

STŘEDOŠKOLSKÁ ODBORNÁ ČINNOST

Obor č. 4: Biologie

Analýza vlivu požárů na opadovou faunu národního parku České Švýcarsko

**Elliot Píbal
Jihočeský kraj**

České Budějovice 2024

STŘEDOŠKOLSKÁ ODBORNÁ ČINNOST

Obor č. 4: Biologie

**Analýza vlivu požárů na opadovou faunu národního
parku České Švýcarsko**

**Analysis of the impact of forest fires on litter-
dwelling fauna of the Bohemian Switzerland
National Park**

Autoři: Elliot Píbal

**Škola: Česko-anglické gymnázium s.r.o., Třebízského 1010, 370 06
České Budějovice 5**

Kraj: Jihočeský

**Konzultanti: Mgr. Jiří Tůma, Ph.D.,
RNDr. Mgr. Pavel Soukup, Ph.D.**

České Budějovice 2024

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem svou práci SOČ vypracoval/a samostatně a použil/a jsem pouze prameny a literaturu uvedené v seznamu bibliografických záznamů.

Prohlašuji, že tištěná verze a elektronická verze soutěžní práce SOČ jsou shodné.

Nemám závažný důvod proti zpřístupnění této práce v souladu se zákonem č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších předpisů.

V Českých Budějovicích dne 3.3. 2024

Elliot Píbal

Poděkování

Rád bych poděkoval oběma svým konzultantům, Mgr. Jiřímu Tůmovi, Ph.D. a RNDr. Mgr. Pavlu Soukupovi, Ph.D. za jejich hodnotnou zpětnou vazbu, pomoc a trpělivost s mými dodacími lhůtami.

Mé díky patří také mým rodičům, kteří snášeli dlouhé hodiny, jež jsem namísto času s nimi věnoval psaní této práce, a přátelům, kteří mě i přes mou neustálou paniku přesvědčovali, že to nakonec nebude tak zlé.

Anotace

Tato práce je prvním takto rozsáhlým výzkumem na území ČR zabývajícím se dlouhodobým vlivem požárů na půdní faunu. Cílem práce bylo analyzovat dlouhodobý vliv požárů na abundanci a taxonomické složení opadové makrofauny v lese mírného pásu. Výzkum probíhal na území NP České Švýcarsko sběrem vzorků z padacích pastí. Ty byly rozmístěny na šestnácti plochách vytipovaných na základě doby, která uplynula od posledního požáru. Ze získaných výsledků je patrný mírný nárůst abundance během prvních šesti let po požáru, v dalších letech nebyl zjištěn jednoznačný vliv požárů na abundanci ani taxonomické složení opadové fauny. Tato práce ukazuje, že maloplošné požáry na území NP České Švýcarsko nemají dlouhodobý negativní vliv na komunitu opadové fauny. Tato studie může posloužit jako inspirace pro další podobně zaměřený výzkum v ČR. Studie navíc doplňuje obecně nedostačující poznatky o půdní a opadové fauně a její reakci na disturbance, čímž je významná i na mezinárodní úrovni.

Klíčová slova

požár; sekundární sukcese; opad; půdní fauna; NP České Švýcarsko

Annotation

This work is the first extensive research of its kind in the Czech Republic focusing on the long-term impact of fires on soil fauna. The aim of the study was to analyse the long-term effect of fires on the abundance and taxonomic composition of litter-dwelling macrofauna in the temperate forest zone. The research was conducted in the territory of the Bohemian Switzerland National Park by collecting samples from pitfall traps. These traps were placed in sixteen plots selected based on the time elapsed since the last fire. The results obtained show a slight increase in abundance during the first six years after the fire, with no clear impact of fires on the abundance or taxonomic composition of litter-dwelling fauna in subsequent years. This work demonstrates that small-scale fires in the Bohemian Switzerland National Park do not have a long-term negative impact on the litter-dwelling fauna community. This study can serve as inspiration for further similar research in the Czech Republic. Additionally, the study complements the generally insufficient knowledge of soil and litter-dwelling fauna and their response to disturbances, making it significant even at the international level.

Keywords

forest fire; secondary succession; litter; soil fauna; Bohemian Switzerland National Park

Obsah

1	Úvod.....	7
2	Teoretická část	10
2.1	Požáry	10
2.1.1	Historie.....	10
2.1.2	Přístup k požárům a jejich regulace	13
2.2	Půdní fauna	15
2.2.1	Role v ekosystému	15
2.3	Vliv požárů na půdní faunu	18
3	Praktická část	21
3.1	Cíle.....	21
3.2	Metody	21
3.2.1	Lokalita	21
3.2.2	Umístění pastí a sběr vzorků.....	23
3.2.3	Zpracování vzorků	24
4	Výsledky	26
4.1	Abundance	26
4.2	Diverzita.....	29
5	Diskuze	34
6	Závěr	36
7	Použitá literatura	37
8	Seznam obrázků a tabulek	42

1 ÚVOD

Oheň je neodlučitelnou součástí lidské historie. Od pradávna byl využíván k našemu užítku, kvůli svým destruktivním vlastnostem je však vnímán primárně jako hrozba. Běžnou praxí je proto prevence vzniku požárů a okamžité hašení těch existujících. V obydlených oblastech jednoznačně převažuje negativní vliv požárů, v přírodě však situace není černobílá.

Tento děj totiž není pouze lidským výtvozem. Přestože se v našich podmínkách setkáváme primárně s požáry vyvolanými člověkem, vznikají také spontánně. Díky jejich pravidelnému výskytu v krajině se staly přirozeným procesem v mnohých přírodních ekosystémech (Pausas, 2019). Pokud se frekvence, či intenzita hoření v dané oblasti výrazně změní, dá se očekávat, že rovnováha ekosystému bude do jisté míry narušena.

Jako příklad lze uvést pyrofilní organismy, tj. organismy, které jsou požáry kompetičně zvýhodněny, nebo jsou na nich závislé (e.g. Wikars, 1997; Merriam-Webster, 2023). Ty jsou úbytkem požárů v krajině přímo ohroženy, a několik druhů se z tohoto důvodu dostalo na červený seznam (Ehnström et al., 1993). Vliv požárů na ekosystém tedy není pouze negativní, ale jde o důležitého krajinotvorného činitele. Mnohé státy proto jako reakci na tuto skutečnost začlenily pravidelné, uměle vyvolané požáry mezi své lesnické praktiky (IAWF, 2017).

Poslední dobou, primárně vlivem změny klimatu, zažívá svět nárůst frekvence požárů (e.g. de Rigo et al., 2017; DW, 2022; Turco et al., 2023; Wasserman, 2023), a tak jejich výzkum neustále stoupá na významu. To je jedním z hlavních důvodů, proč jsem si tuto problematiku zvolil jako motiv své práce. Jedná se o žhavé téma, se kterým se často setkávám v médiích. Netýká se pouze sušších oblastí světa, ale čím dál více také střední Evropy. Požáry považuji za problematiku, o které je třeba mluvit, a kterou stojí za to se zabírat.

Biologii se věnuji již od prvního stupně základní školy, nejvíce mě odjakživa zajímaly vzájemné vztahy mezi organismy a jejich prostředím. Začátkem svého středoškolského studia jsem se věnoval převážně ekologii půdy, přičemž jsem vypomáhal na výzkumu bakterií z permafrostu na Jihočeské univerzitě. Později jsem projevil také hlubší zájem o entomologii, a tak se nabízelo, aby se moje práce ubírala tímto směrem. Na podzimním biologickém soustředění pořádaném Jihočeskou univerzitou jsem přes jednu z přednášejících z Ústavu půdní biologie a biogeochemie BC AV ČR seznámil se svým současným školitelem,

Mgr. Jiřím Tůmou, Ph.D., který mi nabídl účast na probíhajícím výzkumu požárů v NP České Švýcarsko.

Hlavním cílem této práce bylo zhodnotit vliv požárů na bezobratlé ve velikostní kategorii půdní makrofauny (2-30 mm), pohybující se na povrchu půdy, v rozmezí jednoho roku až 112 let po požáru na území NP České Švýcarsko. Jedná se o skupinu organismů, kterou nelze jednoznačně nazvat edafonem (tedy čistě půdní faunou vyskytující se v různých hloubkách půdního profilu), nýbrž se pohybuje hlavně po povrchu půdy, v opadu ve svrchních vrstvách půdy, a proto je zde dále označována pouze jako „opadová fauna“. NP České Švýcarsko byl vybrán jako zkoumaná oblast z důvodu častého výskytu požárů na tomto území. Dalším faktorem byla skutečnost, že se jedná o národní park, díky čemuž je tamní příroda na střeoevropské podmínky relativně málo ovlivněna lidskou činností.

Primárním důvodem tohoto výzkumu je nedostatečné zpracování vlivu požárů na půdní faunu (Zaitsev et al., 2016), což je ve výrazném nepoměru s významnou ekologickou rolí této skupiny (e.g. Barrios, 2007; Decaëns, 2010; Šantrůčková et al., 2018). Cílem je tuto mezeru ve vědění zaplnit.

Praktická část spočívá ve sběru vzorků pomocí padacích pastí. Ty byly rozmístěny na lokalitách pečlivě vybraných podle doby, která uplynula po posledním požáru. Do výběru vstupovala také existence odpovídající části lesa, která nebyla požárem zasažena, a kterou bylo tedy možné použít ke srovnání s požárovou plochou. Organismy z pastí byly následně ručně roztríděny na základě jejich taxonomické příslušnosti. Získaná data pak byla vyhodnocena a zpracována do grafů.

Tato metodika má svá úskalí, se kterými je třeba při vyhodnocování výsledků počítat. Největší z nich je heterogenita požárů. Liší se např. velikostí a hloubkou spálené plochy, což jsou parametry, které nebyly brány v potaz, protože u starších požárů jsou tato fakta prakticky nedohledatelná. Dalším limitem je počet kontrol, který byl z praktických důvodů stanoven pouze na tři kontroly na plochu, což by mělo být z teoretického hlediska dostačující, ale stále se jedná o krajní minimum. Výsledky mohou být ovlivněny také rozdíly mezi jednotlivými plochami danými vysokou heterogenitou celého území.

Text teoretické části je členěn do třech ústředních kapitol. První z nich je věnována požárům a důraz je v ní kladen na lidské soužití s požáry v průběhu let. Hlouběji se věnuje aktuální situaci ve světě, na kterou navazuje podkapitolou o požárové regulaci. Druhá kapitola

představuje půdní faunu a její funkci v přírodě. Obě témata spojuje kapitola zabývající se vlivem požárů na půdní faunu.

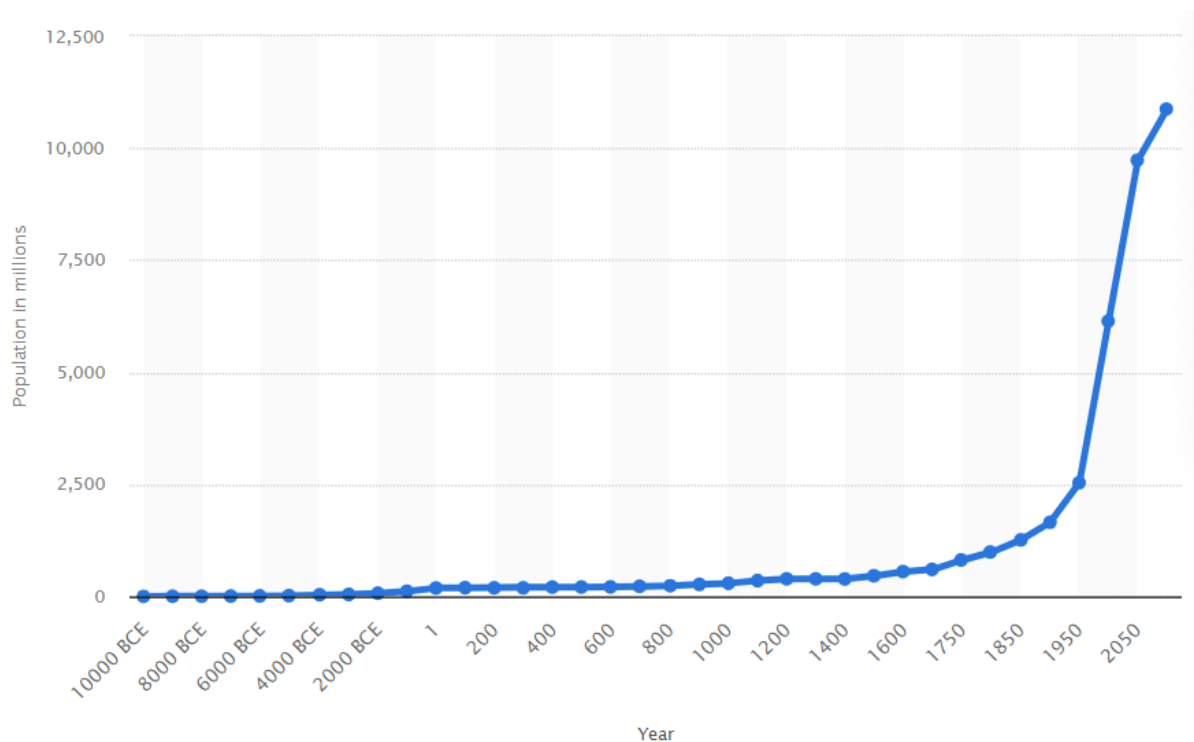
2 TEORETICKÁ ČÁST

2.1 Požáry

2.1.1 Historie

Požáry se na Zemi začaly vyskytovat s nástupem suchozemských rostlin, které poskytovaly dostatek kyslíku a paliva. V průběhu let docházelo ke střídání období s vyšší a nižší požárovou aktivitou, což záleželo hlavně na aktuálním klimatu, složení a množství vegetace a hladině kyslíku v atmosféře (Scott, 2000).

