

**UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE**

**Přírodovědecká fakulta**

Katedra fyzické geografie a geoekologie

Studijní program: Biologie

Studijní obor: Učitelství biologie a geografie pro SŠ



**Bc. Zuzana Nováková**

**FYZICKOGEOGRAFICKÉ ASPEKTY ROZŠÍŘENÍ  
NEPŮVODNÍCH DRUHŮ ROSTLIN V CHKO  
KŘIVOKTLÁSKO**

**PHYSICAL-GEOGRAPHIC ASPECTS OF ALIEN PLANT SPECIES  
DISTRIBUTION IN THE KŘIVOKLÁTSKO PROTECTED  
LANDSCAPE AREA**

*Diplomová práce*

Praha 2016

Vedoucí diplomové práce: RNDr. Tomáš Chuman, Ph.D.

Prohlašuji, že jsem diplomovou 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, 26. 6. 2016

.....

Bc. Zuzana Nováková

## **Poděkování**

Ráda bych zde poděkovala svému vedoucímu diplomové práce RNDr. Tomáši Chumanovi, Ph.D. za ochotu, trpělivost, cenné rady a také za čas, který mi věnoval. Dále bych chtěla poděkovat Mgr. Petře Daňsové za pomoc při zpracování statistických dat.

## **Zadání diplomové práce**

### **Název práce**

Fyzickogeografické aspekty rozšíření nepůvodních druhů rostlin v CHKO Křivoklátsko

### **Cíle diplomové práce**

- Vypracovat rešerši literatury o rozšíření nepůvodních druhů rostlin a faktorech ovlivňujících jejich rozšíření
- Analyzovat rozšíření nepůvodních druhů rostlin, jejich diverzitu a původ v CHKO Křivoklátsko
- Zhodnotit vybrané faktory ovlivňující rozšíření nepůvodních druhů rostlin v CHKO Křivoklátsko

Datum zadání: 18. 12. 2014

Podpis studenta

Podpis vedoucího práce

## **Abstrakt**

Rostlinné invaze se stávají stále diskutovanějším tématem a to především kvůli negativnímu dopadu na globální biodiverzitu. Mají rovněž značný ekonomický dopad a ovlivňují lidské zdraví. Je proto důležité zabývat se introdukcemi rostlinných druhů a jejich rozšířením a nějakým způsobem je kontrolovat. Zmíněná tvrzení platí obzvláště pro chráněná území, kde bývají často ohroženy vzácné druhy rostlin. V této práci jsou popsány faktory, jež ovlivňují rozšíření nepůvodních druhů rostlin v úrovni rostlinných společenstev, krajiny i velkých území. Pro praktickou část práce bylo jako modelové území vybráno CHKO Křivoklátsko a to především z důvodu podrobného botanického zmapování. Zde byla analyzována nepůvodní flóra z hlediska diverzity, původu a jejího rozšíření. Dále byl hodnocen vliv vybraných faktorů na rozšíření nepůvodních druhů rostlin na Křivoklátsku. Nejsilnějším faktorem je průměrná nadmořská výška. Druhým nejsilnějším faktorem je podíl antropogenních biotopů a středně silným faktorem je diverzita biotopů. Délka vodních toků je slabým prediktorem a délka silnic velmi slabým prediktorem počtu nepůvodních druhů rostlin.

## **Abstract**

Plant invasions are becoming increasingly more discussed issue, primarily due to a negative impact on global biodiversity. It has also an economic impact and it affects human health. It is therefore important to study the introduction of plant species and their distribution, and monitor them in some way. This is particularly applied to protected areas, where rare species of plants are often endangered. In this work were described factors that affect distribution of alien plant species in the level of plant communities, landscape and large territories. For the practical part of the work has been selected the Křivoklátsko PLA as a model area, mainly because of detailed botanical mapping. There were analysed diversity, origin and distribution of alien plant species. Also the effect of selected factors on distribution of alien plant species in the Křivoklátsko PLA were assessed. The average altitude is the strongest factor. The second strongest factor is the fraction of anthropogenic habitats and moderate factor is the habitat diversity. The length of rivers is weak predictor and the length of roads is very weak predictor of number of alien plant species.

## Obsah

<b>1. Úvod .....</b>	<b>9</b>
<b>2. Vymezení pojmů .....</b>	<b>11</b>
<b>3. Rozšíření nepůvodních druhů rostlin .....</b>	<b>14</b>
3.1 Obecná tvrzení .....	14
3.2 Faktory ovlivňující rozšíření nepůvodních druhů rostlin.....	16
<b>4. Impakt nepůvodních druhů rostlin.....</b>	<b>22</b>
<b>5. Nepůvodní rostliny v České republice .....</b>	<b>24</b>
<b>6. Charakteristika modelového území CHKO Křivoklátsko.....</b>	<b>31</b>
6.1 Socioekonomické poměry.....	31
6.2 Geomorfologie .....	34
6.3 Geologie.....	34
6.4 Půdy .....	34
6.5 Klima.....	35
6.6 Hydrologie .....	35
6.7 Vegetace.....	36
<b>7. Metodika .....</b>	<b>39</b>
7.1 Nepůvodní flóra v CHKO Křivoklátsko .....	39
7.2 Faktory ovlivňující rozšíření nepůvodních druhů rostlin v CHKO Křivoklátsko.....	41
<b>8. Výsledky.....</b>	<b>44</b>
8.1 Nepůvodní flóra v CHKO Křivoklátsko .....	44
8.2 Faktory ovlivňující rozšíření nepůvodních druhů rostlin v CHKO Křivoklátsko.....	55
<b>9. Diskuze.....</b>	<b>58</b>
9.1 Zdroje dat a metodika .....	58
9.2 Nepůvodní flóra v CHKO Křivoklátsko .....	58
9.3 Faktory ovlivňující rozšíření nepůvodních druhů rostlin v CHKO Křivoklátsko.....	60
<b>10. Závěr .....</b>	<b>62</b>
<b>11. Seznam literatury.....</b>	<b>63</b>

## Seznam obrázků

Obr. 1: Hlavní bariéry limitující rozšiřování nepůvodních rostlin .....	13
Obr. 2: Poloha CHKO Křivoklátsko v ČR .....	31
Obr. 3: Socioekonomické poměry v CHKO Křivoklátsko .....	32
Obr. 4: Krajinný pokryv (CORINE Land Cover 2012) v CHKO Křivoklátsko .....	33
Obr. 5: Vodstvo v CHKO Křivoklátsko .....	36
Obr. 6: Podíl nepůvodních druhů rostlin z celkové flóry ve čtvercové síti v CHKO Křivoklátsko .....	45
Obr. 7: Rozšíření invazních druhů rostlin ve čtvercové síti v CHKO Křivoklátsko .....	47
Obr. 8: Výskyt křídlatek ( <i>Reynoutria japonica</i> a <i>R. sachalinensis</i> ) ve čtvercové síti v CHKO Křivoklátsko .....	49
Obr. 9: Výskyt bolševníku velkolepého ( <i>Heracleum mantegazzianum</i> ) ve čtvercové síti v CHKO Křivoklátsko .....	50
Obr. 10: Rozšíření ohrožených druhů rostlin ve čtvercové síti v CHKO Křivoklátsko .	54

## Seznam tabulek

Tab. 1: Počty domácích a nepůvodních taxonů v seznamu cévnatých rostlin květeny České republiky .....	25
Tab. 2: Černý seznam nepůvodních druhů rostlin ČR .....	30
Tab. 3: Původní biotop nepůvodních druhů rostlin v CHKO Křivoklátsko .....	52
Tab. 4: Podíl původních druhů rostlin a archeofytů z hlediska ohroženosti v CHKO Křivoklátsko .....	53
Tab. 5: Souvislost počtu nepůvodních druhů a jednotlivých faktorů .....	55
Tab. 6: Nestandardizované a standardizované regresní koeficienty a jejich statistická významnost .....	56

## Seznam grafů

Graf 1: Zastoupení druhů podle invazního statutu u archeofytů, neofytů a u všech nepůvodních druhů rostlin v ČR .....	25
Graf 2: Oblasti původu nepůvodních druhů rostlin v ČR .....	26
Graf 3: Rozšíření a četnost archeofytů a neofytů v ČR .....	28

Graf 4: Graf znázorňující vztah standardizovaných predikovaných hodnot a standardizovaných reziduí.....	43
Graf 5: Histogram znázorňující rozložení reziduí .....	43
Graf 6: Počty druhů rostlin dle jednotlivých skupin ve flóře CHKO Křivoklátsko .....	44
Graf 7: Zastoupení nepůvodních druhů rostlin podle invazního statutu v CHKO Křivoklátsko.....	46
Graf 8: Zastoupení druhů podle invazního statutu u archeofytů a neofytů v CHKO Křivoklátsko.....	46
Graf 9: Oblasti původu nepůvodních druhů rostlin v CHKO Křivoklátsko .....	51



# 1. Úvod

Rostlinné invaze nejsou nijak „novým“ tématem, jak by se na první pohled možná mohlo zdát. Již Charles Darwin našel při své cestě po Argentině zhoubné plevele, kterými byly dvě původně kulturní rostliny ze Středomoří – artyčok kardový a ostropestřec mariánský – pokrývající celé čtvereční kilometry a téměř vytlačující druhy ostatní (Pyšek & Sádlo 2004b).

V poslední době jsou však rostlinné invaze velice studovaným a diskutovaným tématem a to z několika důvodů. Nejen že nepůvodní druhy rostlin mohou ovlivňovat biodiverzitu, ale mohou rovněž působit ekonomické škody a představovat riziko pro zdraví obyvatel. Je proto důležité věnovat se preventivním opatřením ohledně introdukcí druhů, sledovat již probíhající rostlinné invaze a v případě potřeby je regulovat. Introdukce nepůvodních druhů se staly spolu se změnami kvality stanovišť, změnou klimatu, vzrůstajícím využíváním přírodních zdrojů a znečištěním životního prostředí hlavními procesy, které výrazně ovlivňují světovou biodiverzitu (Millennium Ecosystem Assessment 2005).

V první části diplomové práce se věnuji vymezení základní terminologie ohledně rostlinných invazí, neboť právě v této oblasti existuje mnoho rozdílností a nejasností. Mým cílem je pak v této části práce zpracovat rozšíření nepůvodních druhů rostlin a faktory ovlivňující jejich rozšíření. Tuto problematiku popisují v úrovni různých měřítek – od rostlinných společenstev, přes úroveň krajiny až po velká území. Další kapitoly se zabývají impaktem nepůvodních druhů rostlin a charakteristikou nepůvodní flóry v České republice. Dále stručně popisují modelové území CHKO Křivoklátsko z hlediska socioekonomického a fyzickogeografického. Křivoklátsko bylo vybráno především díky podrobnému botanickému zmapování, které se řadí k nejpodrobnějším nejen v rámci České republiky, ale i ve světovém měřítku (Ložek 2009). Křivoklátsko je zajímavou a specifickou oblastí, je charakteristické vysokou druhovou i stanovištní bohatostí a menším antropogenním ovlivněním oproti jiným územím v České republice.

