být optimální ani přijatelné pro jeho trvalý výskyt. Může zde být zastižen náhodou nebo zde uspokojovat pouze část svých životních potřeb, případně dočasně přežívat v suboptimálních podmínkách (extinkční dluh).

Zásadní v tomto tématu je otázka časových a prostorových měřítek – příčiny aktuálního (lokálního) výskytu daného druhu mohou spočívat v charakteristikách širšího území či v charakteristikách, které prostředí mělo v dávnější či nedávné minulosti (či kombinaci obojího). Platí to i obráceně, z absence druhu nutně nevyplývá, že podmínky na daném místě pro něj nejsou vhodné – pouze je možné, že dané místo po zformování či obnově optimálních podmínek nestačil kolonizovat, vytvořit zaznamenané populace apod. (kolonizační kredit).

Potíže s volbou vhodných prostorových měřítek lze někdy částečně vyřešit sledováním na více prostorových škálách a následnou identifikací optimálního prostorového rámce, na který daný taxon (skupina) nejlépe reaguje. Ze schématu na obr. 3 vyplývá, že na aktuálně přítomnou biotu mohou mít vliv velmi různorodé jevy přírodní či antropogenní, pocházející z různých prostorových měřítek. Některé z nich jsou v čase téměř stálé, jiné podléhají rychlé změně. Specifický soubor lokálních faktorů je spojen s vývojovými stadii lesa – přírodního



Obr. 3 Konceptuální schéma hlavních interakcí v hospodářském lese.

Obr. 4 Vývojové fáze lesa vs. hlavní skupiny bioty dle Hilmers *et al.* (2018)

Vývojové fáze lesa: G – porostní mezera (gap), RE – stadium regenerace, E – iniciální fáze dorůstání, D – pokročilá fáze dorůstání, V – vrcholná fáze stadia optima, O – terminální fáze optima (zralosti), Z – stadium vysoké zralosti s bohatou podrostní strukturou, PR – počáteční fáze rozpadu, R – stadium rozpadu

i hospodářského (které lze nahlížet v určitých analogiích). V přírodním lese je charakter a sled fází řízen disturbančním režimem a sukcesí, v hospodářském lese jsou tyto procesy uměle potlačeny a v jistém ohledu substituovány hospodářskými intervencemi. Různé vývojové fáze přírodního lesa (a jejich přibližné analogie lesa hospodářského) vytvářejí příznivé podmínky pro různé skupiny taxonů s kontrastními funkčními vlastnostmi, viz **obr. 4** (Hilmers *et al.* 2018). Z obrázku mimo jiné vyplývá, že nejpříznivější prostředí pro velmi různorodé typy bioty představují pozdnější vývojové fáze lesa (stadium vysoké zralosti a stadia rozpadu),

které se však v běžných hospodářských lesích vůbec nevyskytují.

Výsledná struktura hospodářského lesa je tedy vytvářena především kombinací přírodních podmínek, hospodářských intervencí a různých, mnohdy nahodilých epizod (disturbancí).

Biotická reakce na danou strukturu lesa souvisí s vlastnostmi zúčastněných druhů, populačními procesy a vztahy v přítomných společenstvech. Rámec možností vývoje biodiverzity je do značné míry předurčen regionálním zásobníkem druhů (species pool).

Vliv dílčích charakteristik struktury lesního porostu na biodiverzitu je zkoumán již relativně dlouho – pozornost je věnována především faktorům ovlivňujícím distribuci světla v porostu, kvantitě a kvalitě (diverzita stadií rozkladu) mrtvého dřeva, druhové skladbě porostu, věku a různým aspektům výskytu velkých živých stromů. Jako strukturní proxy (zástupná proměnná) je občas využívána kvantita či kvalita mikrohabitatů spojených se stromy. Jako modelové taxonomické skupiny jsou často užívaní členovci, lišejníky, mechorosty, ptáci, houby, cévnaté rostliny s větším odstupem následované dalšími skupinami (Zeller *et al.* 2023). Zjištění jednotlivých autorů jsou však velmi variabilní, často protichůdná. Jen málokdy se daří identifikovat obecněji platné prahové hodnoty. Určitou výjimkou je např. objem mrtvého dřeva, kde panuje určitý konsenzus, že minimální hodnota leží někde okolo 50 m³/ha (Müller *et al.* 2010; Lachat *et al.* 2012; Gossner *et al.* 2013). Problémy v nalézání těsnějších závislostí tkví především v komplexnosti vztahů, z nichž je obvykle sledována pouze malá část.