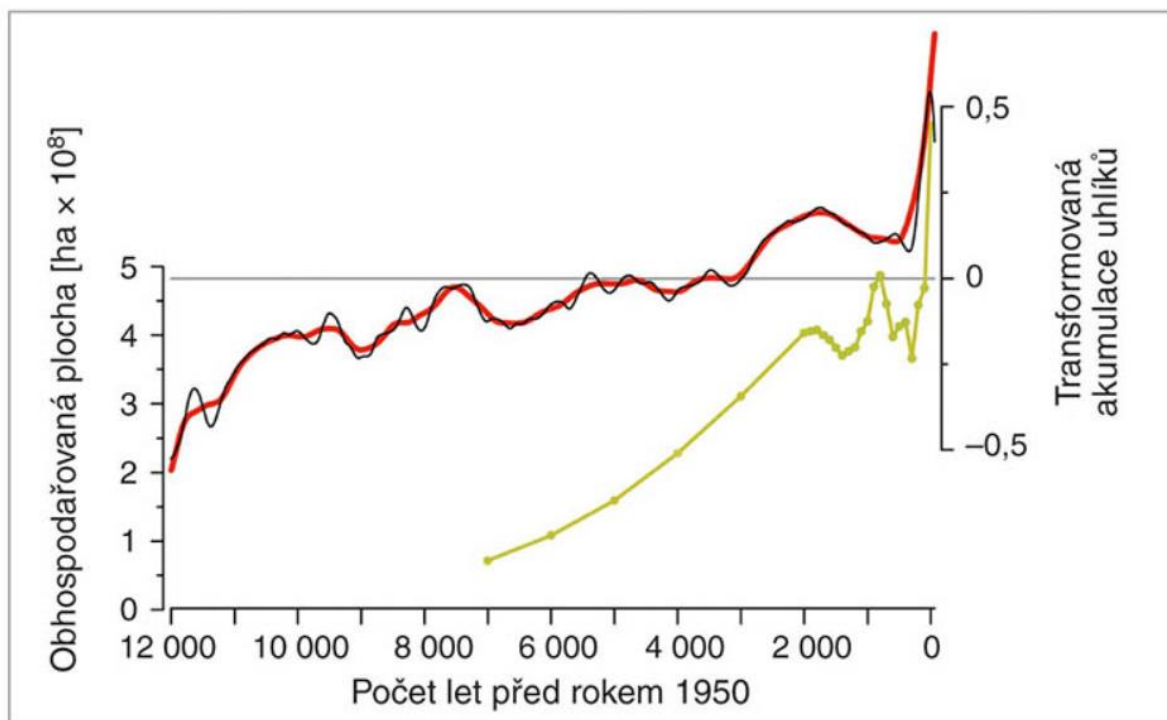
Počátek lidského využívání ohně je datován zhruba milion let do minulosti (Berna, 2012), s čímž přišly i první antropogenní požáry. Tento historický milník byl významný pro lidi, ale na požárovém režimu krajiny se ihned neodrazil. Ačkoliv není zcela jasné, ve kterém období začaly mít antropogenní požáry znatelný ekologický dopad (Marlon, 2013), za výchozí bod lze považovat mírné navýšení frekvence požárů cca před 12 tisíci lety (Graf 1). Tato změna je mimo nárůst teplot a objem biomasy přisuzována počátkům zemědělské činnosti, které bývají řazeny do stejného období (Montgomery, 2008; Kumeš, 2023; Bobek, 2023).



Graf 1 – Růst lidské populace v čase (Statista Search Department, 2019).

K dalšímu výraznému nárůstu požárové aktivity dochází zhruba před třemi tisíci lety, což časově odpovídá nárůstu lidské populace (Graf 1). Dále vliv člověka nad přírodními klimatickými změnami převažuje a stává se dominantním požárovým činitelem. Vysoký nárůst požárové aktivity je toho přímým důsledkem (Graf 2) (Marlon, 2013).

Důležité je podotknout, že vliv člověka na množství a velikost požárů není pouze přímý (vlastní zakládání požárů), ale také nepřímý (následná změna charakteru daného prostředí). Ve zdokumentovaných případech obydlení nových oblastí, např. Austrálie (NBC News, 2005) a Nového Zélandu (Perry, 2012), se prostředí po osídlení lidmi zpravidla stává sušším a hromadí se v něm biomasa. Oba zmíněné faktory výskyt a intenzitu požárů zvyšují. Mechanismus těchto změn není dopodrobna popsán, pravděpodobně se však jedná o kombinaci vypalování velkých ploch a hubení velkých herbivorů. Lidské zavinění podporuje fakt, že se známé transformace tohoto typu objevují za stálých klimatických podmínek. Není tedy jiného faktoru, který by prostředí tímto způsobem ovlivnil (Rule, 2012; Burney, 2005)



Graf 2 – Globální trend akumulace sedimentárních uhlíků (indikace množství požárů) za posledních 12 tisíc let v souvislosti s rozvojem zemědělství. Červená křivka ukazuje trend pomocí lokálně váženého vyhlazování (LOWESS). Spodní zelenožlutá křivka znázorňuje globální odhad obhospodařované plochy. Převzato z Kumeš, Živa 5/23 (originál: J. R. Marlon a kol., 2013).

Období průmyslové revoluce (přelom 18. a 19. století) s sebou přineslo rychlý nárůst lidské populace a pálení velkého objemu fosilních paliv, hlavního činitele klimatické změny. Počátkem 20. století byl zaznamenán růst teploty a snížení množství srážek, což jsou parametry, které riziko požárů zvyšují. Množství požárů naopak inhibuje stále rozšířenější antropogenní regulace požárů a z menší části také snížená hustota vegetace. Výsledkem je ostrý pokles požárové aktivity (Pechony O, 2010).

Poslední dobou se trend začíná pomalu obracet, což se nejvýznamněji projevuje na délce požárových období, tj. období, během kterých je pravděpodobnost vzniku požárů nejvyšší. V průběhu let 1979-2013 se tato období prodloužila v průměru o alarmujících 19 %, což vedlo ve zvětšení plochy ohrožené hořením na dvojnásobek (Jolly, 2015). Za posledních pár let došlo ve světě k mimořádně rozsáhlým požárům, tzv. megapožárům. Mezi mediálně známé případy megapožárů patří např. australské požáry v letech 2019-20 (Wikipedia, 2024), požárové období v Kanadě v roce 2023 (NASA, 2023) nebo hoření v americké Kalifornii mezi roky 2020-21 (Ayars, 2023).

Za tyto změny je často viněna změna klimatu, která k tzv. požárovému počasí¹ přispívá. Například teplotní nárůst, nejsledovanější parametr klimatické změny, přesáhl od dob před průmyslovou revolucí výši 1 °C (NOAA, 2023).

2.1.2 Přístup k požárům a jejich regulace

Kvůli nebezpečí, jaké nekontrolovaný oheň představuje pro lidská obydlí a majetek, jsou požáry veřejností vnímány velmi negativně (Bowman, 2011). Okamžité hašení požárů je v osídlených oblastech samozřejmostí, o běžnou praxi se jedná i v přírodní krajině.

Poslední dobou jsou ale pozorovány také negativní dopady bezvýhradného hašení požárů. Primárně se jedná o efekt přezdívaný požárový dluh či požárový deficit. Při absenci požárů dochází v krajině k akumulaci biomasy. Když později zarostlá plocha vzplane, požár bývá kvůli vyššímu množství paliva intenzivnější (oheň si tzv. vybere svůj dluh) (Marlon, 2012; Parisien, 2020). V kombinaci s nárůstem teplot a poklesem vlhkosti má v takovém prostředí oheň ideální podmínky (viz podkapitola výše) a napáchá nakonec více škody než větší počet maloplošných požárů (Williams, 2023).

Takovým extrémním případům lze předejít preventivním zakládáním menších požárů. Tato praxe očisťuje krajinu od suchých travin a další vysoce hořlavé biomasy (Vancura, 2023). Díky různorodé intenzitě hoření uvnitř požáru vznikají plochy s různou mírou spálení, čímž dochází k diverzifikaci ekosystému – což je situace jejíž cílené vytváření je jinak velmi časově a finančně náročné. Tomu lze napomoci také např. vysazováním smíšených lesů protkaných pásy listnatých stromů a omezením sázení jehličnatých monokultur.

Eliminace všech požárů, které se v přírodě objeví, je oblíbená strategie požárového hospodaření. Při použití této strategie odpadá rozhodování, který požár zhasit, a který naopak nechat hořet. Na druhou stranu při použití ohně jako regulačního prostředku je rozlišení druhu požáru nutné, a stává se tak předmětem diskusí. Často se přitom zmiňuje přirozený požárový režim krajiny, aneb požárový režim, který nebyl člověkem nijak ovlivněn, a který je považován za ideální vzor. Problémem je ale tento režim definovat. Informace o období v historii se srovnatelnými podmínkami prostředí, se kterým by aktuální situaci bylo možné

¹ Meteorologické podmínky, které podporují šíření lesních požárů. Jedná se např. o vysoké teploty, nízkou vlhkost a úhrn srážek, a silný vítr (Climate Central, 2021).

srovnávat, jsou nedostatečné. Jako nejpřesnější shoda z doby před příchodem člověka se nabízí předchozí doby meziledové, ze kterých však zatím neexistuje dostatek dat souvisejících s požárovou aktivitou (Bobek, 2023; Kuneš, 2023; Bowman, 2011).

Při absenci referenčního bodu v minulosti nezbyvá než informace hledat v následcích požárů na dnešní, z většiny člověkem utvářené krajině. Když navíc vezmeme v potaz lidský vliv na stávajícím požárovém režimu a zasadíme tento poznatek do kontextu aktuální situace ve světě, je zřejmé, že je výzkum požárů a jejich vlivu naprosto zásadní.

2.2 Půdní fauna

2.2.1 Role v ekosystému

Ač se může půda na první pohled zdát jako prostředí jednotvárné a chudé na život, je tomu právě naopak. Jedná se o prostor značně heterogenní, zastávající v ekosystému mnoho významných funkcí, které mimo jiné pramení z působení půdy jako přechodu mezi biosférou a geosférou. Zajišťuje významné procesy cyklů živin a látek v prostředí; například zadržuje vodu, kterou pak spolu s živinami poskytuje rostlinám, čímž dává základ pro tvorbu biomasy (Šimek a kol., 2019).

V neposlední řadě je domovem pro půdní organismy, které zajišťují tvorbu půdy a její fungování (Barrios, 2007). Interagují s neživou složkou půdy a mezi sebou navzájem, čímž se podílejí na množství důležitých procesů, z nichž hlavní jsou rozklad organické hmoty, redistribuce a mineralizace živin, či promíchávání půdních vrstev neboli bioturbace (Verhoef, 2004). Pro zjednodušení se zooedafon dělí do skupin na základě velikosti a funkce, kterou v půdě zastává. Tradičně se dělí podle rozměru těla, které již samy o sobě o jejich vlivu na své okolí mnoho vypovídají (Graf 3).

