

**Univerzita Karlova**

**Přírodovědecká fakulta**

Studijní program: Biologie

Studijní obor: Botanika

Studijní specializace: Geobotanika



**Bc. Kateřina Mrkvičková**

***Archeobotanická data jako nástroj poznání minulosti synantropní vegetace – metodická studie zaměřená na vlastnosti rostlin***

*Archaeobotanical data as a tool for understanding history of synanthropic vegetation – a methodological study focused on traits of plants*

Diplomová práce

Vedoucí práce: Mgr. Adéla Pokorná, Ph.D.

Praha, 2021

## **Poděkování**

*Prvně bych ráda poděkovala své školitelce Adéle Pokorné, která mě podporovala a podporuje na mé cestě za archeobotanikou. Ráda bych jí poděkovala za její odborné vedení, vstřícný přístup, trpělivost a čas, který mi věnovala. Děkuji, že jsem se na ni mohla kdykoliv obrátit s prosbou o radu a vždy jsem se setkala s obrovskou ochotou poradit.*

*Dále bych ráda poděkovala Tomáši Herbenovi, který mě velmi ochotně provázel všemi statistickými analýzami v této práci. Vždy jsem se na něj mohla obrátit s prosbou o radu.*

*Další velké dík patří autorům dat z Archeobotanické databáze České republiky, a to konkrétně mé školitelce Adéle Pokorné, Věře Čulíkové, Veronice Komárkové, Saše Bernardové, Petru Kočárovi, Emanuelu Opravilovi a Františku Holému, za poskytnutí archeobotanických dat pro moji práci.*

*Ráda bych také poděkovala autorům z databázi Pladias a Leda za poskytnutí vlastností rostlin pro mé analýzy.*

*Také bych ráda poděkovala Petru Čechovi za umožnění zpracování archeobotanických vzorků z lokality Nesvětice.*

*Velký dík patří všem mým přátelům zejména za trpělivost a podporu v průběhu psaní této práce.*

*Největší dík patří mé rodině za to, že tu pro mě vždy jsou a poskytují mi obrovské zázemí, podporu a lásku. Davidu Klívarovi děkuji za to, že tu pro mě vždy je a dodává mi neustále pocit klidu a jistoty.*

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem závěrečnou práci zpracovala samostatně a že jsem uvedla všechny použité informační zdroje a literaturu. Tato práce ani její podstatná část nebyla předložena k získání jiného nebo stejného akademického titulu.

V Praze, 11. 8. 2021

.....  
Bc. Kateřina Mrkvičková

## ABSTRAKT

Archeobotanická data jsou často směs materiálu různého původu. Proces vzniku archeobotanických souborů se může často lišit. Je proto důležité porozumět struktuře těchto fosilních záznamů dříve, než jsou data použita na různé rekonstrukce a interpretace. Cílem mé diplomové práce je identifikovat tafonomické příčiny rozdílů mezi synantropními druhy z různých archeologických lokalit pomocí vlastností rostlin. Největší rozdíly mezi soubory druhů v archeobotanických situacích jsou dány způsobem zachování, tj. mezi **zuhelnatělými** a **nezuhelnatělými** makrozbytky. Práce je založena na datech z archeobotanické databáze. Zaměřila jsem se na období středověku, který je nejlépe reprezentativní z hlediska počtu druhů a počtu lokalit. Pomocí mnohorozměrných analýz jsem zkoumala strukturu archeobotanických dat a poté jsem vybrala relevantní soubor pro zkoumání rozdílů druhového složení mezi jednotlivými typy zachování. Výsledky jsem pak korelovala s vlastnostmi druhů. Zjistila jsem, že struktura archeobotanických dat je velmi heterogenní. V každém z obou typů zachování se nám dochovávají odlišné druhy. Tyto druhy jsou charakterizovány odlišným souborem vlastností. Zuhelnatěním se dochovávají především druhy, které jsou jednoleté, mají větší semena, a tedy větší terminal velocity. Ve zuhelnatělé podobě nacházíme především makrozbytky polních plevelů. V nezuhelnatělé podobě se dochovávají druhy, které mají vytrvalejší semennou banku. Jedná se o druhy, které rostou na stanovištích s nízkým stresem a menší mírou intenzity disturbance než skupina druhů se zuhelnatělými semeny. Velkou roli v dochování semen hraje jejich disperzní strategie. Pro interpretaci vlastností spojených s typem zachování je důležité znát způsob nakládání s rostlinným materiálem v minulosti, jelikož vliv člověka tuto skutečnost velmi ovlivňuje. Na příkladu lokality Nesvětice, kterou jsem sama zpracovala, jsem dále demonstrovala důležitost práce s archeobotanickými databázemi, protože při řešení širší otázky týkající se tehdejší společnosti a prostředí nám často nestačí data z jedné lokality.

**Klíčová slova:** rostlinné makrozbytky, archeobotanická databáze, analýza makrozbytků, synantropní druhy, vlastnosti rostlin

## ABSTRACT

Archaeobotanical data are often a mixture of material of different origins. The formation process of archaeobotanical records can often be different. Hence it is important to understand the structure of these fossil records before the data are used for various reconstructions and interpretations. The aim of my diploma thesis is to identify the taphonomic causes of differences between synanthropic species from different archaeological sites using plant traits. The greatest differences between sets of species in archaeobotanical situations are due to the way of preservation, ie. between charred and non-charred (waterlogged) macro-remains. My diploma thesis is based on data from the Archaeobotanical database of the Czech Republic. I focused on the Middle Ages, which is the best period in terms of the number of species and the number of sites. Using multidimensional analyses, I examined the structure of archaeobotanical data and then selected a relevant dataset to examine the differences in species composition between different types of conservation. After that I correlated the results with the species traits. I found that the structure of archaeobotanical data is very heterogeneous. In each of the two types of conservation, different species are preserved. These species are characterized by a different set of traits. The charring preserves mainly annual species with larger seeds, and therefore with a higher terminal velocity. In the charred samples, there are mainly macro-remains of crop weeds. The species with a more persistent seed bank are preserved in a non-carbonized (waterlogged) form. These are species which grow in habitats with low stress and less intensity disturbance compared to the group of species with charred seeds. The dispersal strategy of plant species plays a main role in seed preservation. To interpret plant traits associated with the type of preservation, it is important to know how the plant material was manipulated in the past, because human influence has a great effect on this. Using the example of the locality Nesvětice, which I processed and analysed by myself. Further I demonstrated the importance of working with archaeobotanical databases, because for interpretation of broader issues concerning the society and the environment of that time, data from a single site is often not enough.

**Key words:** plant macroremains, archaeobotanical database, macroremain analysis, synanthropic species, traits of plants

## **Předmluva**

Původní záměr mé diplomové práce bylo zkoumat vlastnosti rostlin, které se objevily nebo výrazně rozšířily ve středověku. Proto jsem chtěla porovnávat data z doby železné (poslední dobře reprezentativní soubor dat před středověkem) a ze středověku. V průběhu práce se ukázalo, že je nejprve důležité vyřešit metodické otázky, abychom mohli studovat širší otázky. Konkrétně jde o různé typy dochovávání makrozbytků. Soubory zuhelnatělých a nezuhelnatělých makrozbytků se totiž velmi liší svým druhovým složením. Svoji diplomovou práci jsem postavila na vlastnostech rostlin a snažím se zjistit, jak jsou tyto vlastnosti zodpovědné za výskyt druhů v různých typech zachování. Pro svoji diplomovou práci jsem si vybrala období středověku. Soustředím se zde na synantropní druhy a řeším otázku, jaké vlastnosti přispívají dochování semen a které naopak nepodporují jejich dochování.

## Obsah

1. ÚVOD .....	1
1.1. Zachování makrozbytků .....	1
1.2. Limity interpretace archeobotanických dat .....	3
1.3. Využití vlastností rostlin v archeobotanice .....	6
1.4. Středověk.....	7
2. CÍLE PRÁCE .....	11
3. METODIKA.....	11
3.1. Archeobotanická data .....	11
3.2. Zpracování primárních dat .....	12
3.2.1. Lokalita Nesvětica .....	12
3.2.2. Vzorkování na lokalitě .....	13
3.2.3. Extrakce rostlinných makrozbytků z odebraných vzorků .....	13
3.2.4. Laboratorní analýzy.....	16
3.2.5. Identifikace semen a plev .....	16
3.3. Vlastnosti druhů a jejich další charakteristiky.....	17
3.4. Zastoupení různých ekologických skupin v archeobotanickém souboru .....	17
3.5. Zastoupení ekologických skupin v jednom archeobotanickém vzorku.....	18
3.6. Statistické zpracování dat.....	18
3.6.1. Struktura archeobotanických dat .....	18
3.6.2. Úprava dat .....	19
3.6.3. Datový soubor pro porovnání jednotlivých typů zachování.....	21
3.6.4. Rozklad variability mezi nezávislými proměnnými .....	23
3.7. Korelace vlastností rostlin vzhledem k jejich výskytu v různých typech zachování.....	23
3.7.1. Explorace dat – vlastností.....	23
3.7.2. Korelace výskytu druhů v různých typech zachování s vlastnostmi .....	24
3.7.3. Postupný výběr proměnných .....	24
4. VÝSLEDKY .....	24
4.1. Zastoupení různých ekologických skupin v archeobotanickém souboru .....	24
4.2. Zastoupení ekologických skupin v jednom archeobotanickém vzorku.....	25
4.3. Struktura archeobotanických dat.....	26
4.3.1. Kontexty .....	27
4.3.2. Města .....	32
4.3.3. Datace.....	34
4.3.4. Zachování.....	37
4.4. Korelace s vlastnostmi rostlin .....	44
4.4.1. Postupný výběr .....	45
4.5. Archeologická lokalita Nesvětica.....	46

5. DISKUZE.....	47
5.1. Jaká je struktura archeobotanických dat? .....	47
5.2. Jak se liší zuhelnatělé a nezuhelnatělé soubory svým složením? .....	48
5.3. Vlastnosti rostlin zodpovědné za jejich dochování .....	48
5.4. Archeologická lokalita Nesvětice.....	54
5.5. Limity designu diplomové práce a výhledy do budoucna.....	54
6. ZÁVĚR .....	55
Citace:.....	56



# 1. ÚVOD

Archeobotanika se zabývá analýzou botanických makrozbytků pocházejících z různých nálezových prostředí především archeologických nalezišť. Pomocí archeobotaniky můžeme zkoumat například **šíření** nepůvodních **druhů**-archofytů (Pokorná et al. 2018), které se používají jako referenční skupina při zkoumání invazních neofytů (Pyšek 1998; Chytrý et al. 2008; Lososová et al. 2012), **rekonstruovat** přírodní **prostředí** v minulosti (Święta-Musznicka et al. 2021) nebo studovat vztah mezi člověkem a rostlinami, tedy například zjistit, co se **pěstovalo** a jaká byla **strava** lidí v minulosti (Kočár et al. 2010; Bogaard 2004).

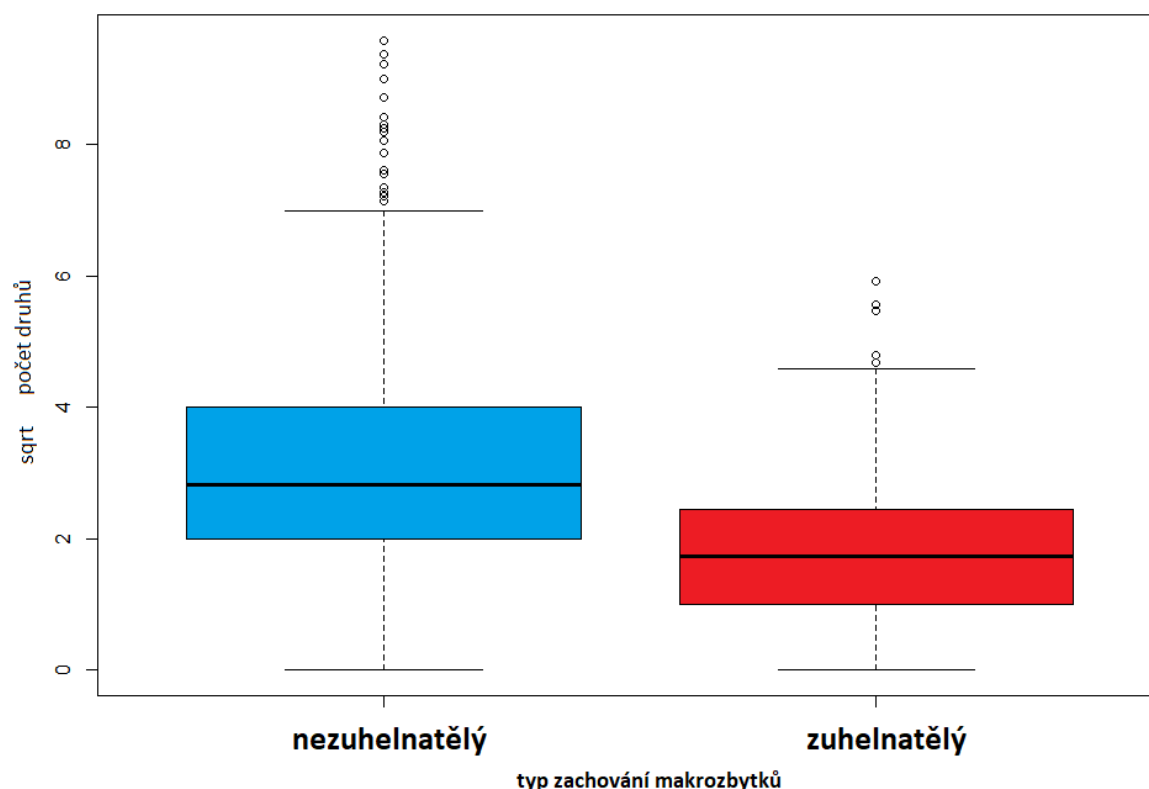
K těmto studiím můžeme využívat velké množství dat z provedených archeobotanických analýz, které jsou dostupné například v databázi CZAD. Při použití většího objemu informací z různých lokalit dostaneme relevantnější data pro zkoumání položené otázky než v případě dat z jediné lokality.

Při práci s fosilními daty hraje roli několik faktorů, které data ovlivňují. Kupříkladu se nám bohužel nedochovávají všechny druhy, které v minulosti rostly. Také další faktory, které se pojí s tím, odkud vzorek pochází, mohou interpretaci zkreslovat a je potřeba se s tím vypořádat. Nejčastěji se nám dochovávají semena ve dvou formách zuhelnatělé a nezuhelnatělé (v trvale vlhkém prostředí).

## 1.1. Zachování makrozbytků

Dva nejčastější způsoby zachování makrozbytků je dochování ve vodním prostředí za nepřítomnosti kyslíku, druhý způsob je zuhelnatěním. Obecně máme další dva typy zachování mineralizací a vysušením, ale tento typ v našich podmínkách není tak častý a není v této diplomové práci zahrnut. Ve středověku jsou běžnější druhy dochované ve vodním prostředí v důsledku změny nakládání s odpadem a vzniku nových kontextů-jímek. Semena zachovaná ve vodním prostředí mají obecně větší druhové zastoupení (Jacomet 2007a), to můžeme vidět i na Obr. 1.

### Druhové zastoupení v různých typech zachování



Obr. 1: Na obrázku je vyneseno počet druhů v jednotlivých typech zachování. Celkem je zde zahrnuto 166 archeologických lokalit z České republiky. Počet druhů je zde upraven odmocninovou transformací kvůli velkému sešikmení dat.

Pro dobré zachování makrozbytků ve vodním prostředí je velmi důležité, aby zde vznikly anaerobní podmínky, to zabrání jejich rozkladu. Pro makrozbytky dochované zuhelnatěním je důležité hoření za velmi nízké přítomnosti kyslíku, jelikož to snižuje intenzitu ohně a podporuje proces karbonizace, dalšími proměnnými, které mají vliv na proces karbonizace jsou teplota a doba po kterou jsou makrozbytky vystaveny ohni. Pokud nejsou tyto podmínky splněny, proces karbonizace neproběhne a makrozbytky jsou spáleny na popel (Boardman & Jones 1990; Märkle and Rösch 2008; Jacomet 2013). Zuhelnatělé makrozbytky nepodléhají biologickému rozkladu, a proto se dochovávají i v prostředí, kde se nezuhelnatělé makrozbytky nezachovávají (např. v půdě). Tyto dvě formy se mohou vyskytovat dohromady ve vlhkých kontextech, ale zuhelnatělé makrozbytky tvoří mnohem menší část (Cappers 1995; Jacomet 2007a).

Tyto dva typy zachování zvýhodňují různé typy rostlin pro jejich dobré dochování. Například obilky pěstovaných obilovin a divokých trav se nám častěji dochovávají v zuhelnatělé formě, v trošku menší míře luštěniny a plevelné druhy rostlin. A to proto, že zuhelnatění často souvisí s lidskou činností (van der Veen 2007). Vhodné podmínky pro karbonizaci, při kterých se nám

dochovávají semena rostlin, naopak nepodporují dochování ostatní částí rostlin, jako je stonek nebo plevy (Boardman and Jones 1990). Nebo podle (Gustafson 2000) se semena čeledi *Apiaceae* dochovávají častěji ve vodním prostředí. Některé druhy se nám nedochovávají téměř vůbec, jako jsou různé druhy zeleniny, jelikož bývají často sklizeny, ještě před vytvořením semen (Jacomet 2013; Świąta-Musznicka 2021) nebo různé druhy divokých rostlin, které nemají vhodné biologické vlastnosti, aby se dobře zachovaly (například druhy, které se rozmnožují hlavně vegetativně) nebo se zkrátka neměly, jak do kontextu dostat (lidská činnost).

Proč se nám dochovává jiné druhové spektrum v různých typech kontextů je zapříčiněno mnoha faktory jako je manipulace člověka s rostlinným materiálem (např. využití rostlin, v jakou dobu či jakým způsobem se sklízí obilné pole, čištění sklizně od plevelů) nebo jsou to samotné vlastnosti rostlin, které zvýhodňují semeno v procesu karbonizace nebo při samotném uchování v půdě (van der Veen 2007; Märkle & Rösch 2008). To, jestli se určité druhy dostanou do archeologicky zkoumaných kontextů, souvisí určitě i s vlastnostmi, které určují jejich ekologické niky.

V současné době máme relativně jasnou představu o procesu vzniku zuhelnatělých a nezuhelnatělých makrozbytků, nicméně zatím nebylo na tuto problematiku pohlíženo prostřednictvím vlastností rostlin, s výjimkou kultivovaných druhů (např: Märkle & Rösch 2008). Díky pochopení toho, jaké typy semen se nám vůbec mají šanci dochovat a jaké v minulosti rostly, ale my to pomocí makrozbytkové analýzy nemůžeme zjistit, jelikož se nám jednoduše nedochovávají, můžeme přispět k procesu rekonstrukce prostředí v minulosti. Tuto problematiku ostatně řeším v mé diplomové práci a soustředím se zde na synantropní druhy, jelikož tato skupina druhů je nejvíce vhodná ke studiu prostředí v minulosti, které bylo do značné míry ovlivňováno člověkem a jelikož pracuji s archeobotanickými daty, která pocházejí z lidských sídel, mám k dispozici právě záznam o synantropních druzích, který je zde nevíce zastoupen.

## 1.2. Limity interpretace archeobotanických dat

V této práci pracuji s druhy, které pocházejí z archeobotanických vzorků. Kvalita a proces vzniku těchto vzorků se může často lišit, proto je důležité, předtím, než jsou data použita na různé rekonstrukce a interpretace, porozumět těmto fosilním záznamům a zvážit rozličné tafonomické aspekty.

Většina vzorků, se kterými pracuji, jsou vzorky pocházející z městských kontextů, kde jsou často kulturní vrstvy porušené a promíchané (Heimdal 2005; Pokorná 2017). Obecně mnoho makrozbytků se do kulturních vrstev dostává sekundárně, to znamená, že je moc často nenacházíme na místě jejich původního výskytu nebo použití a jde spíše o odpad. Existuje více způsobů, jak se mohly makrozbytky do <sup>1</sup>kontextu dostat (Van der Veen 2007). Ve středověkém městě je nejčastější nálezový kontext jímka, kam byly tyto rostlinné zbytky vyhozeny (Jacomet 2013, 498). Jen velmi vzácně máme kontexty primárního vzniku, a to je, když například shoří obilná sýpka nebo dům a nám se zachová vše, podle toho, jak to zde původně bylo (van der Veen 2007). Nicméně konečné uložení fosilních záznamů v kulturních vrstvách určuje spousta přírodních i kulturních aspektů (Heimdal 2005). Tyto faktory se dělí do šesti skupin (inspirované podle Heimdal 2005):

## 1. Biologické

Grime (1977) popsal tři typy životních strategií rostlin, které reagují na stresové a disturbanční podmínky, kterým rostliny musí čelit. Jedná se o druhy, které rostou na stanovištích s minimálním stresem a minimálními disturbačními podmínkami (**Kompetitoři**). Druhy s vysokým stresem (nedostatek vody, minimum světla) jsou **Stres tolerantní** rostliny (tj. rostliny odolné vůči stresu) a poslední skupinou jsou druhy s nízkým stresem, avšak vysokou disturbancí (oheň, sešlap), tato skupina se nazývá **Ruderální rostliny**. Toto vymezení je samozřejmě velmi extrémní a většina rostlin se nachází na jejich pomezí. Různé druhy těchto životních strategií mohou ovlivnit, jestli se semeno dostane do záznamu či nikoliv. Například ruderální druhy mají často velmi krátký životní cyklus, a to vyvažují vysokou produktivitou semen, které mají potom větší šanci dostat se do archeobotanických vzorků a tato skupina zde může být velmi dominantní (Cappers 1995).

Zastoupení druhů ve fosilních záznamech je také specializací semen na jednotlivé typy šíření jejich diaspor (Cappers 1995; Heimdal 2005; Sádlo et al. 2018). Častým důvodem nezachování semen bývá vyklíčení semen, predace nebo rozklad (Cappers 1995).

---

<sup>1</sup> **Kontext** – je z pohledu archeologie nějaká časová událost, která je zachována v archeologickém materiálu, nejčastěji se jedná o nějakou strukturu v půdě (jáma, příkop) (Teater).

## 2. Depoziční procesy

Existuje několik různých cest makrozbytků do jednoho typu kontextu, to znamená, že v makrozbytky v kontextech, s kterými dále pracujeme jsou často různého původu. Když se podíváme konkrétněji na kontexty ve městech, s kterými pracuji já v této diplomové práci, tak je můžeme rozdělit do 3 skupin: lokální flóra, regionální flóra a kulturní rostliny.

### *Lokální flóra*

Jedná se o druhy, které rostly v bezprostřední blízkosti. Jelikož v prostředí města docházelo neustále k rozrušování půdy a také zvýšené produkci odpadu na malém prostoru, rostly zde s největší pravděpodobností ruderalní druhy a druhy pionýrské, kterým se daří na rozrušované půdě. Tyto typy druhů se vyznačují vysokou schopností šíření. Často je těžké rozlišit, která složka je lokální a která pochází z širšího okolí, proto je velmi složité rekonstruovat podle rostlinných makrozbytků pouze lokální podmínky. Lokální druhy se do sedimentu dostávají také spontánně bez lidského zásahu (Heimdal 2005).