V praktické části práce se věnuji nepůvodním druhům rostlin ve zmíněném CHKO Křivoklátsko, kde je mým cílem za prvé analyzovat rozšíření nepůvodních druhů, jejich diverzitu a původ, a za druhé zhodnotit vybrané faktory ovlivňující rozšíření nepůvodních druhů rostlin. Pro hodnocení jsem vybrala 5 faktorů, přičemž

důraz byl kladen na faktory fyzickogeografické. V následující diskuzi jsou zjištěné výsledky porovnávány se studii dalších autorů. Nejdůležitější poznatky jsou pak shrnuty v závěrečné kapitole.

## 2. Vymezení pojmů

Počet studií věnujících se rostlinným invazím rapidně přibývá, s tím ovšem vznikají i nejasnosti ohledně terminologie. Užívání některých termínů není jednotné jak v anglické literatuře, tak i v té české. Zároveň bychom našli rozdíly mezi terminologií používanou v oblasti odborné ekologie a terminologií pro účely legislativy. Ve své práci vycházím z odborné ekologické terminologie, kterou uvádí Richardson et al. (2000) a Pyšek et al. (2004). Českou terminologii založenou z velké části na pracích zmíněných autorů předkládá Pyšek et al. (2008a).

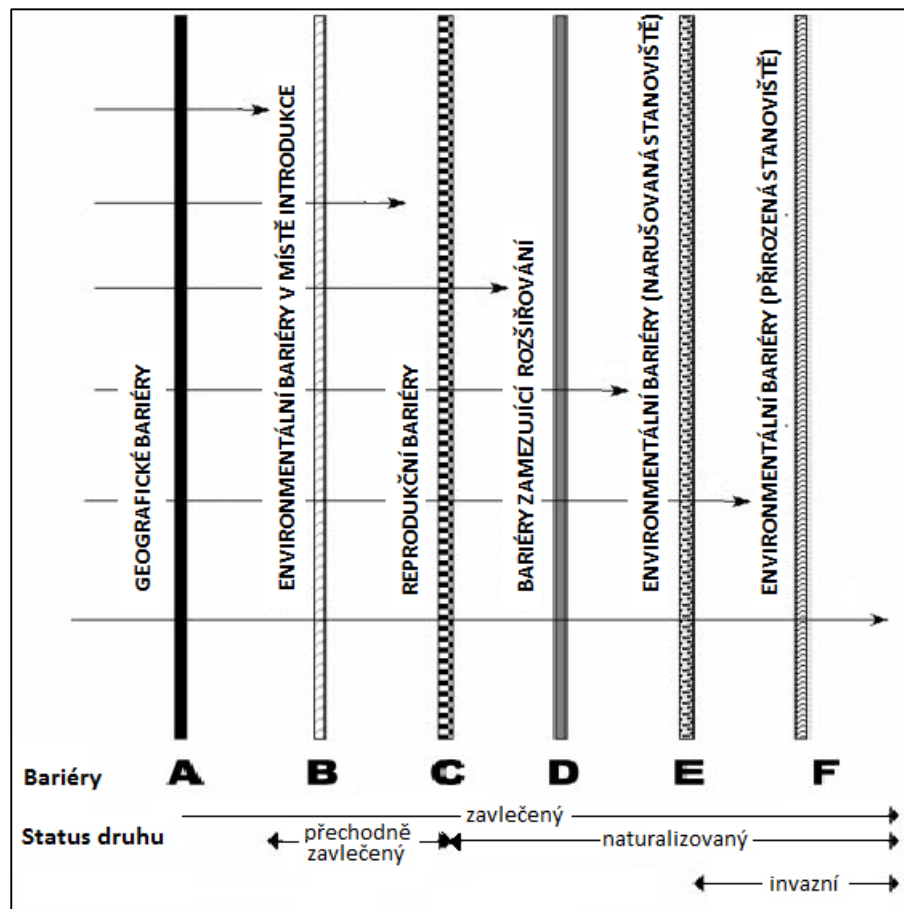
**Původní druh** (*native plants*) je definován jako druh, který vznikl v daném území bez přispění člověka, nebo se do něj dostal přirozenou cestou z území, ve kterém je původní. Ve střední Evropě označujeme za původní takové druhy, které zde rostly od konce doby ledové po počátek neolitu. **Nepůvodní** nebo **zavlečený druh** (*alien plants*) je druh, který se dostal do dané oblasti díky úmyslné či neúmyslné činnosti člověka, nebo se do ní dostal přirozenou cestou z oblasti, ve které je nepůvodní. Nepůvodní rostliny by tak v daném území nerostly, kdyby nebylo lidské činnosti. Počátek lidské činnosti se v této souvislosti datuje od počátku neolitu (u nás zhruba před 7–8 tisíci lety), neboť do té doby byl člověk přirozenou součástí přírody a měl na zavlékání rostlin stejný vliv jako jiní velcí savci (Pyšek & Tichý 2001). Úmyslnou činností člověk zavléká např. okrasné rostliny či plodiny, neúmyslně může dojít k zavlečení rostlin např. společně s úmyslně zavlečenými rostlinami. Dle Pyška et al. (2004) by mezi nepůvodní druhy měli patřit i kříženci, na jejichž vzniku se podílely nepůvodní druhy, neboť k hybridizaci by nedošlo nebýt přispění člověka.

Podle času uplynulého od zavlečení nepůvodního druhu (*residence time*) rozlišujeme archeofyty a neofyty. Datum, na jehož základě definujeme ve střední Evropě tyto dvě skupiny, vychází z objevení Ameriky (1492), jež odstartovalo objevné plavby a s nimi spojený růst celosvětového obchodu. Rok 1492 bývá zpravidla zaokrouhlován na 1500. **Archeofyty** jsou druhy zavlečené do roku 1500, **neofyty** jsou zavlečené po roce 1500. Nebývá ovšem snadné stanovit, zda se jedná o druh původní nebo archeofyt a archeofyt nebo neofyt. U mnoha druhů ani neznáme reálný čas od zavlečení, proto se někdy můžeme setkat s termínem *minimum residence time* (Rejmánek 2000), který vyjadřuje nejstarší záznam daného nepůvodního druhu v určitém území.

Dle postavení v invazním procesu lze rozlišit přechodně zavlečené druhy, naturalizované druhy a druhy invazní. **Přechodně zavlečený druh** (*causal alien plants*) je druh, který není schopný se v novém území dlouhodobě rozmnožovat a jeho přežívání závisí na opakovaném přísunu diaspor. **Naturalizovaný druh** (*naturalized plants*) se v území rozmnožuje po dlouhou dobu (dle Pyška et al. (2004) to je nejméně 10 let, dle Richardsona et al. (2000) je to po mnoho životních cyklů) a jeho výskyt není závislý na činnosti člověka. **Invazní druh** (*invasive plants*) je naturalizovaný druh, který se šíří často na rozsáhlém území a na značné vzdálenosti od mateřské rostliny. Někteří autoři považují za důležité kritérium v definici invazního druhu rovněž dopad v novém území (Davis & Thompson 2001), zatímco Pyšek et al. (2004) či Richardson et al. (2000) zastávají definici založenou na růstu a šíření populace v území. Richardson et al. (2000) uvádí ještě anglický termín *transformers*, což jsou takové invazní druhy, které svým působením mění vlastnosti ekosystémů.

**Invaze** (*invasion*) znamená šíření nepůvodních druhů rostlin. Termín invaze vyčleňuje Pyšek et al. (2004) pouze ve spojitosti s činností člověka. Pro procesy nesouvisející s lidskou činností navrhuje využívat jiných termínů, např. pro proces distribuce po ústupu zalednění pojem migrace (*migration*) či šíření (*spread*), termín expanze (*expansion*) vyčleňuje pro šíření rostlin v geografické oblasti, kde jsou tyto druhy původní. Invazní proces představuje dle Richardsona et al. (2000) překonávání jednotlivých bariér a zahrnuje různá stádia podle toho, které bariéry jsou či nejsou překonány (obr. 1). Proces transportu rostlin (nebo jejich propagulí) pomocí člověka přes geografické bariéry se označuje jako introdukce (zavlečení) (A v obr. 1). Jako geografické bariéry se označují např. oceány, vodní toky, pouště či pohoří. Pokud druh tyto bariéry překoná, stává se druhem přechodně zavlečeným. Dále je nutné překonat environmentální bariéry v místě zavlečení (B), jimiž mohou být např. škůdci, klimatické podmínky, apod. Když rostlina překoná bariéry reprodukční (C), mluvíme pak o procesu naturalizace a druh se označuje jako naturalizovaný. Reprodukční bariéry představují např. absence vhodných opylovačů, predace semen původními živočichy nebo příliš krátké vegetační období. Pokud rostlina překoná bariéry zamezující rozšiřování (absence nebo nedostatek vhodných vektorů) (D) a je tudíž schopna šířit se na velké vzdálenosti od mateřských populací, označujeme ji jako invazní. Musí ovšem ještě překonat bariéry, které jí do cesty staví vegetace v místě invaze (E, F). Bariéry v invazním procesu nejsou neměnné – např. kolísání klimatu může představovat novou

bariéru, což může vést k vyměnění nepůvodního druhu na lokální či regionální úrovni, nebo naopak umožnit nepůvodnímu druhu přežít nebo se šířit.



**Obr. 1: Hlavní bariéry limitující rozšiřování nepůvodních rostlin**

Zdroj: upraveno podle Richardsona et al. (2000)

Bylo stanoveno pravidlo, které odhaduje, s jakou pravděpodobností přejde druh z jednoho stádia invazního procesu do dalšího. Autorem tohoto tzv. **pravidla desetiny** (*Tens Rule*) je M. Williamson (Pyšek et al. 2008b). Podle něj asi 10 % zavlečených druhů dosáhne statutu přechodného zavlečení, 10 % z přechodně zavlečených se stane naturalizovanými, a 10 % z naturalizovaných druhů se stane druhy invazními. Reálně se však jedná o rozmezí 5–20 %. Podstatné ale je, že invazní druhy představují jen zlomek celkového počtu zavlečených druhů. Toto pravidlo je úzce spojeno s dobou zavlečení – různé druhy měly různě dlouhou dobu na to, aby uspěly. Důsledkem rozdílného času od zavlečení je, že počet naturalizovaných (a potažmo invazních) druhů bude v budoucnu vzrůstat, i kdyby nyní zavlékání přestalo (Pyšek et al. 2008b).

### 3. Rozšíření nepůvodních druhů rostlin

Rozšíření nepůvodních druhů rostlin je v rámci celého světa i v menším měřítku nerovnoměrné – rozdíly v invadovanosti<sup>1</sup> bychom tedy našli na úrovni velkých území světa, jednotlivých zemí, krajiny či na úrovni rostlinných společenstev. Zmíněné rozdílnosti jsou ovlivňovány mnoha různými faktory. Pro velká území byly formulovány a statisticky testovány obecné zákonitosti, čemuž se věnuji v první části této kapitoly. Ve druhé části pak popisují faktory ovlivňující rozdílnou invadovanost především na úrovni rostlinných společenstev a krajiny.