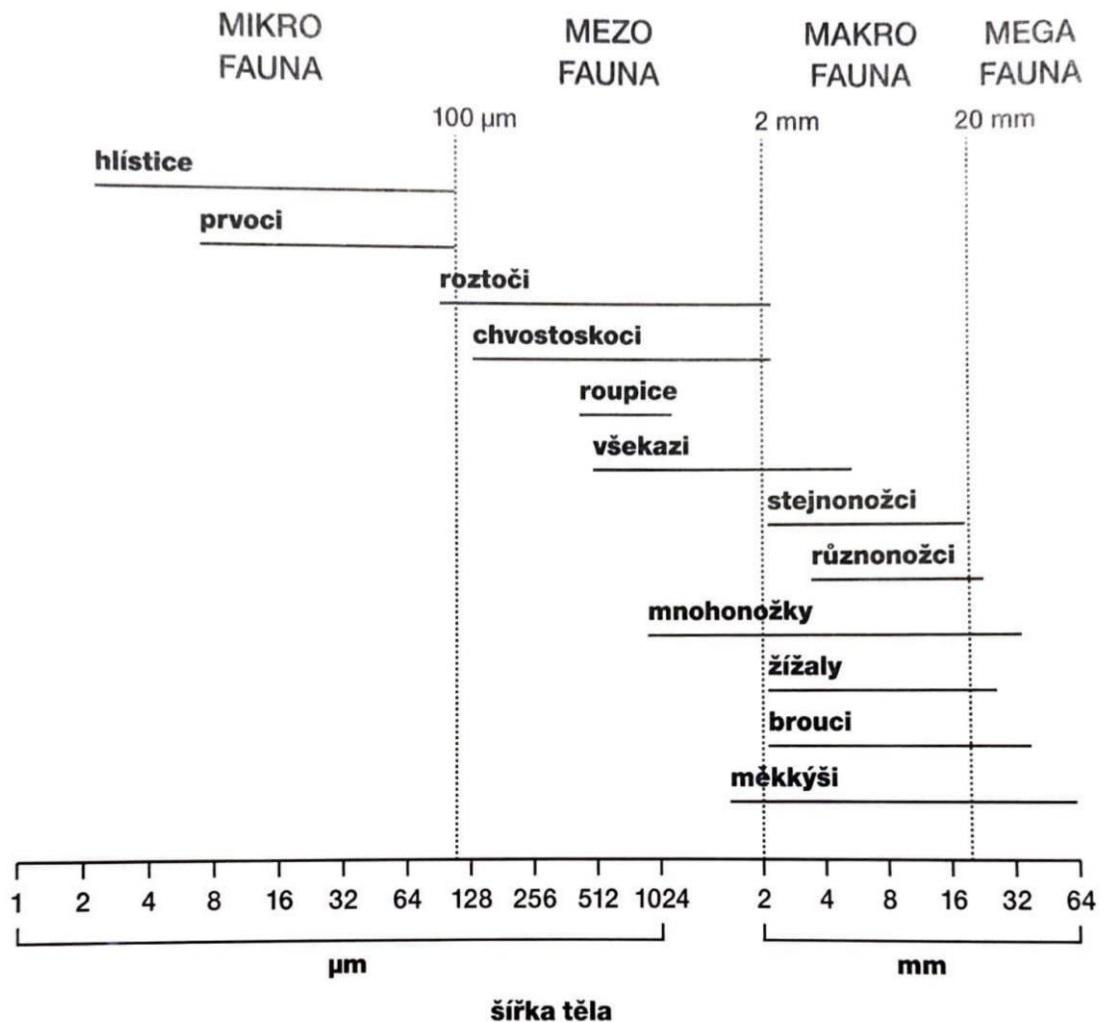
Velikostně nejmenší (<100 μm) skupinou živočichů je **mikrofauna**. Patří sem například prvoci, hlístice, vířníci a želvušky. Významní jsou především konzumací půdní mikroflóry (převážně bakterií), kterou ve svých tekutých exkrementech navracejí do prostředí ve formě základních živin, jež mohou být okamžitě využity primárními producenty.

Jako **mezofauna** jsou označovány organismy v rozmezí 0,1–20 mm, kam řadíme především chvostokoky, roztoče a roupice. Zástupci těchto skupin díky své citlivosti často slouží jako bioindikátory. S větší velikostí se zvyšuje i jejich vliv na strukturu půdy (Šimek a kol., 2019; Jílková a kol., 2023).

Posledním velikostním stupněm je skupina **makrofauny**, do které se řadí zooedafon nad 2 mm, a jedná se tedy o velmi různorodou kategorii. Díky svým rozměrům utvářejí půdní strukturu v největší míře, další vlastnosti se ale mezi taxony výrazně liší. Jelikož se navíc jedná o skupinu, kterou se tato práce zabývá, některé taxony jsou zde popsány podrobněji.

Jedním z nich jsou **stejnonožci** (Isopoda), respektive podřád Oniscidea, který zahrnuje všechny stejnonožce přizpůsobené životu na souši. Jejich potravou je odumřelá organická hmota, kterou pro lepší absorpci živin konzumují opakovaně, již ve formě vlastních

exkrementů. Pozřený opad tím rozdrťí na mnoho malých kousků, čímž se zvětší jeho povrch, a je tak přístupnější pro mikroorganismy, které ho dále zpracovávají.



Graf 3 – Rozdělení živočichů podle šířky (tloušťky) těla. Zde je dobře patrné nejednoznačné rozdělení taxonů do velikostních kategorií. Některými autory je rozlišována také půdní megafauna (>20 mm). Převzato z Šimek a kol. (2019), původní zdroj Swift a kol. (1979).

Dalším příkladem jsou **mnohonožky** (Diplopoda), typičtí obyvatelé půdního povrchu. Jsou významné pro rozklad organické hmoty, kterou částečně natrávenou uvolňují do okolí, kde se o ní, stejně jako v předchozím případě, postarají drobnější organismy.

Mravenci (Formicidae) jsou další hojně zastoupenou skupinou. Známí jsou svým komplexním sociálním životem, z něhož pro strukturu půdy nejvýznamnějším aspektem je stavba hnízda (mraveniště). Stavbou komůrek provzdušňují půdu, čímž zvyšují její schopnost absorbovat vodu. Skladováním potravy a odpadních látek u ní podporují redistribuci

a zpřístupňování živin. Transportují velké objemy půdy, přičemž promíchávají minerální částice s organickými, čímž přispívají k tvorbě půdy jako takové.

Stonožky (Chilopoda) většinou využívají již existující chodby, a tak na tvorbě půdní struktury nemají takový podíl, jako předchozí skupiny. To ovšem jejich význam v ekosystému nijak nesnižuje; svým typickým predačním způsobem života regulují populace drobných půdních živočichů, čímž jsou důležitou součástí toku živin v půdě.

Zhruba polovina našich **pavouků** (Araneida) dává před pavučinami vysoko nad zemí přednost životu na zemi. Živí se stejně jako jejich příbuzní ve výškách primárně dravě, většinou dalšími druhy členovců nebo praktikují kanibalismus. Jsou považováni za neefektivnější predátory, což z nich dělá významnou součást půdního ekosystému.

Dvoukřídlí (Diptera) jsou známí spíše v jejich dospělé létavé formě, z nichž ale velká část tráví část svého života ve svrchních vrstvách půdy ve formě larvy. Až na výjimky, které se významně podílí na půdotvorných procesech, si chodby samy nevrtají a obsazují pouze ty původní. Larvy s kousavým ústním ústrojím mají také velký podíl na transformaci mrtvé organické hmoty.

Dalším početným řádem jsou **brouci** (Coleoptera). Často se vyskytují v opadu, jde hlavně o brouky masožravé a mrchožravé. Draví brouci se živí širokou škálou půdních živočichů, některé druhy slouží jako bioindikátory. Mrchožravé druhy neopovrhnou ani mršinami menších obratlovců. Někteří brouci si vyhrabávají chodby hluboko v zemi, a půdu tak provzdušňují (Šimek a kol., 2019).

Jedná se pouze o některé skupiny organismů, které tento komplexní systém obývají. Tento krátký výčet slouží hlavně k nastínění provázanosti živé a neživé složky půdy. Vyplývá z něj, že edafon je neodlučitelnou součástí půdy, zatímco půda je nezbytná pro život na Zemi.

2.3 Vliv požárů na půdní faunu

Protože je druhů a zástupců půdních organismů tolik, nestává se často, že by významnou funkci zastával pouze jediný druh nebo skupina organismů. Pokud jich část z nějakého důvodu z půdy vymizí, systém funguje dál. Díky tomuto jevu, tzv. **funkční redundanci**, je půda stabilním prostředím, které odolá řadě vnějších vlivů (Šantrůčková a kol., 2018). I v případě tak intenzivní disturbance, jako je požár, dochází dříve či později k obnově ekosystému.

Jak tento proces probíhá určuje mnoho faktorů. Vlivem rozmanitosti půdního prostředí a rozdílů mezi jednotlivými stanovišti vzniká příliš mnoho proměnných, aby bylo možné vyvodit závěry o obnově jedné lokality na základě poznatků z lokality jiné. Některé faktory ale ovlivňují sukcesí na spáleništích významněji, a tak je možné je použít k obecné charakteristice tohoto procesu (Tůma, 2023).

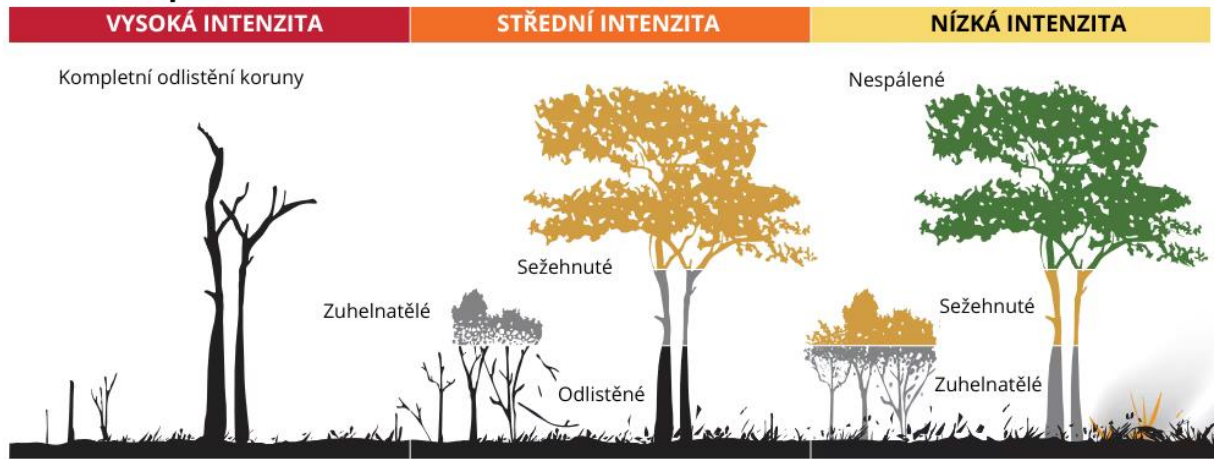
Jedním z těch nejdůležitějších je blízkost nedotčených ploch, ze kterých se organismy spálenou plochu dostávají. Rekolonizace probíhá zpravidla z krajních oblastí směrem dovnitř, z hlubších vrstev půdy napovrch a z refugií, ostrůvků méně zasažených požárem, nacházejících se uvnitř spálené plochy (viz také kapitola 2.1.2, Gongalsky, 2012; Zaitsev, 2014)

Dalším rozhodujícím faktorem je rychlost, jakou jsou organismy schopny se na spáleniště dostat. Vysoce pohybliví živočichové, převážně zástupci půdní makrofauny a megafauny, mají možnost požáru uniknout a zároveň jsou na spálených plochách prvními rekolonizátory. Naopak menší a méně mobilní organismy se, pokud možno, před vysokými teplotami a suchem skrývají v hlubších vrstvách půdy, anebo extrémní podmínky přežijí v dormantním stádiu (Gongalsky, 2013; van Mantgem, 2005; Gongalsky et al., 2012).

Významně ovlivňuje sukcesí také intenzita požáru. Mírný maloplošný požár prostředí logicky nenaruší tolik, jako rozsáhlý požár sahající hluboko do půdního profilu (Obrázek 1). U velkých shořelých ploch se zvyšuje vzdálenost, kterou musí rekolonizující organismy urazit, než se dostanou do pomyslného středu spálené plochy. Intenzivnější požár postihne i organismy schované ve spodních vrstvách půdy a zásadně ovlivní rozlohu a charakteristiku refugií. Výsledkem je nižší počet přeživších organismů, které tvoří základ pro nové společenstvo. Takový požár ovlivňuje i další významné faktory, jako je přítomnost opadu a půdní vlhkost (Zaitsev et al., 2014; Tůma, 2023).

Nezanedbatelná je rovněž frekvence požárů. Požáry maloplošné a málo intenzivní jsou ve větším množství v užším časovém okně některými skupinami organismů snášeny hůře než jeden intenzivní velkoplošný požár (Gongalsky a Persson, 2013).

Intenzita požáru



Obrázek 1 – Rozdíly v intenzitě požárů a jejich následcích na vegetaci. Převzato z The Washington Post (2022), originál z Andrew Sullivan/CSIRO (2021). Upraveno.