### *Regionální flóra*

Tato skupina zahrnuje druhy, které rostou mimo zkoumanou oblast. Jedná se o rostliny rostoucí kolem cest, polní plevely, druhy pastvin a luk, okolních lesů a dalších biotopů. Jejich semena se do zkoumaných kontextů dostávají pomocí větru, zvířat (tím, že je sní nebo se přichytí na jejich srst když se na daném místě pasou) nebo se přichytí na kola vozů. Výskyt druhů tedy prakticky vždy souvisí s lidskou činností. U specializovaných druhů jako jsou polní plevely máme často poměrně velkou jistotu, že nejsou lokální. U méně specializovaných druhů je mnohem těžší rozlišit, jestli mohly růst na místě nebo odkud pocházejí (Pokorná et al. 2018; Heimdal 2005).

### *Kulturní rostliny*

Mohou být pěstovány nebo sbírány člověkem pro jeho užitek. Často bývají zpracovávány, tak aby byly vhodné pro další uschování nebo konzumaci. Obilí, bývá často zbaveno plev a očištěno od plevelů. Musíme si uvědomit, že tyto procesy mohou ovlivnit archeobotanický záznam (Jones 1984; Heimdal 2005). U obilovin a dalších pěstovaných druhů máme prakticky jistotu, že patří do této kategorie. Mnohem problematictější jsou sbírané druhy, které jsou například často také synantropní (např. *Chenopodium album*, *Valeriana officinalis*, *Fallopia*

*convolvulus*), u nich je obtížné rozlišit lidskou činnost například od lokální flóry (Behre 2008; Pokorná et al. 2018; Świąta-Musznicka 2021). Přítomnost kulturních rostlin může pomoci interpretovat některé druhy jako plevely, pokud se vyskytují pohromadě. Tímto se zabývá například Amy Bogaard, která srovnává soubory plevelů s obilným hospodářstvím a jejich asociacemi (Bogaard 2004; Bogaard 2005).

### 3. Vliv člověka

Manipulací se semeny člověk může ovlivnit jakým způsobem se dochovají. Například způsob zpracování a čištění obilí může ovlivnit druhové složení dochovaného materiálu. Nebo, co bylo na daném území používáno jako palivo, tam kde bylo nedostatek dřeva a suché podnebí se třeba používal nasušený zvířecí trus (Van der Veen 2007). Semena mohou přežít v trávicím ústrojí zvířat neporušená a dostat se do archeobotanického materiálu (Cosyns 2005). Různé etnografické pozorování nám mohou pomoci poznat tento způsob nakládání s rostlinami (Jones 1984).

### 4. Změna původního uložení

Kulturní vrstvy zvláště ve městech bývají znovu narušovány novými stavbami, mohou být přeneseny vodou nebo můžou být narušeny bioturbancemi (Kuna et al. 2012).

### 5. Zpracování vzorků archeobotanikem

Přístup k odběru archeobotanických vzorků, k plavení a dále jejich identifikace pod binokulární lupou se mnohdy liší mezi osobami, které vzorky zpracovávají (Vandorpe et Jacomet 2007; Steiner et al. 2015; Antolín et al. 2017). Podle experimentu, který popisuje Tolar et al. 2010, může být odlišné druhové spektrum po různém zpracování archeobotanických vzorků a pokud nejsou dodrženy správné postupy.

## 1.3. Využití vlastností rostlin v archeobotanice

Vlastnosti rostlin můžeme v archeobotanice využít k rekonstrukci charakteru prostředí v minulosti. Tento přístup je založený na tom, že si všímá různých vlastností rostlin, které s jejich výskyty nějak souvisejí. Z hlediska archeobotaniky je to pokus o větší objektivitu, protože teoreticky v minulosti mohly lokálně panovat odlišné podmínky než dnes (například neolitické zemědělství, pro které dnes nemáme analogii) nebo mohly druhy růst v jiných

kombinacích (Bogaard et al. 1999; Sheppers et al. 2013). Archeobotanický přístup založený na analýze funkčních vlastností rostlin (označovaný FIBS – *Functional Interpretation of Botanical Surveys*) byl vyvinut na Univerzitě v Sheffieldu pro účely zkoumání vlivu ekologických procesů na distribuci druhů v různých typech biotopů především za účelem rekonstrukce zemědělských praktik v minulosti (Hodgson et al. 1999; Bogaard 2004). Je založený na měření funkčních vlastností druhu (tedy biotických faktorů), které mají nějaký vztah k tomu, jak se rostliny vyrovnávají s různými proměnnými prostředí, jako je například disturbance, vlhkost a úrodnost půdy (Charles et al. 1997; Bogaard 2004).

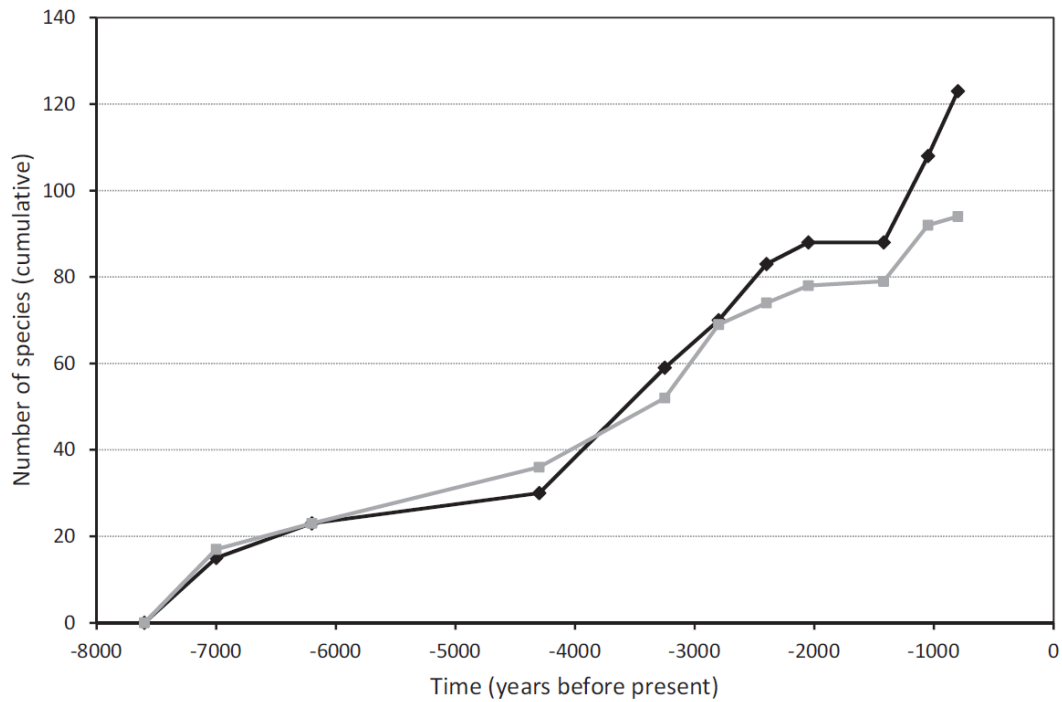
V mé diplomové práci také využívám rozličné variability vlastností rostlin a pomocí nich bych chtěla zjednodušit problematiku dochovávání semen. Mým cílem je zjistit, jaké vlastnosti přispívají k dochování semen a které naopak nepodporují jejich dochování. Z různých experimentů, které byly provedeny, už s jistotou víme, že vlastnosti rostlin hrají roli v jejich dochování (Boardman & Jones 1990; Märkle & Rösch 2008). Považuji za velmi důležité pochopit proces dochovávání makrozbytků předtím, než budeme archeobotanická data používat k interpretaci prostředí v minulosti.

Já sama jsem na podobný problém narazila ve své seminární práci, kdy jsem řešila otázku změn frekvence výskytu druhů v době železné a ve středověku. Chtěla jsem zjistit, které druhy se u nás nově objevily ve středověku a tento údaj spojit s jejich vlastnostmi, které jim to umožnily. Bohužel jsem však narazila na rozdílnou tafonomii vzorků, jelikož z doby železné máme spíše vzorky vzniklé zuhelnatěním makrozbytků, a naopak ve středověku bývá většina vzorků z jímek (vodní prostředí). To znamená, že se nám dochovalo jiné spektrum druhů a některé se nám naopak vůbec nedochovaly. Proto je tedy nejprve důležité vyřešit tuto otázku týkající se tafonomie a potom se teprve dají řešit další otázky týkající se minulosti.

#### 1.4. Středověk

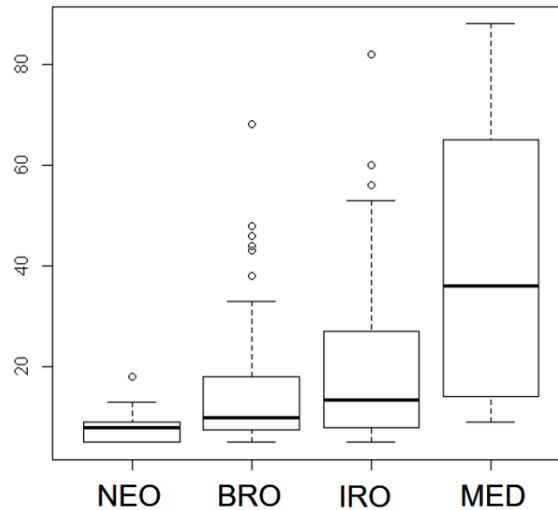
Pro svoji diplomovou práci jsem si vybrala období středověku. Ve středověku na našem území dochází k mnoha zásadním změnám na úrovni krajiny, kdy se osídlení přesouvá do vyšších poloh. Zároveň však dochází k zahušťování stávající sídelní mozaiky (Klápště 2005). Tyto změny se projeví změnou proporce a způsobu dochování makrozbytků a změnou druhového složení synantropní vegetace (Beranová 1980; Kočár et al. 2010; Pokorná 2017; Pokorná et al. 2018). V tomto období vzniká nový typ kontextu, a to jsou jímky. Odpadní jímky jsou obvykle zahloubeny do podloží a většinou se v nich vyskytuje trvale vlhké prostředí. Ve vlhkém prostředí se dochovává bohatší druhové spektrum (viz. výše v kapitole Zachování makrozbytků). Díky tomu máme z tohoto období větší druhové soubory než z období

předchozích (Pokorná et al. 2018), viz. Obr. 2. a Obr. 3. Na dalších řádcích zkusím nastínit k jakým změnám ve středověku došlo a jaké máme informace o tom, že prostředí v tomto období vypadalo.



**Obr. 2:** Kumulativní počet druhů nepůvodních druhů (šedá křivka) a druhů u nás původních (černá křivka). Na ose x je zobrazena datace jejich prvního záznamu ve vzorcích. Je zde vidět nárůst počtu druhů v čase. Obrázek je převzatý z publikace Pokorná et al. (2018).





**Obr. 3:** Počty druhů, které nacházíme na jedné lokalitě v různých obdobích (podle Kočár et al. 2018). NEO – neolit až eneolit, BRO – doba bronzová, IRO – doba železná, MED – raný středověk.

*Růst obyvatel a zvyšování intenzity zemědělství mělo za následek:*

- postupně se **zkracovala doba, po kterou ležela pole ladem**, byl zaveden tzv. trojpolní systém, kdy se část obdělávané půdy osela na jaře, druhá na podzim a třetí ležela ladem (Kočár et al. 2010), to se může projevit úbytkem lučních druhů v souboru makrozbytků, přibýváním ruderalních druhů, které rostly na jedno-či dvouletém úhoru.
- bylo nutné pole **hnojit**, protože během krátké doby, kdy půda ležela ladem, nedošlo k přirozené obnově její úrodnosti, to znamená přibývání druhů náročných na množství živin v půdě (Beranová 1980).
- v důsledku intenzifikace ale také docházelo k přemnožení polních plevelů, a to z důvodu toho, že během jednoletého období, kdy ležela pole ladem, nebylo možné se jich zcela zbavit (Beranová 1980).
- začaly být obdělávány i tzv. zemědělsky marginální půdy s nižší úrodností nebo ve vyšších nadmořských výškách, to značí přibývání plevelů indikujících tyto horší půdy nebo chladnomilnějších druhů (Klír 2008; Klápště 2005), nicméně Deyl & Ušák (1956) tvrdí, že jde spíše o ubývání těch teplomilnějších.
- vysoká intenzita odlesňování z důvodu růstu a osídlování nových míst v krajině a dále pak kvůli závislosti společnosti na dřevě (Klápště 2005)

*Začátek pěstování plodin, které zde dříve nebyly běžné:*

- např. vinná réva, ovocné stromy, zelenina, koření, léčivé byliny (Beranová 1980).

*Růst počtu obyvatel souvisí také se zahuštěním osídlení (Beranová 2010; Klápště 2005).*

- zvětšování hranic už osídlených oblastí a kumulace obyvatelstva na jednom místě
- vznik vrcholně středověkých vesnic v oblastech s nižší úrodností půdy

*Vznik měst jakožto sídlišť s velmi vysokou koncentrací obyvatelstva vedl mimo jiné ke vzniku nových typů biotopů (Pokorná 2017; Sukopp 2004):*

- skládky s vysokým obsahem živin
- obohacení půdy vápníkem z malty používané na stavební práce
- intenzivní sešlap na frekventovaných místech
- dálkový obchod jakožto faktor umožňující migraci druhů na velké vzdálenosti (Pyšek 1989a)

*V souvislosti se středověkem se mluví o tzv. klimatickém optimu, kdy byly teploty srovnatelné s dnešními (Buntgen 2011).*

*Zvýšená koncentrace obyvatel vedla také ke zvýšení množství produkovaného odpadu, což se projevuje archeobotanicky existencí specifického typu kontextu – odpadních jímek (Pokorná 2017).*

## 2. CÍLE PRÁCE

Cílem mé diplomové práce je identifikovat <sup>2</sup>tafonomické příčiny rozdílů mezi synantropními druhy pocházejícími z různých archeologických lokalit pomocí vlastností rostlin. Největší rozdíly mezi soubory druhů v archeobotanických situacích jsou dány způsobem zachování, tj. mezi **zuhelnatělými** a **nezuhelnatělými** makrozbytky. Práce je založena především na datech z archeobotanické databáze. Analýza se zaměřuje na data ze středověku, která jsou nejlépe reprezentativní z hlediska počtu druhů a počtu lokalit.

Hlavní otázky:

1. Jaká je **struktura archeobotanických dat**?
2. Jak se liší **zuhelnatělé** a **nezuhelnatělé soubory** svým složením?
3. Jaké **vlastnosti rostlin** souvisí s tím, že je najdeme buď **v zuhelnatělé formě** nebo **v nezuhelnatělé**?
4. Součástí práce bude i vlastní zpracování archeobotanických vzorků.

## 3. METODIKA

### 3.1. Archeobotanická data

Data jsem získala od různých autorů z databáze CZAD. Do analýzy jsem zařadila pouze planě rostoucí druhy rostlin (bez obilí a dalších užitkových rostlin, bez stromů a bez vodních rostlin). V databázi byly často druhy, které byly určeny jako nejisté určení do druhu, ty jsem sloučila s druhy s jistým určením, a to z důvodu většího datového souboru. Údaje o výskytu rostlin, které nebyly určeny do druhu, tedy jen čeleď nebo rod, jsem z analýzy vyřadila. Druhy jako např. *Anagallis arvensis/foemina*, jsem zařadila pouze ten druh, ke kterému byla informace

---

<sup>2</sup> **Tafonomie** – zahrnuje procesy, které působí na organismus po jeho smrti (Gifford 1981). Často však obsahuje i procesy před smrtí organismu, protože také ovlivňují tafonomii. Vymezení pojmu Tafonomie je tedy dost nahodilé (Cappers 1995)

v ekologických datech z publikací vegetačních jednotek České republiky (Chytrý 2007; 2009; 2011; 2013). Druhy byly ekologicky podobné. Do analýzy vstupovala pouze určená semena.

Jedná se o vzorky, které byly vybírány tak, aby zde bylo, co nejrovnoměrnější zastoupení zuhelnatělých a nezuhelnatělých makrozbytků. Data pocházejí ze středověkých archeologických lokalit v České republice. Pro jednu dílčí analýzu byly vybrány i vzorky datované do novověku. Celkový datový soubor, z kterého jsem vybírala jednotlivé podsoubory na dílčí analýzy činil 3956 vzorků. Nicméně při výběru, pokud možno homogenního a druhově bohatého datového souboru se objem vzorků, které jsem měla k dispozici, značně zmenšil.

### 3.2. Zpracování primárních dat

K zodpovězení všech otázek, které se týkají minulosti, jsem jako zdroj informací použila výsledky archeobotanických analýz, které jsem získala z archeobotanické databáze CZAD. Sama jsem analyzovala rostlinné makrozbytky ze zaniklé středověké vesnice Nesvětice.

Archeologická lokalita Nesvětice, kterou jsem zpracovávala, nebyla zařazena do statistických analýz, jelikož bohužel neobsahovala, tolik synantropních druhů, aby byly použitelné do mé práce. Nicméně analýza lokality posloužila jako ilustrativní příklad získávání primárních dat a díky ní jsem si osvojila analýzu dat ze středověké lokality.

#### 3.2.1. Lokalita Nesvětice

Lokalita Libkovice, k.ú. Nesvětice je situovaná na sever od města Most (Ústecký kraj, Česká republika). Záchraný archeologický výzkum zde proběhl kvůli stále rozšiřujícímu se hnědouhelnému lomu Bílina. Základy staveb zde byly objeveny po skrývce ornice na podzim 2018. První sezóna zde proběhla v roce 2019.

Tato středověká ves zanikla za husitských válek, zřejmě kolem roku 1421 (1426). Výzkum prokázal, že stavby byly rozebírány na stavební materiál někam k polovině 15. století. Archeologický výzkum byl prováděn Mgr. Petrem Čechem z ARÚ Praha v.v.i.<sup>3</sup> Dodnes je datování objektů založeno pouze na keramických nálezech.

V prvním roce byla odkryta první usedlost, která ale svým charakterem není pokládána za typickou zemědělskou. Podle velikosti, stavební techniky, jakou byl dům vystavěn a nálezům (malý reliéf Ukřížovaného, knižní kování a bronzová destička s písmenem O v gotické

---

<sup>3</sup> Archeologický ústav AV ČR, Praha, v. v. i.

majuskuli) šlo pravděpodobně spíše stavbu využívanou oseckými mnichy. Další zatím kompletně prozkoumanou stavbou byl sklep nadzemní stavby, zřejmě špýchar.

### 3.2.2. Vzorkování na lokalitě

Studované vzorky byly odebrány během výzkumu v roce 2020. Vzorky byly odebírány z každého stratigrafického prvku daného objektu. Pokud byla stratigrafie homogenní, vzorky byly odebírány mechanicky po c. 20 cm (P. Čech osobní komunikace 2020).

### 3.2.3. Extrakce rostlinných makrozbytků z odebraných vzorků

Byla použita kombinace tří technik extrakce rostlinných makrozbytků z archeologického sedimentu. Na každý vzorek byla aplikována vodní flotace a další metody („*wash-over*“ a „*wet sieving*“, podle Hajnalová & Hajnalová 1998). Pro zpracování menších vzorků (o objemu menším než 1 litr) byla použita tzv. ruční kbelíková flotace. Vzorky větší než 1 litr však byly nejprve zpracovány ve flotační nádrži (modifikovaný typ Shiraff; Nesbitt 1955) a poté ručně.

Hlavním cílem této metody extrakce bylo zachytit všechny nebo alespoň většinu tzv. ekofaktů – jako jsou semena rostlin, plevy, uhlíky, rybí šupiny, zvířecí kosti atd. Základním principem flotační metody je to, že kamínky, písek a jiné anorganické složky sedimentu klesnou po rozplavení ve vodě na dno, zatímco ekofakty (většinou konzervované zuhelnatěním), které mají menší hustotu, se vznášejí na vodní hladině. Voda je opatrně slévána z nádoby a materiál, který plave na hladině, je zachycen na jemném sítu (použila jsem síta s velikostí ok 0,25 mm). Materiál zachycený na jemném sítu byl umístěn na jemný hadřík nebo papírovou utěrku, zabalen do ní, označen a ponechán uschnout. Těžké zbytky a / nebo získané nálezy byly umístěny na destičku, sušeny, zabaleny a označeny.



*Obr. 4: Flotační nádrž, podobná té na obrázku, byla použita pro zpracování vzorků. Tato ilustrační fotografie byla pořízena na Bibracte, flotační stanici Mont Beuvray v roce 2017 (Ilustrační foto: Kateřina Mrkvičková).*





*Obr. 5 Ukázka ruční kbelíkové flotace. Fotografie pořízená Petrem Pokorným, Archeologický ústav AV ČR, Praha, v. v. i. v roce 2021*



*Obr. 6: Příklad sušení vzorků balené flotní frakce v terénu, ilustrační fotografie pořízená autorem v Bibracte, flotační stanice Mont Beuvray v roce 2017 (Foto: Kateřina Mrkvičková).*

### 3.2.4. Laboratorní analýzy

Proplavené vzorky byly dále zpracovávány v laboratoři. Pro lepší zpracování vzorků pod mikroskopem musí být odstraněn prach a je vhodné rozdělit materiál na velikostní frakce. To bylo provedeno proséváním suchých vzorků pomocí sestavy tří sít s velikostí ok 0,25 mm, 1 mm a 2 mm. Byl změřen a zaznamenán objem každé dílčí frakce.

Poté byl celý vzorek prozkoumán pod stereoskopickým mikroskopem a pomocí pinzety byly vybírány všechny ekofakty, především semena rostlin, ale také nálezy kostí, hmyzu, uhlíků a hlemýžďů. Zbytky semen a plev byly dále analyzovány. Byly spočítány, zaznamenány a uschovány. Další nálezy, jako jsou uhlíky větší než 3 mm, hlemýždi, hmyz, kořeny byly předány příslušným specialistům (Hajnalová & Hajnalová 1998).

### 3.2.5. Identifikace semen a plev

Třídění a identifikace byla provedena pod stereoskopickým mikroskopem se zvětšením x6 nebo x12. Identifikace obilek byla provedena na základě morfologických kritérií, které jsou uvedena v identifikačním manuálu Jacomet (2006), pro identifikaci ostatních rostlin byl použit atlas Cappars et al. (2006).



Obr. 7: Třídění vzorků pod stereoskopickým mikroskopem (Ilustrační foto: Kateřina Mrkvičková).



### 3.3. Vlastnosti druhů a jejich další charakteristiky

V další části popisují práci s daty z archeobotanické databáze. Pro jednotlivé druhy jsem získala vlastnosti (pod pojem vlastnosti jsou v této práci zahrnuty i další charakteristiky druhu, např. různé indexy, ale pro jednoduchost bude v dalším textu použito slovo vlastnosti) a další doplňující údaje z různých databází. Vlastnosti byly pečlivě vybírány podle toho, zda by daná vlastnost mohla mít vliv na zachování makrozbytků. V Příloze 1. jsou uvedeny spolu se zdrojem, odkud byly získány. V některých případech je i uveden zdroj, kde je vybraná vlastnost podrobněji popsána. Druhy spolu s vybranými vlastnostmi jsou v Příloze 5. Do analýzy vstoupilo celkem 24 vlastností. V několika případech, kdy nebyla hodnota pro určitý druh k dispozici, byla použita průměrná hodnota všech ostatních taxonů nebo bylo pracováno s chybějícími hodnotami.