#### 3.1 Obecná tvrzení

##### **Ostrovky jsou invadovány více než pevnina**

Tento jev byl jeden z prvních, který byl v invazní ekologii rozeznán a bývá zpravidla vysvětlován existencí volných nik (Chytrý & Pyšek 2008). Z teorie ostrovní biogeografie vyplývá, že ostrovky mají v průměru méně druhů než stejně velké části pevniny se stejnými podmínkami a zdroji. Kvůli absenci některých druhů na ostrově jsou pravděpodobně některé zdroje nevyužity a některé biotopy neobsazeny, nebo obsazeny druhy, které na ně nejsou optimálně přizpůsobeny. Některé zavlečené rostliny pak pravděpodobně budou schopny zaujmout neobsazené potravní i prostorové niky a budou se na ostrově snadno šířit. Kromě této teorie může být větší invadovanost ostrovů vysvětlována slabou schopností ostrovních druhů konkurovat druhům zavlečeným (Sax & Brown 2000, cit. in Chytrý & Pyšek 2008). Díky existenci velké druhové diverzity na pevninách se zde během evoluce vyvinuly konkurenčně silné druhy; pokud jsou pak zavlečeny na ostrov, jen stěží se setkají s konkurenčně zdatnějšími druhy, neboť pravděpodobnost vzniku takových druhů z omezené diverzity na ostrově je malá. Navíc ostrovní druhy nejsou adaptovány na soužití s takovými konkurenty, neboť se nikdy s podobnou konkurencí nesetkaly.

---

<sup>1</sup> Invadovanost (*level of invasion*) vyjadřuje počet nebo podíl nepůvodních druhů v určitém území či ve společenstvu.

## **Nový svět je invadován více než Starý svět**

Tento nepoměr je doložen mnoha studii (např. Di Castri 1989, Lonsdale 1999). Di Castri (1989) např. uvádí, že podíl nepůvodních druhů rostlin na celkové flóře dosahuje ve Středomoří asi 5 %, zatímco v Kalifornii, kde jsou klimaticky srovnatelné podmínky, je podíl nepůvodních druhů přibližně třikrát větší. Rozdílnou invadovanost Nového a Starého světa vysvětluje Di Castri (1989) vlastnostmi druhů Starého světa, které se vyvíjely po dlouhou dobu v kontaktu s člověkem, a jsou proto dobře přizpůsobeny na disturbance a šíření na antropogenních stanovištích. Zároveň předpokládá, že druhy Starého světa během klimatických změn v geologické minulosti více migrovaly, čímž byly více vystaveny různorodějším abiotickým podmínkám a konkurenci jiných druhů, a tak se u nich vyvinula větší konkurenční schopnost, než u druhů z Nového světa. Dalším vysvětlením rozdílné invadovanosti je častější zavlékání druhů evropskými kolonizátory do Nového světa než opačným směrem.

## **Tropy jsou invadovány méně než oblasti mimotropické**

Srovnáním počtů naturalizovaných druhů v Evropě, Americe a Africe Rejmánek (1996, cit. in Chytrý & Pyšek 2008) ukázal, že v tropech západní i východní polokoule je podíl naturalizovaných druhů z celkové flóry území výrazně menší než mimo tropy; největší zastoupení naturalizovaných druhů je v oblasti 40–45° severní šířky. Práce Rejmánka tak přinesla doklad, že tropy jsou méně invadované než oblasti mimotropické. Toto tvrzení však platí pouze pro pevninu (Lonsdale 1999) – tropické ostrovy jsou tedy invadovány do stejné míry jako ostrovy v jiných částech světa. Rejmánek (1996, cit. in Chytrý & Pyšek 2008) předpokládá, že tropické oblasti jsou méně invadovány proto, že jsou přirozeně rezistentní vůči invazím, což je zřejmě dáno velkou biomasou a velice rychlou obnovou vegetačního krytu po narušení.

## **Nížiny jsou invadovány více než horské oblasti**

Mnoho studií potvrdilo, že s rostoucí nadmořskou výškou klesá počet druhů rostlin, nebo nejdříve dochází k růstu a až poté k poklesu druhové bohatosti (Rahbek 1995). V případě nepůvodních druhů dochází k úbytku druhové bohatosti s rostoucí nadmořskou výškou mnohem rychleji, a proto jsou horské oblasti invadovány méně než nížiny. Tento vztah dokládá mnoho studií provedených v různých horských oblastech, např. ve Švýcarských Alpách (Becker et al. 2005). I u nás, kde nejsou tak

výrazné rozdíly mezi nižšími a vyššími polohami, jako ve vysokohorských oblastech, je několika studiemi doložen pokles nepůvodních druhů od nížin do hor (Chytrý & Pyšek 2008). Příčinou menší invadovanosti horských oblastí může být menší přísun diaspor nepůvodních druhů v důsledku řidšího osídlení a menší intenzity dopravy v horských oblastech. Jiným vysvětlením je existence bariér v podobě klimaticky odlišných nížin, které musí druh překonat, aby se dostal do jiné horské oblasti (Becker et al. 2005). Nabízí se také možnost, že i horské oblasti, odkud nepůvodní druhy pochází, jsou obvykle osídleny řídce, a k zavlékání diaspor do nových území tak dochází vzácněji (Chytrý & Pyšek 2008).

### 3.2 Faktory ovlivňující rozšíření nepůvodních druhů rostlin

Faktorů ovlivňujících rozšíření nepůvodních druhů rostlin je velké množství a mnohdy jsou navzájem provázány. Rozšíření nepůvodních druhů popisují v úrovni rostlinných společenstev, kdy hodnotím faktory ovlivňující jejich invadovanost či invazibilitu<sup>2</sup>; v krajinném měřítku, kdy hraje důležitou roli při šíření nepůvodních druhů rostlin struktura krajiny; a v úrovni jednotlivých zemí. Vzhledem k velkému množství faktorů působících na jednotlivých úrovních a jejich vzájemné propojenosti, popisují v každé úrovni pouze některé z nich.

Faktorem, který ovlivňuje míru invadovanosti rostlinných společenstev či určitých území, je **přísun diaspor** (*propagule pressure*) nepůvodních druhů rostlin. Např. pokud se do rezistentního společenstva dostává velké množství diaspor, může být invadováno silně, zatímco invazibilní společenstvo může být invadováno v menší míře, pokud se nachází v oblasti s malým přísunem diaspor. Přísun diaspor může být vyjádřen např. počtem návštěvníků v rezervaci, velikostí lidské populace či hustotou zalidnění, objemem obchodu a turismu nebo ekonomickou aktivitou (Richardson & Pyšek 2006).

Invadovanost dané lokality je podle Lonsdale (1999) dána nejen počtem nepůvodních druhů, které se sem rozšířily, ale i jejich **schopností přežít** v daném společenstvu. Schopnost přežít závisí na kompetici s druhy původními, na vlivu herbivorů a patogenů, na náhodných nepříznivých podmínkách (např. období sucha)

---

<sup>2</sup> Invazibilita (*invasibility*) vyjadřuje náchylnost nebo citlivost společenstva k invazím.



a na přizpůsobení nepůvodního druhu novému společenstvu (např. když se tropický druh šíří do temperátní oblasti).

Důležitou roli v rozšíření nepůvodních druhů rostlin představují **vlastnosti nepůvodních druhů**. Mezi nejčastěji uváděnými obecnými vlastnostmi úspěšné invazní rostliny jsou dle Pyška (2001) plodnost, dobrá a rychlá klíčivost, schopnost šíření, schopnost přežití a rychlý růst. Zmíněné vlastnosti však platí i pro mnoho rostlin, které mezi invazní rostliny vůbec nepatří. Je tedy obtížné stanovit vlastnosti úspěšného druhu, neboť na invaze je nutné pohlížet z komplexnějšího pohledu, tzn. s ohledem na společenstvo, do něhož rostlina proniká a s ohledem na podmínky, za kterých k invazi dochází. Pyšek (2001) uvádí, že šance popsat klíčové vlastnosti úspěšné invazní rostliny vzrůstá, pokud se pohybujeme v určité taxonomické skupině (čeleď, rod) nebo pracujeme s určitou životní formou (např. pouze dřeviny).

Míra invadovanosti společenstva může záviset také na **vlastnostech společenstva**. Chytrý et al. (2008b) provedl srovnávací studii, která zkoumala invadovanost společenstev ve třech evropských regionech (Česká republika, Velká Británie a Katalánie), jež se liší z hlediska klimatu i složením nepůvodní flóry. Ukázalo se, že stejná společenstva jsou invadována přibližně stejnou měrou. Lze proto usuzovat, že různá společenstva mohou mít vlastnosti, které usnadňují či omezují invaze nepůvodních druhů. Nejmenší míra invadovanosti byla zaznamenána v těchto regionech ve společenstvech s omezenou dostupností zdrojů (např. vrchoviště, bazická a kyselá slatiniště, alpské trávníky, macchie, apod.), zatímco nejvíce nepůvodních druhů rostlin bylo zaznamenáno ve společenstvech ovlivněných disturbancemi (způsobených člověkem nebo vlivem vodního proudu) a ve společenstvech s dobrou dostupností živin. Zároveň data z České republiky a Velké Británie ukázala, že společenstva s velkým podílem archeofytů mají také velký podíl neofytů. Tato závislost se potvrdila i ve studiích na větších územích – např. v Německu ve čtvercové síti o rozloze jednotlivých čtverců 32 km<sup>2</sup> (Deutschewitz et al. 2003). Lze tedy říci, že vlastnosti společenstev mají v tomto případě větší význam než vlastnosti druhů. Přesto však můžeme nalézt určité odchylky v invadovanosti společenstev archeofyty a neofyty. Chytrý et al. (2008b) uvádí, že u nás i ve Velké Británii bychom našli archeofyty častěji v nelesní vegetaci na suchých až mezických půdách, zatímco neofyty se častěji nachází v lesích a na vlhkých místech. Tuto skutečnost lze vysvětlit **podobnou**

**charakteristikou biotopu v původním a sekundárním areálu** – archeofyty často pochází z jižní Evropy a Blízkého Východu, kde je suché klima a velký podíl nelesní vegetace, zatímco neofyty se do střední a západní Evropy dostaly často z vlhčích oblastí s opadavými listnatými lesy ze Severní Ameriky a západní Asie.

Významným faktorem ovlivňující invadovanost a invazibilitu rostlinných společenstev, jsou **disturbance**. Disturbance mohou způsobovat přechodný přebytek volných zdrojů, které nejsou společenstvem plně využity (např. po odstranění stromů zůstává na pasece množství nevyužitých živin; na sešlapávaném stanovišti může být hodně živin, ale narušovaný porost je nedokáže plně využít), nebo jsou vlivem disturbancí zdroje dodávány rychleji, než je vegetace stačí spotřebovat (např. hnojení, zavlažování půdy, přísun živin po povodních) (Chytrý & Pyšek 2008). Volné zdroje pak mohou začít využívat rostliny původní, ale i rostliny nepůvodní. Tato skutečnost tedy podmiňuje snadné šíření nepůvodních druhů rostlin na disturbovaných stanovištích. Naopak pokud jsou určitá společenstva málo disturbovaná a zároveň trvale limitována nedostatkem nějakého zdroje, jsou více rezistentní (Chytrý & Pyšek 2008). Popsané jevy odpovídají teorii fluktuační dostupnosti zdrojů, kterou předložil Davis et al. (2000). Teorie říká, že rostlinné společenstvo je více invazibilní, pokud v něm dojde k náhlému zvýšení dostupnosti volných zdrojů. Nepůvodní druh totiž musí mít přístup k dostupným zdrojům (např. světlo, živiny, voda) a jeho invaze bude úspěšnější, pokud se nesetká s kompeticí ze strany původních druhů a nebude tedy muset o tyto zdroje bojovat.