Přítomnost a kvalita opadu je pro sukcesi po požáru zásadní. Opad půdu izoluje od okolí a chrání ji. Spolu s rozkládajícím se dřevem slouží jako útočiště a potrava pro množství organismů, a tak se absence tohoto materiálu negativně odráží na rychlosti sukcese (Zaitsev et al., 2014; Tůma, 2023).

Přítomnost dostatečného množství vody v prostředí je faktor důležitý pro téměř všechny organismy, ale pro nejmenší obyvatele půdy, převážně mikrofaunu a mezofaunu, představuje nižší vlhkost smrtelné ohrožení. Samy se za živinami vydat nemohou, a tak plně spoléhají na to, co k nim voda přinese z okolí. Vlhkost se ale po požáru dostává na původní úroveň velmi pomalu (Kiss and Magnin, 2003). Za nejcitlivější skupinu organismů na požáry jsou obecně považováni plži (Gastropoda), kteří trpí jak ztrátou opadu, kterým se živí, tak vysokými teplotami během požáru a následným dlouhodobým suchem (Tůma, 2023; Hylander, 2011).

Ačkoliv jsou požáry pro jisté druhy smrtící katastrofou, pro jiné je oheň v krajině naopak výhodou a jsou jím přitahovány. Souhrnně jsou tyto organismy označovány jako **pyrofilní**. Druhy na ohni přímo závislé, se nazývají obligátně pyrofilní. Takové organismy jsou absencí požárů v přírodě ohroženy nejvíce. Je však nutné je rozlišit od organismů, které jsou

přitahovány mimo požáry i dalšími disturbancemi. Ty se označují jako fakultativně pyrofilní (Kment, 2023).

Dopad požárů na půdní či opadovou faunu je z důvodu různorodosti obecně těžký zobecnit a aplikovat globálně. Jak požáry, tak půdní fauna jsou komplexními systémy, a jejich přesné fungování v přírodních ekosystémech je obtížné popsat. Existující literatura se věnuje z drtivé většiny pouze jednotlivým požárům nebo požárovým oblastem a ani těchto prací není mnoho. Je vzácností, když se zaměřují na půdní faunu. Proto je důležité takto zaměřených výzkumů provádět víc, obzvláště v oblasti mírného pásu (a specificky i střední Evropy), která sice zatím netrpí rozsáhlými požáry, jako teplejší krajiny, ale ve které je také nutno rozhodovat o regulaci požárů.

3 PRAKTICKÁ ČÁST

3.1 Cíle

Tato práce má za cíl zjistit, jaký je dlouhodobý vliv požárů na výskyt a diverzitu opadové makrofauny v lese mírného pásu. Získané informace doplní stávající poznatky o vlivu požárů na půdní faunu. Studií na toto téma existuje nedostatečné množství a z většiny jsou zaměřeny na tropické a subtropické oblasti. Tento výzkum pokrývá pomyslnou mezeru v poznání na území České republiky.

3.2 Metody

Pro porovnání vlivu požárů na opadovou faunu byla zvolena metoda sběru vzorků opadové fauny na několika lokalitách, které se od sebe liší historickými výskyty požárů.

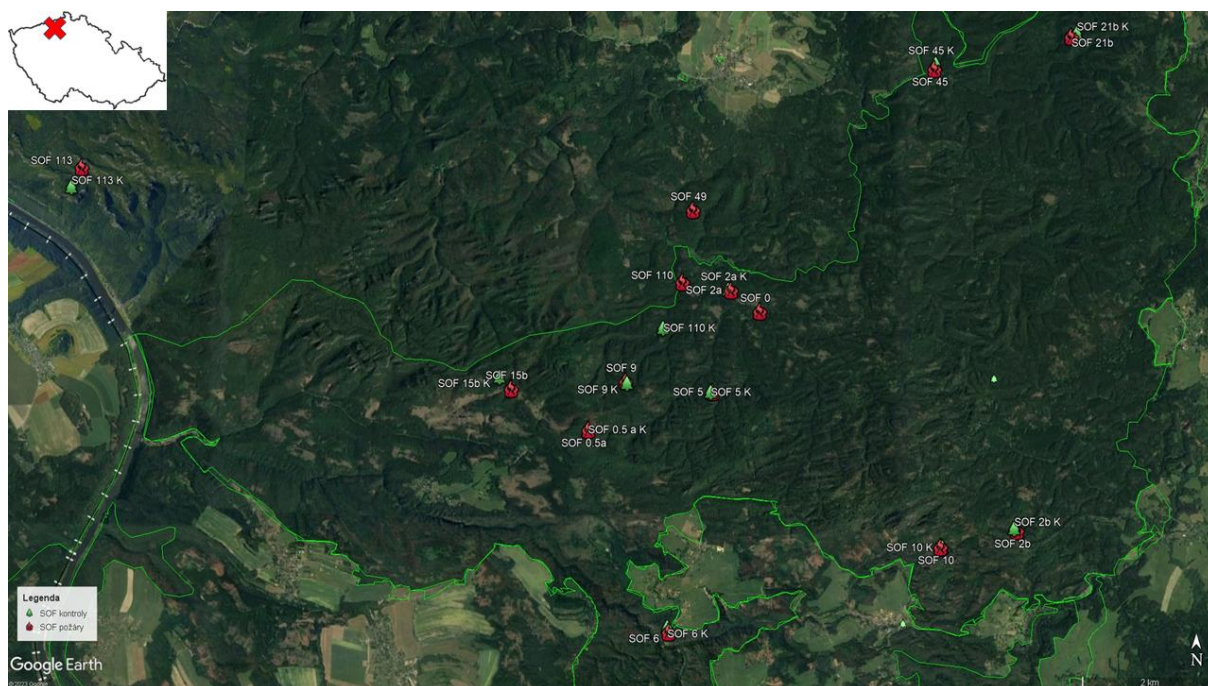
3.2.1 Lokalita

Zkoumaná oblast se nachází na česko-německé hranici, na území národního parku České Švýcarsko (Obrázek 2). Tato oblast je charakterizována pískovcovými skalními městy, její podloží tvoří převážně písčité a hlinitopísčité půdy, většinu povrchu pokrývají jehličnaté lesy.

Lesní požáry jsou v této oblasti poměrně časté, zejména na vrcholcích pískovcových skal (Adámek a kol., 2015). Jako národní park je chráněna státem, a řadí se tak mezi oblasti nejméně ovlivněné člověkem. Lokality byly pracovníky AV ČR vtipovány na základě historických záznamů o požárech, a to jak z místních kronik, tak ze záznamů o hašení a lesnických knih. Podrobně byly lokality potvrzeny botanickým průzkumem (Adámek a kol., 2016), neboť vývoj a složení vegetace odráží změny způsobené požárem i po desetiletí. Pracováno bylo s několika lokalitami, jež byly značeny podle let, jež uplynuly od požáru. Jednalo se o časové úseky 0 (do jednoho roku po požáru); 0,5; 2; 5; 6; 9; 10; 15; 21; 45; 49; 110 a 113 let po požáru. Na každou spálenou plochu byla z jejího blízkého okolí vybrána lokalita co nejpodobnější, na které však za posledních 112 let nehořelo. Data z těchto oblastí, tzv. kontrol, jsem porovnal s daty ze spálených ploch.

Přes kvality vybrané oblasti je ale nutno počítat i s dalšími faktory, které mohly výsledky ovlivnit. Jedná se především o rozdíly ve složení původních společenstev a v podmínkách prostředí mezi lokalitami, nízký počet dostupných kontrol a nedostatek informací týkajících

se přesné hloubky prohořelé půdy – parametru, jež indikuje intenzitu požáru. Nicméně celkově se jednalo o požáry maloplošné, lokalizované na max. desítkách až stovkách m².



Obrázek 2 – Mapa sledované plochy s vyznačenými lokalitami sběru vzorků. Místa, na kterých hořelo, jsou označena červeně (ikona plamene). Odpovídající lokace ohněm nedotčeny (kontroly) jsou zakresleny zelenými stromky. Lokality požárů a kontrol jsou často blízko sebe, proto se ikony v některých případech překrývají. V pravém horním rohu je zkoumaná oblast vyznačena na mapě České republiky.

3.2.2 Umístění pastí a sběr vzorků

Sběr a umístění pastí byly provedeny pracovníky AV ČR, a to po vzoru Belisové (2006). Samotný odběr vzorků probíhal v červenci roku 2021. Na lokalitách byla náhodně vybrána tři místa pro instalaci zemních padacích pastí tak, aby se pasti nacházely minimálně deset metrů od okraje shořelé plochy a zároveň minimálně deset metrů od sebe navzájem. Past tvořila plastová transparentní nádoba o průměru 6 cm a výšce 7,5 cm. Tato byla zakopána pod povrch půdy tak, aby její okraj zcela doléhal k povrchu okolní půdy. Past pak byla z jedné třetiny naplněna směsí 50% konzervačního roztoku propylenglykolu (PEG) a jedné kapky detergentu. Propylenglykol byl použit pro jeho pomalý výpar v teplém prostředí a pro jeho zdravotní bezpečnost – ideální pro použití v chráněné oblasti. Kapka detergentu zajistila vyrušení povrchového napětí roztoku, čímž mohli spadání bezobratlí klesnout ke dnu nádoby. Takto instalovaná past byla svrchu následně přikryta plastovou stříškou proti dešťovým srážkám (Obrázek 4d). Pasti byly v terénu vystaveny po čtrnáct dní. Poté byly vyzvednuty a převezeny do laboratoře ke zpracování. Zemní padací pasti jsou vhodné pro odhad aktivity a detekci přítomnosti mobilních bezobratlých. Výhodou je velké množství odchycených jedinců a tím i dobrý odhad diverzity na daném místě. Metoda je však pouze semikvantitativní – není možné takto odhadovat přesné abundance na plochu, nicméně je

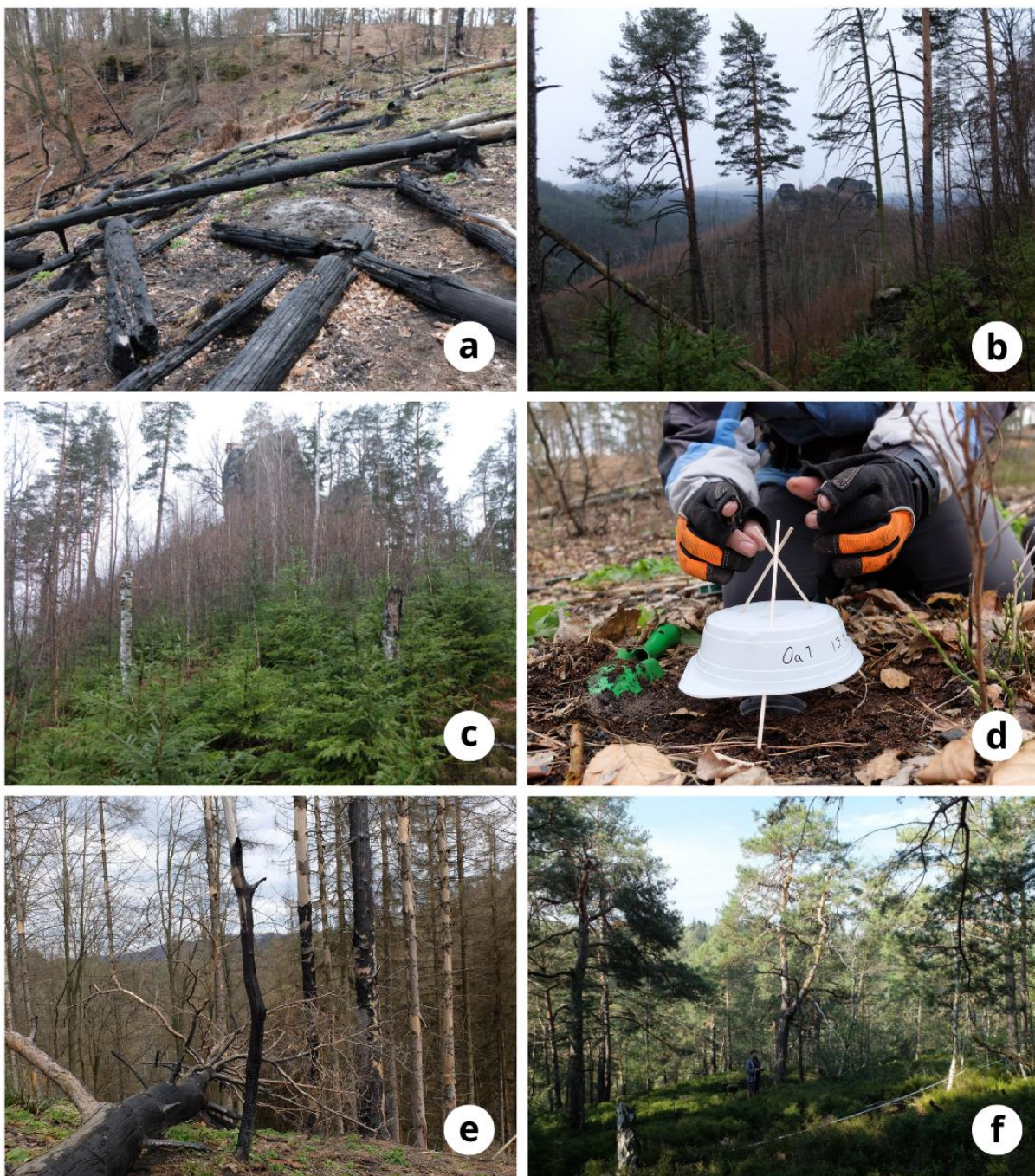
možné provést odhad přítomnosti a aktivity bezobratlých na počet pastí a časový úsek exponování pastí.