Nicméně ráda bych zde objasnila pár vlastností, které si zaslouží kratší komentář. Jde například o soubor vlastností týkajících se šíření rostlin. Jde o klasifikaci, kterou zavedl tým Sádlo et al. (2018), kteří klasifikovali devět typů strategií šíření. Nejde o klasickou klasifikaci, kdy je každému druhu přiřazena jedna strategie, podle morfologie jejich jednotky šíření. Tato nová klasifikace je postavena na tom, že druhy se šíří více vektory, z něhož některé jsou více dominantní. Některé druhy mohou patřit do více skupin této klasifikace. Více k této klasifikaci je v Příloze 1. nebo v článku (Sádlo et al. 2018).

### 3.4. Zastoupení různých ekologických skupin v archeobotanickém souboru

Nejdříve jsem se rozhodla zobrazit si kolik druhů máme k jaké vegetační třídě v archeobotanickém záznamu, abych viděla, jaké ekologické skupiny jsou nejvíce v archeobotanice zastoupené. K jednotlivým synantropním druhům jsem přiřadila údaje o ekologických třídách, které mi přišly nějakým způsobem relevantní z hlediska naší otázky.

Data o současné vegetaci jsem extrahovala z publikací vegetačních jednotek České republiky (Chytrý 2007; 2009; 2011; 2013), které byly dostupné v elektronické podobě v databázi Pladias. Středověká archeobotanická data jsem extrahovala z databáze CZAD. Vyřadila jsem všechny neofyty a druhy, které byly určeny jen do čeledi. Druhy, které rostly ve větším počtu tříd, jsou zastoupeny v několika třídách.

### 3.5. Zastoupení ekologických skupin v jednom archeobotanickém vzorku

Postup zobrazení ekologických skupiny vyskytujících se na jedné lokalitě byl podobný jako u předchozího bodu (Zobrazení ekologických skupin v archeobotanice). Do analýzy vstupovaly opět údaje z archeobotanické databáze CZAD. Pro každou lokalitu byla vypočítána suma druhů, které jsou zastoupeny ve vybraných ekologických třídách. Z analýzy byly vyřazeny lokality, které měly méně než 5 druhů celkově. Celkem je zde zahrnuto 166 archeologických lokalit z České republiky. Zastoupení druhů jsem zobrazila zvlášť pro typy zachování (zuhelnatělé-nezuhelnatělé).

### 3.6. Statistické zpracování dat

Veškerou práci s daty jsem prováděla v softwaru R verze 4.0.2 (2020-06-22).

#### 3.6.1. Struktura archeobotanických dat

Při práci s archeobotanickými daty je důležité brát na zřetel to, že jednotlivé vzorky bývají často dost odlišné povahy. Vzorky se liší svým původem, který je ovlivňován typem kontextu, datací daného objektu atd. (Pearson 2019). Nejprve je nutné zjistit, jakou strukturu vybraná archeobotanická data mají a jestli s nimi můžu pracovat jako s homogenním vzorkem. Zaměřila jsem se na tři hlavní věci, které by mohly ovlivňovat rozdílné druhové složení mezi vzorky a poté následující analýzy. Jednalo se o geografické rozložení lokalit, rozdílné typy kontextů a datace vzorků. Tyto proměnné byly použity jako nezávislé proměnné. Závislá proměnná bylo druhové složení (počet makrozbytků jednotlivých druhů) ve vzorcích.

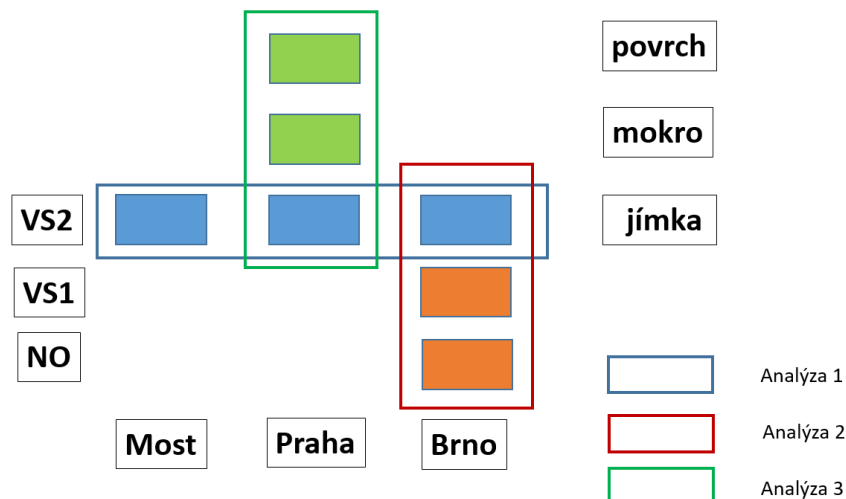
K exploraci primárních dat u každého typu analýzy jsem použila analýzu hlavních komponent (*principal component analysis*, PCA). Pro testování prediktorů v mých všech analýzách jsem použila redundanční analýzu (*redundancy analysis*, RDA). Nejprve jsem pomocí neomezené analýzy PCA zkoumala strukturu dat *i.e* strukturu druhového složení. Díky této analýze jsem byla schopná si zobrazit hlavní směry variability dat nezávisle na mých podmínkách prostředí a do této analýzy si promítnout mé nezávislé proměnné a zhodnotit, jestli udávají strukturu těchto dat (Lepš a Šmilauer 2000). Pro každý soubor dat, které jsem vytvořila pro testování jednotlivých prediktorů, jsem pomocí funkce *rda* z knihovny *vegan* (Oksanen et al. 2020) provedla analýzu PCA. Do analýzy PCA jsem následně nezávisle promítla moje

testované prediktory a sledovala jsem jejich rozmístění ve vzorcích. Poté jsem provedla přímou analýzu RDA, kam přímo vstoupily vybrané prediktory. Konstrukce os je tu oproti neomezeným ordinacím provedena tak, aby na základě variability nezávislých proměnných vysvětlily co největší množství variability závislých proměnných. Hlavní osy jsou omezené (*constrained*) a jsou vysvětleny nezávislými proměnnými. Počet omezených os je rovný počtu prediktorů (Lepš a Šmilauer 2000). Analýzy jsem otestovala *ANOVA like permutation* testem založeným na 9999 permutacích a pseudo-*F* testovým kritériem.

### 3.6.2. Úprava dat

Na základě explorační pomoci histogramů jsem ještě vyloučila z analýzy druhy, které měly pouze 3 výskyty ve vzorcích a vzorky, které měly méně než 20 semen (v případě analýzy časového období 10 semen).

Pro každý soubor dat, pomocí něhož jsem zkoumala danou nezávislou proměnnou, jsem provedla dva typy standardizace, pro které jsem vytvořila dva typy PCA analýzy, jelikož počty druhů ve vzorcích se značně liší. Nejprve jsem provedla analýzu, kde byly data standardizované po řádcích (vzorcích) použitím funkce *decostand* a metody "*norm*". V této standardizaci je každý prvek dělen minimem řádku a poté dělen rozsahem řádků. Důležité použít, když některé řádky mají velkou odchylku a některé malé. Nicméně zde nebylo zohledněno to, že některé druhy nacházíme častěji a jiné velmi vzácně. Provedla jsem tedy ještě druhý typ analýzy PCA, kde jsem data standardizovala po řádcích a sloupcích, použitím funkce *decostand* a metody "*stand*". Všechny data jsem ještě transformovala odmocninou, což ošetřuje pozitivní sešikmení dat (Oksanen et al. 2020).



Obr. 8: Schéma, které zobrazuje tři typy analýz, které jsem provedla pro zjištění struktury archeobotanických vzorků. Datace vzorků: VS1 – vrcholný středověk1 (12.-14.století), VS2- vrcholný středověk (14-15.století) NO- novověk (15-17.století). Města z kterých vzorky pocházejí: Brno, Most, Praha. Typy kontextů, které do analýz vstoupily (skupiny kontextů vznikly slučováním více typů objektů): Povrch – pochozí vrstva, Mokro - jakýkoliv vlhký zahloubený objekt, Jímka.

Následuje představení tří analyzovaných podvzorků dat (Obr. 8), které slouží pro testování jednotlivých proměnných. Pro tyto typy analýzy jsem použila pouze vzorky s makrozbytky, které byly označeny jako nezuhebnatělé. Tento typ zachování jsem použila z důvodu většího počtu vzorků, které máme k dispozici z období středověku a také jejich druhové bohatosti.

### Geografické rozložení lokalit

Bylo nutné zjistit, jestli se neliší druhové složení na základě geografického výskytu. Konkrétně šlo o porovnání lokality z Moravy, Středních a Severních Čech. Pro tuto analýzu bylo nutné vybrat homogenní vzorek z hlediska archeologických kontextů a časového období. Abych docílila dostatečně velkého a vyváženého datového souboru, vybrala jsem vzorky ze 3 měst: Brno, Most, Praha (tato tři města jsou v databázi zastoupena největším počtem analýz). Kontexty byly vybrány jímky (nejčastější typ kontextu) a období byl vrcholný středověk 2 (14.-15.století; toto období bylo ve vybraných městech zastoupeno nejvíce vzorky). Nulová hypotéza byla, že vzorky z jednotlivých měst se neliší svým druhovým složením.

## *Typy kontextů*

Zde jsem porovnávala odlišnosti ve složení druhů v jednotlivých kontextech. Nulová hypotéza v tomto případě byla, že kontexty se neliší svým druhovým složením. Pro tento typ analýzy jsem vybrala období vrcholného středověku 2 a vzorky z Prahy, protože opět zde byla snaha o co největší datový soubor a pokud možno, co nejvíce homogenní. Typy kontextů, mezi kterými jsem zkoumala druhové odlišnosti, byly jímky, mokré kontexty a povrchové vrstvy. Tyto skupiny vznikly sloučením několika různých typů objektů na základě důkladného uvážení na základě dobré znalosti konkrétních výzkumů (přřazení do skupin podle typů kontextů provedla moje školitelka).

V mokřích kontextech se jednalo o různé polopřirozené uloženy, které byly už v době svého vzniku trvale zamokřené. V databázi jsou uvedeny objekty typu vrstva, odpad, příkop, ale to je dáno heslářem databáze, kde se vybírá z omezeného množství možností. V kontextech povrch se jednalo o různé pochozí vrstvy na povrchu, které ale také mohly být označeny jako odpadní.

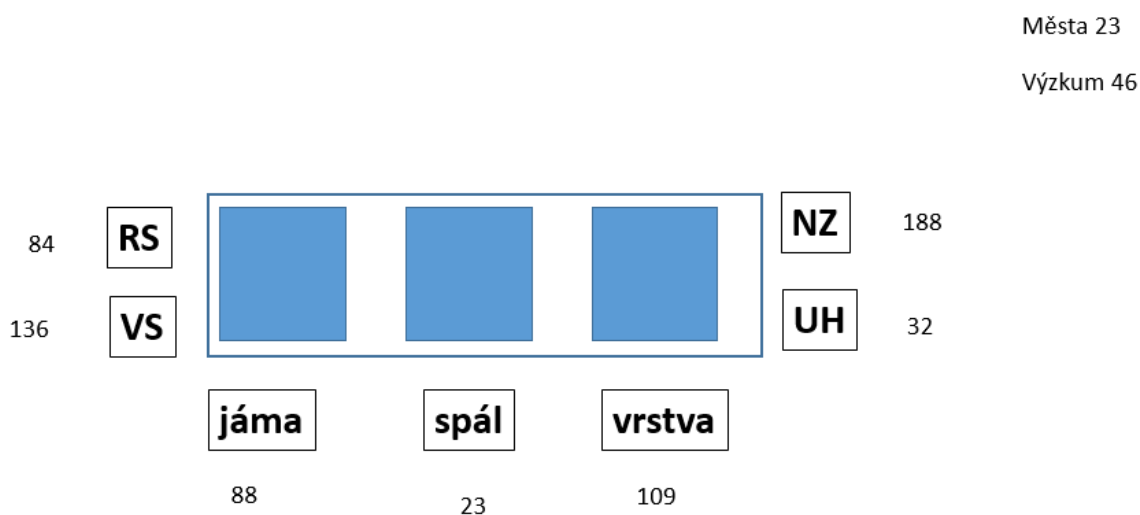
## *Časové období*

V tomto typu analýzy jsem zkoumala, jestli druhové složení je konstantní v čase, a to konkrétně mezi obdobími vrcholným středověkem 1, vrcholným středověkem 2 a novověkem. Novověk zde byl použit kvůli tomu, aby se protáhlo zkoumané období (délka celého období od 13. do 17. století). Aby zde bylo možné pozorovat nějaké zřetelné trendy, pokud by zde nějaké byly. Byl použit kontext jímky a všechny vzorky pocházely z Brna (opět z toho důvodu, že právě v Brně byly homogenně zastoupeny jímky z různých období).

### 3.6.3. Datový soubor pro porovnání jednotlivých typů zachování

Do této analýzy vstupovaly vzorky, které obsahovaly jak zuhelnatělé taxony, tak nezuhelnatělé. Cílem výběru bylo, aby jejich poměr byl rovnoměrně zastoupen. Konkrétně vstupovaly do analýzy v poměru 188 nezuhelnatělých vzorků a 32 zuhelnatělých. Toto je počet po vyloučení druhů, které měly pouze 3 výskyty ve vzorcích a vzorků, které měly méně než 50 semen (toto bylo provedeno na základě zobrazení histogramu datového souboru). Zjednodušené schéma dat pro analýzu je zobrazeno na Obr. 9. Po transformaci a standardizaci dat, která probíhala stejně

jako u předchozích analýz, jsem získala 220 vzorků a 216 druhů. Celkem zde byly zahrnuty 3 kontexty, 46 výzkumů z 23 měst. Vzorky byly datovány do raného (10.-12. století) a vrcholného (13.-15. století) středověku. Vrcholný středověk jsme v této analýze nerozlišovali na VS1 a VS2, jelikož v předchozí analýze se ukázalo, že zde nejsou nějaké výrazné rozdíly. Také jsme na základě předchozí analýzy zahrnuli různá města z České republiky, protože se mezi městy neprojevíly velké rozdíly. Naopak do této analýzy nebyly použity jímky, protože jímky prakticky neobsahují zuhelnatělé makrozbytky. Kontexty byly opět sloučeny z více typů: <sup>4</sup>**Jáma**, **Spál** (spálený horizont a pec), <sup>5</sup>**Vrstva** (kulturní vrstva, vrstva).



Obr. 9: Schéma dat, které vstoupily do analýzy pro testování rozdílu mezi jednotlivými typy zachování. Datace vzorků: RS- raný středověk, VS- vrcholný středověk. Zachování vzorků: NZ-nezuhelnatělý, UH- zuhelnatělý. Typy kontextů: Jáma, Spál-spálený a pec, Vrstva-kulturní vrstva, vrstva.

<sup>4</sup> **Jáma** – lidskou činností vzniklá prohlubeň v zemi, nejtypičtější složka archeologických nemovitých pozůstatků na sídlišti. Vyskytuje se hojně díky tomu, že její dodatečně vzniklá výplň se obvykle barvou i jinými vlastnostmi liší od okolní zeminy a je tedy dobře rozpoznatelná (Teater).

<sup>5</sup> **Kulturní vrstva** – nahromadění materiálních kulturních pozůstatků spolu s hmotou přírodního prostředí (Teater).

### 3.6.4. Rozklad variability mezi nezávislými proměnnými

Jelikož chci dále spojit výskyty druhů v jednotlivých typech zachování s vlastnostmi rostlin, bylo nutné otestovat vliv nezávislých proměnných na zkoumanou závislou proměnnou (výskyt druhů) a to i jejich sdílený vliv, který nelze přiřadit ani jednomu z prediktorů. Rozklad variability mi umožnil se rozhodnout, zda je nutné, abych v analýze zohlednila i moje prediktory. Pro rozhodování jsem používala upravené R<sup>2</sup>, protože skupiny prediktorů obsahují různé počty proměnných a variabilita vysvětlená neupraveným R<sup>2</sup> není srovnatelná, protože R<sup>2</sup> má tendenci se zvyšovat s počtem vysvětlujících proměnných (David Zelený 2021). Konkrétně jsem se rozhodovala podle překryvu variability mezi prediktory.

## 3.7. Korelace vlastností rostlin vzhledem k jejich výskytu v různých typech zachování

### 3.7.1. Explorace dat – vlastnosti

U velkých datových souborů s velkým množstvím prediktorů je nutné zjistit jejich vzájemnou korelaci (Graham 2003). To jsem docílila tak, že jsem vytvořila korelační matici vlastností. Chybějící data jsem nijak nenahrazovala a použila jsem argument *use="p"*, který poskytuje výpočet korelace za přítomnosti chybějících hodnot. Pracovala jsem tedy jen s kompletními pozorováními pro danou dvojici proměnných.

Z celkového počtu 34 vlastností jsem na základě korelační matice (Příloha 3.) vybrala pro další práci pouze vlastnosti, které jsem v souladu s mými otázkami považovala za nejvíce relevantní vzhledem k tafonomii rostlin. Pro další práci zůstalo 24 vlastností.

Ze skupiny korelovaných vlastností týkající se rozmnožování jsem vybrala sadu vlastností, které nám říkají, jestli se rostlina rozmnožuje výhradně semeny (*only\_seed*), převážně semeny (*most\_seed*), semeny a zároveň vegetativně (*seed\_veg*), převážně vegetativně (*most\_veg*), poslední kategorie výhradně vegetativně nebyla zařazena, jelikož ani jedna rostlina v mém souboru neměla tuto vlastnost. Tento soubor vlastností jsem vybrala zejména proto, že v mé studii mě hlavně zajímá, jestli se rostlina rozmnožuje semeny nebo ne. Vlastnost *only\_seed* byla silně korelovaná jednoletostí (*ann\_herb*), což dává smysl, protože jednoleté rostliny se rozmnožují výhradně semeny. Zatímco vlastnost *seed\_veg*, byla silně korelovaná s klonalitou

(clonal) a vlastností vyjadřující počet pupenů na kořenech (BB\_mean). Tyto vlastnosti vyjadřovaly podobnou informaci, proto jsem z každé skupiny nechala jen jednu vlastnost.

Ze skupiny korelovaných vlastností, týkající se rozměrů semen (výška, šířka, délka), jsem vybrala výšku (seed\_H) a to ze dvou důvodů. Byla nejvíce korelovaná s výskytem ve vzorcích, a navíc tato velikost může hrát roli při manipulaci se semeny.

Z korelovaných vlastností intenzita disturbance (Dist\_in) a frekvence disturbance (Dist\_freq) jsem vybrala intenzitu disturbance, jelikož nám nejlépe pomůže zodpovědět naše otázky, které souvisí například s rozdíly mezi polními plevelely a ruderalní vegetací. Frekvence disturbance by byla zajímavá použít při řešení otázky typu, jak dlouho se nechávala pole ležet ladem.

### 3.7.2. Korelace výskytu druhů v různých typech zachování s vlastnostmi

Z RDA analýzy, do které vstupoval výskyt druhů v archeobotanických vzorcích (závislá proměnná) a typ zachování (nezávislá proměnná) jsem extrahovala skóry druhů na omezené kanonické ose, které jsem dále korelovala s vlastnostmi druhů.

### 3.7.3. Postupný výběr proměnných

Pro srovnání výsledků korelace jsem také použila postupný výběr pomocí funkce *step* prováděnou na základě kritéria AIC V každém kroku tedy funkce vyhodnocuje, který prediktor je vhodné odebrat (Oksanen et al. 2020). Vybírá tedy nejlepší soubor proměnných. Nejprve jsem definovala nulový model jako skóry druhů z RDA analýzy Zachování  $\sim +1$ , nezávislé proměnné jsem definovala pomocí parametru *scope= ~ vlastnosti*. Marginalni signifikanci clenu finalniho modelu jsem testovala pomoci F statistiky.

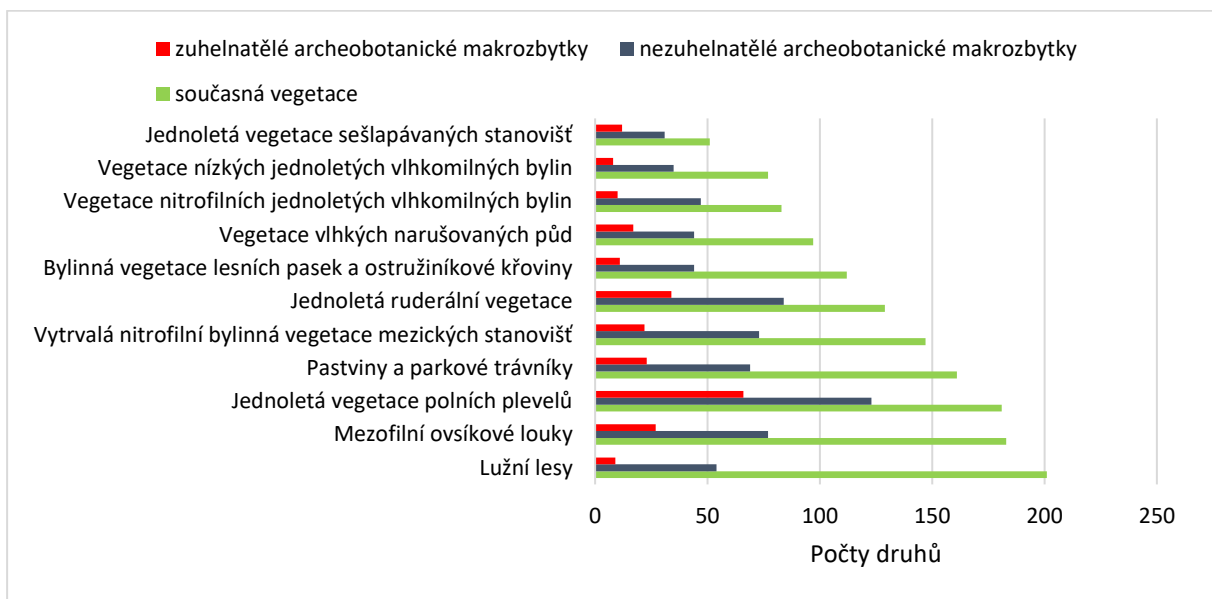
## 4. VÝSLEDKY

### 4.1. Zastoupení různých ekologických skupin v archeobotanickém souboru

Na Obr. 10 jsou zobrazeny pro různé ekologické skupiny počty druhů, které se nacházejí v archeobotanice v nezuheľnatěľe a zuheľnatěľe podobě a potom druhy, které jsou zastoupené



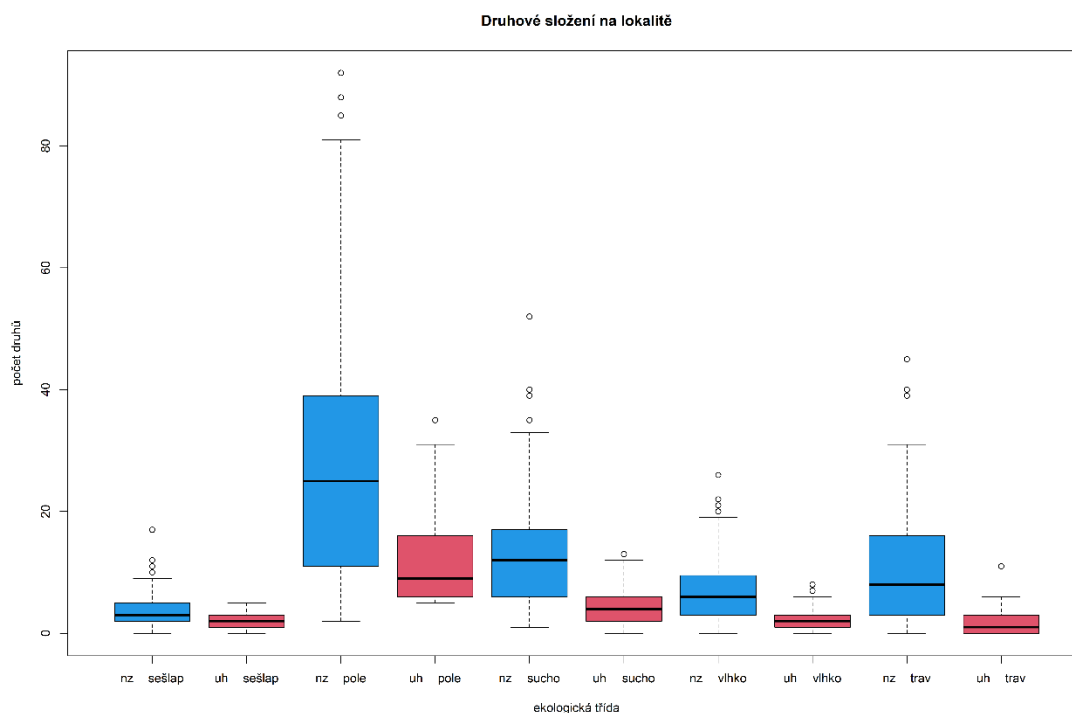
v současné vegetaci. Z grafu vyplývá, jak jsou různé typy vegetace zastoupeny odlišně. Například ve skupině plevelů prakticky všechny druhy nacházíme, naopak přirozená vegetace je zastoupena jen minimálně.