Indexy struktury lesa

Jako praktičtější varianta k hledání prahových hodnot pro jednotlivé faktory struktury lesa jsou v posledních dekadách vyvíjeny různé typy strukturních indexů, které číselně kvantifikují příznivost struktury lesa pro biodiverzitu jako celek. Indexy jsou založeny na algoritmické integraci většího počtu kvantitativních, semikvantitativních a kvalitativních proměnných reprezentujících různé strukturní charakteristiky. Integrovaná hodnota indexu pak může sloužit k porovnávání v prostoru a čase. Příkladem takového indexu je IBP (*Index of Biodiversity Potential*, Larrieu *et al.* 2008, Larrieu *et al.* 2018, Larrieu *et al.* 2023), používaný v různých modifikacích v řadě zemí západní Evropy. S poněkud odlišným přístupem je koncipován index FOBI (*Forest Biodiversity Index*, Bellamy *et al.* 2024), užívaný ve Skotsku a Anglii, který zahrnuje větší rozsah prostorových škál vč. krajinné úrovně.

V rámci projektu TAČR, řešeného autory tohoto článku, byly ověřeny možnosti použití indexu strukturní diverzity (FSI – *Forest Structure Index*, Storch *et al.* 2018, Storch *et al.* 2023), který byl koncipován tak, aby mohl být aplikován na výsledky německé národní inventarizace lesa v Bádensku-Württembersku (tedy data soustředěná primárně k jinému účelu, než je podpora biodiverzity). K výpočtu indexu je užito 11 strukturních proměnných, viz **tab. 1**. V následujícím

kroku je každá z proměnných reprezentujících danou charakteristiku normalizována – přepočtena tak, aby se její hodnota (skóre) pohybovala v rozsahu 0–1. K tomu je zapotřebí nejprve stanovit maximální (prahovou) hodnotu proměnné, se kterou budeme dále pracovat. Ta může mít původ buď ve vlastním datovém souboru, nebo v cizím použitém či referenčním souboru, anebo být převzata z literatury jako ověřená, dostatečná, optimální apod. hodnota. Takto určené hodnotě je arbitrárně přiřazena hodnota 1 a ostatní (tedy vždy nižší) hodnoty jsou pak trojčlenkou přepočítány. Výsledná hodnota indexu je reprezentována aritmetickým průměrem těchto 11 normalizovaných hodnot – takže se též pohybuje v intervalu 0–1.

Výše popsany postup jsme nejprve aplikovali na dataset pocházející ze 120 výzkumných ploch rozmístěných v šesti regionech ČR, kde byla struktura lesa popsána shodnými či obdobnými postupy, jaké jsou užívány při sběru dat v rámci inventarizace lesa. Většina z ploch

Tab. 1 Proměnné použité při konstrukci indexu FSI

1	Kvadratický průměr DBH živých stromů s DBH ≥ 7 cm
2	Směrodatná odchylka DBH (výběrová) živých stromů s DBH ≥ 7 cm
3	Směrodatná odchylka výšky živých stromů s DBH ≥ 7 cm
4	Diverzita typů kůry živých stromů s DBH ≥ 7 cm
5	Diverzita plodících a kvetoucích stromů
6	Objem hroubů živých stromů s DBH ≥ 40 cm přepočtený na jeden hektar
7	Počet tříd rozkladu mrtvého dřeva
8	Průměrná DBH stojících souší s DBH ≥ 7 cm
9	Průměrná střední tloušťka ležícího mrtvého dřeva o tl ≥ 10 cm
10	Druhovná bohatost živých stromů s DBH ≥ 7 cm
11	Druhovná bohatost obnovy – živé stromy s DBH < 7 cm