3.2.3 Zpracování vzorků

Determinaci vzorků jsem provedl pomocí stereomikroskopu Olympus SZX7 o maximálním zvětšení 56x. Náplň padacích pastí jsem pro snazší manipulaci a přehlednost pod mikroskopem přelil do Petriho misek (Obrázek 3). Organismy z pastí jsem následně roztřídil na základě jejich taxonomické příslušnosti. Jejich počty jsem zaznamenal a přepsal do tabulky.



Obrázek 3 – Vzorek opadové fauny z padacích pastí přelítý na Petriho misku, pohled z mikroskopu.



Obrázek 4 – Fotografická dokumentace ze sledované oblasti: a) Ohořelé kmeny stromů na lokalitě v blízké minulosti postižené intenzivním požárem. b) Vzdálený pohled na rozsáhlou spálenou plochu. c) Les zotavující se po požáru. Zbytky březových kmenů jsou postupně přerůstány mladými jehličnany. d) Instalace ochranné stříšky nad padací past. e) Viditelné požárové jizvy na kmenech stromů. f) Kontrolní lokalita.

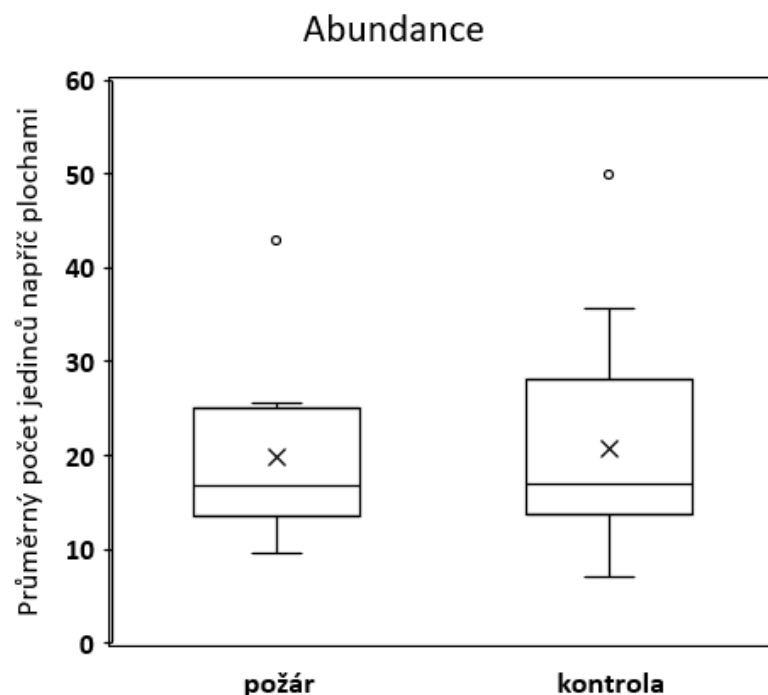
4 VÝSLEDKY

V rámci této práce jsem vyhodnotil abundanci (počet jedinců) a diverzitu (druhá rozmanitost) opadové fauny na šestnácti spálených plochách na území NP České Švýcarsko a NP Saské Švýcarsko. Na každé lokalitě byly rozmístěny tři padací pasti, stejně tak tomu bylo i na kontrolních lokalitách.

4.1 Abundance

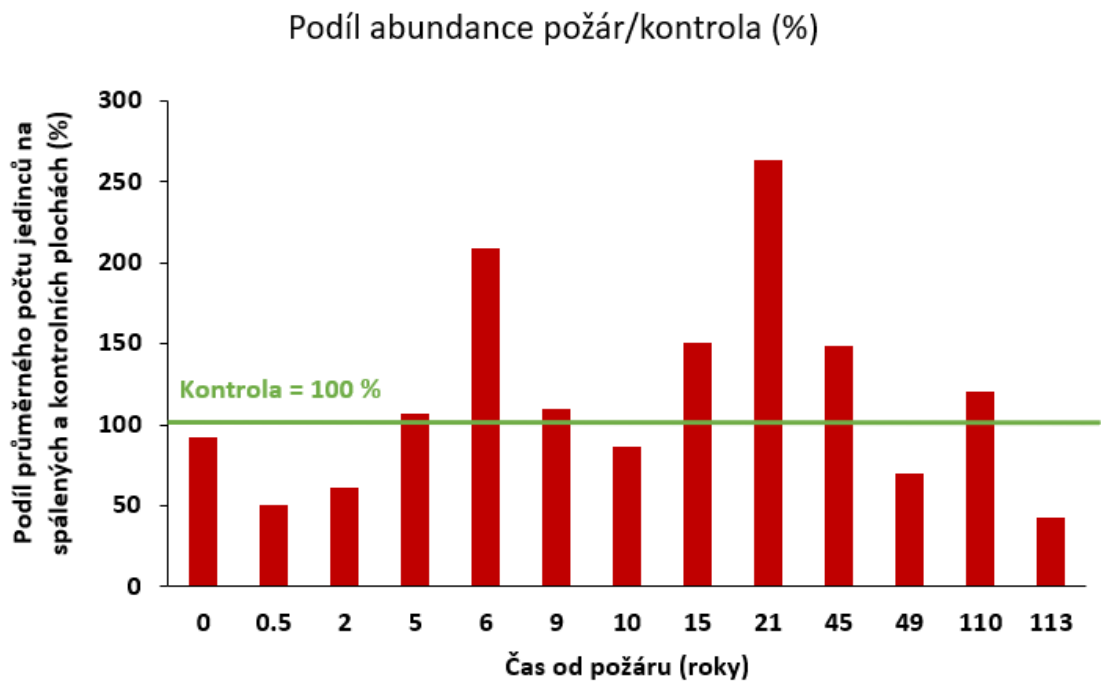
Celkem jsem identifikoval 1965 jedinců, které jsem roztrídil do 18 taxonů.

Průměrné hodnoty abundance se na spálených plochách pohybovaly v rozmezí od 9,7 (spálená plocha 110) do 43 (spálená plocha 21) organismů na plochu. Na kontrolních plochách se abundance pohybovala v rozmezí od 7 (kontrolní plocha 6) do 50 (kontrolní plocha 0,5) organismů na plochu. Průměry abundance spálených a kontrolních ploch jsou téměř identické, jak zobrazuje graf 4.



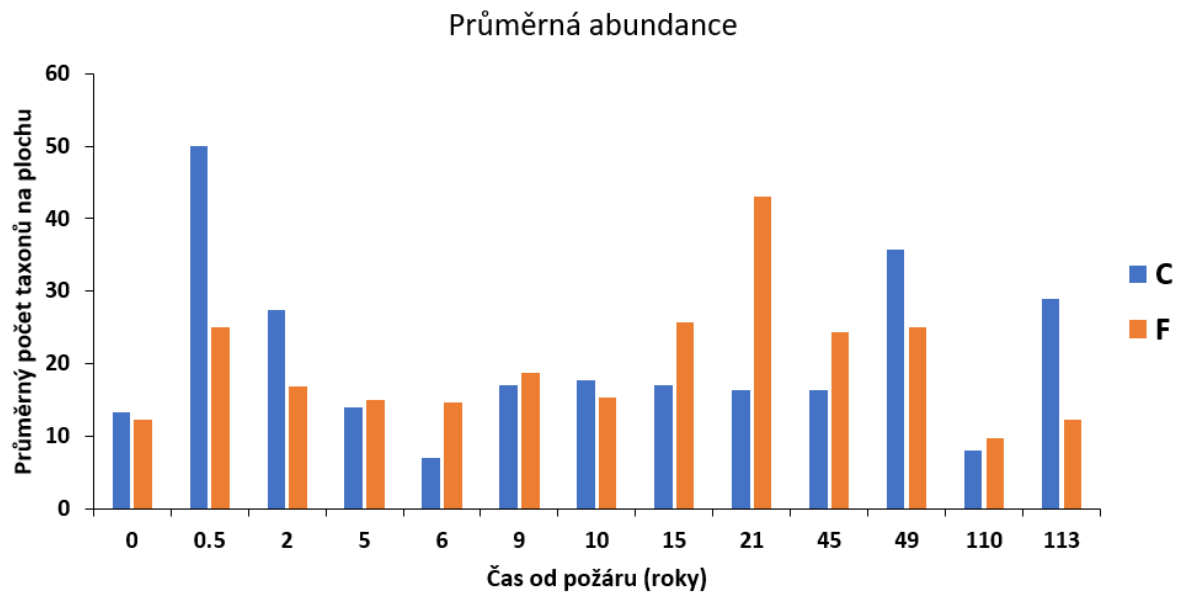
Graf 4 – Boxplot znázorňující zjištěnou průměrnou abundanci organismů na analyzovaných spálených (požár) a kontrolních plochách (kontrola). Osa y...průměrný počet jedinců napříč plochami, osa x...typ lokalit. Medián je vyznačen vodorovnou čarou uprostřed boxu, box samotný představuje rozpětí hlavní části dat (středních 50 %). Vousy znázorňují celkový rozsah dat, zatímco body spadající mimo tuto oblast (odlehlé hodnoty) jsou značeny prázdnými kroužky. Křížek značí průměr. Výsledky t-testu mezi požárem a kontrolou: $t = 0.20184$, $df = 22.111$, $p\text{-value} = 0.8419$.

Porovnání abundance na spálených a kontrolních plochách v čase po požáru v prvních měsících značí hladinu blíží se hodnotě průměrné abundance na kontrolních plochách. Průměrná abundance na půl roku starých shořelých plochách je v porovnání s kontrolou asi poloviční. Tyto hodnoty se postupně zvyšují do doby šesti let po požáru, kdy se zastaví na dvojnásobku hodnot kontrol. Dále průměrná relativní abundance kolísá bez zjevného trendu a s velkými rozdíly mezi roky. Zajímavé jsou obzvláště roky 6 a 21, u nichž dosahuje abundance výrazně vyšších hodnot. Detaily jsou patrné z grafu 5.



Graf 5 – Podíl průměrné abundance (počtu jedinců) na spálených plochách ku abudanci na kontrolních plochách vyjádřený v procentech. Hranice 100 % odpovídá průměrné abudanci na kontrolních plochách. Osa y...podíl průměrné abundance na spálených a kontrolních plochách, osa x...počet let po požáru.

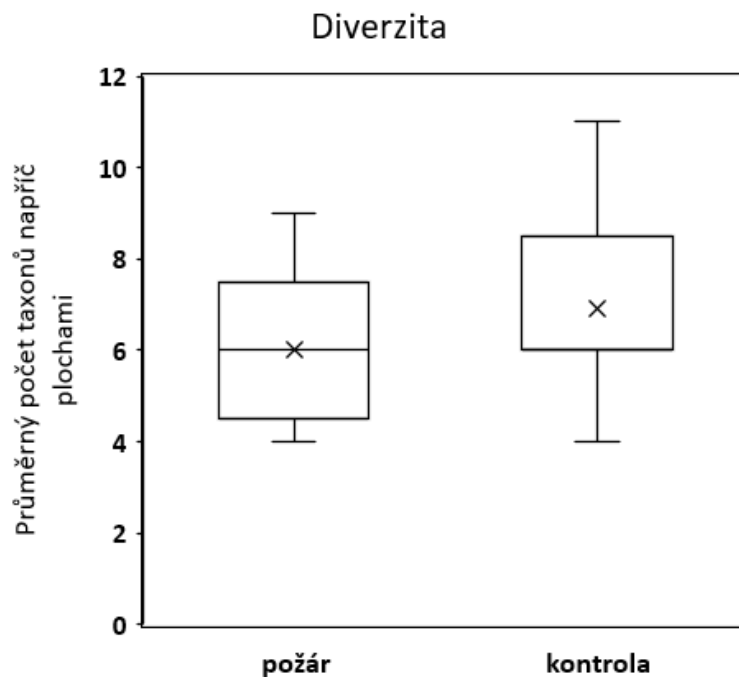
Více do detailu je abundance na spálených a kontrolních plochách vyobrazena v grafu 6.