Obr. 10: Na obrázku jsou zobrazeny různé ekologické skupiny a počty druhů, které jsou zastoupeny v současné vegetaci a které z tohoto počtu nacházíme v archeobotanice v nezuhelnatělé a zuhelnatělé podobě. Druhy, které rostou ve větším počtu tříd jsou zastoupeny ve více třídách.

#### 4.2. Zastoupení ekologických skupin v jednom archeobotanickém vzorku

Na Obr.11 můžeme vidět kolik druhů v průměru můžeme nalézt na archeologické lokalitě v dané ekologické třídě. Můžeme zde také vidět, že v nezuhelnatělé podobě nacházíme mnohem více druhů než v zuhelnatělé. V zuhelnatělých makrozbytcích jsou výrazně více zastoupeny jen plevely (*Stellarietea mediae*). Soubor druhů rostoucí na sešlapávaných stanovištích (*Polygono arenastri-Poëtea annuae*) je na pohled zastoupen málo druhy, nicméně tato skupina je druhově chudá i v současné vegetaci (viz Obr. 10).



Obr. 11: Na Obrázku je zobrazeno kolik druhů z jednoho vegetačního typu je přítomno na jedné lokalitě a jak se liší zastoupení makrozbytků v zuhelnatělé a nezuhelnatělé podobě. **nz** – nezuhelnatělé druhy, **uh**-zuhelnatělé druhy, **sešlap**- Jendoletá nebo krátkověká vegetace sešlapávaných míst (*Polygono arenastri-Poëtea annuae*), **pole**- Jednoletá vegetace polních plevelů a ruderálních stanovišť (*Stellarietea mediae*), **sucho**-Suchomilná ruderální vegetace s dvouletými a vytrvalými druhy (*Artemisietea vulgaris*), **vlhko**- Nitrofilní vytrvalá vegetace vlhkých a mezických stanovišť (*Galio- Urticetea*), **trav**-Louky a mezofilní pastviny (*Molinio-Arrhenatheretea*). Celkem je zde zahrnuto 166 archeologických lokalit z České republiky.

#### 4.3. Struktura archeobotanických dat

V Tab. 1 jsou zobrazeny jednotlivé typy exploračních různých nezávislých proměnných. U každé z nich je označen typ standardizace, který zde byl proveden (více o úpravě dat v kapitole Metodika). Ke každé analýze je zde uvedeno procento variability, které vysvětlila první a druhá osa. Můžeme zde pozorovat, jak se procento vysvětlené variability změnilo, když se zvětší vliv vzácných druhů pomocí standardizace po sloupcích a také jak procento vysvětlené variability klesne, když do analýzy RDA vstoupí nezávislé proměnné.

Název testu	Typ standardizace	PCA1	PCA2	RDA1	RDA2	Počet vzorků	Počet druhů
Města 1	Řádky-vzorky	17,3%	14,2%	5,2%	4,7%	50	74
Města 2	Řádky-vzorky+ Sloupce-druhy	11,2%	5,5%	5,1%	2,6%	50	74
Kontexty 1	Řádky-vzorky	19,9%	13,9%	9,9%	7,7%	72	79
Kontexty2	Řádky-vzorky+ Sloupce-druhy	11,6%	8,2%	5,3%	4,1%	72	79
Datace 1	Řádky-vzorky	23,2%	14,5%	6,6%	2,4%	47	70
Datace 2	Řádky-vzorky+ Sloupce-druhy	16,9%	6,7%	4,3%	2,2%	47	70
		PCA1	PCA2	RDA1	PCA1		
Zachování 1	Řádky-vzorky	21,9%	10%	5%	21%	220	216
Zachování 2	Řádky-vzorky+ Sloupce-druhy	6,9%	4,8%	1,9%	6,6%	220	216

Tab. 1 V této tabulce jsou zobrazeny jednotlivé typy mnohorozměrných analýz, které jsem provedla za účelem zkoumání struktury archeobotanických dat. U každé z nich je označen typ standardizace a procenta variability které vysvětlila každá z os. PCA1 – první neomezená osa, PCA2- druhá neomezená osa, RDA1- první omezená osa, RDA2- druhá omezená osa. Dále je zde uvedeno kolik vzorků a druhů do analýzy vstoupilo.

Když porovnám procenta variability, které mi vysvětlily první dvě osy hlavní variability dat, které strukturuje proměnná typ kontextu, tak vysvětlili téměř polovinu variability os v analýze PCA, kde proměnná typ kontextu nevstupuje a data jsou strukturována podle hlavního směru jejich variability. Ostatní analýzy Typu Města a Datace vysvětlily osy v RDA vysvětlily méně než polovinu.

V posledních dvou řádcích tabulky, jsou zobrazeny analýzy, které jsem prováděla na souboru dat, který byl vybrán za účely testování rozdílů mezi zuhelnatělými semeny a nezuhelnatělými. Pro řešení otázky, které vlastnosti druhů se pojí, s jakým typem zachování, jsem vybrala analýzu Zachování 1, kde byla data standardizovaná pouze po vzorcích, a tedy zde budou mít větší dominanci běžnější druhy.

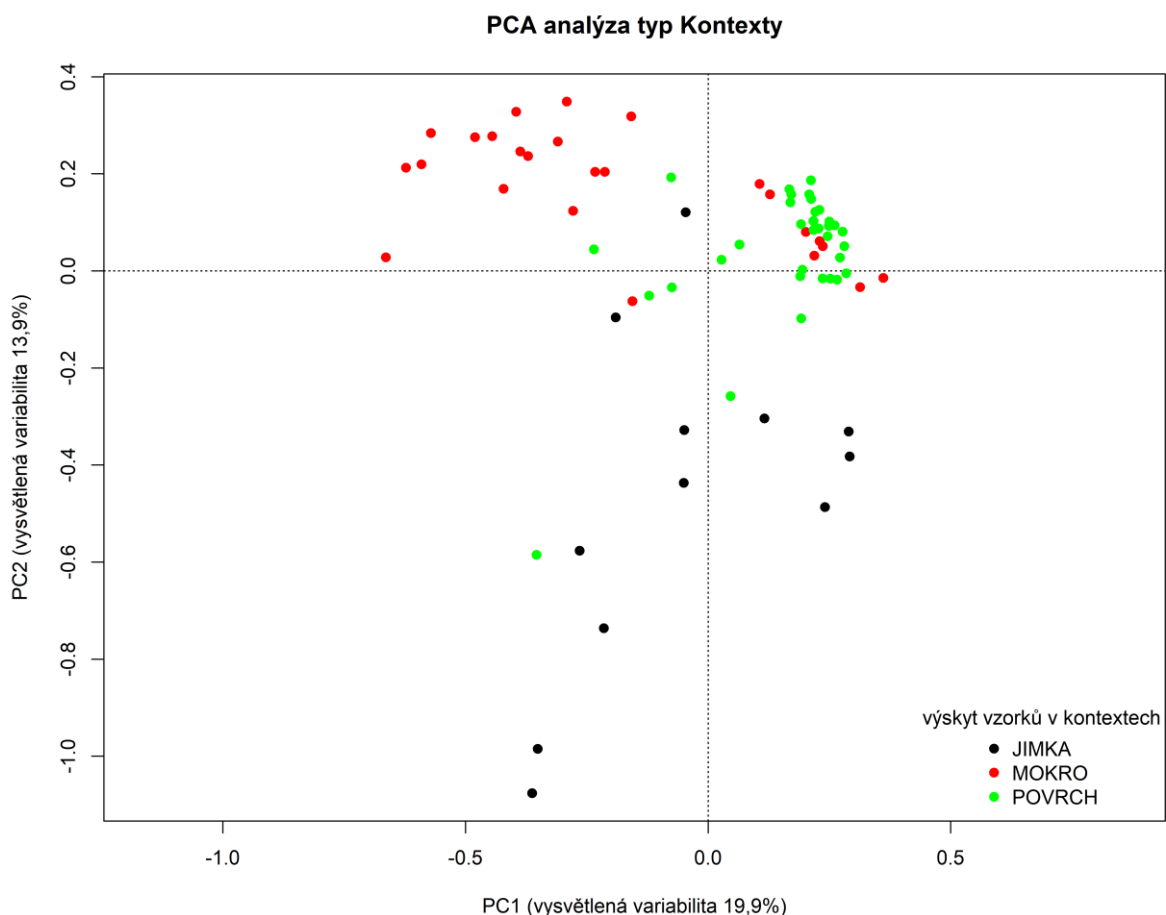
#### 4.3.1. Kontexty

##### Nepřímá analýza-PCA

V Obr. 12 jsou pasivně promítnuté typy kontextů, které jsou přiřazené k jednotlivým vzorkům, do analýzy PCA, která je vytvořená na základě druhového složení ve vybraných vzorcích. První dvě osy společně vysvětlí 33,9 % variability. Když se podíváme na hlavní směr variability dat (vodorovná osa), vzorky všech třech typů kontextů jsou na osách rozmístěny tak, že kontext POVRCH a MOKRO jsou si druhově více podobné než kontext JIMKA. Nicméně podle rozmístění vzorků, můžeme říct, že se vzorky nějakým způsobem druhově liší, kromě

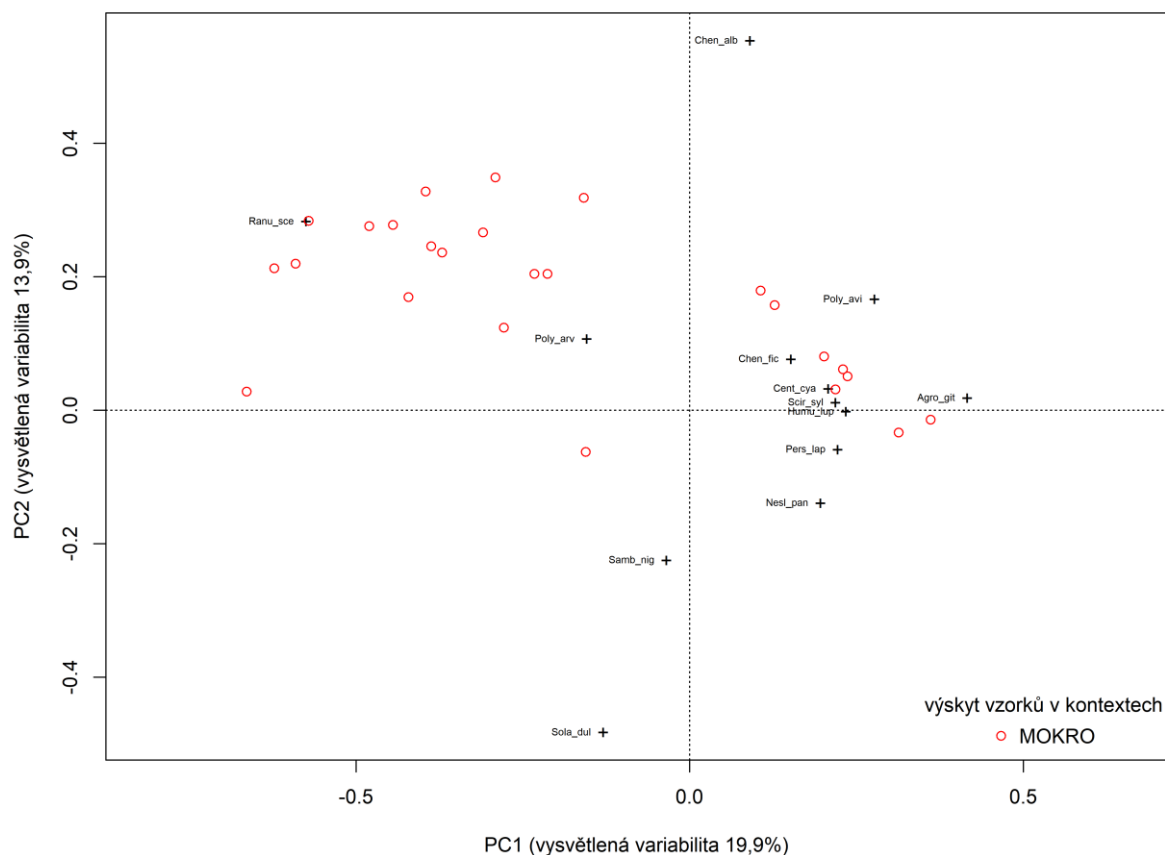
osamocené skupinky vzorků z kontextu MOKRO, která je druhově podobná vzorkům z kontextu POVRCH.

Dvě skupiny vzorků z kontextu MOKRO se zde vytvořili pravděpodobně kvůli tomu, že jde o různé lokality, které jsou reprezentovány jiným druhovým spektrem, jelikož zde byla odlišná tafonomie. Jak už jsem zmiňovala kontext MOKRO obsahuje několik typů objektů i když se vždy jednalo o polopřirozené situace, kde byla v době sedimentace voda. Na této analýze můžeme vidět jednak variabilitu mezi základními typy, ale zároveň ukazuje, že existuje nezanedbatelná variabilita i uvnitř těchto skupin. Nicméně analýza RDA vyšla průkazně, takže můžeme říct, že variabilita mezi skupinami je větší než uvnitř skupin.



*Obr. 12:* Na obrázku je zobrazena PCA analýza, kam jsou pasivně promítnuty typy kontextů archeobotanických vzorků. Typ standardizace dat po vzorcích (řádcích). Zobrazeny první dvě ordinační osy (PC1, PC2).

### PCA druhové složení vzorků - analýza typ Kontexty



Obr. 13: Výsledky PCA analýzy založené na vybraném datovém souboru archeobotanických vzorků, vzniklých pro zkoumání struktury archeobotanických dat mezi různými typy kontextů. V grafu jsou zobrazeny pouze ty druhy, které silněji korelovali s osami (součet jejich skóre byl  $\geq 0.22$ ). Jsou zde pasivně promítnuty vzorky s typem kontextu MOKRÝ. Na obrázku jsou zobrazeny první dvě ordinační osy (PC1, PC2). Typ standardizace dat po vzorcích. **Agro\_git**-*Agrostemma githago*, **Cent\_cya**-*Centaurea cyanus*. **Humu\_lup**-*Humulus lupulus*, **Chen\_alb**-*Chenopodium album*, **Chen\_fic**-*Chenopodium ficifolium*, **Nesl\_pan**- *Neslia paniculata*, **Poly\_arv**-*Polycnemum arvense*, **Poly\_avi**-*Polygonum aviculare* agg., **Ranu\_sce**-*Ranunculus sceleratus*, **Samb\_nig**-*Sambucus nigra*, **Scir\_syl**-*Scirpus sylvaticus*, **Sola\_dul**-*Solanum dulcamara*.

Na Obr. 13 můžeme vidět rozmístění druhů z analýzy PCA. Jsou zde pasivně promítnuty vzorky kontextu MOKRÝ. Skupinu vzorků typu kontextu MOKRÝ, která má skóre na 1.ose záporné a na 2.ose kladné, charakterizuje nejvíce druh *Ranunculus sceleratus*, podle detailní studie druhové skladby těchto vzorků, jde o druhy, které rostly s největší pravděpodobností v nejbližším okolí a jde o druhy vlhkomilné, ale zároveň i trochu ruderalizované. Naopak druhá skupina vzorků-kontextu MOKRÝ, která má skóre na 1.ose a 2.ose kladné, má ve své druhové skladbě také plevely (*Agrostemma githago*, *Polygonum aviculare*) a tudíž zde evidentně docházelo i k průběžnému ukládání odpadu.

## Přímá analýza RDA

Výsledky RDA analýzy archeobotanických dat, kde jsem se snažila potvrdit nebo vyvrátit nulovou hypotézu, která byla, že jednotlivé typy kontextů se neliší svým druhovým složením, ukazují Obr. 14.

Gradient, který nám zobrazuje osa 2, je pravděpodobně gradient vlhkosti, jelikož v kladné části osy máme více vlhké kontexty a v záporné části osy se nachází minimálně vlhké kontexty POVRCH. Druhy, které korelují s typem kontextu, jsou zobrazeny, také v Tab. 2.

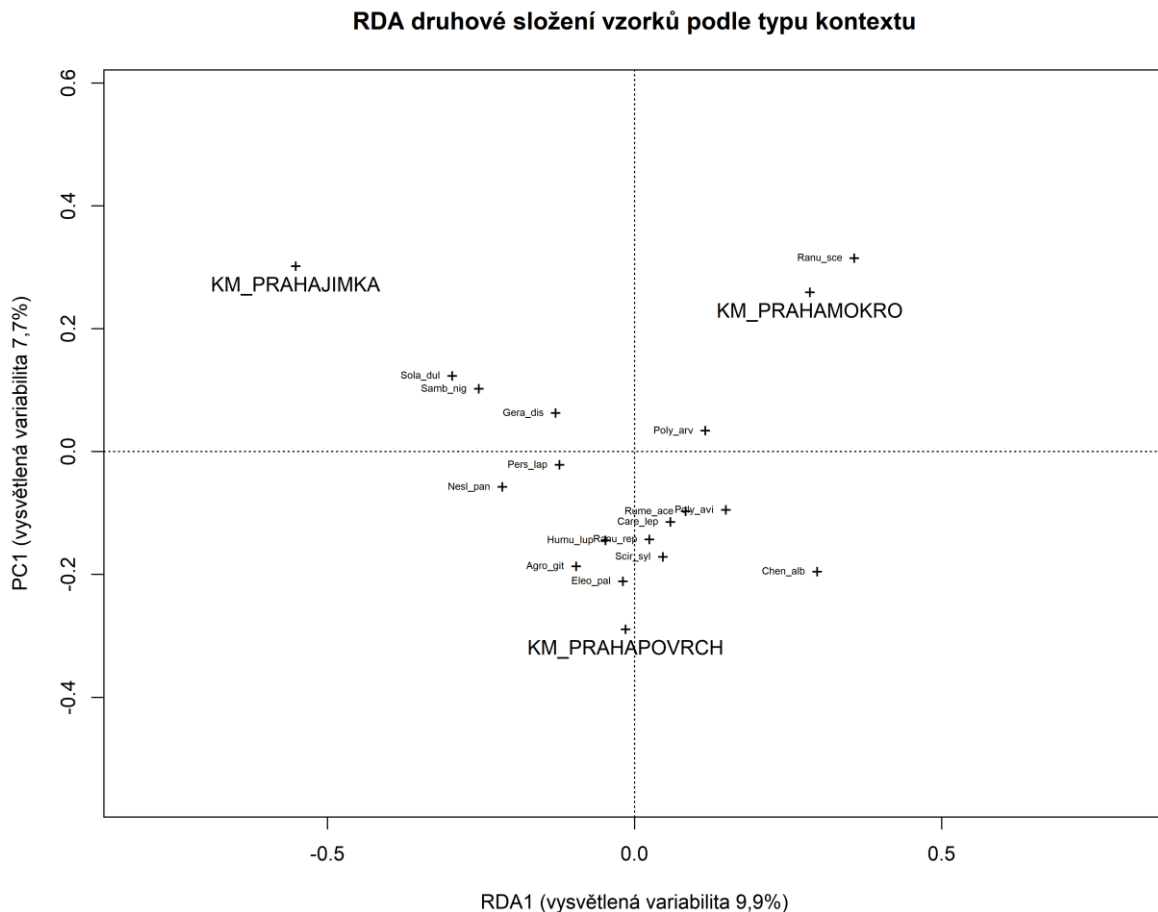
POVRCH	JIMKA-POVRCH	JIMKA	MOKRO-JIMKA	MOKRO
<i>Eleocharis palustris</i> agg.	<i>Neslia paniculata</i>	<i>Solanum dulcamara</i>	<i>Chenopodium album</i>	<i>Chenopodium hybridum</i>
<i>Agrostemma githago</i>	<i>Persicaria lapathifolia</i>	<i>Sambucus nigra</i>		<i>Polycnemum arvense</i>
<i>Humulus lupulus</i>	<i>Silene latifolia</i>	<i>Geranium dissectum</i>		<i>Carex panicea</i>
<i>Scirpus sylvaticus</i>		<i>Solanum nigrum</i>		<i>Ranunculus sceleratus</i>
<i>Carex leporina</i>		<i>Atriplex patula</i>		<i>Carex hirta</i>
<i>Ranunculus repens</i>				
<i>Rumex acetosella</i>				
<i>Prunella vulgaris</i>				
<i>Polygonum aviculare</i> agg.				
<i>Chenopodium ficifolium</i>				

Tab. 2: Zobrazení druhů, které korelují s různým typem kontextů. Výsledky RDA analýzy typu Kontext. Při standardizaci po řádcích a sloupcích se zde projevilo jen pár druhů navíc (viz. červená barva v tabulce (bez obrazové dokumentace)).

*Solanum dulcamara* a *Sambucus nigra* je nejvíce záporně korelovaný hlavní osou variability (PC1) a zároveň s kontextem JÍMKY. Tyto druhy společně s ostatními, které jsou také korelované s kontextem JÍMKY (Tab. 2 a Obr. 14) jsou převážně druhy rumišť nebo jiných typů ekosystému, které se vyznačují jistou mírou narušení.

*Polygonum arvensis* je kladně korelovaný s osou PC1 a zároveň s kontextem MOKRO. Obecně druhy, které jsou korelované s kontextem MOKRO, jsou druhy ruderální a druhy, které jsou vázané s vlhkým prostředím.