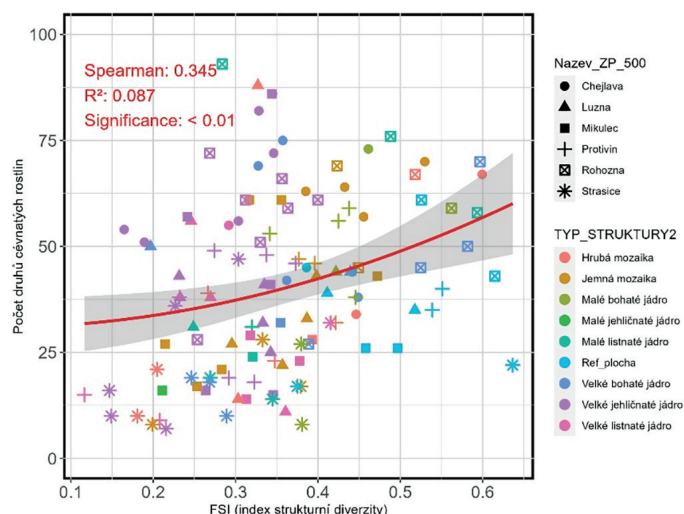
Komplexní proměna stanoviště iniciovaná a moderovaná postupným rozpadem starého buku – formuje se rozlehlá světlna umožňující regeneraci dřevin, dlouhodobě se udržuje vysoká prostorová koncentrace objemnějších kusů mrtvého dřeva v různém stadiu rozkladu, přežívající pahýl hostí široké spektrum hub a hmyzu, (dočasně) osluněný kmen umožňuje vývoj druhů náročných na teplotu – PR Fabián. Foto Jan Hošek

byla umístěna v různých strukturně kontrastních variantách hospodářského lesa, menší část (18 ploch) pak v lesních MCHÚ. Dále zde proběhlo multitaxonové sledování zacílené na 5 modelových skupin bioty. Kromě toho jsme postup aplikovali na dataset Národní inventarizace lesa ČR z let 2001–2004 (NIL 1), kdy jsme se stejnými prahovými hodnotami odděleně analyzovali jednotlivé zóny odstupňované ochrany CHKO a NP, dále lesní MCHÚ a výsledky porovnali s hospodářským lesem mimo chráněná území.

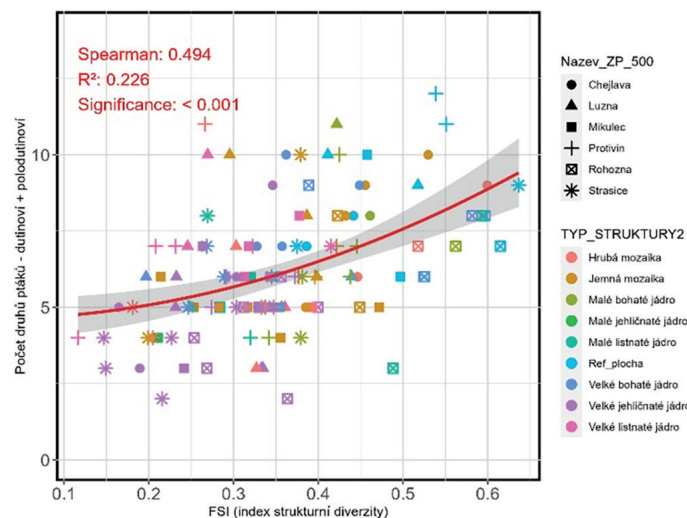
Vztahy vypočteného indexu k druhové pestrosti modelových taxonomických skupin ilustrují grafy na obrázcích 5 až 7. Výsledky lineárních modelů ukazují překvapivě dobrou vypovídací sílu pro vysvětlení zjištěné biodiverzity, zde je to ilustrováno na příkladu tří výrazně rozdílných skupin – cévnatých rostlinách a mechorostech

v lesním podrostu a gildě dutinových a polodutinových ptáků.

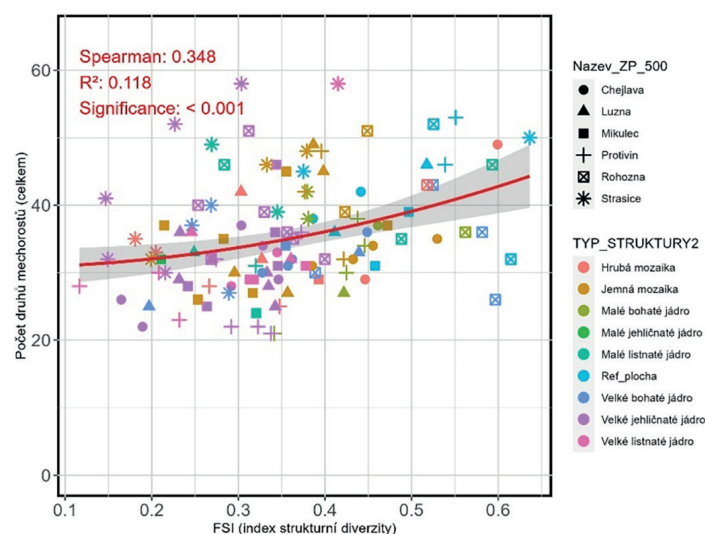
Situaci strukturního indexu lesních chráněných území ilustruje graf na obr. 8. Z něj je patrné, že lesy ve velkoplošně chráněných územích na tom strukturně nejsou poněkud překvapivě o mnoho lépe než hospodářské lesy nepožívající žádnou ochranu. V případě CHKO hodnota indexu dobře respektuje zónaci, v případě národních parků nikoliv, a navíc je zde hodnota indexu relativně nízká. Je to vysvětlitelné tím, že na výsledku se nejvíce podílí rozlehlé druhé zóny KRNP tvořené z velké části druhově chudými, relativně mladými, postimisními porosty a též lesy vyšších poloh NPŠ s vysokou dominancí smrku, což se prostřednictvím několika dílčích charakteristik souvisejících s druhovou pestrostí dřevin promítá do celkové hodnoty indexu.