Graf 6 – Porovnání abundance (počtu jedinců) opadové fauny na spálených (F) a kontrolních (C) plochách. Osa y...průměrná abundance na plochu, osa x...počet let po požáru.

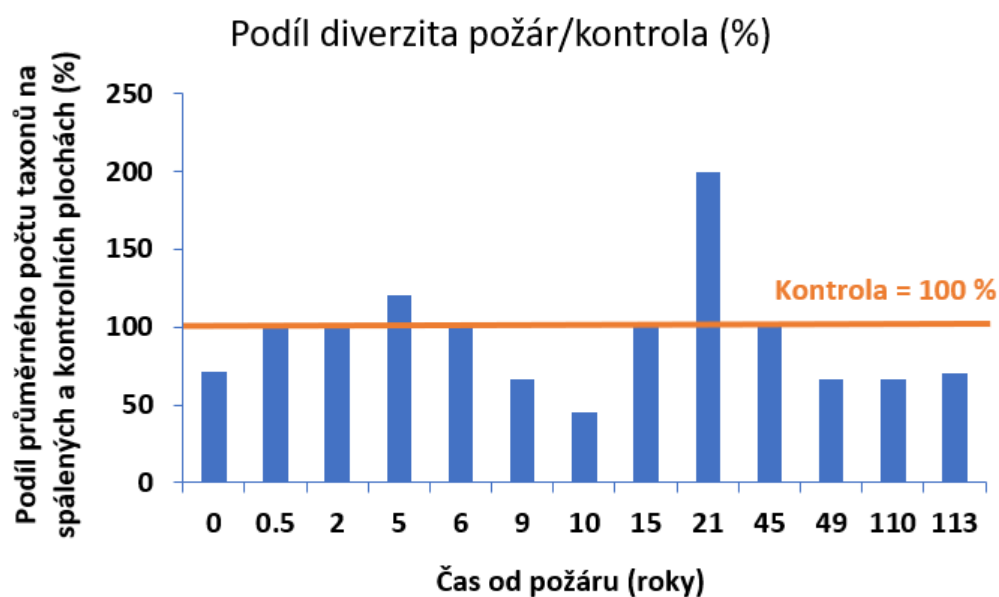
4.2 Diverzita

Průměrná diverzita (počet zastoupených taxonů na plochu) se mezi spálenými a kontrolními plochami významně nelišila. Na spálených plochách se pohybovala v rozmezí od 4 (spálená plocha 9 a 49) do 9 (spálená plocha 0,5) taxonů na plochu. Na kontrolních plochách se diverzita pohybovala v rozmezí od 4 (kontrolní plocha 21) do 11 (kontrolní plocha 10) taxonů na plochu. Průměr diverzity spálených ploch je o půl bodu vyšší s vyššími maximálními hodnotami, nicméně tento rozdíl není statisticky významný, jak je vidět na grafu 7.



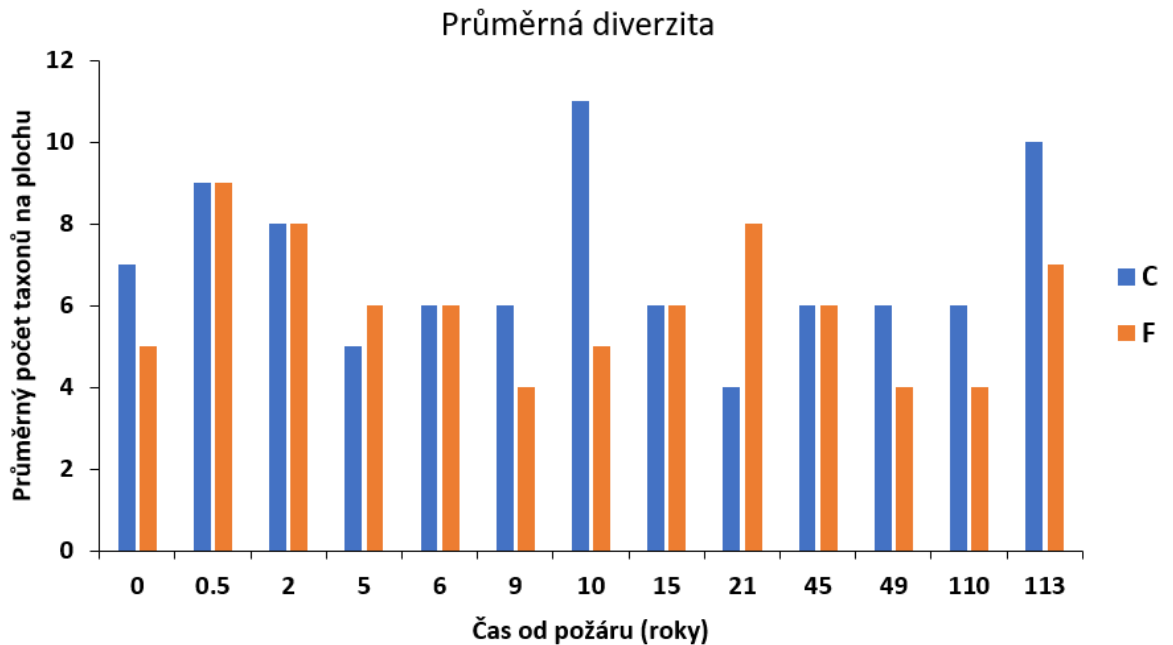
Graf 7 – Boxplot znázorňující zjištěnou průměrnou diverzitu opadové fauny na analyzovaných spálených (požár) a kontrolních plochách (kontrola). Osa y...průměrný počet taxonů napříč plochami, osa x...typ lokalit. Medián je vyznačen vodorovnou čarou uprostřed boxu, box samotný představuje rozpětí hlavní části dat (středních 50 %). Vousy znázorňují celkový rozsah dat, zatímco body spadající mimo tuto oblast (odlehle hodnoty) jsou značeny prázdnými kroužky. Křížek značí průměr. Výsledky t-testu mezi požárem a kontrolou: $t = 1.2816$, $df = 22.994$, $p\text{-value} = 0.2127$.

Diverzita na spálených a kontrolních plochách v čase po požáru do pěti let do požáru stabilně roste, přičemž hodnot kontrolních ploch dosáhne již po půl roce. Po pátém roce se trend obrací a relativní diverzita klesá až do desátého roku, kdy dosáhne svého minima. Následuje prudký nárůst vrcholící (stejně jako abundance) 21 let po požáru. Hodnoty pak stejným tempem klesají a drží se mírně nadpolovičních hodnot v průměru tedy nelze vysledovat žádný jasný trend (Graf 8).



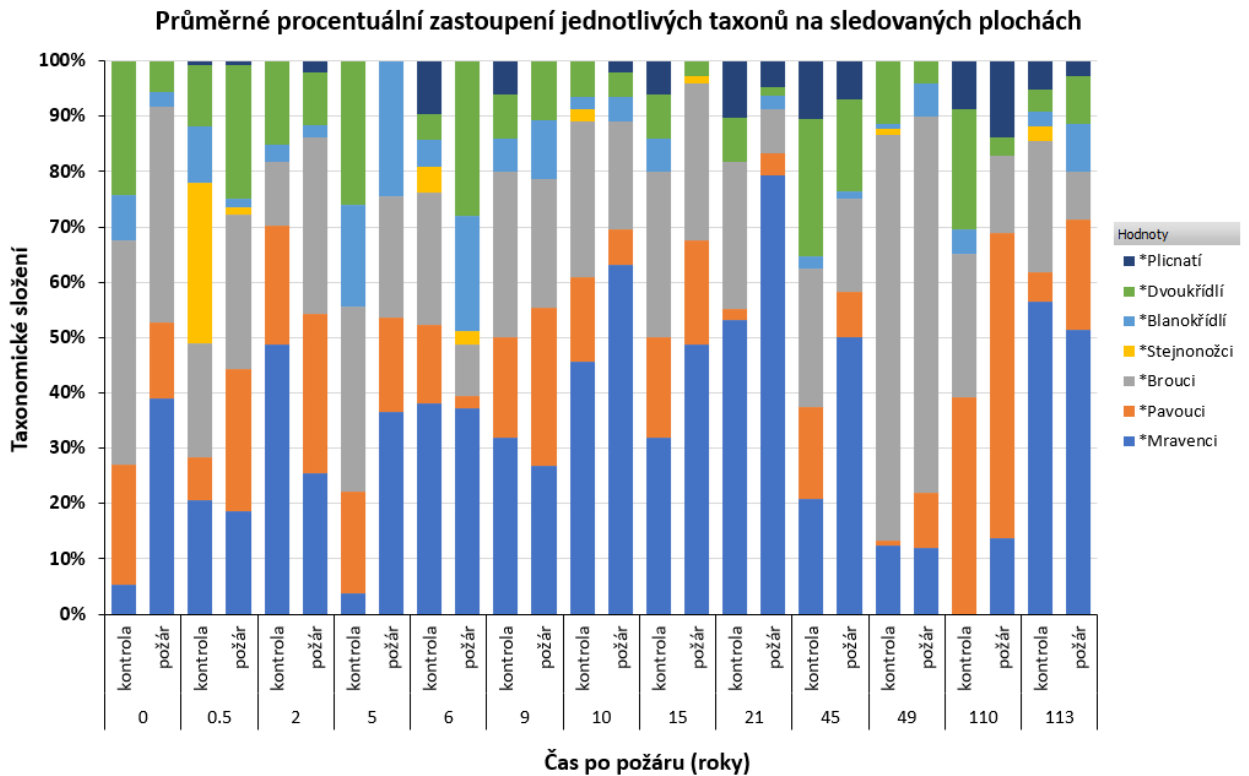
Graf 8 – Podíl průměrné diverzity (počtu taxonů opadové fauny) na spálených plochách ku diverzitě na kontrolních plochách vyjádřený v procentech. Hranice 100 % odpovídá průměrné diverzitě na kontrolních plochách. Osa y...podíl průměrné diverzity na spálených a kontrolních plochách, osa x...počet let po požáru.

Více do detailu je diverzita na spálených a kontrolních plochách vyobrazena v grafu 9. Opět vyniká výrazný nepoměr diverzity na spáleníšti a kontrole v letech 10 a 21 po požáru, nicméně celkové rozdíly ukazují souhrnně drobný, ale statisticky nevýznamný nárůst diversity na kontrolních plochách.



Graf 9 – Porovnání diverzity (počtu taxonů) opadové fauny na spálených (F) a kontrolních (C) plochách. Osa y...průměrná diverzita na plochu, osa x...počet let po požáru.

Poměrné zastoupení taxonů (vyjádřeno v procentech) na jednotlivých plochách je zobrazeno na grafu 10. Zde je patrné rozložení dominantních taxonů v rámci jednotlivých ploch. Napříč plochami je patrná dominance mravenců, brouků a pavouků. V některých případech (např. kontrola plochy 21 let po požáru či kontroly i spálené plochy roku 49) jedna skupina v abundanci výrazně dominuje nad ostatními, které jsou zastoupeny nižšími jednotkami jedinců.



Graf 10 – Grafické znázornění poměrného zastoupení taxonů (v procentech) na spálených a kontrolních plochách. Zobrazeny jsou jen ty taxony, které byly zastoupeny více jak jedním procentem abundance napříč vzorky. Osa y...procentuální zastoupení taxonů, osa x...počet let po požáru.

Nejvíce jsou ve vzorcích zastoupeni mravenci, kteří tvoří přes 34 % z celkového počtu nalezených jedinců. V těsném závěsu se drží brouci s 27 %. Následují skupiny pavouků a dvoukřídlých, jež jsou obě zastoupeny více než 10 % jedinců. Jako další jsou blanokřídlí (5,2 %), stejnonožci (3,2 %) a plicnatí (2,8 %). Další skupiny byly zastoupeny výrazně nižším počtem jedinců (<1 %) (Tabulka 1).

Tabulka 1 – Průměrná abundance jednotlivých taxonů opadové fauny vyjádřena v počtech jedinců a procentuálním zastoupením v celkové abundanci. Celkový počet nalezených jedinců všech skupin byl 1965, červeně označené taxony byly zastoupeny méně než jedním procentem abundance.

TAXON	průměrná abundance	%	Směrodatná odchylka
mravenci	6.9	34.3	6.5
brouci	5.5	27.0	1.6
pavouci	2.7	13.5	1.6
dvoukřídlí	2.1	10.3	5.1
blanokřídlí	1.1	5.2	0.3
stejnonožci	0.6	3.2	0.4
plicnatí	0.6	2.8	2.7
mnohonožky	0.2	0.8	1.2
roztoci	0.1	0.7	0.1
stonožky	0.1	0.6	0.7
rovnokřídlí	0.1	0.5	0.2
polokřídlí	0.1	0.3	0.2
švábi	0.1	0.3	0.1
motýli	0.0	0.2	0.0
škvoři	0.0	0.2	0.1
křídlatí	0.0	0.1	0.2
plochule	0.0	0.1	0.2
sekáči	0.0	0.0	0.1

Z výsledků je patrná vysoká variabilita hodnot abundance i diverzity v rámci jednotlivých let a lokalit. Těsně po požáru je patrný náznak poklesu abundance i diversity, nicméně obecně není vliv požáru na opadovou faunu na plochách již po pátém roce zaznamenatelný.