*Eleocharis palustris* agg. je nejvíce korelovaná s kontextem POVRCH. Ve skupina druhů, která je korelovaná s kontextem POVRCH, jsou převážně druhy vlhkých míst a také polní plevely, objevují se zde však druhy méně náročné na živiny.



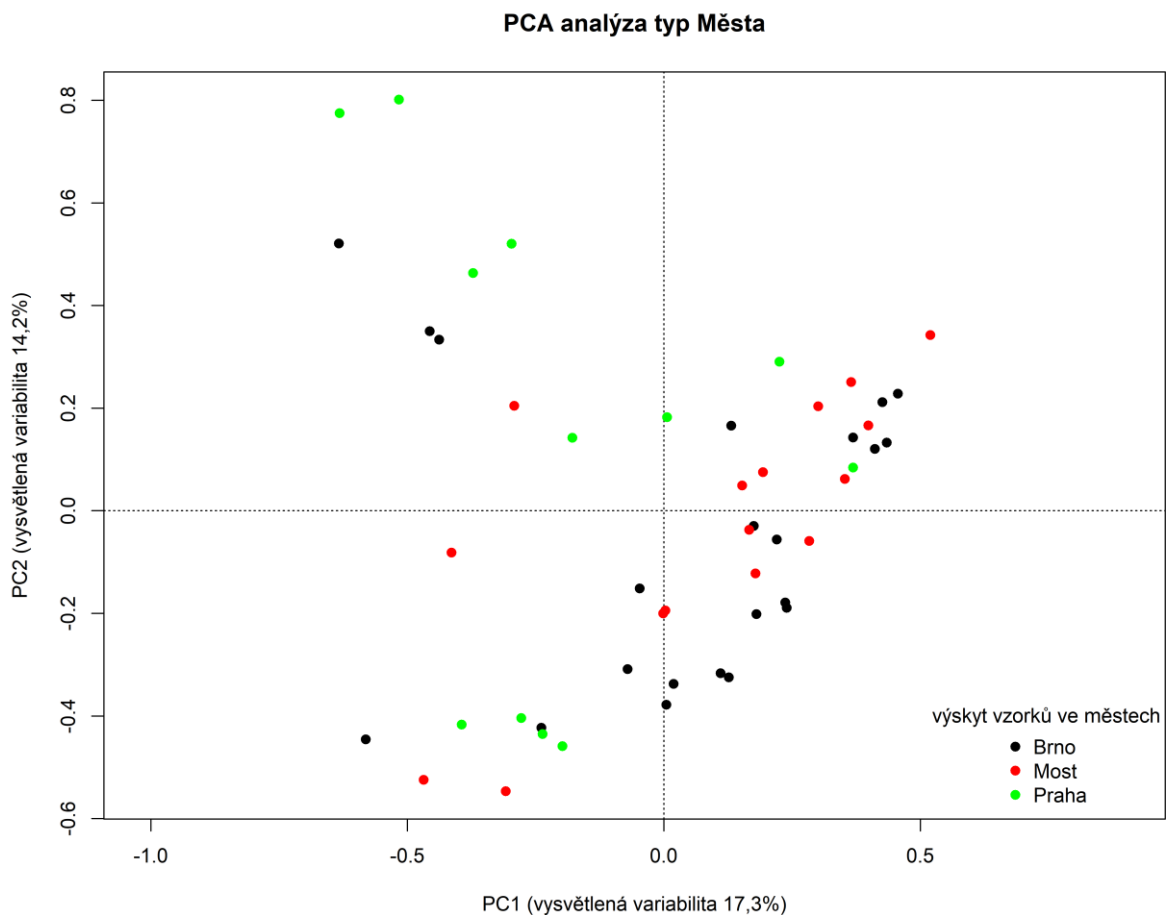
Obr. 14: Výsledky RDA analýzy založené na vybraném datovém souboru archeobotanických vzorků, vzniklých pro zkoumání rozdílu mezi různými typy kontextů. V grafu jsou zobrazeny pouze ty druhy, které silněji korelovali s osami (součet jejich skóre byl  $\geq 0.13$ ). Na obrázku je zobrazena první omezená osa RDA1 a první neomezená osa PC1-Typ standardizace dat po vzorcích. Signifikantní ( $p=0.001$  \*\*\*). **Agro\_git**-*Agrostemma githago*, **Cent\_cya**-*Centaurea cyanus*, **Care\_lep**- *Carex leporina*, **Eleo\_pal**- *Eleocharis palustris* agg., **Gera\_dis**- *Geranium dissectum*, **Humu\_lup**-*Humulus lupulus*, **Chen\_alb**-*Chenopodium album*, **Chen\_fic**-*Chenopodium ficifolium*, **Nesl\_pan**-*Neslia paniculata*, **Pers\_lap**- *Persicaria lapathifolia*, **Poly\_arv**-*Polycnemum arvense*, **Poly\_avi**-*Polygonum aviculare* agg., **Ranu\_sce**-*Ranunculus sceleratus*, **Samb\_nig**-*Sambucus nigra*, **Scir\_syl**-*Scirpus sylvaticus*, **Sola\_dul**-*Solanum dulcamara*.

#### 4.3.2. Města

V tomto typu analýzy se bavíme o typu kontextu JIMKY a období VS2. Při přemýšlení o druzích je třeba brát toto v potaz.

#### Nepřímá analýza PCA

V Obr. 15 jsou pasivně promítnuté typy měst, které jsou přiřazené k jednotlivým vzorkům, do analýzy PCA, která je vytvořená na základě druhového složení ve vybraných vzorcích. První dvě osy společně vysvětlí 31,5 % variability. Jednotlivé vzorky pocházející z různých měst jsou rovnoměrně promíchané. Na základě PCA analýzy zde nevidím nějaké zásadní druhové odlišení mezi městy.

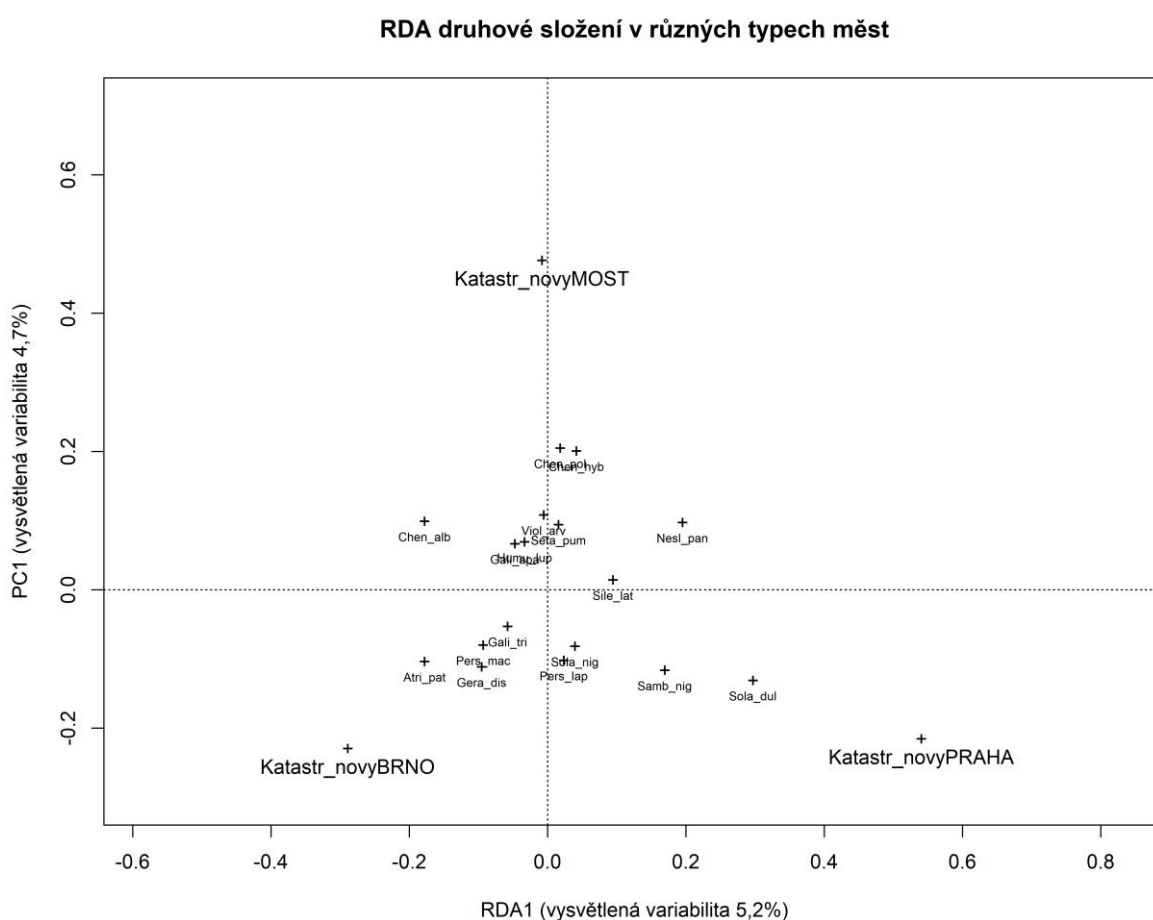


Obr. 15: Na obrázku je zobrazena PCA analýza, kam jsou pasivně promítnuty archeobotanické vzorky z různých měst. Typ standardizace dat po vzorcích (řádcích). Zobrazeny první dvě ordinační osy (PC1, PC2)



## Přímá analýza RDA

Výsledky RDA analýzy archeobotanických dat, kde jsem se snažila potvrdit nebo vyvrátit nulovou hypotézu, která byla: Jednotlivá města se neliší svým druhovým složením, ukazuje Obr. 16. Když však promítneme města do RDA analýzy nějaké rozdíly zde můžeme pozorovat, a dokonce analýza vychází signifikantně, nicméně procento vysvětlené variability prvníma dvěma osami značně kleslo. Druhy korelující s jednotlivými městy jsou vypsané v Tab. 3.



Obr. 16: Výsledky RDA analýzy založené na vybraném datovém souboru archeobotanických vzorků, vzniklých pro zkoumání rozdílu mezi různými městy. V grafu jsou zobrazeny pouze ty druhy, které silněji korelovali s osami (součet jejich skóre byl  $\geq 0.1$ ). Na obrázku je zobrazena první omezená osa RDA1 a první neomezená osa PC1-Typ standardizace dat po vzorcích. Signifikantní ( $p=0.001$  \*\*\*). **Atri\_pat**-*Atriplex patula*, **Gali\_tri**-*Galium tricoratum*, **Gera\_dis**-*Geranium dissectum*, **Humu\_lup**-*Humulus lupulus*, **Chen\_alb**-*Chenopodium album*, **Chen\_hyb**-*Chenopodium hybridum*, **Chen\_poly**-*Chenopodium polyspermum*, **Nesl\_pan**-*Neslia paniculata*, **Pers\_lap**-*Persicaria lapathifolia*, **Pers\_mac**-*Persicaria maculosa*, **Poly\_arv**-*Polycnemum arvense*, **Poly\_avi**-*Polygonum aviculare* agg., **Prun\_vul**-*Prunella vulgaris*, **Ranu\_sce**-*Ranunculus sceleratus*, **Rume\_ace**-*Rumex acetosella*, **Samb\_nig**-*Sambucus nigra*, **Sile\_lat**-*Silene latifolia*, **Sola\_dul**-*Solanum dulcamara*, **Sola\_nig**-*Solanum nigrum*, **Viol\_arv**-*Viola arvensis*.

Brno	Brno-Most	Most	Most-Praha	Praha
<i>Atriplex patula</i>	<i>Chenopodium album</i>	<i>Chenopodium polyspermum</i>	<i>Neslia paniculata</i>	<i>Solanum nigrum</i>
<i>Geranium dissectum</i>	<i>Humulus lupulus</i>	<i>Chenopodium hybridum</i>	<i>Silene latifolia</i>	<i>Persicaria lapathifolia</i>
<i>Persicaria maculosa</i>	<i>Galium aparine</i>	<i>Viola arvensis</i>		<i>Sambucus nigra</i>
<i>Galium tricorneratum</i>		<i>Setaria pumila</i>		<i>Solanum dulcamara</i>

Tab. 3: Zobrazení druhů, které korelují s různým typem kontextů. Výsledky RDA analýzy typu Kontext. Standardizace po sloupcích neukázala žádné zásadní rozdíly v druhovém složení (bez obrazové dokumentace).

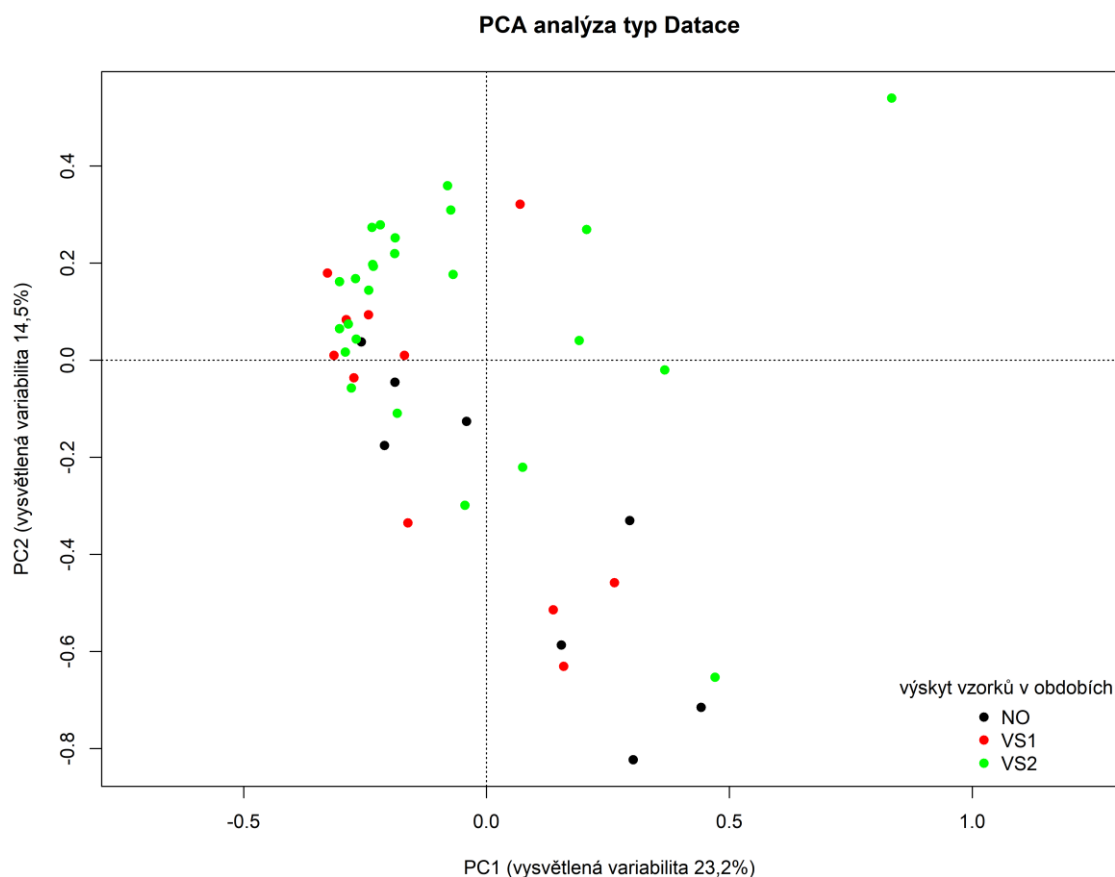
Druhy *Chenopodium polyspermum* a *Chenopodium hybridum* jsou nejvíce korelované s městem MOST. *Solanum dulcamara* a *Sambucus nigra* jsou zase nejsilněji korelované s PRAHOU. S BRNEM jsou korelované druhy jako *Atriplex patula*, *Geranium dissectum*, *Persicaria maculosa*.

#### 4.3.3. Datace

V tomto typu explorační struktury archeobotanických dat, jsem použila kontexty typu JIMKY z města BRNA.

#### Nepřímá analýza PCA

Na Obr. 17 jsou pasivně promítnuté různé datace jednotlivých vzorků do analýzy PCA, která je vytvořená na základě druhového složení ve vybraných vzorcích. První dvě osy společně vysvětlí 37,7 % variability. Nějaké výrazné shluky vzorků o stejné dataci zde nevidím. Pouze vzorky datované do novověku jsou uspořádány na ose PC2 v záporných hodnotách, zatímco vzorky datované do Vrcholného středověku 2 jsou spíše v kladné části. V pozdější analýze Zachování jsem období novověku už nezahrnula.

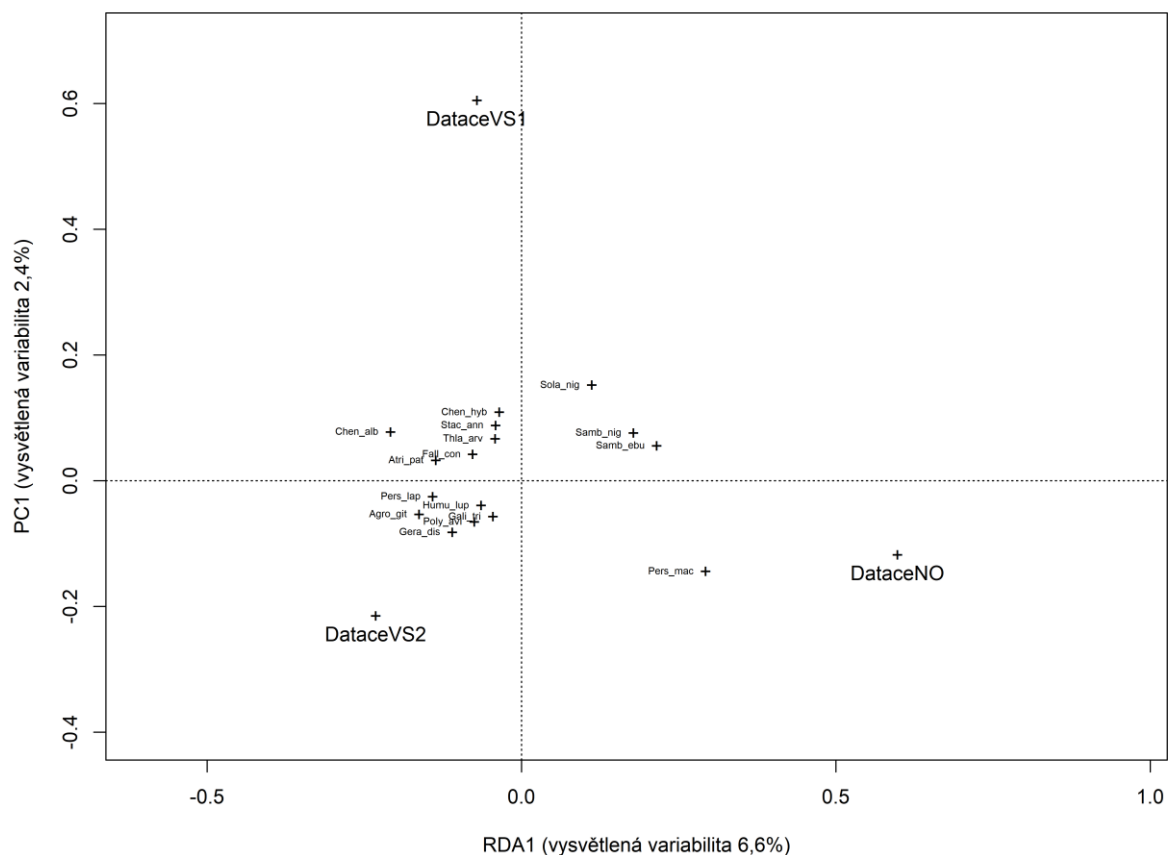


Obr. 17: Na obrázku je zobrazena PCA analýza druhového zastoupení, kam jsou pasivně promítnuty vzorky podle různých datací. Typ standardizace dat po vzorcích (řádcích). Zobrazeny první dvě ordinační osy (PC1, PC2).

### Přímá analýza RDA

Výsledky RDA analýzy archeobotanických dat, kde jsem se snažila potvrdit nebo vyvrátit nulovou hypotézu, která byla: jímky z těchto tří období se neliší svým druhovým složením, ukazuje Obr. 18. Když však promítneme města do RDA analýzy nějaké rozdíly zde můžeme pozorovat, a dokonce analýza vychází signifikantně, nicméně procento vysvětlené variability prvníma dvěma osami značně kleslo (Tab.4.). Druhy, které korelují s určitým obdobím jsou zobrazeny v Tab. 4.

### RDA druhové složení ve různých časových fázích



Obr. 18: Výsledky RDA analýzy založené na vybraném datovém souboru archeobotanických vzorků, vzniklých pro zkoumání rozdílu mezi různými časovými fázemi. V grafu jsou zobrazeny pouze ty druhy, které silněji korelovali s osami (součet jejich skóre byl  $\geq 0.1$ ). Na obrázku je zobrazena první omezená osa RDA1 a první neomezená osa PC1-Typ standardizace dat po vzorcích. Signifikantní ( $p = 0.003$  \*\*). **Atri\_pat**-Atriplex patula, **Agro\_git**-Agrostemma githago, **Gali\_tri**-Galium tricorneratum, **Gera\_dis**-Geranium dissectum, **Humu\_lup**-Humulus lupulus, **Chen\_alb**-Chenopodium album, **Chen\_hyb**-Chenopodium hybridum, **Pers\_lap**-Persicaria lapathifolia, **Pers\_mac**-Persicaria maculosa, **Poly\_avi**-Polygonum aviculare agg., **Samb\_ebu**- Sambucus ebulus **Samb\_nig**-Sambucus nigra, **Sola\_nig**-Solanum nigrum, **Thla\_arv**- Thlaspi arvense, **Stac\_ann**- Stachys annua.

VS2	VS1	VS1-NO	NO
Persicaria lapathifolia	Chenopodium hybridum	Sambucus nigra	Persicaria maculosa
Agrostemma githago	Stachys annua	Sambucus ebulus	
Geranium dissectum	Thlaspi arvense		
Polygonum aviculare agg.	Fallopia convolvulus		
Galium tricorneratum	Atriplex patula		
Humulus lupulus	Chenopodium album		
<b>Cirsium arvense</b>	Solanum nigrum		

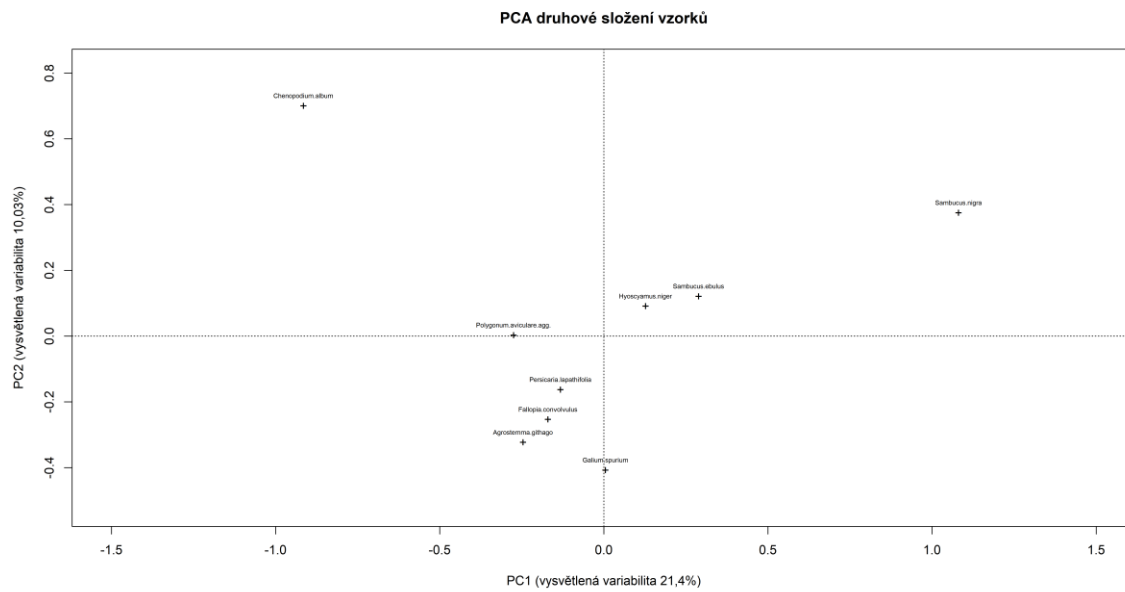
Tab. 4: Zobrazení druhů, které korelují s různým typem datace vzorků. Výsledky RDA analýzy typu Datace. Při standardizaci po řádcích a sloupcích se zde projevilo jen jeden druh navíc (viz. červená barva v tabulce (bez obrazové dokumentace)).