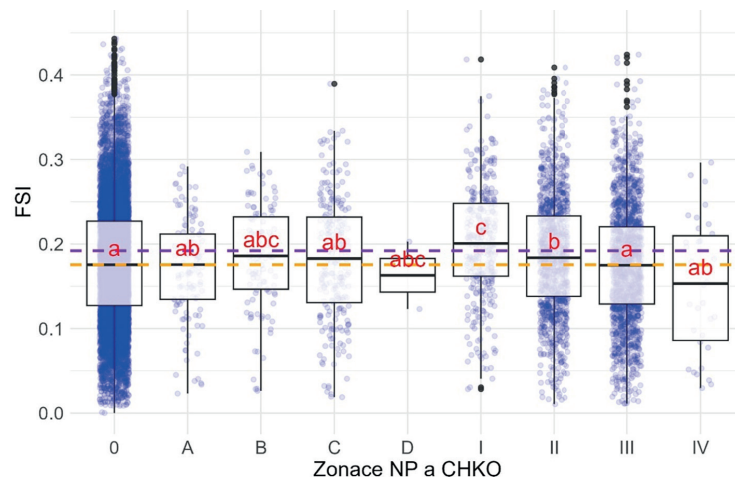
Obr. 5 Vztah FSI a počtu druhů cévnatých rostlin s rozlišením sledovaných oblastí a typů porostů.



Obr. 6 Vztah FSI a počtu druhů ptáků – dutinových a polodutinových hnízdičů s rozlišením sledovaných oblastí a typů porostů.



Obr. 7 Vztah FSI a počtu druhů mechorostů s rozlišením sledovaných oblastí a typů porostů.



Obr. 8 Hodnota FSI vypočtená z datasetu NIL 1 pro jednotlivé zóny diferencované ochrany národních parků a chráněných krajinných oblastí a ostatního hospodářského lesa. Žlutá čárkovaná čára zobrazuje medián hodnoty FSI z ploch mimo NP a CHKO (v grafu jde o kategorii „0“), fialová čárkovaná čára pak zobrazuje medián FSI na plochách v MZCHÚ. Kategorie sdílející v grafu stejné písmenko se vzájemně průkazně neliší.

Závěr

Integrované indexy kumulující různorodé charakteristiky struktury lesního porostu představují relativně jednoduchý nástroj pro orientační posouzení kvality lesního prostředí, nahlížené pohledem různých taxonomických skupin. Jejich užití se zdá vhodné zejména pro velkoplošná porovnání, případně sledování vývoje strukturních charakteristik v čase. Zvláště výhodné jsou v kombinaci s využitím hromadně produkovaných dat, která jsou primárně soustředěná k jiným účelům (inventarizace lesa). Nepochybně je žádoucí další výzkum a ověřování možností využití tohoto

nástroje a vytváření variant pro specifické účely (taxony, typy prostředí).

Poděkování

Příspěvek byl vytvořen v rámci projektu TAČR SS05010260 – „Nástroj pro multikriteriální hodnocení stavu lesa z hlediska potenciálu pro ochranu biodiverzity a udržení příznivého vodního režimu“. Projekt byl spolufinancován Technologickou agenturou ČR v rámci programu Prostředí pro život.

Autoři děkují Národnímu lesnickému institutu za poskytnutí primárních dat, LČR, VLS a soukromým vlastníkům lesů za umožnění provádění výzkumných prací.

Děkujeme též botanikům a dalším terénním pracovníkům, kteří se podíleli na sběru dat: M. Adámkovi, J. Hummelovi, E. Jagošové, P. Karešové, M. Markovi, M. Modrému, Z. Papouškovi, P. Vachové a K. Zajícové. ■

Seznam literatury najdete na www.casopis.ochranaprirody.cz