5 DISKUZE

Celkem jsem na 16 spálených a odpovídajících kontrolních plochách našel 1965 jedinců opadové fauny z 18 taxonů.

Dle očekávání jsou rozdíly mezi abundancí a diverzitou spálených a kontrolních ploch pozorovatelné nanejvýš prvních několik let po požáru. Počáteční rychlý úbytek opadové fauny lze přisoudit požáru jako takovému a okamžitým změnám prostředí, jako např. nedostatku opadu spolu s přehříváním nově odhaleného půdního povrchu, nebo změněným půdním podmínkám. Déle po požáru ztrácejí tyto rozdíly na významu, jelikož se mění velmi nepravidelně. Zdá se proto, že výkyvy hodnot abundance i diverzity v pozdějších letech nevykazují žádnou viditelnou souvislost s proběhlým požárem.

Jako příklad lze uvést plochu zkoumanou 21 let po požáru, kde jsme schopni náhlou změnu trendu odůvodnit. Na této ploše byl nalezen vysoký počet mravenců, což výrazně ovlivnilo souhrnné výsledky abundance. Za touto výchytkou stojí pravděpodobně blízkost hnízda či hnízd druhu mravence *Myrmica ruginodis*, a to v celkových počtech 90 jedinců na plochu. Proto je hodnota abundance 21 let po požáru tak vysoká a vymyká se ostatním plochám. Výskyt hnízd sociálního hmyzu je u sběru dat z padacích pastí obvyklým problémem. Data jsou totiž náhodně a nerovnoměrně ovlivněna výskytem kolonií v prostoru. Nicméně v tomto případě nález naznačuje fakt, že po dvaceti jedna letech po požáru se na požárové ploše nacházejí rozvinuté kolonie mravenců.

Z výsledků vyplývá, že přítomnost maloplošného požáru v krajině nemá na výskyt opadové makrofauny žádný dlouhodobý vliv. To je v rozporu s výsledky ze stejného území, kde půdní vlastnosti odrážely vliv shoření až do roku 100 po požáru a půdní mikrobiální společenstva do 45 let po požáru (Jílková a kol., 2023). Podobně pak reagovaly sukcesní komunity rostlin (Adámek a kol., 2016). Pokud by reakce zjištěná v naší studii byla naměřena i u jiných skupin mobilních organismů, znamenalo by to, že maloplošné požáry nemají na diverzitu více pohyblivých půdních organismů dlouhodobě negativní vliv. To by odporovalo tradičnímu pojetí požárů jako závažné disturbance a rizika pro prostředí. Tento závěr naopak podporuje moderní přístup k lesnímu hospodářství, jenž chápe požáry jako důležité krajinotvorné činitele a uznává potřebu udržování požárového režimu krajiny.

Srovnávat dosažené výsledky s ostatními studii na téma půdní či opadové makrofauny je složité. Na území České republiky výzkum takového rozsahu nemá předchůdce a zahraniční

práce jsou ve svých metodách i výsledcích často nejednotné. Výjimku představuje několik často spolupracujících evropských autorů, kteří se tématem požárů a jejich vlivu na půdní faunu intenzivně zabývají. Výsledky dosažené v této práci se částečně shodují se závěry studie od Gongalsky a kol. (2013), ve které se také zaměřili na půdní makrofaunu lesů mírného pásu Evropy. Zde ovšem zaznamenali nárůst o poznání pomalejší: šest let po požáru hodnoty biomasy půdní makrofauny dosahovaly zhruba na 40-60 % biomasy na kontrolních stanovištích. Zaitsev a kol. (2014) se blíže zaměřili na jednu ze sledovaných lokalit Gongalsky a kol. (2013), nacházející se ve středním Švédsku, a sedm let po požáru pozorovali zotavení půdní fauny zhruba na 35% kontrolních hodnot. Stejných výsledků dosáhla Malmström a kol. (2009), která svůj výzkum, probíhající s odstupem pěti let po požáru, rovněž situovala ve Švédsku.

Rozdíly v trvání zotavení půdní fauny mezi touto prací a obdobnými studii v Evropě lze přisoudit intenzitě a rozsahu sledovaných požárů, které v případech výše zasáhly zpravidla větší plochy než v této práci. Požáry s nižší intenzitou zasáhnou pouze svrchní vrstvy půdy, čímž umožňují přežití organismům schovaným hlouběji pod povrchem. Méně intenzivní hoření také vede k častějšímu výskytu a větší rozloze refugií – stanovišť, která byla požárem zasažena v menší míře. S menším rozsahem požáru se snižuje také vzdálenost okolních nezasážených částí lesa od středu spálené plochy. Oba faktory rekolonizaci spáleniště významně urychlují (Gongalsky a kol., 2012).

Dalším faktorem, který má podíl na různorodých výsledcích déle po požáru je vysoká variabilita komunit na požárových i kontrolních plochách, kterou jsme zaznamenali napříč celým sledovaným územím. To se ovšem dalo vzhledem k charakteru NP České Švýcarsko očekávat. Jedná se o heterogenní území s mnoha porostními typy a vysokou variabilitou mikroklimatických podmínek od vrcholků skalních věží po stinná vlhká údolí. Tato variabilita mezi plochami pak přehlušuje efekt požáru na měřené proměnné mezi plochami požárovými a kontrolními. Problém je také kvalita a vypovídací hodnota kontrolních ploch. Ačkoli kontroly byly vybírány s velkým zřetelem na podobnost s plochou shořelou, často nebylo možné takovou plochu stanovit v blízkosti shořelé plochy. Tím se ve výsledcích nutně projevil i efekt prostorové variability.

6 ZÁVĚR

Tato práce je součástí v České republice unikátního výzkumu požárů, jenž aktuálně probíhá pod záštitou Akademie věd České republiky. Jedná se přitom o historicky první studii takového rozsahu na našem území, jež se zabývá vlivem požárů na půdní faunu.

Hlavním poznatkem této studie je zjištění, že maloplošné požáry nemají na opadovou faunu z dlouhodobého hlediska žádný významný vliv. Možným důvodem je vysoká mobilita opadové fauny, jež vyúsťuje v rychlou rekolonizaci spálených ploch i přes ztrátu životního prostoru a potravního zdroje ve formě opadu a mrtvého dřeva. Celkově tedy požár na populaci a diverzitu opadové fauny nemá dlouhodobý negativní vliv, narozdíl od půdních vlastností a méně mobilní půdní meso- a mikrofauny.

V porovnání s obdobnými studii na evropském území bylo zaznamenáno rychlejší zotavení opadové fauny. Jedná se pravděpodobně o důsledek malého rozsahu požárů na tomto území, který opadové fauně dovoluje rychlou migraci z požáry nezasaženého okolí, hlubších vrstev půdy a z částí spálené plochy, kde nebyl požár tak intenzivní. Naše výsledky navíc naznačují resilienci daného území vůči maloplošným a méně intenzivním požárům, které jsou pro tento habitat typické, a na něž je místní fauna pravděpodobně přizpůsobená. Tato vlastnost prostředí ovšem závisí na zachování původního složení dřevin a přirozeném vývoji přírodních procesů, včetně požárů.

Jako možné důvody pro vysokou variabilitu získaných dat se nabízejí heterogenita daného území a hraniční počet opakování na plochu. Studie byla omezena také tím, že bylo možné srovnávat pouze spálené plochy s odpovídajícími kontrolními plochami. Ideálním experimentem by bylo sledování lokality před požárem, jeho následné vyvolání, a poté sledování budoucího vývoje. Umělé vyvolání požárů je v ČR zatím nerealizovatelné, ale lze předpokládat, že na sledovaných lokalitách v budoucnu dojde k dalšímu hoření, takže díky našemu výzkumu budou dostupná data před i po požáru. Pokud by se navíc podařilo dohledat dostatek dat o požárech i z jiných oblastí ČR, bylo by vhodné provést více studií, jako je tato. V rámci probíhajícího výzkumu se rovněž sleduje postupná sukcese požárových ploch s vyšší intenzitou a rozsahem.

7 POUŽITÁ LITERATURA

Adámek, M., Bobek, P., Hadincová, V., Wild, J., & Kopecký, M. (2015). Forest fires within a temperate landscape: a decadal and millennial perspective from a sandstone region in Central Europe. *Forest Ecology and Management*, 336, 81-90.

Adámek, M., Hadincová, V., & Wild, J. (2016). Long-term effect of wildfires on temperate *Pinus sylvestris* forests: Vegetation dynamics and ecosystem resilience. *Forest Ecology and Management*, 380, 285-295.

Athias-Binche, F., Briard, J., Fons, R., & Sommer, F. (1987). Study of ecological influence of fire on fauna in Mediterranean ecosystems (soil and above-ground layer). Patterns of post-fire recovery. *Ecologia mediterranea*, 13(4), 135-154.

Ayars, J., Kramer, H. A., & Jones, G. M. (2023). The 2020 to 2021 California megafires and their impacts on wildlife habitat. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 120(48), e2312909120.

Barrios, E. (2007). Soil biota, ecosystem services and land productivity. *Ecological economics*, 64(2), 269-285.

Belisová, N. (2006). Historické záznamy o požárech v Českém Švýcarsku. *Minulosti Českého Švýcarska. Sborník příspěvků z Hist. Semin*, 118-136.

Berna, F., Goldberg, P., Horwitz, L. K., Brink, J., Holt, S., Bamford, M., & Chazan, M. (2012). Microstratigraphic evidence of in situ fire in the Acheulean strata of Wonderwerk Cave, Northern Cape province, South Africa. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 109(20), E1215-E1220.

Beyers, J. L., Neary, D. G., Ryan, K. C., & DeBano, L. F. (2005). *Wildland fire in ecosystems: effects of fire on soil and water*. United States Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station.

Bobek, P. (2023). Požárový režim temperátních ekosystémů: současný stav poznání. *Živa* 5/2023 str. 215-217. <https://ziva.avcr.cz/2023-5/pozarovy-rezim-temperatnich-ekosystemu-soucasny-stav-poznani.html>

Bowman, D. M., Balch, J., Artaxo, P., Bond, W. J., Cochrane, M. A., D'antonio, C. M., ... & Swetnam, T. W. (2011). The human dimension of fire regimes on Earth. *Journal of biogeography*, 38(12), 2223-2236.

Burney, D. A., & Flannery, T. F. (2005). Fifty millennia of catastrophic extinctions after human contact. *Trends in Ecology & Evolution*, 20(7), 395-401.

CIFFC (2017). *Canadian Wildland Fire Management Glossary*.

De Rigo, D., Libertà, G., Durrant, T. H., Vivancos, T. A., & San-Miguel-Ayanz, J. (2017). *Forest fire danger extremes in Europe under climate change: variability and uncertainty* (Doctoral dissertation, Publications Office of the European Union).

Decaëns, T. (2010). Macroecological patterns in soil communities. *Global Ecology and Biogeography*, 19(3), 287-302.

Did humans transform Australia with fires? (2005). NBC News.

<https://www.nbcnews.com/id/wbna8498614>

DW. (2022). *Europe set for record wildfire land loss in 2022*. Deutsche Welle.

<https://www.dw.com/en/europe-set-for-record-wildfire-destruction-in-2022/a-62802068>

Ehnström, B., Gärdenfors, U., & Lindelöw, Å. (1993). Rodlistade evertetrater i Sverige. [Red-listed evertetrates in Sweden]. *Databanken För Hotade Arter*, 1–69.

Fire weather: Heat, dryness, and wind are driving wildfires in the Western U.S. | *PreventionWeb*. (2021). www.preventionweb.net.

<https://www.preventionweb.net/publication/fire-weather-heat-dryness-and-wind-are-driving-wildfires-western-us>

Francé, R.H. (1921). *Das Edaphon. Untersuchungen zur Oekologie der bodenbewohnenden Mikroorganismen*. Stuttgart, Franckh'sche Verlagshandl.

Gongalsky, K. B., & Persson, T. (2013). Recovery of soil macrofauna after wildfires in boreal forests. *Soil biology and biochemistry*, 57, 182-191.

Gongalsky, K. B., Malmström, A., Zaitsev, A. S., Shakhb, S. V., Bengtsson, J., & Persson, T. (2012). Do burned areas recover from inside? An experiment with soil fauna in a heterogeneous landscape. *Applied Soil Ecology*, 59, 73-86.