*Persicaria maculosa* je jako jediný druh silně korelovaný se vzorky datovanými do Novověku. *Solanum nigrum* je nejsilněji korelované s Vrcholným středověkem 1. Ostatní korelace druhů s jednotlivými obdobími nejsou nijak výrazné viz. Obr. 18.

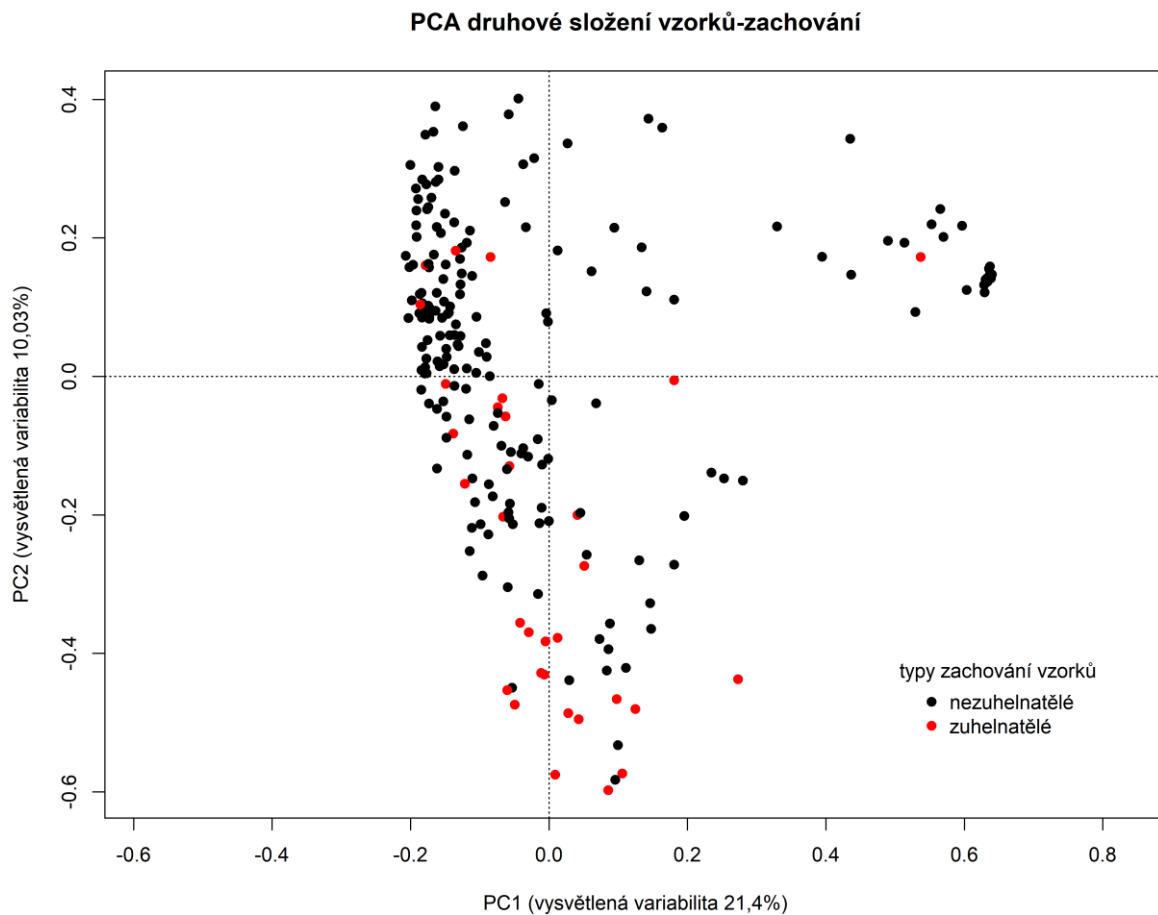
#### 4.3.4. Zachování

##### Nepřímá analýza PCA

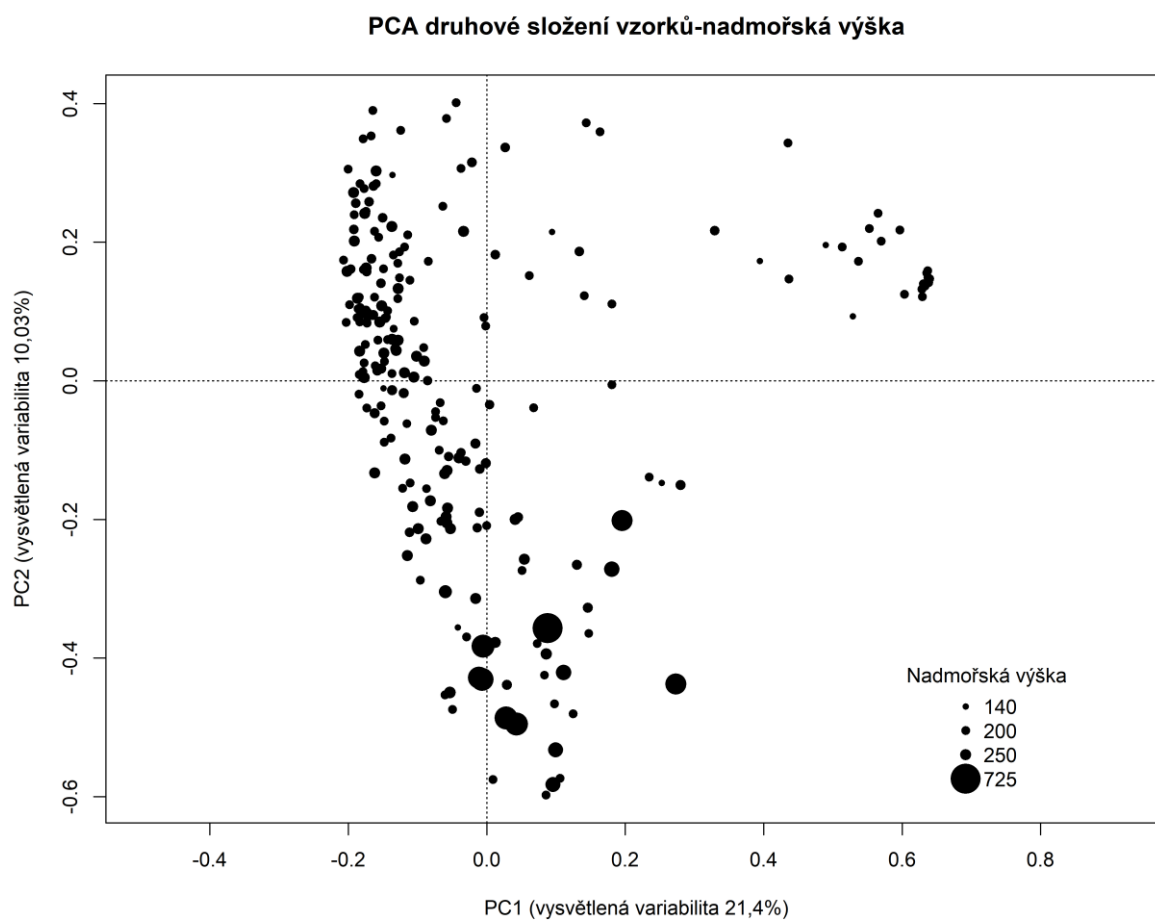
Na Obr. 20 jsou pasivně promítnuté typy zachování jednotlivých vzorků do analýzy PCA, která je vytvořená na základě druhového složení, ve vybraných vzorcích. Tento soubor dat byl vybrán speciálně pro tento typ analýzy, tj. testování jak se liší druhové složení makrozbytků zachovaných zuhelnatěním a ve vlhkém prostředí. První dvě osy společně vysvětlí 31,9 % variability. Vzorky jsou uspořádány na ose PC2, kde v jejích záporných hodnotách se nacházejí obě formy zachování a s narůstajícími hodnotami se vyskytují pouze vzorky nezuhelnatělé. Na Obr. 19 jsou zobrazeny druhy korelující s osami vysvětlené variability. Na Obr. 21 je zobrazena PCA analýza, kam jsou pasivně promítnuty nadmořské výšky archeobotanických vzorků. Vidíme zde, že vzorky rovnoměrně pokrývají výškovou stupňovitost České republiky.



Obr. 19: Výsledky PCA analýzy založené na vybraném datovém souborů archeobotanických vzorků, vzniklých pro zkoumání rozdílu mezi různými typy zachování makrozbytků. V grafu jsou zobrazeny pouze ty druhy, které silněji korelovali s osami (součet jejich skóre byl  $\geq 0.2$ ). Na obrázku jsou zobrazeny první dvě ordinační osy (PC1, PC2). Typ standardizace dat po vzorcích.

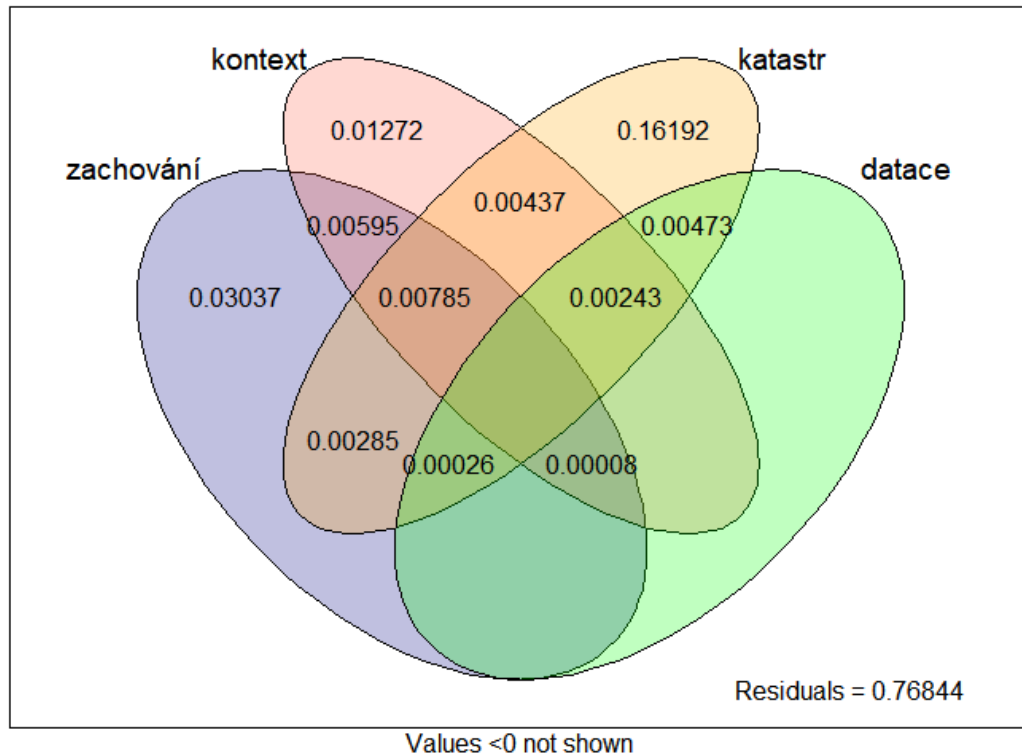


Obr. 20: Na obrázku je zobrazena PCA analýza druhového zastoupení, kam jsou pasivně promítnuty vzorky podle různých typů zachování. Typ standardizace dat po vzorcích (řádcích). Zobrazeny první dvě ordinační osy (PC1, PC2).



Obr. 21: Na obrázku je zobrazena PCA analýza, kam jsou pasivně promítnuty nadmořské výšky archeobotanických vzorků. Vidíme zde, že vzorky rovnoměrně pokrývají výškovou stupňovitost České republiky. Typ standardizace dat po vzorcích.





Obr. 22: Rozklad variability mezi čtyřmi skupiny prediktorů, které mají vliv na druhové složení v archeobotanických vzorcích. Data byla použita z analýzy Zachování. Množství vysvětlené variability vyjádřeno pomocí R2 Adj [%]. Všechny prediktory byly signifikantní. Hodnoty menší než <0 nejsou zobrazeny.

Rozklad variability neodhalil žádný významný překryv vlivu jednotlivých skupin prediktorů (Zachování, Kontext, Město (Katastr), Datace). Podíl variability vysvětlený celkově prediktory je R2 Adj=23,2 %. Největší množství variability vysvětlí Katastr (R2 Adj= 18,4 %, p= 0.001 \*\*\*), zachování (R2 Adj= 4,6 %, p=0.001 \*\*\*), kontext (R2 Adj= 3,3 %, p=0.001 \*\*\*), datace (R2 Adj= 0,55 %, p=0.01 \*\*). Podle p-hodnoty mi vyšel celý model signifikantní.

## Přímá analýza RDA

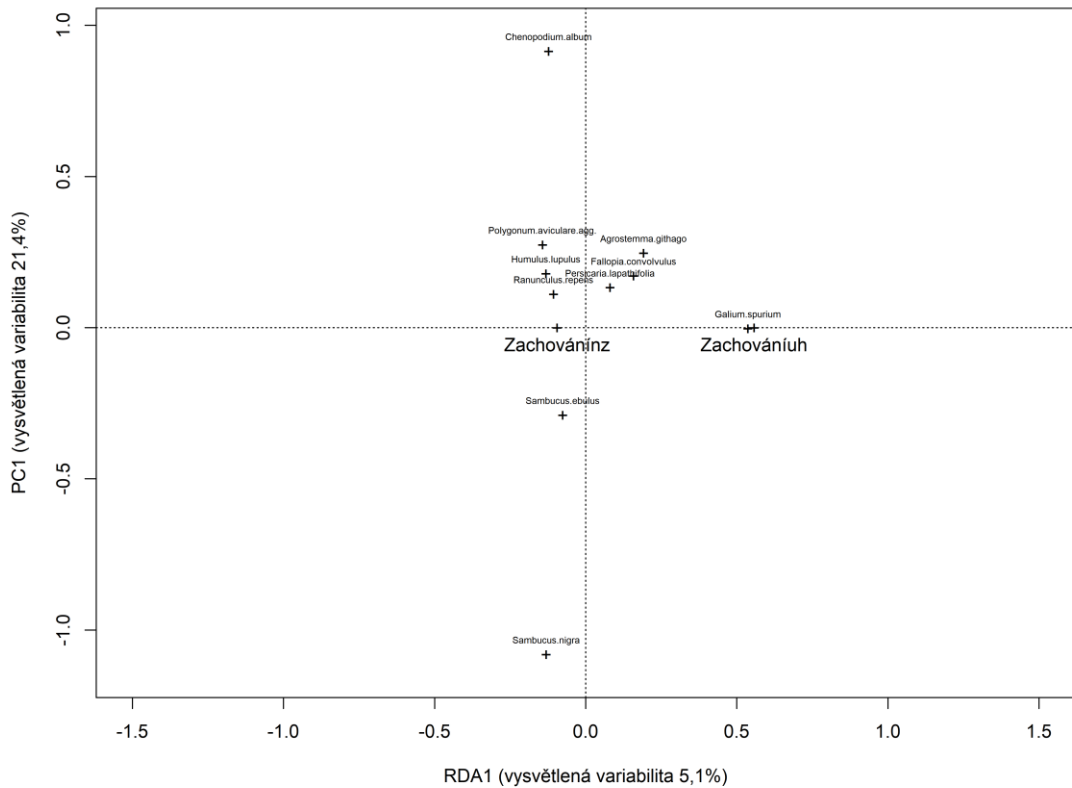
V této analýze (Obr. 23) jsem se snažila potvrdit moji hypotézu, že vzorky vzniklé jiným typem zachování se druhově liší. Moje hypotéza byla potvrzena, jelikož analýza vyšla signifikantně. Moje omezená osa RDA1, která je vysvětlena závislou proměnnou typ zachování, vysvětluje 5% variability dat.

*Galium spurium* je velmi silně korelované s hlavní osou variability RDA1 a také s typem zachování zuhelnatění. S tímto typem zachování jsou korelované také druhy *Elymus repens*, *Bupleurum rotundifolium*, *Bromus arvensis*, *Bromus secalinus*, *Vicia tetrasperma*, *Malva sylvestris*, *Fallopia convolvulus*, *Agrostemma githago*, *Persicaria lapathifolia*. V Příloze 3. jsou vyneseny všechny druhy a jejich korelace s hlavní osou variability RDA1. S typem zachování nezuhelnatělý je korelováno celkem 47 druhů.

Naopak druhy korelované s typem zachování nezuhelnatělé jsou *Humulus lupulus*, *Ranunculus repens*, *Rumex acetosella*, *Silene latifolia*, *Polgonum aviculare agg.*, *Sambucus ebulus*. S typem zachování nezuhelnatělý je korelováno celkem 169 druhů.

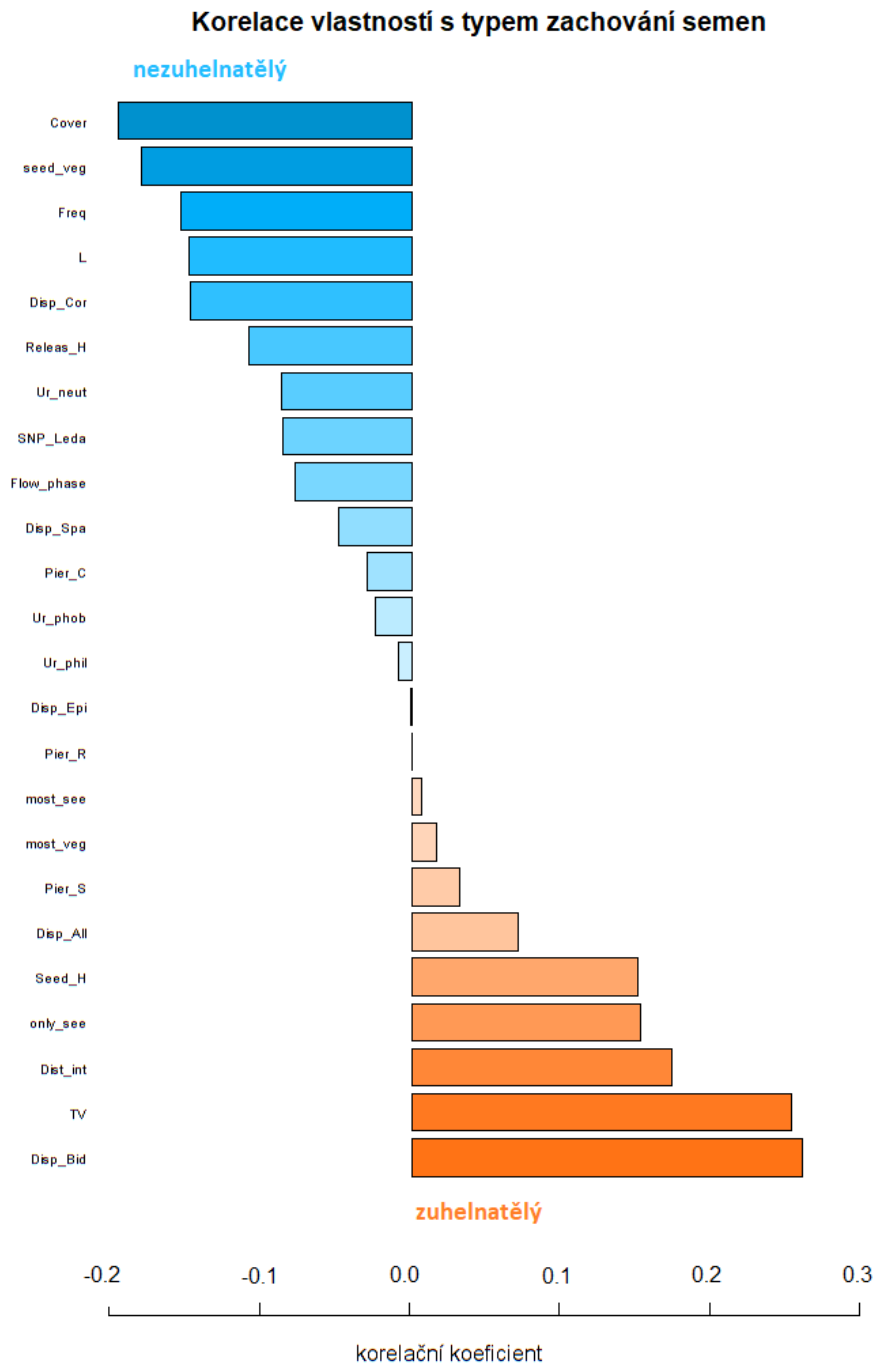
Dva druhy *Chenopodium album* a *Sambucus nigra* jsou slabě korelované nezuhelnatělými vzorky, ale velmi silně jsou korelované s neomezenou osou PC1.

### RDA druhové složení vzorků podle typu zachování



Obr.23: Výsledky RDA analýzy založené na vybraném datovém souboru archeobotanických vzorků, vzniklých pro zkoumání rozdílu mezi různými typy zachování makrozbytků na základě vlastností rostlin. V grafu jsou zobrazeny pouze ty druhy, které silněji korelovali s osami (součet jejich skóre byl  $\geq 0.2$ ). Na obrázku je zobrazena první omezená osa RDA1 a první neomezená osa PC1-Typ standardizace dat po vzorcích. Signifikantní ( $p=0.001$  \*\*\*).