Invadovanost rostlinných společenstev je rovněž závislá na **sukcesním stádiu** daného společenstva. Pro raná stadia sukcese je charakteristická silná invadovanost, zatímco společenstva v pozdějším stádiu mají zpravidla menší zastoupení nepůvodních druhů rostlin – v průběhu sukcese tedy podíl nepůvodních druhů klesá (Prach et al. 2008). Tato skutečnost bývá vysvětlována dvěma způsoby, jež se mohou doplňovat: (1) původní druhy jsou lépe adaptovány na místní podmínky než druhy nepůvodní a v dlouhodobém časovém horizontu převládnu, (2) většina nepůvodních druhů jsou R-stratégové, zatímco C-stratégů, schopných uplatnit se v pozdějších stádiích sukcese, je méně (Prach et al. 2008).

Dalším faktorem, který může ovlivňovat počet nepůvodních druhů rostlin na dané lokalitě či v daném společenstvu, je **počet původních druhů rostlin**. Původním

předpokladem Ch. Eltona bylo, že druhově chudá společenstva jsou více invazibilní než společenstva druhově bohatá (Elton 1958, cit. in Chytrý & Pyšek 2008). Vysvětlením je existence volných nik v případě druhově chudších společenstev, která jsou k dispozici pro nově příchozí druhy. Tato teorie byla založena na poznacích o invazích na ostrovech, které mají zpravidla méně původních druhů než srovnatelně velké části pevniny, a zároveň jsou zpravidla více invadovány (Elton 1958, cit. in Chytrý & Pyšek 2008). Invaze na ostrovech však podléhají i jiným zákonitostem než je existence volných nik (viz str. 14). Poté mnoho studií v měřítku větších území dokázalo pravý opak, tedy že počet nepůvodních druhů je větší v oblastech s větším počtem původních druhů (např. Lonsdale 1999, Deuschewitz et al. 2003, Stohlgren et al. 2005). Herben et al. (2004) porovnal několik studií a došel k závěru, že korelace mezi počtem původních a nepůvodních druhů závisí na velikosti studované plochy – při rozloze území do 30 m<sup>2</sup> je nalezen negativní vztah mezi počtem původních a nepůvodních druhů, naopak na větších plochách je korelace pozitivní. Na menších plochách se totiž více projevuje interakce mezi organizmy a může zde být proto aplikována výše zmíněná teorie Eltona, na větších plochách pak působí vliv heterogenity prostředí, a proto zde nacházíme větší počty původních i nepůvodních druhů rostlin.

Rozšíření nepůvodních druhů rostlin ovlivňuje struktura krajiny a její využití. V krajině můžeme vysledovat určité prvky, které počty nepůvodních druhů podporují – např. heterogenita prostředí, vodní toky, cestní síť či sídla. Pyšek et al. (1998) studoval na našem území vybrané nepůvodní druhy rostlin za delší časové období a zjistil, že nejčastěji se nepůvodní druhy vyskytovaly v lidských sídlech (velká i menší města a vesnice) a podél tekoucích i stojatých vod. Podobně Prach & Pyšek (1997) uvádí, že vegetace sídel (hlavně měst) a poříční a pobřežní vegetace hostí největší počty invazních druhů.

Je obecně známo, že **heterogenita prostředí** podmiňuje větší druhovou bohatost rostlin (Rosenzweig 1995), což se týká původních i nepůvodních druhů rostlin.

Vegetace podél **vodních toků** je charakteristická vysokou druhovou rozmanitostí rostlin. Tato specifická vegetace je však i náchylná k pronikání nepůvodních druhů rostlin. Vodní toky totiž v krajině představují koridory, pomocí nichž se snadno šíří diaspory nepůvodních druhů rostlin a důležitou roli rovněž hrají i disturbance způsobené zaplavením (Pyšek & Prach 1993). Tyto disturbance pak zapříčiňují vznik

nových stanovišť, která jsou vhodná ke kolonizaci nepůvodními druhy rostlin (Richardson et al. 2007). Zároveň jsou zde příhodné podmínky pro nepůvodní rostliny v podobě dostupnosti živin a vody. K šíření nepůvodních druhů rostlin v pobřežní vegetaci přispívají rovněž disturbance způsobené činností člověka, např. stavba přehrad, regulace vodních toků, dále zemědělská činnost, pastva či sešlap v blízkosti vodních toků apod. (Richardson et al. 2007). Vhodný zdroj diaspor nepůvodních druhů rostlin představují sídla, jimiž vodní toky často protékají. Pobřežní vegetace, kde došlo k úspěšné naturalizaci nepůvodních druhů rostlin, může sloužit jako zdroj šíření nepůvodních druhů do krajiny (Pyšek & Prach 1993).

**Cestní síť** (cesty, silnice či železnice) v krajině představuje, podobně jako vodní toky, koridory pro šíření nepůvodních druhů rostlin. Tyser & Worley (1992) studovali vliv silnic a cest na rozšíření nepůvodních druhů rostlin v národním parku Glacier v USA a dospěli k závěru, že nepůvodní druhy se nachází podél cest a silnic a zároveň dochází k jejich šíření z těchto zdrojových oblastí do sousední krajiny. Vysoce průkazná pozitivní korelace počtu nepůvodních druhů rostlin a cestní sítě byla zjištěna ve studii na Ještědském hřebetu (Petřík & Pergl 2008). Rovněž se v této studii ukázalo, že každý typ koridoru (např. lesní cesty, silnice, železnice) na sebe váže specifické druhy nepůvodních rostlin (Petřík & Pergl 2008).

Vegetace **sídel** se často vyznačuje velkou druhovou bohatostí nepůvodních i původních druhů. Pyšek (1998) zjistil, že nepůvodní druhy rostlin tvoří průměrně přibližně 40 % z celkové flóry ve vybraných 54 městech střední Evropy. Významným faktorem ovlivňující invadovanost sídel jsou různé typy disturbancí a s tím související velké množství různorodých antropogenních stanovišť. Velká města mají často hustou síť dopravních koridorů a některé i říční či námořní přístavy, což zajišťuje obrovský přísun diaspor nepůvodních druhů. Navíc se ve městech projevuje efekt tepelného ostrova, kde se šíří nepůvodní druhy z klimaticky teplejších oblastí. Lidská sídla mohou rovněž sloužit jako zdrojové oblasti pro šíření nepůvodních druhů rostlin do krajiny (Pyšek et al. 1998). Lososová et al. (2012) zkoumala nepůvodní flóru 7 urbánních biotopů ve 32 evropských městech s rozdílnými klimatickými podmínkami. Zjistila, že pro rozšíření nepůvodních druhů rostlin byly rozdíly v klimatu jednotlivých měst méně důležité než rozdíly v typu biotopu. To poukazuje na významnost variability městských biotopů.

V úrovni jednotlivých zemí může být invadovanost ovlivňována **socioekonomickou charakteristikou státu**. Vilà & Pujadas (2001) provedli studii v několika zemích severní Afriky a Evropy, kde zkoumali vybrané socioekonomické parametry a využití krajinného pokryvu ve vztahu k hustotě nepůvodních druhů rostlin. Autoři zjistili, že nejvíce se na hustotě nepůvodních druhů rostlin podílel import a index lidského rozvoje (HDI) dané země. S jistou dávkou opatrnosti lze tedy říci, že rozvojové země disponují menším počtem nepůvodních druhů rostlin, než země vyspělé, což může být dáno právě menší mírou importu.

Nedílným faktorem ovlivňující jak samotný počátek invaze, tak následné rozšíření nepůvodního druhu v novém areálu, je **náhoda** (Sádlo & Pyšek 2004). Např. na Floridě došlo k šíření fíkovníků až poté, co tam byly nechtěně zavlečeny vosičky fíkovnice, které zajišťují jejich opylení (Pyšek & Tichý 2001).

Lze také uvést vliv **času od zavlečení** rostlinných druhů na jejich rozšíření. Čím delší čas uplyne od zavlečení nepůvodního druhu, tím více jeho diaspor se rozšíří v novém území (Pyšek & Jarošík 2005). Pyšek & Jarošík (2005) hodnotili vztah času od zavlečení a rozšíření nepůvodních druhů rostlin na souboru dat několika zemí a našli pozitivní vztah mezi dobou prvního záznamu o zavlečení (*minimum residence time*) a současným rozšířením nepůvodních druhů rostlin. Dále uvádí, že doba prvního záznamu o zavlečení ovlivňuje i invazní status.

## 4. Impakt nepůvodních druhů rostlin

Termín impakt vyjadřuje veškeré důsledky působení zavlečených druhů rostlin v novém území, přičemž důsledky bývají zpravidla negativní, mohou být však i pozitivní (Pyšek et al. 2008a). Většina nepůvodních druhů rostlin má malý či zanedbatelný impakt, neboť jen malá část ze všech nepůvodních druhů se stane druhy invazními a jen některé invazní druhy se stanou invazními druhy s výrazným impaktem.

Na impakt lze pohlížet z pohledu ekologického, kdy nějakým způsobem dochází k ovlivnění invadovaných společenstev. Nepůvodní druhy mohou snižovat růst a reprodukční úspěch druhů původních. Může též docházet k hybridizaci mezi nepůvodním druhem a druhem původním, nebo mezi dvěma druhy nepůvodními – obě tyto situace pak mohou vyústit ve vznik nového úspěšného invazního druhu s výhodnými vlastnostmi od obou rodičů. Známým příkladem z území České republiky je zkřížení invazních křídlatek (*R. japonica* a *R. sachalinensis*), což dalo vznik mnohem úspěšnějšímu druhu *Reynoutria ×bohemica*. Hybridizace mezi druhem nepůvodním a původním však také může znamenat ohrožení původních vzácných druhů či malých populací, které tím ztratí svou identitu (Pyšek & Sádlo 2004a). Vlivem invaze může dojít jednak ke zvýšení diverzity společenstev, jednak k jejímu snížení. Hejda et al. (2009) ve studii z našeho území zjistil, že z vybraných 13 invazních druhů mají největší vliv na druhovou bohatost společenstev křídlatky (*Reynoutria* spp.), zatímco u netýkavky žláznaté (*Impatiens glandulifera*) a kejklířky skvrnitě (*Mimulus guttatus*) nebyl vliv na druhovou bohatost pozorován. Některé nepůvodní druhy tedy mohou snižovat počet druhů, ale jen zřídka způsobí vyloučení nějakého druhu (Davis 2003, cit. in Pergl 2008). Není ani dokumentován jediný případ ve světě, kdy by došlo k vyhynutí rostlinného druhu v přímém důsledku rostlinné invaze (Marková & Hejda 2011). Nepůvodní druhy mohou také způsobit komplexní změnu ekosystému a to v případě, pokud jsou dostatečně dominantní a jsou schopny měnit podmínky prostředí (jedná se o tzv. *transformers*) (Pergl 2008). Změnou podmínek prostředí může být např. ovlivnění dostupnosti dusíku, vody, světla, režimu disturbancí (např. podpora nebo naopak omezování požárů či eroze), toků látek a energií, apod. Jako příklad lze uvést známý trnovník akát (*Robinia pseudacacia*) způsobující zastínění, silnou eutrofizaci stanoviště (díky symbiotickým bakteriím fixujících vzdušný dusík) a inhibici klíčení

většiny ostatních rostlin (v důsledku uvolňování fenolkarboxylových kyselin do půdy). Nepůvodní rostliny mohou ovlivňovat i další trofické úrovně, např. opylovače či ptáky.