Hylander, K. (2011). The response of land snail assemblages below aspens to forest fire and clear-cutting in Fennoscandian boreal forests. *Forest Ecology and Management*, 261(11), 1811-1819.

IAWF (2017). Prescribed Fire: a tool for our time. - *International Association of Wildland Fire*. <https://www.iawfonline.org/article/prescribed-fire-a-tool-for-our-time/>

Jílková, V. (2023). *Půdní živote, nedej se!* Strategie AV21. Str. 5

Jolly, W. M., Cochrane, M. A., Freeborn, P. H., Holden, Z. A., Brown, T. J., Williamson, G. J., & Bowman, D. M. (2015). Climate-induced variations in global wildfire danger from 1979 to 2013. *Nature communications*, 6(1), 7537.

Kane, J. (2024, January 7). forest fire. *Encyclopedia Britannica*.
<https://www.britannica.com/science/forest-fire>

Kiss, L., Magnin, F. (2003). The impact of fire on some Mediterranean land snail communities and patterns of post-fire recolonization. *Journal of Molluscan Studies*, 69(1), 43-53.

Kmet, P., Blažej, L., Tkoč, M. (2023). Pyrofilní hmyz – milovníci ohně, kouře a spáleníšť. *Živa* 5/2023 str. 253-257.

Kuneš, P. (2023). Ohňová Země. *Živa* 5/2023 str. 212. <https://ziva.avcr.cz/2023-5/ohnova-zeme.html>

Lindsey, R., & Dahlman, L. (2024). *Climate Change: Global Temperature*. Climate.gov; NOAA. <https://www.climate.gov/news-features/understanding-climate/climate-change-global-temperature>

Malmström, A., Persson, T., Ahlström, K., Gongalsky, K. B., & Bengtsson, J. (2009). Dynamics of soil meso-and macrofauna during a 5-year period after clear-cut burning in a boreal forest. *Applied Soil Ecology*, 43(1), 61-74.

- Marlon, J. R., Bartlein, P. J., Danialu, A. L., Harrison, S. P., Maezumi, S. Y., Power, M. J., ... & Vanni re, B. (2013). Global biomass burning: a synthesis and review of Holocene paleofire records and their controls. *Quaternary Science Reviews*, 65, 5-25.
- Marlon, J. R., Bartlein, P. J., Danialu, A. L., Harrison, S. P., Maezumi, S. Y., Power, M. J., ... & Vanni re, B. (2013). Global biomass burning: a synthesis and review of Holocene paleofire records and their controls. *Quaternary Science Reviews*, 65, 5-25.
- Marlon, J. R., Bartlein, P. J., Gavin, D. G., Long, C. J., Anderson, R. S., Briles, C. E., ... & Walsh, M. K. (2012). Long-term perspective on wildfires in the western USA. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 109(9), E535-E543.
- Merriam-Webster. (n.d.). Pyrophilous. In Merriam-Webster.com dictionary. Zisk no 17.12.2023 z <https://www.merriam-webster.com/dictionary/pyrophilous>
- Montgomery, D. R. (2012). *Dirt: The erosion of civilizations*. Univ of California press.
- Moretti, M., Duelli, P., & Obrist, M. K. (2006). Biodiversity and resilience of arthropod communities after fire disturbance in temperate forests. *Oecologia*, 149, 312-327.
- O'Neill, A. (2020). *Global population 10,000BCE-2100*. Statista. <https://www.statista.com/statistics/1006502/global-population-ten-thousand-bc-to-2050/>
- Parisien, M. A., Barber, Q. E., Hirsch, K. G., Stockdale, C. A., Erni, S., Wang, X., ... & Parks, S. A. (2020). Fire deficit increases wildfire risk for many communities in the Canadian boreal forest. *Nature communications*, 11(1), 2121.
- Pausas, J. G., & Keeley, J. E. (2019). Wildfires as an ecosystem service. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 17(5), 289–295.
- Pechony, O., & Shindell, D. T. (2010). Driving forces of global wildfires over the past millennium and the forthcoming century. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 107(45), 19167-19170.
- Perry, G. L., Wilmshurst, J. M., McGlone, M. S., McWethy, D. B., & Whitlock, C. (2012). Explaining fire-driven landscape transformation during the Initial Burning Period of New Zealand's prehistory. *Global Change Biology*, 18(5), 1609-1621.

- Rule, S., Brook, B. W., Haberle, S. G., Turney, C. S., Kershaw, A. P., & Johnson, C. N. (2012). The aftermath of megafaunal extinction: ecosystem transformation in Pleistocene Australia. *Science*, 335(6075), 1483-1486.
- Scott, A. C. (2000). The Pre-Quaternary history of fire. *Palaeogeography, palaeoclimatology, palaeoecology*, 164(1-4), 281-329.
- Sedláček, O. (2023). Umíme zacházet s ohněm? *Živa* 5/2023 str. 270.
<https://ziva.avcr.cz/2023-5/umime-zachazet-s-ohnem.html>
- Šantrůčková, H. (2018). *Ekologie půdy*. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích.
- Šimek, M. (2019). *Živá půda*. Academia. Str. 273
- Tracking Canada's Extreme 2023 Fire Season*. (2023). Earthobservatory.nasa.gov.
<https://earthobservatory.nasa.gov/images/151985/tracking-canadas-extreme-2023-fire-season#:~:text=As%20of%20late%20October%202023>
- Tůma, J. (2023). Vliv požárů na půdní faunu. *Živa* 5/2023 str. 248-250.
- van Mantgem, E. F., Keeley, J. E., & Witter, M. (2015). Faunal responses to fire in chaparral and sage scrub in California, USA. *Fire Ecology*, 11(3), 128-148.
- Vancura, V. (2023). *Paradox of fire suppression*. European Wilderness Society.
<https://wilderness-society.org/paradox-of-fire-suppression/>
- Wallwork, J. A. (1970). Ecology of soil animals. *Ecology of soil animals*.
- Wasserman, T. N., & Mueller, S. E. (2023). Climate influences on future fire severity: A synthesis of climate-fire interactions and impacts on fire regimes, high-severity fire, and forests in the western United States. *Fire Ecology*, 19(1), 43.
- Wikars, L. O. (1997). *Effects of forest fire and the ecology of fire-adapted insects* (pp. 7-29). Uppsala, Sweden: Acta Universitatis Upsaliensis.
- Wikipedia Contributors. (2023). 2019–20 Australian bushfire season. Wikipedia; Wikimedia Foundation.
https://en.wikipedia.org/wiki/2019%E2%80%9320_Australian_bushfire_season#cite_note-19

Williams, A. P., Abatzoglou, J. T., Gershunov, A., Guzman-Morales, J., Bishop, D. A., Balch, J. K., & Lettenmaier, D. P. (2019). Observed impacts of anthropogenic climate change on wildfire in California. *Earth's Future*, 7(8), 892-910.

Williams, J. N., Safford, H. D., Enstice, N., Steel, Z. L., & Paulson, A. K. (2023). High-severity burned area and proportion exceed historic conditions in Sierra Nevada, California, and adjacent ranges. *Ecosphere*, 14(1), e4397.

Zaitsev, A. S., Gongalsky, K. B., Malmström, A., Persson, T., & Bengtsson, J. (2016). Why are forest fires generally neglected in soil fauna research? A mini-review. *Applied soil ecology*, 98, 261-271.

Zaitsev, A. S., Gongalsky, K. B., Persson, T., & Bengtsson, J. (2014). Connectivity of litter islands remaining after a fire and unburnt forest determines the recovery of soil fauna. *Applied Soil Ecology*, 83, 101-108.

8 SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK

Graf 1 – Růst lidské populace v čase (Statista Search Department, 2019).	11
Graf 2 – Globální trend akumulace sedimentárních uhlíků (indikace množství požárů) za posledních 12 tisíc let v souvislosti s rozvojem zemědělství. Červená křivka ukazuje trend pomocí lokálně váženého vyhlazování (LOWESS). Spodní zelenožlutá křivka znázorňuje globální odhad obhospodařované plochy. Převzato z Kumeš, Živa 5/23 (originál: J. R. Marlon a kol., 2013).	12
Graf 3 – Rozdělení živočichů podle šířky (tloušťky) těla. Zde je dobře patrné nejednoznačné rozdělení taxonů do velikostních kategorií. Některými autory je rozlišována také půdní megafauna (>20 mm). Převzato z Šimek a kol. (2019), původní zdroj Swift a kol. (1979).....	16
Graf 4 – Boxplot znázorňující zjištěnou průměrnou abundanci organismů na analyzovaných spálených (požár) a kontrolních plochách (kontrola). Osa y...průměrný počet jedinců napříč plochami, osa x...typ lokalit. Medián je vyznačen vodorovnou čarou uprostřed boxu, box samotný představuje rozpětí hlavní části dat (středních 50 %). Vousy znázorňují celkový rozsah dat, zatímco body spadající mimo tuto oblast (odlehle hodnoty) jsou značeny prázdnými kroužky. Křížek značí průměr. Výsledky t-testu mezi požárem a kontrolou: $t = 0.20184$, $df = 22.111$, $p\text{-value} = 0.8419$	26
Graf 5 – Podíl průměrné abundance (počtu jedinců) na spálených plochách ku abundanci na kontrolních plochách vyjádřený v procentech. Hranice 100 % odpovídá průměrné abundanci	

na kontrolních plochách. Osa y...podíl průměrné abundance na spálených a kontrolních plochách, osa x...počet let po požáru.....	27
Graf 6 – Porovnání abundance (počtu jedinců) opadové fauny na spálených (F) a kontrolních (C) plochách. Osa y...průměrná abundance na plochu, osa x...počet let po požáru.....	28
Graf 7 – Boxplot znázorňující zjištěnou průměrnou diverzitu opadové fauny na analyzovaných spálených (požár) a kontrolních plochách (kontrola). Osa y...průměrný počet taxonů napříč plochami, osa x...typ lokalit. Medián je vyznačen vodorovnou čarou uprostřed boxu, box samotný představuje rozpětí hlavní části dat (středních 50 %). Vousy znázorňují celkový rozsah dat, zatímco body spadající mimo tuto oblast (odlehle hodnoty) jsou značeny prázdnými kroužky. Křížek značí průměr. Výsledky t-testu mezi požárem a kontrolou: $t = 1.2816$, $df = 22.994$, $p\text{-value} = 0.2127$	29
Graf 8 – Podíl průměrné diverzity (počtu taxonů opadové fauny) na spálených plochách ku diverzitě na kontrolních plochách vyjádřený v procentech. Hranice 100 % odpovídá průměrné diverzitě na kontrolních plochách. Osa y...podíl průměrné diverzity na spálených a kontrolních plochách, osa x...počet let po požáru.....	30
Graf 9 – Porovnání diverzity (počtu taxonů) opadové fauny na spálených (F) a kontrolních (C) plochách. Osa y...průměrná diverzita na plochu, osa x...počet let po požáru.....	31
Graf 10 – Grafické znázornění poměrného zastoupení taxonů (v procentech) na spálených a kontrolních plochách. Zobrazeny jsou jen ty taxony, které byly zastoupeny více jak jedním procentem abundance napříč vzorky. Osa y...procentuální zastoupení taxonů, osa x...počet let po požáru.	32
Obrázek 1 – Rozdíly v intenzitě požárů a jejich následcích na vegetaci. Převzato z The Washington Post (2022), originál z Andrew Sullivan/CSIRO (2021). Upraveno.	19
Obrázek 2 – Mapa sledované plochy s vyznačenými lokalitami sběru vzorků. Místa, na kterých hořelo, jsou označena červeně (ikona plamene). Odpovídající lokace ohněm nedotčeny (kontroly) jsou zakresleny zelenými stromky. Lokality požárů a kontrol jsou často blízko sebe, proto se ikony v některých případech překrývají. V pravém horním rohu je zkoumaná oblast vyznačena na mapě České republiky.	23
Obrázek 3 – Vzorek opadové fauny z padacích pastí přelitý na Petriho misku, pohled z mikroskopu.	24
Obrázek 4 – Fotografická dokumentace ze sledované oblasti: a) Ohořelé kmeny stromů na lokalitě v blízké minulosti postižené intenzivním požárem. b) Vzdálený pohled na rozsáhlou spálenou plochu. c) Les zotavující se po požáru. Zbytky březových kmenů jsou postupně přerůstány mladými jehličnany. d) Instalace ochranné stříšky nad padací past. e) Viditelné požárové jizvy na kmenech stromů. f) Kontrolní lokalita.	25

Tabulka 1 – Průměrná abundance jednotlivých taxonů vyjádřena v počtech jedinců a procentuálním zastoupením v celkové abundanci. Celkový počet nalezených jedinců všech skupin byl 1965, červeně označené taxony byly zastoupeny méně než jedním procentem abundance.....33