#### 4.4. Korelace s vlastnostmi rostlin



Obr. 24 : Na Obrázku je zobrazena korelace vlastností rostlin se skóry druhů RDA1 analýzy Zachování. Vlastnosti s kladnými korelačními koeficienty jsou korelovány s typem zachování zuheľnatěním. Záporné korelační koeficienty mají vlastnosti korelované s typem zachování nezuheľnatěním. Podrobné vysvětlivky zkratk jsou uvedeny v Příloze 1. nebo textu. **Flow\_ph**- Fáze kvetení, **most\_veg**-rozmnožování převážně vegetativně, **seed\_veg**- rozmnožování semena/vegetativně, **most\_see**- převážně semeny, **only\_see**- jen semeny, **Disp\_All**- autochorie, **Disp\_Bid**-autochorie a epizoochorie, **Disp\_Cor**-autochorie-endozoochorie,**Disp\_Epi**-anemochorie a autochorie, **Disp\_Spa**- autochorie a hydrochorie, **Releas\_H**- výška rostliny, **SNP\_Leda**- produkce semen, **seed\_H**- velikost semene, **Pier\_C**- C strategie, **Pier\_S**- S strategie, **Pier\_R**- R strategie, **Ur\_phil**- urbanofilní, **Ur\_phob**- urbanofóbní, **Ur\_neut**- urbanoneutrální, **Freq**- frekvence výskytu, **Cover**- pokrývnost, **Dist\_int**- intenzita disturbance, **TV**- terminal velocity, **L**- longevity.

Korelace vlastností se skóry z analýzy RDA, kde prediktor bylo Zachování makrozbytků, je zobrazena na Obr. 24. Druhy korelované se zuhelnatěním byly korelované kladnými hodnotami na ordinační ose. Vlastnosti korelované s těmito druhy jsou vyneseny vpravo na ose, zatímco vlastnosti korelované s nezuhelnatěním jsou korelovány se zápornými hodnotami omezené osy z RDA analýzy a jsou zobrazeny vlevo. Každý sloupec je přiřazen k jedné vlastnosti a znázorňuje míru korelace se skóry z omezené osy RDA analýzy.

Se **zuhelnatělými** druhy jsou nejvíce korelované vlastnosti jako je šíření typu *Bidens* (Sádlo et al. 2018), kde převažuje autochorní šíření, ale jsou zde také semena s různými háčky, které naznačují epizoochorní šíření. Dále pak *terminal velocity* (TV), jinak řečeno rychlost pádu semene. O něco méně, ale stále významně jsou korelovány vlastnosti jako intenzita disturbance, kterou je schopen druh snášet (Dist\_int), rozmnožování výhradně semeny (only\_seed) a výška semene (Seed\_H). Ve slabší korelaci se zuhelnatěním jsou vlastnosti jako typ šíření *Allium* (Sádlo et al. 2018), kde převažuje autochorie, bez jasného morfologického přizpůsobení semene, dále pak typ životní strategie-S (Pier-S), tedy že snášejí intenzitu stresu.

S typem zachování **nezuhelnatělé** je nejsilněji korelovaná vlastnost pokryvnost (Cover) a rozmnožování pomocí semen, ale i vegetativně (seed\_veg). Další vlastnosti, které jsou významně korelované s nezuhelnatěním je frekvence výskytu (Freq), *longevity* (L)-délka přetrvávání v půdě, typ šíření *Cornus* (Sádlo et al. 2018), kde převažuje autochorie a endozoochorie, výška rostliny (Releas\_H), urbano-neutrálnost (Urb-neut), počet semen na jednotku (SNP\_Leda), fáze kvetení (Flow\_phase), typ šíření *Sparganium* (Disp\_Spar)-převážně autochorie a hydrochorie, životní strategie kompetitor (Pier\_C), urbanofóbní druhy (Ur\_phob).

Vlastnosti, které nejsou nijak silně korelované ani s jednou skupinou jsou urbanofilní druhy (Ur\_phil), typ šíření *Epilobium* (Disp\_Epi)-převážně anemochorie a autochorie, životní strategie ruderal (Pier\_R), rozmnožování převážně semeny (most\_see), převážně vegetativně (most\_veg).

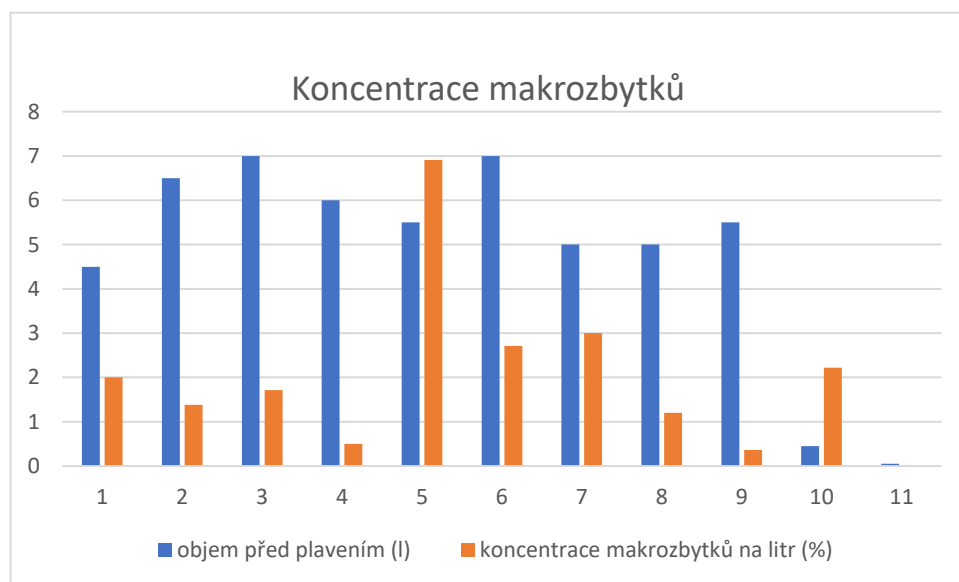
#### 4.4.1. Postupný výběr

Celkový model vybraný funkcí step () byl statisticky signifikantní (p-hodnota: < 2.2e-16). Vlastnosti, které vyšly v modelu signifikantně byly typ šíření *Bidens*, intenzita disturbance, typ šíření *Allium*, typ šíření *Sparganium*, typ šíření *Epilobium*, typ šíření *Cornus*, *terminal velocity*, *longevity*.

#### 4.5. Archeologická lokalita Nesvětice

Souhrnné výsledky zpracování archeobotanických vzorků z lokality Nesvětice je uvedeno v Příloze 5. Jedná se převážně o nálezy pěstovaných druhů jako je *Triticum dicoccum*, *Secale cereale*, *Triticum monococcum*, *Avena sativa*, *Triticum aestivum*. Synantropní druhy zde nebyly bohužel v takové míře zastoupeny, nicméně jsem zde identifikovala druhy jako *Thlaspi arvense*, *Chenopodium hybridum*.

Celkově zde bylo analyzováno 12 vzorků z různých objektů. Ráda bych tuto analýzu použila jako názornou ukázkou koncentrace zuhelnatělých archeobotanických dat (Obr. 25).



Obr. 25 Koncentrace makrozbytků v archeobotanických vzorků z lokality Nesvětice. Modré sloupečky značí objem před plavením v jednotkách litr, Oranžové sloupečky značí koncentraci makrozbytků na liter v %. Jeden vzorek nebyl do grafu zahrnut kvůli jeho velmi malému objemu, který zobrazení zkresloval.

## 5. DISKUZE

### 5.1. Jaká je struktura archeobotanických dat?

Problematiku struktury archeobotanických dat jsem zmiňovala už na začátku práce a jejich značná heterogenita je jedním z hlavních důvodů, proč se moje diplomová práce soustředí na problematiku typů zachování makrozbytků v archeologických kontextech. Na problematiku vzniku těchto kontextů odkazuje ve svém článku například (van der Veen 2007).

Když se podívám na druhovou skladbu makrozbytků a jejich zastoupení v ekologických třídách, tak jak jsou sestaveny pro současnou vegetaci (Obr.10, Chytrý 2007; 2009; 2011; 2013), nejvíce zastoupené ekologické skupiny jsou ruderalní vegetace a plevele polí. Oba tyto typy vegetace jsou silně ovlivněny lidskými aktivitami a liší se mezi sebou skladbou druhů, která je ovlivněna jinou intenzitou disturbance a ekologickými podmínkami prostředí (Lososová et al. 2006). Více k tomu, jak se tyto dvě skupiny liší na základě vlastností rostlin je rozebráno dále v textu.

V období středověku se nám do archeobotanických vzorků dostávají nové druhy, a to ze dvou důvodů, jednak je to z toho důvodu, že vznikají nové prostředí příhodné pro uchycení nově přichozích druhů (zejména okolí lidských sídel) a dále pak se mění chování člověka (např. intenzivní pastva ve vlhkém prostředí), díky kterému se nám do archeologických kontextů dostávají nové druhy. Tento nárůst druhového složení popisuje (Pokorná et al. 2018), také zmiňuje, že jedna z dalších možných příčin nárůstu druhového složení v období středověku je nárůst makrozbytků dochovaných ve vlhkém prostředí. Ve své diplomové práci jsem porovnávala druhové složení nezuheľnatělých (vlhké prostředí) a zuheľnatělých makrozbytků. Data ukazují, že nezuheľnatělé makrozbytky mají bohatší druhovou skladbu. Na to může mít vliv jak rozdílné podmínky působící na makrozbytky a dále pak i hospodaření člověka. Například v zuheľnatělé makrozbytky jsou nejvíce spojeny s polními pleveľy. Důvody těchto vlivů popisují v další části diskuse.

Na mých datech z analýzy Zachování (Obr. 21) je také vidět, jak je středověké osídlení rozmístěno v naší krajině. Přesun lidského osídlení do vyšší poloh nad 400 metrů n.m. je výsledek vrcholně středověké kolonizace. Podle (Klápště 2005) tato oblast už není tak příhodná pro zeměděľství.

## 5.2. Jak se liší zuhelnatělé a nezuhelnatělé soubory svým složením?

Typ zachování semen je značně ovlivněn lidskou činností, jak bylo daným semenem nakládáno, jak už jsem zmiňovala dříve. Tento fakt je důležité mít na paměti při dalších interpretacích.

Velmi často nacházíme v archeobotanických vzorcích rody *Chenopodium* a *Atriplex* (podle Cappers 1995), to může být také ovlivněno velmi rezistentním obalem semene, které mohlo vyklíčit už v minulosti a do současnosti se dochoval jen obal. Nicméně v praxi jsem se setkala s tím, že tyto vyklíčená semena se označují jako recentní materiál a za subfosilní semena se považují pouze ty, které mají uvnitř zuhelnatělý endosperm.

Z mých analýz vyplývá také to, že druhy zachované **zuhelnatěním** jsou především plevely (např. *Agrostemma githago*), což souvisí s manipulací člověka a ohně. Kdy plevely byly záměrně vybírány z obilí a pravděpodobně páleny (Jones 1984; Cappers 1995).

V **nezuhelnatělých** vzorcích se dochovávají spíše druhy, které pravděpodobně rostly přímo v okolí těchto vlhkých kontextů (např. *Polygonum aviculare*, *Rumex acetosa*). Dále se zde vyskytují druhy rostoucí v okolí lidských sídel (např. *Humulus lupulus*), nebo v místech, kde se pásala zvířata, která makrozbytky přinesla na lokalitu se svým trusem (např. *Ranunculus acris*, *Ranunculus repens*).

## 5.3. Vlastnosti rostlin zodpovědné za jejich dochování

### Počet semen

Cappers (1995) tvrdí, že produkce semen, ovlivňuje to, jestli se semena dostanou do půdy a následně do archeobotanického vzorku. Herben et al. (2014) píše o trade-off mezi velikostí semene a počtem semen, které je patrné i v mých výsledcích. Obě vlastnosti jsou mírně negativně korelované (Příloha 3.) a také počet semen koreluje s typem zachování nezuhelnatělý, zatímco velikost semene je korelovaná se zuhelnatělostí (Obr. 24).

### Typ rozmnožování

V archeobotanickém záznamu se nám dochovávají pouze ty rostliny, které se alespoň v malé míře rozmnožují semeny, jelikož semeno je ta část rostliny, která je schopná se nám dochovat do současnosti, a navíc je dobře identifikovatelná. Vegetativní fragmenty rostlin bývají často náchylné k rozpadu (Cappers 1995). S **nezuhelnatělostí** vyšla silně korelovaná vlastnost seed\_veg (rozmnožování semeny i vegetativně). Rostliny, které se rozmnožují převážně



vegetativně, se v souborech makrozbytků nenacházejí, protože my nacházíme pouze semena těchto rostlin. Druhy, které se rozmnožují semeny i vegetativně a jsou korelované s nezuheľnatělostí jsou *Humulus lupulus*, *Ranunculus repens* a *Sambucus ebulus*. Naopak **se zuheľnatělymi** semeny korelují rostliny, které se rozmnožují pouze semeny (only\_seed), což jsou jednoleté rostliny, které se tímto adaptovaly pro růst na disturbovaných místech. V **zuheľnatělych** souborech nacházíme převážně jednoleté plevele polí (např. *Galium spurium*, *Bupleurum rotundifolium*) kde je vysoká intenzita disturbance, ale není tak frekventovaná. Dochází však k velkému poničení rostliny (Lososová 2006 et al.).

Vlastnost only\_veg (rozmnožování pouze vegetativně) nebyla vůbec zařazena do mé analýzy, jelikož rostliny, které se rozmnožují pouze vegetativně, se nám bohužel nemají, jak dochovat. V budoucnu by bylo zajímavé zahrnout tuto vlastnost do analýzy, která by řešila otázku, jaké druhy se nám v archeobotanice nedochovávají.

### **Velikost semene a terminal velocity**

Podle (Boardman & Jones 1990) mají větší šanci na přežití v ohni malé a hutné objekty, které propadnou rychleji plameny do popele, kde mají větší šanci na karbonizaci. Tento příklad uvádí v porovnání s plevami či stonky. Obecně semena mají větší šanci přežít žár, nicméně moje hypotéza, na základě mých výsledku je taková, že čím větší semeno, tím větší terminal velocity (rychlost pádu), proto je velikost semene korelovaná s typem zachování **zuheľnatěním**.

Velikost semene mohla hrát roli také při čištění obilí od plevelů. Představa je taková, že aby obilí zbavili plevele používali při tom různě velká síta. V etnografické studii uvádí (Jones 1984), že prvně se obilí prohazovalo do větru, aby se sklizeň roztřídila od velmi lehkých částic a těch těžších, tyto dvě frakce dopadly na rozdílné místa kvůli jejich váze. Tímto krokem se mohly vytrdit velmi lehká a malá semena a také plevy. Potom vzali síto, kterým propadlo obilí navrchu zůstaly velké části jako sláma a velké plevele (např. *Agrostemma githago*). Poslední krok, který se prováděl těsně před tím, než se obilí šlo konzumovat bylo prosívání sítem, v kterém zůstalo obilí a malé plevele propadly. Po těchto všech krocích čištění obilí bylo někdy nutné ještě nežádoucí objekty vybrat ručně. Vybraný plevel z obilí byly často používány jako potrava pro zvířata nebo spáleno. Nicméně v období středověku mohlo mít toto čištění obilí jiná podobu a postup. V mých datech zuheľnatělymi jsou velká semena možná proto, že když se obilí na sídliště dostalo, proběhla fáze čištění a zbyla tam pouze ta, která byla potřeba vybírat

ručně. Žádný mechanický způsob je od tam nedostal, jelikož mají podobnou velikost jako obilná zrna. Vybrané plevele poté zkrátka vyhodili do ohně a tím se nám dochovaly.

Velikost semene může hrát roli i při konečném zpracování archeobotanikem. Při nedostatečné jemnosti síta, které je použito při plavení, velmi malá semena se mohou na vždy ztratit ze záznamu, proto je důležité používat při plavení jemnost síta alespoň 0,355 mm (Tolar et al. 2009), nicméně já v praxi používám 0,25 mm.

## **Disturbance**

Jak už jsem zmiňovala u vlastností typ rozmnožování, intenzita disturbance úzce souvisí s jednoletými rostlinami, které nemají, jak jinak přežít než se rozmnožovat semeny (Lososová 2006 et al.; Herben et al. 2016). Tyto typy rostlin se nám dochovávají převážně v **zuhelnatělé** podobě.

## **Životní strategie**

R strategie se zásadně neprojevila, protože v obou skupinách jsou defacto rovnoměrně zastoupené ruderalní strategie druhů. Nicméně uvedu pár příkladů druhů, u kterých převažuje životní R strategie a jsou korelované s **nezuhelnatělostí** *Stellaria graminea* a **zuhelnatělostí** *Vicia tetrasperma* nebo *Buglossoides arvensis*. Podle článku (Lososová et al. 2006) R strategové převažují mezi polními plevelely.

S strategie je mírně korelovaná se **zuhelnatělými** semeny, jsou to vlastně rostliny adaptované na stres. Tuto korelaci si vysvětluji tím, že ve skupině druhů, kde převládá zachování zuhelnatěním, se také mohou vyskytovat plevelely chudých půd, jelikož jak jsem psala už na začátku práce, ve středověku dochází ke kolonizaci zemědělsky chudších oblastí (Klápště 2005; Klír 2008). Nicméně toto tvrzení by bylo nutné ještě ověřit.

C strategie je korelovaná s **nezuhelnatělostí**. Kompetitoři jsou spíše ty rostliny, které rostou tam, kde je hodně živin, jejich podmínky pro růst nejsou nijak zvlášť stresující a narušování jejich stanoviště je spíše omezené. Mají tedy velký vzrůst a vlastně konkurenčně schopný a díky tomu se na jejich stanovišti prosadí (Grime 1977). Druhy, u kterých převažuje C strategie jsou také silně korelované s nezuhelnatělostí, a to jsou například *Sambucus ebulus*, *Ranunculus*

*repens*, *Humulus lupulus* nebo *Scirpus sylvaticus*. C-strategie převažují mezi druhy, které rostou převážně v okolí lidských sídel (Lososová et al. 2006).

## Strategie šíření

Strategie typu **Allium** je podle (Sádlo et al. 2018) nejběžnější strategií v České republice. V tomto typu šíření je nejdominantnější autochorie i když jsou schopny se šířit i jinými cestami, jako je anemochorie, endozoochorie či epizoochorie. Nicméně většina druhů zahrnutých v této skupině jsou diaspory, které postrádají nějakou morfologickou specializaci pro anemochorii či zoochorii. Typ šíření **Allium** je také nejběžnější u druhů, které rostou v antropogenním prostředí. Tento typ koreluje v mé analýze se **zuhelnatělými** makrozbytky. Podle (Sádlo et al. 2018) velká většina osinatých trav je patří do této kategorie. V mé analýze je to například *Bromus arvensis*, *Bromus secalinus* nebo *Elymus repens*.

Další typ šíření, který je nejsilněji korelován s typem zachování **zuhelnatěním** je **Bidens**. V tomto typu šíření dominuje autochorie a epizoochorie, kde autochorie je více důležitá přestože diaspory mají morfologické struktury značící epizoochorní šíření. Spoustu druhů v této skupině podle Sádlo et al. (2018) jsou jednoletky či krátce žijící víceletky. Typ šíření **Bidens** má i *Galium spurium* nebo *Setaria viridis*, které mi vyšlo nejvíce korelované s typem zachování **zuhelnatěním**. Zajímavé však je, že podle rodu *Bidens* je pojmenovaná tato skupina a jak už jsem psala je velmi korelovaná s typem zachování nezuhelnatěním. Nicméně v archeobotanických vzorcích druh *Bidens tripartitus* nacházíme spíše v nezuhelnatělých vzorcích, a to bude způsobeno jeho výskytem ve vlhkém prostředí.

S **nezuhelnatělými** makrozbytky koreluje typ šíření **Cornus**, kde převažuje autochorie a endozoochorie. *Sambucus ebulus*, *Sambucus nigra*, *Solanum dulcamara* a *Solanum nigra* jsou příkladem tohoto případu.

Typ šíření **Sparganium** (převážně autochorie, hydrochorie) s touto vlastností převažují spíše semena **nezuhelnatělá**, tento typ šíření (podle Sádlo et al. 2018), preferují rostliny, které se rozmnožují spíše vegetativně a rostou ve vlhkém prostředí.

Podle Sádlo et al. (2018) v antropogenní vegetaci jsou nejrozšířenější typy šíření **Allium**, **Bidens** a **Zea** (jsou to domestikované druhy, které ztratily schopnost se bez pomoci člověka rozmnožovat – z mé analýzy vyřazeny). Polní plevelé nepotřebují nějakou zvláštní specializaci pro svoje šíření, jelikož člověk jim v tomto šíření pomáhá dostatečně, proto zde převažuje autochorie. Typ **Bidens**, tedy semena s různými háčky, jsou v prostředí ovlivněném člověkem

velmi zvýhodněné, jelikož jim jejich morfologické struktury pomůžou přichytit se na objekt, a hlavně je toto prostředí neustále narušováno, proto zde mají větší šanci se uchytit.

Bylo by to nicméně zajímavé studovat ve vztahu s druhy, které se nám nedochovávají, jelikož druh šíření pomocí větru typ *Epilobium* nekoreluje ani s jedním typem zachování a ostatní skupiny zahrnující anemochorii jako jsou typ *Lycopodium* a *Phragmites* nemám v datech zastoupené vůbec, proto vypadly z mé analýzy. Podle (Lososová et al. 2006) je pro ruderalní rostliny typické šíření větrem, což je typické hlavně pro prvotní sukcesní stádia (Prach & Pyšek 1999), to znamená, že v minulosti mohly růst v mých vybraných habitatech, nicméně nemáme pro to doklady.

### Urbanita

Tuto vlastnost jsem do analýzy zařadila z toho důvodu, že jsem předpokládala, že druhy, které rostou okolo kontextů, kde se nám dochovávají nezuhebnatělé makrozbytky, budou mít vlastnost urbanofilní. Možná, že druhy, které rostou v městech (tedy kolem kontextů s nezuhebnatělými makrozbytky), nejsou ani tolik urbanofilní jak spíš urbanotolerantní. Jsou schopny růst ve městě, ale stejně rostou mimo město.

### Pokryvnost a Frekvence

Tyto vlastnosti vyšly korelované s **nezuhebnatěním** pravděpodobně proto, že hodnoty, s kterými jsem pracovala, jsou odvozené od dnešních hodnot, kdy je četnost druhů jiná. Plevely byly v minulosti hodně běžné a až v nedávné době ubyly, v důsledku mechanického čištění a herbicidování (Deyl a Ušák 1956; Pokorná et al. 2018). Tato změna se týká polních plevelů, a ne volně rostoucích.

*Druhy, které byly dříve běžné, ale dnes kriticky ohrožené nebo vymizelé:*

*Bupleurum rotundifolium*, *Polycnemum arvense*, *Asperula arvensis* které je ve středověku velice běžný plevel a dnes je to kriticky ohrožený druh. *Silene dichotoma*, *Silene gallica*, *Vaccaria hispanica* se objevují nově ve středověku a v archeobotanických souborech se nachází velmi často, ale dnes jsou na pokraji vyhynutí nebo kriticky ohrožené (*botany.cz*)

## **Délka vytrvání semene v půdě (Longevity)**

Korelace délky vytrvání semene v půdě s **nezuhelnatěním** dává taky smysl, jelikož tato vlastnost hraje velkou roli v tomto typu zachování, je důležité, aby semena nevyklíčila a dochovala se až do současnosti. Také pravděpodobně druhy s vyšší longevitou mají i odolnější semena. Tuto myšlenku také nastiňuje Casper (1995), nicméně v té době nebyly ještě dostupné tyto informace k většímu počtu druhů. Toto tvrzení potvrzuje i Greig (1984), kdy studoval recentní zastoupení semen v půdě na vlhkých loukách, bylo zde zastoupeno spoustu druhů trav, které nevytvářejí semennou banku, nicméně v archeobotanických záznamech trávy nacházíme jen velmi zřídka, a to spíše v zuhelnatělé formě.