Kromě ekologického impaktu lze uvést impakt ekonomický, jež představuje určité finanční ztráty, které bývá ovšem složité kvantifikovat. Některé invazní druhy představují i riziko pro zdraví člověka. Příkladem z našeho území může být bolševník velkolepý (*Heracleum mantegazzianum*) obsahující furanokumariny, které při působení UV záření způsobují fotodermatitidy; nebo ambrosie peřenolistá (*Ambrosia artemisiifolia*), která je významným pylovým alergenem.

Pro komplexní posouzení impaktu nepůvodního druhu je vhodné zahrnout jak impakt negativní, tak i pozitivní. Zavaleta (2000, cit. in Pergl 2008) provedla studii pro invazní druhy rodu tamaryšek (*Tamarix*) v USA, kde do ekonomického hodnocení zahrнула jak negativní impakt (úbytek vody působící problémy v zemědělství, ztráty při výrobě energie, snížené rekreační možnosti, zvýšené riziko záplav), tak i pozitivní (snížená akumulace sedimentů v přehradách, dopad na myslivost). Celkové ztráty v důsledku invaze tamaryšek odhaduje v následujících 55 letech na 7–16 mld. USD (Zavaleta 2000, cit. in Pergl 2008).

Lze tedy říci, že i přesto, že výrazný negativní impakt má jen málo invazních druhů, škody způsobené rostlinnými invazemi jsou vysoké. Je tudíž snazší a rovněž i účinnější věnovat se důsledně preventivním opatřením (tzn. zjišťovat, jaké druhy je bezpečné introdukovat a jak zabránit introdukci nežádoucích druhů), než následně řešit vzniklé problémy (Marková & Hejda 2011).

Při boji s invazními rostlinami je nutné vycházet ze skutečnosti, že jednotlivé invaze mají různý průběh i impakt a většina invazních druhů je škodlivá jen v některých biotopech nebo v některých regionech. Je proto nutné vybrat invazní rostliny a oblasti, kde provádět cílený management.

## 5. Nepůvodní rostliny v České republice

Česká republika je vůči rostlinným invazím poměrně náchylná (Pyšek & Sádlo 2004a). To je dáno především hustým osídlením a hustou sítí vodních toků, silnic i železnic. Je zde také různorodá nabídka stanovišť, různorodá byla a stále je také činnost člověka v souvislosti s krajinou. Zmíněné skutečnosti jsou důležitým předpokladem invazí. Ovšem v porovnání s ostatními opravdu zasaženými částmi světa (Severní Amerika, Jižní Afrika, Austrálie, Nový Zéland, Havajské ostrovy a další ostrovy) (Pyšek a Sádlo 2004b) je na tom Česká republika z hlediska rostlinných invazí dobře (Pyšek a Sádlo 2004a).

Pyšek et al. (2002b) uvádí v prvním vydání katalogu zavlečených rostlin na našem území celkem 4120 druhů cévnatých rostlin, z nichž 1378 druhů představuje nepůvodní flóru. V aktualizovaném katalogu (Pyšek et al. 2012a) bychom našli 1454 nepůvodních druhů rostlin. Rozdíl v počtu nepůvodních druhů je důsledkem několika opravných změn – přehodnocení statutu druhu zpravidla na základě archeobotanických dokladů, zařazení nově uvedených taxonů v botanické literatuře od roku 2002 nebo revize použitých zdrojů. Z celkového počtu 1454 nepůvodních druhů je dle Pyška et al. (2012a) 350 archeofytů a 1104 neofytů. Pokud bychom vyjádřili podíl nepůvodních druhů rostlin z celkové flóry, došli bychom k hodnotám 29,7–33,1 % v závislosti na tom, zda byly zahrnuty problémové taxony (vymizelé a vyhynulé, kříženci) či nikoli (Pyšek et al. 2012a). K jiným počtům nepůvodních druhů rostlin dospěl v seznamu květeny Danihelka et al. (2012, cit. in Danihelka 2013) a to z taxonomických důvodů: katalog zavlečených rostlin pracuje s taxony na úrovni druhu, poddruhu i variet a započítává i křížence, zatímco autoři seznamu květeny vyčleňují křížence zvlášť a pracují pouze s druhy a dodatečnými poddruhy<sup>3</sup>. Podrobnější zastoupení domácích a nepůvodních druhů rostlin uvádí tab. 1.

---

<sup>3</sup> Pokud je nějaký druh v naší květeně zastoupen jediným poddruhem, je započten jako druh bez ohledu na to, jestli se jedná o poddruh nominální nebo nenominální. Pokud je druh zastoupen jedním nominálním poddruhem a jedním poddruhem nenominálním, je jeden z poddruhů započten jako druh, druhý jako dodatečný poddruh (Danihelka 2013).



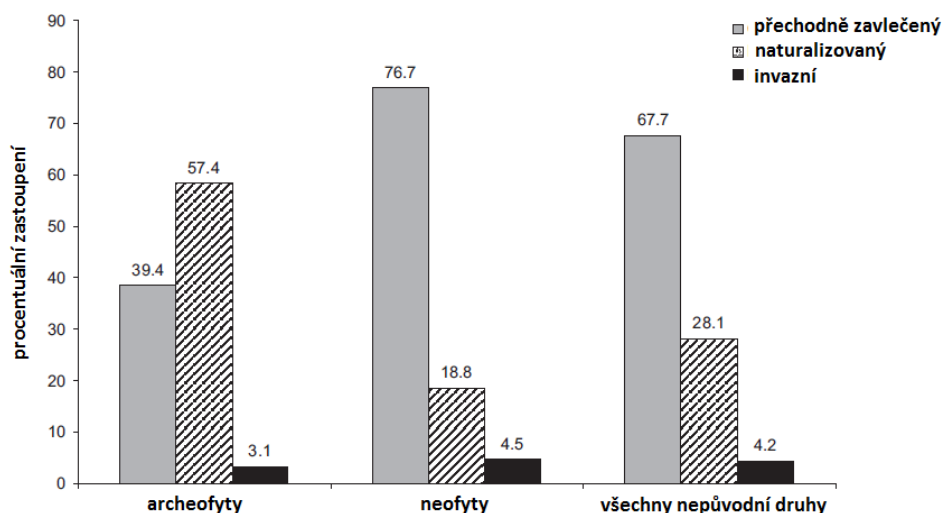
	Taxony	Druhy	Dodatečné poddruhy	Kříženci	Druhy	Dodatečné poddruhy
Domácí	2 395	2 248	147	543	531	12
Archeofyty	311	294	17	34	34	0
Neofyty	1048	1 014	34	41	41	0
Zavlečené rostliny celkem	1 359	1 308	51	75	75	0
Celkem	3 754	3 556	198	618	606	12

**Tab. 1: Počty domácích a nepůvodních taxonů v seznamu cévnatých rostlin květeny České republiky**

Pozn.: Kříženci jsou uvedeni odděleně ve 4.–6. sloupci.

Zdroj: Danihelka (2013)

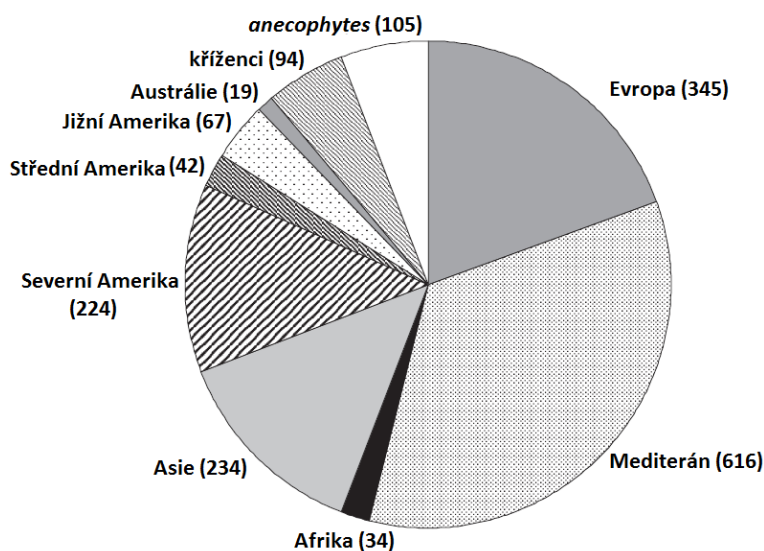
Z 1454 nepůvodních druhů rostlin u nás náleží nejvíce druhů k přechodně zavlečeným rostlinám (985 druhů), naturalizovaných druhů je 408 a nejméně je rostlin invazních (61 druhů), což je procentuálně vyjádřeno v grafu 1 (Pyšek et al. 2012a). Z 61 invazních rostlin tvoří 11 druhů archeofyty a 50 druhů neofyty. Z grafu 1 je rovněž patrné, že v rámci archeofytů převládají naturalizované druhy, zatímco u neofytů mají velkou převahu druhy přechodně zavlečené.



**Graf 1: Zastoupení druhů podle invazního statutu u archeofytů, neofytů a u všech nepůvodních druhů rostlin v ČR**

Zdroj: upraveno podle Pyška et al. (2012a)

Přibližně do 70. let 19. století u nás přibývaly přibližně stejně rychle druhy z Mediteránu<sup>4</sup> i z ostatních částí Evropy, poté se však stal hlavním zdrojem Mediterán (Pyšek et al. 2012b). Druhy ze vzdálenějších oblastí, jako je Severní Amerika či Asie, se začaly objevovat ve velkém až s určitým zpožděním (Pyšek et al. 2012b). V současné době pochází nejvíce nepůvodních druhů rostlin dle Pyška et al. (2012a) z Mediteránu (34,6 %), dále z ostatních částí Evropy (19,4 %), Asie (13,1 %) a Severní Ameriky (12,6 %); přínos ostatních regionů (Střední a Jižní Ameriky, Afriky a Austrálie) nepřesahuje 4 % (graf 2). Jak je patrné z grafu 2, část nepůvodních druhů tvoří kříženci a tzv. *anecophytes*<sup>5</sup>, pro které nebyla původní oblast stanovena. Více než polovina archeofytů pochází z Mediteránu, což je nejčastější oblast původu i u neofytů (necelá třetina) (Pyšek et al. 2012a).



**Graf 2: Oblasti původu nepůvodních druhů rostlin v ČR**

Pozn.: Čísla v závorkách představují počty druhů pocházející z dané oblasti. Protože oblast původu u některých druhů zasahovala do více než jedné oblasti, součet všech druhů přesahuje hodnotu 1454, tzn. počet všech nepůvodních druhů u nás. Termín *anecophyte* je vysvětlen v poznámce pod čarou.

Zdroj: upraveno podle Pyška et al. (2012a)

<sup>4</sup> Mediterán zahrnuje oblasti jižní Evropy, severní Afriky a západní Asie od Turecka a Izraele po Afgánistán (Pyšek et al. 2012a).

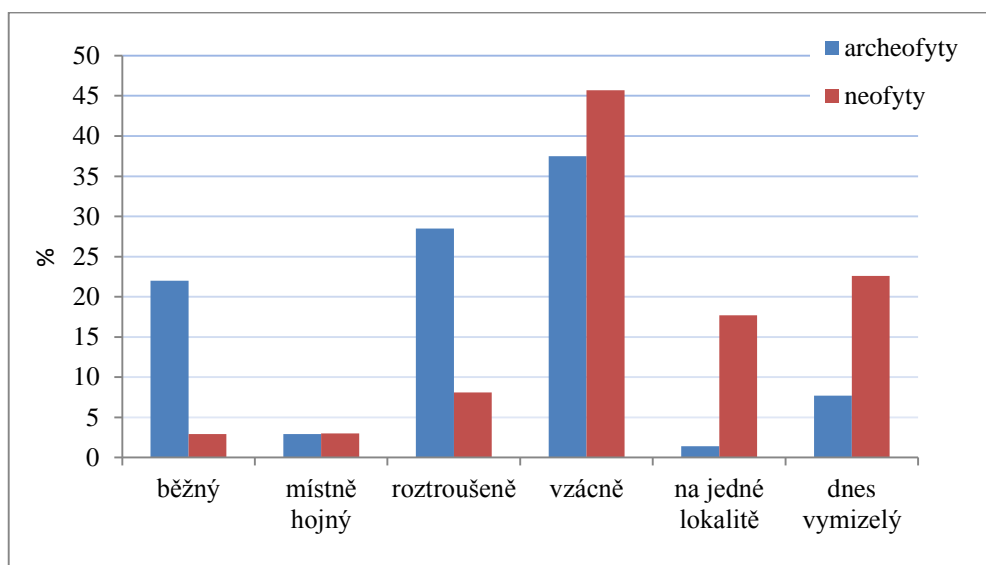
<sup>5</sup> Termín *anecophyte* označuje takové nepůvodní druhy, které byly kultivované a unikly do přírody, nebo druhy, které se vyskytují v přírodě, ale jejich oblast původu není známa (Pyšek et al. 2012a).

Úmyslně k nám bylo zavlečeno 51,4 % nepůvodních druhů, neúmyslně 48,6 % druhů (Pyšek et al. 2012a). Úmyslně jsou nepůvodní rostliny dováženy za různými účely: nejčastěji jako okrasné (více než polovina úmyslně dovezených druhů), velmi často jako potraviny, léčivé rostliny, krmivo a píče, pro krajinářské účely a jako medonosné, méně často pak pro produkci oleje, dřeva, barviv a textilních vláken (Pyšek et al. 2002b). Hlavními cestami neúmyslných zavlečení jsou dovoz nepůvodních rostlin jako příměsí zejména osiv, ovoce, bavlny, dřeva, vlny, ale i s nerostnými surovinami nebo spolu s převážnými zvířaty (např. semena v krmivu, v srsti, v zaživacím traktu) (Mlíkovský & Stýblo 2006). Jako tři hlavní dopravní cesty neúmyslné introdukce u nás lze uvést: labskou cestu (nepůvodní druhy rostlin se šířily pomocí lodní dopravy po Labi), panonskou cestu (nepůvodní druhy se k nám dostávaly z Balkánského poloostrova po Dunaji a Pomoravím) a v minulosti významnou východní cestu (nepůvodní druhy se k nám dostávaly s dovozem obilí z bývalého Sovětského svazu (Mlíkovský & Stýblo 2006). Územím České republiky vedou i přírodní cesty, které otvírají možnost kolonizace (např. Třebovická a Moravská brána, moravské úvaly).

Většina druhů nepůvodních rostlin je u nás vázána na antropogenní stanoviště, menší část druhů se vyskytuje jak na člověkem vytvořených, tak i na přirozených a polopřirozených stanovištích a nejméně druhů bychom našli pouze na (polo) přirozených typech stanovišť (Pyšek et al. 2002b). Rostliny, které k nám byly zavlečeny úmyslně, se objevují častěji v přirozené vegetaci než druhy zavlečené neúmyslně (Pyšek et al. 2002b), což potvrzuje známou skutečnost, že úmyslné pěstování zvyšuje šanci druhu uspět, neboť čas potřebný k adaptaci na nové prostředí prožije v péči člověka. Konkrétněji bychom nejvíce nepůvodních druhů rostlin našli ve městech, vesnicích a jejich okolí, nivách velkých řek, v oblastech narušených těžbou uhlí na severu Čech a Moravy, v zemědělské krajině a v teplých nížinách s výsadbou dřevin zejména na jižní Moravě a ve středních a východních Čechách (Pyšek et al. 2012b). Méně invadované jsou pak oblasti vyšších nadmořských výšek, což platí zřetelněji pro neofyty, jejichž výskyt je silněji koncentrován v nížinách (Pyšek et al. 2012b).

Dle Pyška et al. (2012a) se u nás velká část nepůvodních druhů rostlin nachází vzácně, což platí jak zvláště pro archeofyty, tak pro neofyty; běžných druhů je 22 % archeofytů a pouze necelá 3 % neofytů. Podrobnější četnosti archeofytů a neofytů uvádí

graf 3. Archeofyty jsou tedy v krajině hojnější a obsazují také širší spektrum stanovišť než neofyty (Pyšek et al. 2012a).



**Graf 3: Rozšíření a četnost archeofytů a neofytů v ČR**

Zdroj: zpracováno podle Pyška et al. (2012a)

Jednoleté rostliny tvoří většinu nepůvodních druhů rostlin (43,3 %), následují rostliny vytrvalé, dvouleté rostliny, keře a polokeře a nejmenší podíl zaujímají stromy (4 %) (Pyšek et al. 2012a).

V rámci nepůvodních druhů jsou u nás nejvíce zastoupeny čeledě: *Asteraceae* (hvězdnicovité; 198 druhů), *Poaceae* (lipnicovité; 152 druhů) a *Brassicaceae* (brukvovité; 101 druhů) (Pyšek et al. 2012a). Nejvíce zastoupenými rody u archeofytů jsou *Vicia* (vikev), *Prunus*, *Veronica* (rozrazil), *Atriplex* (lebeda), *Bromus* (sveřep), *Viola* (violka) a *Chenopodium* (merlík), zatímco u neofytů převládají rody *Oenothera* (pupalka), *Amaranthus* (laskavec), *Trifolium* (jetel), *Rumex* (šťovík), *Solanum* (lilek), *Rubus* (ostružiník) a *Centaurea* (chrpa) (Pyšek et al. 2012a).

Některé ze zavlečených rostlin v České republice chráníme, jiné jsou naopak nebezpečné, ovlivňují vegetaci, mají vliv i na člověka a měli bychom jim tedy věnovat pozornost. Pergl et al. (2013) navrhl a vytvořil Černý a šedý seznam nepůvodních druhů ČR, který představuje druhy rostlin (i živočichů), jejichž výskyt by měl být nějakým způsobem omezován (Černý seznam) a jejichž výskyt a impakt by měl být určitým

způsobem monitorován, nicméně nemusí být likvidovány (Šedý seznam). Nepůvodní druhy rostlin, většinou invazní neofyty, seskupené do čtyř skupin v rámci Černého seznamu uvádí tab. 2.

**Skupina 1: Invazní neofytní byliny s největší mírou škodlivosti.**

*Ambrosia artemisiifolia* (ambrozie peřenolistá)  
*Heracleum mantegazzianum* (bolševník velkolepý)  
*Reynoutria ×bohemica* (křídlatka česká)  
*Reynoutria japonica* var. *japonica* (křídlatka japonská pravá)  
*Reynoutria sachalinensis* (křídlatka sachalinská)

**Skupina 2: Hojně rozšířené invazní neofyty (stromy a keře). Tvoří metapopulace a mimo to jsou pěstovány v zahradách, odkud znova zplaňují.**

*Acer negundo* (javor jasanolistý)  
*Ailanthus altissima* (pajasan žláznatý)  
*Fraxinus pennsylvanica* (jasan pensylvánský)  
*Lycium barbarum* (kustovnice cizí)  
*Parthenocissus inserta* (loubinec popínavý)  
*Populus ×canadensis* (topol kanadský)  
*Prunus cerasifera* (slivoň myrobalán)  
*Prunus serotina* (střemcha pozdní)  
*Robinia pseudoacacia* (trnovník akát)  
*Symphoricarpos albus* (pámelník bílý)

**Skupina 3: Vysoké dvouděložné byliny, většinou invazní neofyty, zřídka naturalizované neofyty. Tvoří spontánní metapopulace a mimo to jsou pěstovány v zahradách, odkud znova zplaňují.**

*Asclepias syriaca* (klejicha hedvábná)  
*Dipsacus strigosus* (štětka větší)  
*Echinops sphaerocephalus* subsp. *sphaerocephalus* (bělotrn kulatohlavý pravý)  
*Helianthus tuberosus* (slunečnice topinambur)  
*Lupinus polyphyllus* (vlčí bob mnoholistý)  
*Rudbeckia laciniata* (třapatka dřípatá)  
*Solidago canadensis* (ztlobýl kanadský)

*Solidago gigantea* (zlatobýl obrovský)  
*Symphyotrichum* ×*salignum* (astříčka vrbovitá)  
*Symphyotrichum* ×*versicolor* (astříčka různobarevná)  
*Symphyotrichum laeve* (astříčka hladká)  
*Symphyotrichum lanceolatum* (astříčka kopinatá)  
*Symphyotrichum novi-belgii* (astříčka novobelgická)  
*Telekia speciosa* (kolotočník ozdobný)

**Skupina 4: Neofytní invazní stromy pěstované v lesích a zde zplaňující. Výskyty v sídlech a suburbíích nejsou škodlivé.**

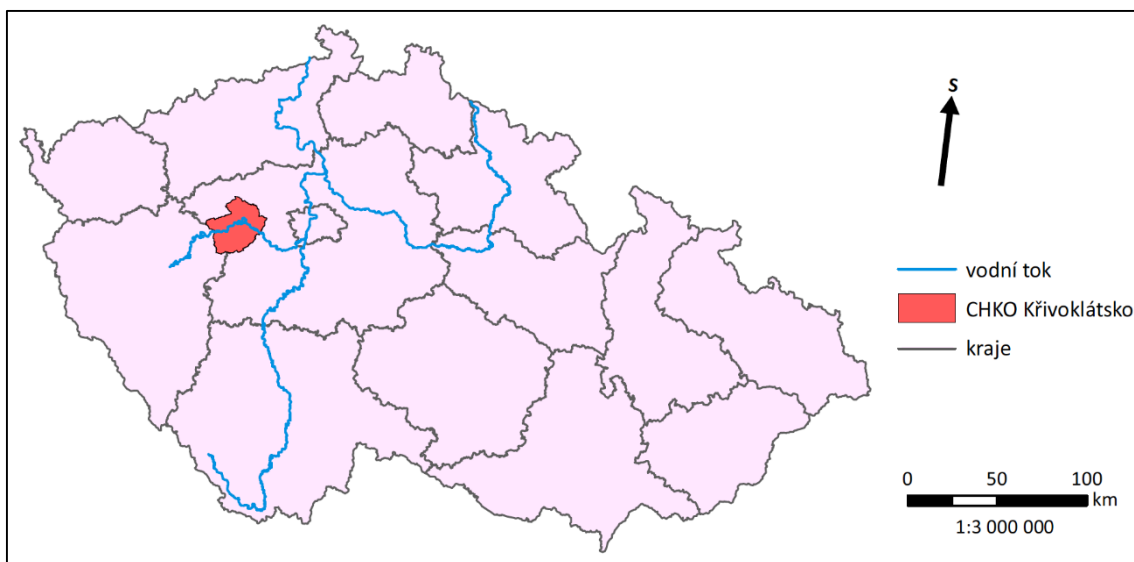
*Pinus strobus* (borovice vejmutovka)  
*Quercus rubra* (dub červený)

**Tab. 2: Černý seznam nepůvodních druhů rostlin ČR**

Zdroj: zpracováno podle Pergla et al. (2013)

## 6. Charakteristika modelového území CHKO Křivoklátsko

Chráněná krajinná oblast Křivoklátsko se nachází na pomezí středních a západních Čech (obr. 2). Rozloha území je 62 792 ha. V roce 1997 bylo Křivoklátsko pro své vysoké přírodovědné hodnoty vyhlášeno biosférickou rezervací UNESCO, roku 1978 zde byla vyhlášena chráněná krajinná oblast. Křivoklátsko je také součástí evropské soustavy chráněných území NATURA 2000, jejímž cílem je zabezpečit ochranu nejceněnějších rostlin, živočichů a stanovišť v rámci Evropské unie. V rámci Křivoklátska bylo vymezeno 24 maloplošných chráněných území, z toho 4 jsou zařazeny mezi národní přírodní rezervace. Maloplošná chráněná území zaujímají přibližně 2 % z celkové plochy CHKO.