## **Výška rostliny**

Pozitivně koreluje s životní C strategií a typem šíření Cornus (autochorie a endozoochorie), všechny tyto tři vlastnosti jsou pozitivně korelované s typem zachování nezuhelnatělostí.

Nicméně teorie archeobotaniků (např. Jones 1984) je spíš ta, že vyšší rostliny by mohly být dochované ve zuhelnatělém materiálu, do kterého se má díky manipulaci člověkem větší šanci dostat polní plevel, který je stejně vysoký jako obilí, nižší plevel nemá šanci být zachycen. Nicméně výška v mé analýze není korelovaná s tímto typem zachování, proto je třeba najít příčinu této korelace.

## **Fáze kvetení**

Původně jsem byla toho názoru, že tato vlastnost může hrát roli právě v typu zachování zuhelnatěním. Protože ze synantropních rostlin se nám nejvíce tímto typem zachování dochovávají plevele, které se musí svými vlastnostmi podobat obilí v kterém rostou (Lososová et al. 2006). Proto moje původní hypotéza byla, že fáze kvetení se projeví u typu zachování zuhelnatěním. Nicméně v této studii je fáze kvetení korelovaná s **nezuhelnatělými** makrozbytky.

#### 5.4. Archeologická lokalita Nesvětice

Na svých datech z analýzy archeologické lokality jsem demonstrovala zpracování archeobotanických vzorků a koncentrace makrozbytků na lokalitě. Samozřejmě vzorky z jiných lokalit mohou být bohatší, ale nikdy se dopředu neví, jaká zde bude koncentrace makrozbytků. Proto bych ráda zdůraznila důležitost práce s archeobotanickými databázemi, které nám umožňují řešení komplexnějších otázek o tehdejší společnosti a prostředí.

Nicméně odběr vzorků na lokalitě stále pokračuje a další vzorky budou zpracovány.

#### 5.5. Limity designu diplomové práce a výhledy do budoucna

Je důležité zdůraznit, že vztah mezi minulou vegetací a tím, co ve skutečnosti nacházíme v paleoekologických záznamech, je velmi komplikovaný. Nelze považovat to, co nacházíme ve vzorcích jako zcela čistě reprezentativní data minulé vegetace (Cappers 1995 ; Obr. 10).

Dokonce i studie současné vegetace a semenné banky dokládají to, že zde existují velké rozdíly (Leck et al. 1989). Dominantní druhy ve vegetaci mohou být jen velmi zřídka nacházeny v semenné bance půdy nebo můžou až zcela chybět. Naopak druhy, které jsou ve vegetaci zastoupeny spíše méně, mohou dominovat semenné bance. Tento fakt pravděpodobně ovlivňuje biologické procesy rostlin jako je jejich šíření, produkce semen, klíčivost, rozklad a predace semen. Nicméně, naše znalosti semenné banky ovlivňuje také, vliv člověka, který odebírá vzorky a dále je zpracovává (Cappers 1995).

Jak dokládají i moje výsledky, archeobotanické vzorky jsou směsí různých druhů, které patří do více ekologických skupin, které máme v současnosti. To je pravděpodobně z toho důvodu, že vzorky obsahují mix druhů různého původu.

Je pravděpodobně správné předpokládat, že složení vegetace v minulosti mohlo být jiné. Už z toho důvodu, že se změnilo obhospodařování půdy a také zde máme jiné prostředí. Nicméně studie minulé vegetace vycházejí z tzv. principu aktualismu, tedy z předpokladu, že se odpověď druhu na enviromentální podmínky nemění a že kombinace podmínek prostředí mezi dneškem a minulostí jsou srovnatelné (Sheppers et al. 2013).

Do budoucna by bylo určitě zajímavé porovnat druhové složení archeobotanických vzorků a současné vegetace. Mohlo by to přispět k zodpovězení otázky, které druhy nenacházíme

v archeobotanickém materiálu, ale přesto v minulosti mohly růst. Nicméně před řešením této otázky je potřeba vyřešit důkladný metodologický postup. Jedním z prvních kroků by mohlo být to, že bychom se podívali, jaké ekologické třídy obsahuje současný archeobotanický materiál. Tento krok by mohl být řešitelný ve spolupráci Lubomíra Tichého z Masarykovy University, který vyvinul Pravděpodobnostní klíč k určování vegetačních typů (Tichý a Chytrý 2019).

## 6. ZÁVĚR

Struktura archeobotanických dat je velmi heterogenní a je třeba vybírat obezřetně soubor dat s přihlédnutím k řešené otázce. Vzorky z období středověku se liší hlavně různými typy kontextů a také záleží na tom, odkud vzorky pocházejí. V období středověku zde máme lokality rozmístěné téměř ve všech výškových stupních České republiky. Nicméně pro moje otázky jsem potřebovala vybrat co největší datový soubor s homogenním zastoupením zuhelnatělých a nezuhelnatělých makrozbytků. V těchto dvou typech zachování makrozbytků se nám dochovávají odlišné druhy rostlin. Tyto druhy rostlin jsou charakterizovány odlišným souborem vlastností, který tyto rostliny zvýhodňuje v určitém typu zachování. Zuhelnatěním se dochovávají především druhy, které jsou jednoleté, mají větší semena, a tedy větší terminal velocity. Podle těchto vlastností i přímo podle druhů, které korelují s tímto typem zachování, lze tvrdit, že zuhelnatělé nacházíme především makrozbytky polních plevelů. V nezuhelnatělé podobě se dochovávají především druhy, které mají vytrvalejší semennou banku. Jedná se o druhy, které rostou na stanovištích s nízkým stresem a menší mírou disturbance než skupina druhů se zuhelnatělými semeny. Zdá se, že velkou roli v dochování semen hraje jejich disperzní strategie, která je z části korelovaná s dalšími vlastnostmi. Pro interpretaci vlastností spojených s typem zachování je velice důležité znát další souvislosti o nakládání s rostlinným materiálem v minulosti, jelikož vliv člověka tuto skutečnost velmi ovlivňuje.

Zpracováním této metodické otázky jsem se přiblížila k řešení daleko obsáhlejší otázky, a to je které druhy s jakými vlastnostmi se nám v archeobotanických souborech nedochovávají a do jaké míry tedy pracujeme s nekompletními soubory. Na příkladu lokality Nesvětece, kterou jsem sama zpracovala, jsem dále demonstrovala důležitost práce s archeobotanickými databázemi, protože při řešení širší otázek týkajících se tehdejší společnosti a prostředí nám často nestačí data z jedné lokality.

## Citace:

- Antolín F, Steiner BL, & Jacomet S. 2017. The bigger the better? On sample volume and the representativeness of archaeobotanical data in waterlogged deposits. *Journal of Archaeological Science: Reports*, 12, 323–333. doi:10.1016/j.jasrep.2017.02.008
- Behre K-E. 2008. Collected seeds and fruits from herbs as prehistoric food. *Vegetation History and Archaeobotany*. 17(1), 65–73. 10.1007/s00334-007-0106-x.
- Beranová M. 1980. Zemědělství starých Slovanů. Praha.
- Beranová M. 2010. Dějiny zemědělství v Čechách a na Moravě
- Boardman S & Jones G. 1990. Experiments on the effects of charring on cereal plant components. *Journal of Archaeological Science*, 17, 1–11.
- Bogaard A, Palmer C, Jones G, Charles M & Hodgson JG. 1999. A FIBS approach to the use of weed ecology for the archaeobotanical recognition of crop rotation regimes. *Journal of Archaeological Science*, 26(9), 1211–1224. doi:10.1006/jasc.1998.0364
- Bogaard A. 2004. *Neolithic farming in Central Europe. An archaeobotanical study of crop husbandry practices*. London: Routledge.
- Bogaard A. 2005. 'Garden agriculture' and the nature of early farming in Europe and the Near East. *World Archaeology*, 37(2), 177–196.
- Buntgen U, Tegel W, Nicolussi K, McCormick M, Frank D, Trouet V, *et al.* 2011. 2500 Years of European Climate Variability and Human Susceptibility. *Science*, 331(6017): 578–582. doi:10.1126/science.1197175
- Cappers RTJ. 1995. A palaeoecological model for the interpretation of wild plant species. *Vegetation History and Archaeobotany*, 4, 249–257  
<https://doi.org/10.1007/BF00235756>
- Cappers RTJ, Bekker RM & Jans JEA. 2006. *Digital seed atlas of the Netherlands*. Groningen: Barkhuis Publishing & Groningen University Library.
- Cosyns E, Claerbout S, Lamoot I & Hoffmann M. 2005. Endozoochorous seed dispersal by cattle and horse in a spatially heterogeneous landscape. *Plant Ecology*, 178(2), 149–162. doi:10.1007/s11258-004-2846-3
- Čulíková V. 1987. Zajímavý nález rostlinných makrozbytků ze středověké Prahy. *Archeologické rozhledy* 39, 445-452.
- Čulíková V. 1998. Výsledky analýzy rostlinných makrozbytků z lokality Praha 1 - Malá Strana, Tržiště čp. 259/III (Hartigovský palác). *Archeologica Pragensia* 14, 291-316.
- Čulíková V. 2001. Rostlinné makrozbytky z lokality Praha 1 - Malá Strana, Malostranské nám. čp. 258/III (Lichtenštějnský palác). *Medievalia archaeologica* 3, 137-166.



- Čulíková V. 2005. Rostlinné makrozbytky z raně středověké lokality Mostecká - Josefská ul. (dřevěná cesta), Praha 1 - Malá Strana. *Archeologica Pragensia* 17, 137-169.
- Čulíková V. 2010. Středověká údolní niva Vltavy v Praze na Malé Straně (Valdštejnská čp. 154/III, Kolovratský palác). *Archeologické rozhledy* 62, 72-116.
- Deyl M & Ušák O. 1956. Plevel polí a zahrad. Praha.
- Durka W. 2002. Blüten- und Reproduktionsbiologie. – In: Klotz S., Kühn I. & Durka W. (eds), BIOLFLOR –Eine Datenbank mit biologisch-ökologischen Merkmalen zur Flora von Deutschland, *Schriftenreihe für Vegetationskunde* 38: 133–175.
- Foster L, Kočár P & Kočárová R. (2013). Doklady středověké sladovnické výroby na hradě Rabí Evidence of Medieval Malting Production at Rabí Castle. *Doklady středověké sladovnické výroby na hradě Rabí*, 59, 1.
- Graham MH. 2003. Confronting multicollinearity in ecological multiple regression. *Ecology*, 84(11), 2809–2815. doi:10.1890/02-3114
- Greig J. 1984. The palaeoecology of some British hay meadow types. In: Zeist W van, Casparie WA (eds) Plants and ancient man. Studies in palaeoethnobotany. Rotterdam: Balkema, 213–226.
- Grime J. 1977. Evidence for the existence of three primary strategies in plants and its relevance to ecological and evolutionary theory. *The American Naturalist*, 111(982), 1169–1194. Retrieved February 10, 2020, from [www.jstor.org/stable/2460262](http://www.jstor.org/stable/2460262)
- Guo W.-Y & Pierce S. 2019. Životní strategie. – [www.pladias.cz](http://www.pladias.cz).
- Gustafsson S. 2000. Carbonized Cereal Grains and Weed Seeds in Prehistoric Houses - an Experimental Perspective. *Journal of Archaeological Science*, 27, 65–70.
- Hajnalová E & Hajnalová M. 1998. Rostlinné makrozvyšky v archeologických objektech z praveku a ich získavanie. *Otázky neolitu a eneolitu našich zemí. Sborník referátů z 16. pracovního zasedání badatelů pro výzkum neolitu a eneolitu Čech, Moravy a Slovenska*. Lázně Sedmihorky 23. - 25. září 1997. Turnov - Hradec Králové: Okresní muzeum Českého ráje - Muzeum východních Čech, 146–148.
- Heimdahl J. 2005. *Urbanised Nature in the Past Site Formation and Environmental Development in Two Swedish Towns, AD 1200-1800*. PhD thesis, Stockholm University, Department of Physical Geography and Quaternary Geology.
- Herben T, Šerá B & Klimešová J. 2014. Clonal growth and sexual reproduction: tradeoffs and environmental constraints. *Oikos*, 124(4), 469–476. doi:10.1111/oik.01692
- Herben T, Chytrý M & Klimešová J. 2016. A quest for species-level indicator values for disturbance. *Journal of Vegetation Science*, 27(3), 628–636. doi:10.1111/jvs.12384

- Hodgson JG, Halstead P, Wilson PJ *et al.* 1999. Functional interpretation of archaeobotanical data: Making hay in the archaeological record. *Vegetation History and Archaeobotany*, 8, 261–271.
- Holý F. 1972. Archeokarpologický výzkum synantropní květeny středověké tvrze v Chodově, Praha 4. *Časopis Národního muzea - odd. přírodovědný* 141(1), 18-27.
- Charles M, Jones G & Hodgson JG. 1997. FIBS in archaeobotany: functional interpretation of weed floras in relation to husbandry practices. *Journal of Archaeological Science*, 24, 1151–1161.
- Chytrý M. (ed.) 2007. *Vegetace České republiky 1. Travinná a keříčková vegetace. - Vegetation of the Czech Republic 1. Grassland and heathland vegetation.* Praha: Academia.
- Chytrý M, et al. 2008. Habitat invasions by alien plants: a quantitative comparison among Mediterranean, subcontinental and oceanic regions of Europe. *Journal of Applied Ecology*, 45(2), 448–458. doi:10.1111/j.1365-2664.2007.01398.x
- Chytrý M. (ed.) 2009. *Vegetace České republiky 2. Ruderální, plevelová, skalní a suťová vegetace. Vegetation of the Czech Republic 2. - Ruderal, weed, rock and scree vegetation.* Praha: Academia.
- Chytrý M. (ed.) 2011. *Vegetace České republiky 3. Vodní a mokřadní vegetace. - Vegetation of the Czech Republic 3. Aquatic and wetland vegetation.* Praha: Academia.
- Chytrý M. (ed.) 2013. *Vegetace České republiky 4. Lesní a křovinná vegetace. - Vegetation of the Czech Republic 4. Forest and scrub vegetation.* Praha: Academia.
- Chytrý M. 2016. Hojnost ve fytoocenologických snímcích. – [www.pladias.cz](http://www.pladias.cz).
- Chytrý M, et al. 2021. Pladias Database of the Czech Flora and Vegetation. – *Preslia* 93: 1–87. <https://doi.org/10.23855/preslia.2021.001>.
- Jacomet S. 2006. *Identification of cereal remains from archaeological sites.* 2nd ed. Basel University, IPAS.
- Jacomet S. 2007. Plant macrofossil methods and studies. Use in Environmental Archaeology. 10.1016/B0-44-452747-8/00230-1.
- Jacomet S. 2013. *Archaeobotany: analyses of plant remains from waterlogged archaeological sites.* In: The Oxford Handbook of Wetland Archaeology, 497–514.
- Jones GEM. 1984. Interpretation of archaeological plant remains: Ethnographic models from Greece. In: W Van Ziest and WA Casparie (eds.) *Plants and Ancient Man - Studies in Paleoethnobotany.* Rotterdam: A.A. Balkema, 42-61.
- Kočár P, Čech P, Kozáková R & Kočárová R. 2010. Environment and Economy of the Early Medieval Settlement in Žatec. *Interdisciplinaria Archaeologica*, 1, 45–60.

- Kočár, P., Pokorná, A. & Sádlo, J. (2018): Změny synantropní vegetace na území České republiky v zemědělském pravěku a raném středověku. *Zprávy České botanické společnosti*, 53(2), 217–239.
- Kozáková R, et al. 2014. Early to high medieval colonization and alluvial landscape transformation of the Labe valley (Czech Republic): evaluation of archaeological, pollen and macrofossil evidence. *Vegetation history and archaeobotany*, 23(6), 701-718.
- Klápště J. 2005. *Proměna českých zemí ve středověku*. Praha: Lidové noviny, Česká historie. ISBN 80-7106-175-1.
- Kleyer, M et al. 2008. The LEDA Traitbase: A database of life-history traits of Northwest European flora. *Journal of Ecology* 96: 1266-1274.
- Klír T. 2008. Osídlení zemědělsky marginálních půd v mladším středověku a raném novověku. Praha. PhD thesis. Charles University, Faculty of Arts.
- Kuna M, Němcová N, et al. 2012. *Výpověď sídlištního odpadu: nálezy z pozdní doby v Roztokách a otázky depoziční analýzy archeologického kontextu. - The evidence of settlement discard. Finds from the Final Bronze Age at Roztoky and the depositional analysis of archaeological context*. Prague: Archeologický ústav Praha.
- Kubát K, et al. 2002. *Klíč ke květeně České republiky*. Praha: Academia.
- Leck MA, Parker VT & Simpson RL. 1989. *Ecology of soil seed banks*. San Diego: Academic Press.
- Lepš J & Šmilauer P. 2000. *Mnohorozměrná analýza ekologických dat*. České Budějovice: Biologická fakulta Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích.
- Lososová Z, Chytrý M, Kuhn I, Hájek O, Horáková V, Pyšek P & Tichý L. 2006. Patterns of plant traits in annual vegetation of man-made habitats in central Europe. Perspectives in Plant Ecology. *Evolution and Systematics*, 8(2), 69–81. doi:10.1016/j.ppees.2006.07.001
- Lososová Z, et al. 2012. Biotic homogenization of Central European urban floras depends on residence time of alien species and habitat types. *Biological Conservation*, 145(1), 179–184. doi:10.1016/j.biocon.2011.11.003
- Märkle T & Rösch M. 2008. Experiments on the effects of carbonization on some cultivated plant seeds. *Vegetation History and Archaeobotany*, 17, 257–263. 10.1007/s00334-008-0165-7.
- Nesbitt M. 1995. Recovery of archaeological plant remains at Kaman-Kalehöyük. In: *Essays on ancient Anatolia and its surrounding civilizations*, vol. 8, Bulletin of the Middle East Culture Centre in Japan, 115–130.

- Opravil E. 1984. Rostlinné zbytky ze dvora kupeckého domu v Olomouci (13.-17. stol.). *Archeologické rozhledy* 36, 194-202.
- Opravil E. 1985. Rostliny z mladší doby hradištní z Olomouce (okr. Olomouc). *Přehled výzkumů Brno: Archeologický ústav ČSAV* 1983, 51-54.
- Opravil E. 1986. Rostlinné makrozbytky z historického jádra Prahy. *Archaeologica Pragensia* 7, 237-271.
- Opravil E. 1993. Archeobotanické nálezy z Hrnčířské ulice v Opavě (hotel Orient - dostavba). *Časopis Slezského muzea* 442, 193-214.
- Opravil, E. (1994): Příspěvek k poznání rostlinných makrozbytků ze staré Prahy. *Archeologické rozhledy* 46, 105-114.
- Pokorná A. et al. 2014. The oldest Czech fishpond discovered? An interdisciplinary approach to reconstruction of local vegetation in medieval Prague suburbs. *Hydrobiologia* 730(1), 191–213.
- Pokorná A. 2016. Před hradbami Starého Města. Změny středověké synantropní vegetace v Praze. In: Boháčová et al. (eds.) *Praha archeologická*. Praha, 273-285.
- Pokorná A. 2017. Tracing the history of synanthropic flora and vegetation in the Czech republic. Praha. PhD thesis. Charles University, Department of Botany.
- Pokorná A, Kočár P, Novák J, Šálková T, Žáčková P, Komárková V, Vaněček Z & Sádlo J. 2018. Ancient and Early Medieval man-made habitats in the Czech Republic: colonization history and vegetation changes, *Preslia*, 90, 171–193.
- Prach K & Pyšek P. 1999. How do species dominating in succession differ from others? *Journal of Vegetation Science*, 10(3), 383–392. doi:10.2307/3237067
- Pyšek P. 1998. Alien plants in Czech village flora: an analysis of species numbers. *Feddes Repertorium*, 109(1-2), 139–146.
- Sádlo J, Chytrý M, Pergl J & Pyšek P. 2018. Plant dispersal strategies: a new classification based on the multiple dispersal modes of individual species. *Preslia*, 90, 1–22.
- Schepers M, Scheepens JF, Cappiers RTJ, van Tongeren OFR, Raemaekers DCM & Bekker RM. 2013. An objective method based on assemblages of subfossil plant macro-remains to reconstruct past natural vegetation: a case study at Swifterbant, The Netherlands. *Vegetation history and archaeobotany*, 22(3), 243-255.
- Steiner BL, Antolín F & Jacomet S. 2015. Testing of the consistency of the sieving (wash-over) process of waterlogged sediments by multiple operators. *Journal of Archaeological Science: Reports*, 2, 310–320. doi:10.1016/j.jasrep.2015.02.012

- Sukopp H. 2004. Human-caused impact on preserved vegetation. *Landscape and urban planning*, 68(4), 347–355.
- Święta-Musznicka J, Badura M, Pędziszewska A, et al. 2021. Environmental changes and plant use during the 5th-14th centuries in medieval Gdańsk, northern Poland. *Vegetation History and Archaeobotany*, 30, 363–381. <https://doi.org/10.1007/s00334-020-00789-9>
- Tichý L & Chytrý M. 2019. Probabilistic key for identifying vegetation types in the field: a new method and Android application. *Journal of Vegetation Science*. doi:10.1111/jvs.12799
- Tolar T, Jacomet S, Velušček A & Čufar K. 2009. Recovery techniques for waterlogged archaeological sediments: a comparison of different treatment methods for samples from Neolithic lake shore settlements. *Vegetation History and Archaeobotany*, 19(1), 53–67. doi:10.1007/s00334-009-0221-y
- Trefflich A, Klotz S & Kühn I. (2002) Blühphänologie. – In: Klotz S., Kühn I. & Durka W. (eds), BIOLFLOR, eine Datenbank mit biologisch-ökologischen Merkmalen zur Flora von Deutschland, *Schriftenreihe für Vegetationskunde* 38, 127–131.
- Van Der Veen M. 2007. Formation processes of desiccated and carbonized plant remains: the identification or routine practice. *Journal of archaeological science*, 34(6), 968-990.
- Vandorpe P & Jacomet S. 2007. Comparing different pre-treatment methods for strongly compacted organic sediments prior to wet-sieving: a case study on Roman waterlogged deposits. *Environmental Archaeology*, 12(2), 207–214. doi:10.1179/174963107x226462

Internetové zdroje:

Institute of Archaeology CAS (2020) CZAD: Archaeobotanical database of the Czech Republic. – URL: <http://www.arup.cas.cz/czad/?l=en>.

*botany.cz*. <https://botany.cz/cs/>, accessed 2020

*Teater*. <https://teater.aiscr.cz/>, accessed 2021

David Zelený. <https://www.davidzeleny.net/>, accessed 2021

*Pladias*. Databáze české flóry a vegetace. – [www.pladias.cz](http://www.pladias.cz), accessed 2020

Pearson J. 2019. <https://sites.google.com/sheffield.ac.uk/archaeobotany/seeds/data-analysis>

Seznam příloh:

Příloha 1. Tabulka vlastností

Příloha 2. Seznam lokalit

Příloha 3. Korelace vlastností

Příloha 4. Primární data- vlastnosti

Příloha 5. Seznam vzorků Nesvětice