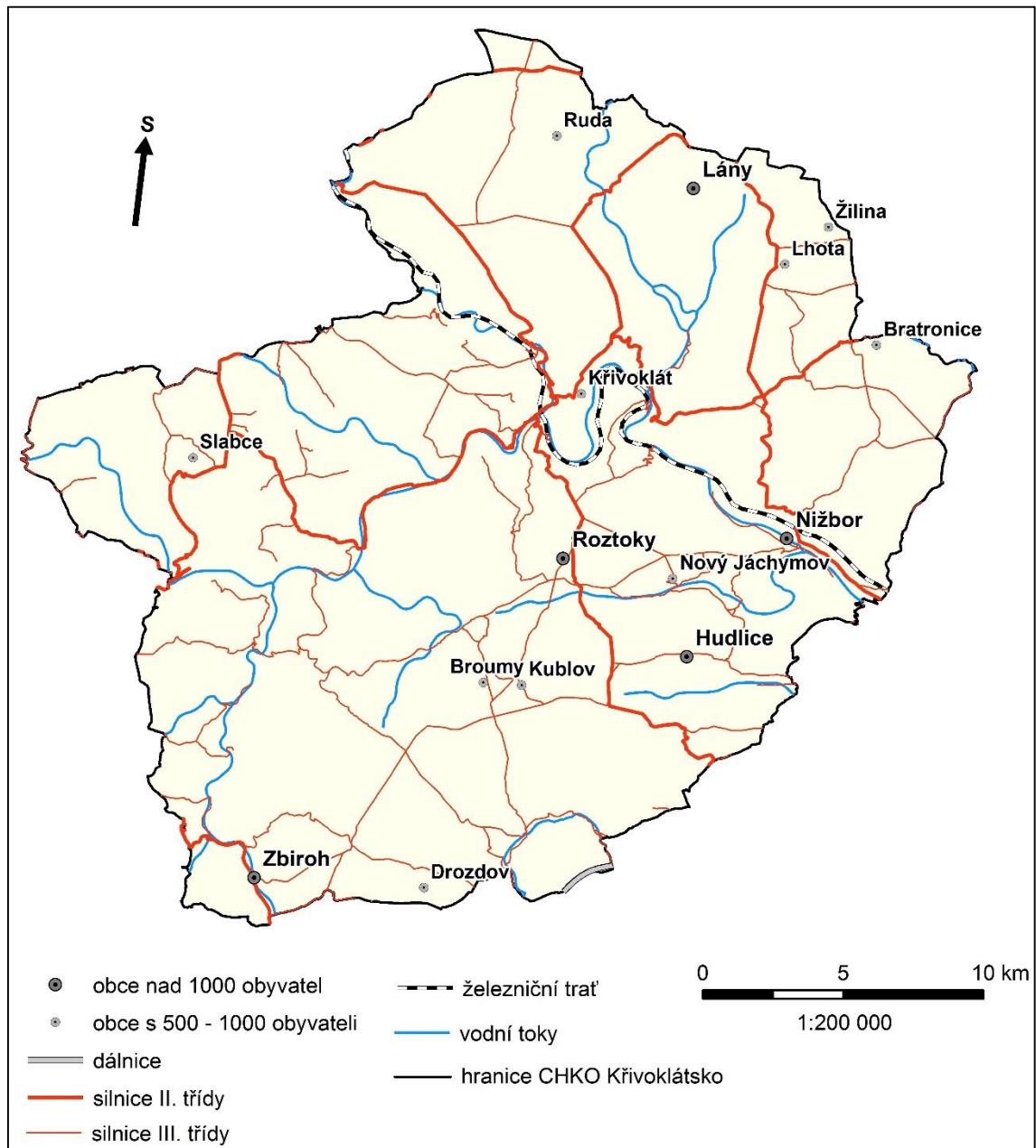
**Obr. 2: Poloha CHKO Křivoklátsko v ČR**

Zdroj dat: ArcČR

### 6.1 Socioekonomické poměry

Území Křivoklátska je poměrně málo osídleno – 88 obcí leží v CHKO a 25 do ní zasahuje svým katastrem. Sídlem s největším počtem obyvatel je Zbiroh (2551 obyvatel k roku 2011, ArcČR). Mezi obce přesahující 1000 obyvatel dále patří Lány, Nižbor, Hudlice a Roztoky. Hustota zalidnění dosahuje pouhých 45 obyvatel/km<sup>2</sup>, v letních měsících však díky rekreačním možnostem povodí Berounky výrazně roste (Ložek 2005). Chráněnou krajinnou oblastí probíhá železniční trať v délce přibližně

34 km (ArcČR). Nachází se zde silnice II. a III. třídy a dálnice, která protíná pouze okraj Křivoklátska v délce asi 4 km (ZABAGED). Hustota silniční sítě je 0,65 km/km<sup>2</sup>. Vybrané socioekonomické poměry na Křivoklátsku znázorňuje obr. 3.

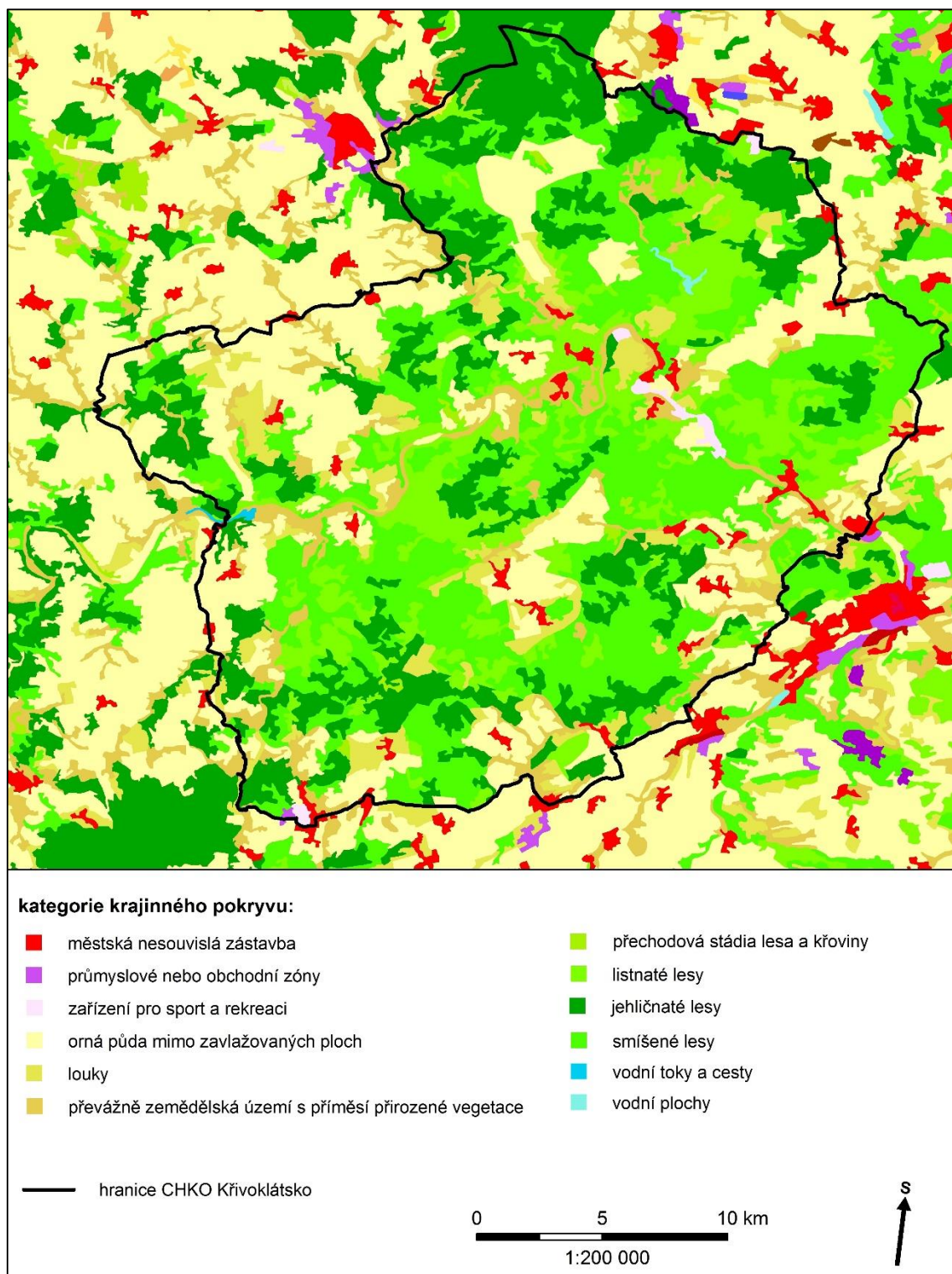


**Obr. 3: Socioekonomické poměry v CHKO Křivoklátsko**

Zdroj dat: ArcČR, ZABAGED



Hospodářské využití krajiny Křivoklátska vyjadřuje obr. 4. Je zřejmé, že největší plochu území zaujímají lesy. Z obr. 4 je rovněž patrný velice malý podíl zastavěných ploch.



**Obr. 4: Krajinný pokryv (CORINE Land Cover 2012) v CHKO Křivoklátsko**

Zdroj dat: ArcČR, INSPIRE

## 6.2 Geomorfologie

Z geomorfologického hlediska patří Křivoklátsko do Poberounské subprovincie (Balatka & Kalvoda 2006). Velká část území pak spadá pod Křivoklátskou vrchovinu, menší část na západě přísluší Plaské pahorkatině. Křivoklátská vrchovina je řekou Berouňkou rozdělena na dva podcelky: Zbirožskou vrchovinu na pravém břehu Berouňky a Lánskou pahorkatinu na břehu levém. Nejvyšším bodem Křivoklátska je vrch Těchovín (616 m n. m.) nacházející se ve Zbirožské vrchovině, nejnižším bodem je pak místo, kde Berouňka opouští chráněnou oblast (217 m n. m.).

## 6.3 Geologie

Dle Geologické mapy České republiky 1 : 500 000 je téměř celé území Křivoklátska budováno proterozoickými a paleozoickými horninami Barrandienu. Pouze malá oblast při severní hranici území se nachází na horninách mezozoických (pískovce, jílovce). Proterozoické horniny jsou zastoupeny břidlicemi, droby a prachovci, mezi nimiž pronikají buližníkové suky a vulkanické bazalty. Křivoklátsko-rokycanské pásmo se táhne od jihozápadní části území severovýchodním směrem a je budováno paleozoickými vulkanickými horninami. V jihovýchodní části chráněné oblasti je paleozoikum tvořeno sedimentárními horninami (minerálně chudými pískovci, droby, břidlicemi) a vulkanickými horninami (minerálně bohatými diabasy a jejich tufy). Zmíněné střídání hornin se pak odráží ve složení vegetace.

## 6.4 Půdy

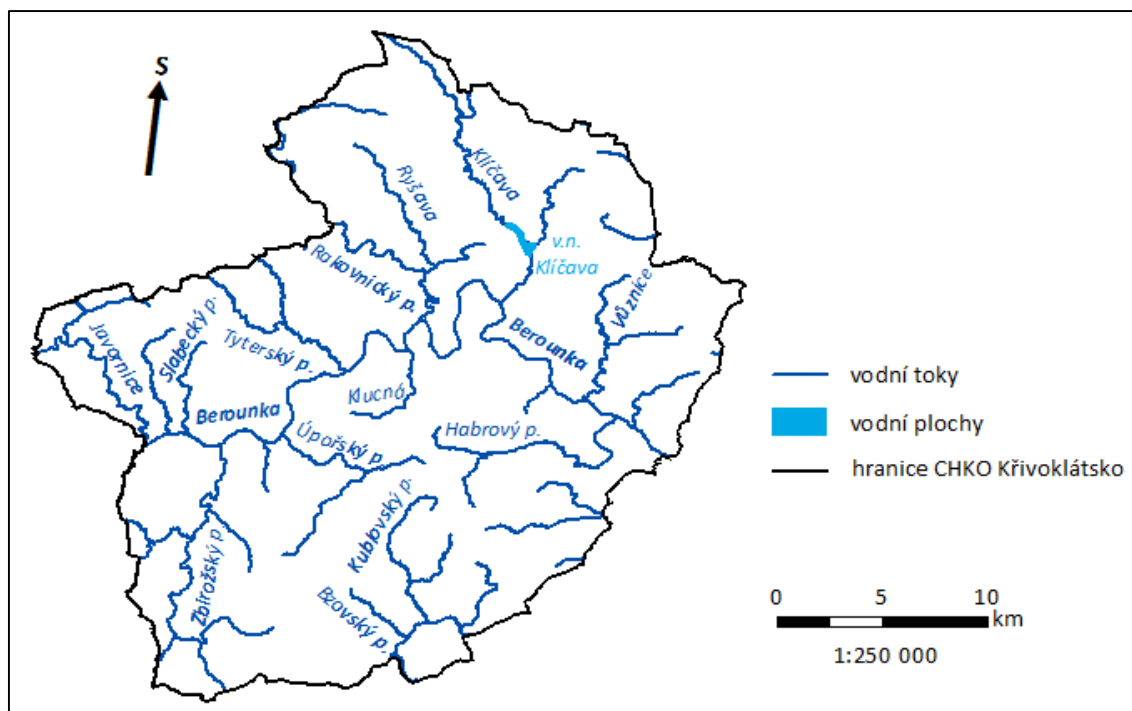
Většinu území Křivoklátska tvoří dle Atlasu půd České republiky kambizemě. V rovinném a mírně zvlněném terénu se rozprostírají hnědozemě a luvizemě. Gleje a pseudogleje bychom našli v podmáčených oblastech na dnech údolí vodních toků, v nivách řek pak fluvizemě. Na horninách obohacených uhlíkatým vápenatým se vykytují pararendziny. Na skalních výchozech bychom našli ranker.

## 6.5 Klima

Křivoklátsko spadá podle Quitta (1971) do mírně teplé a mírně suché klimatické oblasti. Průměrné roční teploty dosahují dle Atlasu podnebí Česka na většině území 7–8 °C, průměrné roční srážky v nižších nadmořských výškách se pohybují od 500 do 550 mm, ve vyšších polohách dosahují k 600 mm. Na Křivoklátsku jsou dobře patrné anomálie v klimatických charakteristikách (teplotní inverze v údolích či expoziční rozdíly protilehlých svahů), což zapříčiňuje, že se mikroklima blízkých stanovišť liší a vede tak k vyšším hodnotám biodiverzity (Kolbek et al. 1997).

## 6.6 Hydrologie

Dominantu Křivoklátska tvoří hluboké údolí řeky Berounky (obr. 5). Berounka se vyznačuje rozkolísanými vodními stavy v průběhu roku, což velkou měrou ovlivňuje pobřežní vegetaci. Průměrný dlouhodobý průtok Berounky, měřený v profilu Křivoklát, je cca 32 m<sup>3</sup>/s (Ložek 2005). Významnými levostrannými přítoky Berounky jsou Javornice, Rakovnický potok, Klíčava a Vůznice, z přítoků pravostranných lze jako významnější jmenovat Zbirožský potok, Úpořský potok, Klucná a Habrový potok. Vodní nádrže jsou roztroušeny po celém území s výjimkou nejvyšších poloh na jihozápadě. Největší nádrží je přehradní akumulací nádrž Klíčava ležící na stejnojmenné řece.



**Obr. 5: Vodstvo v CHKO Křivoklátsko**

Zdroj dat: ArcČR

## 6.7 Vegetace

Vegetace CHKO Křivoklátsko je velice bohatá a pestrá. Příčinou vysoké druhové diverzity i diverzity společenstev je existence rozdílných ekologických podmínek, velké množství míst se zachovalými přirozenými a polopřirozenými porosty a důležitá je i rozmanitá činnost člověka, neboť podmiňuje vznik kulturních stanovišť a rostlinných společenstev, která by zde bez zásahu člověka neexistovala (Kolbek et al. 1997). Bohatost vegetace dokládá i skutečnost, že se na Křivoklátsku nachází společenstva, která nebyla na území České republiky dosud zaznamenaná (Kolbek 1985, cit. in Kolbek et al. 1997). Velice pozoruhodná je vysoká lesnatost – asi 62 % území je pokryto lesy, což přesahuje státní průměr lesnatosti v pahorkatinách a vrchovinách. Příčinu lze hledat ve starší historii, kdy zde neexistovalo, kromě neolitu, prakticky žádné osídlení; ve středověku pak lesy patřily králi a sloužily především k lovu a byly tak uchráněny před rozšiřováním zemědělství. Dominantní strukturu lesa tvoří dubohabřiny nacházející se v nižších polohách; ve vyšších polohách nebo na severnějších expozicích pak převažují bučiny. Na svazích u Berounky bychom našli pro Křivoklátsko charakteristické a cenné suťové

lesy, které jsou tvořené porostem chráněného tisu červeného. Vrcholové partie těchto kopců pokrývají doubravy a bory, které postupně přecházejí do otevřených ploch, tzv. pleší, které hostí xerothermní druhy vegetace (Ložek 2005). Ze sekundárních porostů dřevin bychom na Křivoklátsku našli hlavně smrčiny. Na lesy navazují společenstva křovin s nadprůměrnou diverzitou. Luční vegetace je také bohatá a v mnoha případech zachovalá, ale na tomto typu vegetace se nejvíce projevil vliv zemědělství (Blažková 1990). Louky pokrývají nívné oblasti Berounky i jejich přítoků.

Největší vliv na rozšíření rostlin v CHKO Křivoklátsko má reliéf, geologický substrát, půdy a klima (Kolbek et al. 1997). Tyto faktory se mohou kombinovat a vytvářet tak specifická stanoviště – v rámci Křivoklátska mluvíme o vrcholovém a říčním fenoménu. Vrcholový fenomén se projevuje bezlesím na jižních a jihozápadních částech vrcholů, což označuje již zmíněný termín pleše (Ložek 2005). Říční fenomén je patrný nejen v údolí Berounky, ale i na jejích větších přítocích.

V chráněném území má velký význam sledování nepůvodních druhů rostlin, které zasahují do rostlinných společenstev. Kolbek et al. (2001) v 2. dílu květeny Křivoklátska uvádí 3 skupiny invazních druhů podle schopnosti vstupovat a vyvolávat změny především v přirozených a polopřirozených společenstvech a podle jejich rychlosti šíření. Do 1. skupiny bylo zařazeno 14 druhů, které představují největší nebezpečí pro vegetaci CHKO. Některé druhy této skupiny totiž působí na změny druhové skladby i struktury společenstev a mohou až zatlačit původní společenstvo a způsobit tak vznik monotypických porostů, které pak negativně ovlivňují celé stanoviště i faunu. Do této skupiny náleží např. vrbovka žláznatá (*Epilobium ciliatum*), astříčka novobelgická (*Aster novi-belgii*), bolševník velkolepý (*Heracleum mantegazzianum*), křídlatka japonská a sachalinská (*Reynoutria japonica*, *R. sachalinensis*), netýkavka žláznatá (*Impatiens glandulifera*). 2. skupina zahrnuje 28 druhů, jejichž invaze začala v CHKO již dříve a jsou nyní stabilně začleněny do místní flóry a vyznačují se tedy menší agresivitou než předchozí skupina. V současné době se mírně šíří nebo jejich rozšíření stagnuje, ale i přesto je jejich vliv na vegetaci značný. Do druhé skupiny jsou zařazeny např. netýkavka malokvětá (*Impatiens parviflora*), pupalka dvouletá (*Oenothera biennis*), škumpa orobincová (*Rhus typhina*),

trnovník akát (*Robinia pseudacacia*), kolotočník ozdobný (*Telekia speciosa*). Do 3. skupiny náleží 17 druhů rostlin, jejichž šíření se zastavilo nebo lokalit dokonce ubývá, takže dnes již nevystupují agresivně. Byly sem zařazeny i druhy původní v rámci České republiky, ale nepůvodní na Křivoklátsku. Patří sem např. puškvorec obecný (*Acorus calamus*), pelyněk pravý (*Artemisia absinthium*), rozchodník pochybný (*Sedum spurium*). Celkově všechny skupiny invazních druhů jsou v rámci CHKO koncentrovány do údolí řek a okolí sídel (Kolbek et al. 2001).

## 7. Metodika

Pro studium nepůvodních druhů rostlin a faktorů ovlivňujících jejich rozšíření v CHKO Křivoklátsko jsem využila čtvercové rozdělení území, které bylo použito pro mapování cévnatých rostlin (Kolbek et al. 1999). Křivoklátsko bylo při mapování rozděleno do 546 čtverců o rozloze jednotlivých čtverců cca 1 km<sup>2</sup>, ve kterých byl zaznamenán výskyt jednotlivých druhů cévnatých rostlin. Z tištěných map publikovaných v 1. dílu květeny Křivoklátska (Kolbek et al. 1999) vytvořil Valtr (2011) v rámci své bakalářské práce geodatabázi, která obsahuje záznam všech druhů cévnatých rostlin vyskytujících se na Křivoklátsku v jednotlivých čtvercích. S takto vytvořenou geodatabází jsem pracovala v této práci a k jednotlivým druhům rostlin doplňovala informace o původnosti, invazním statutu, oblasti původu a původním biotopu. Takto zpracovaná data byla následně použita pro vyjádření rozšíření nepůvodních druhů rostlin ve čtvercové síti v CHKO Křivoklátsko. Ve druhé části práce jsem se pomocí vybraných faktorů snažila vysvětlit různou míru invadovanosti v jednotlivých mapovaných čtvercích v CHKO Křivoklátsko.

### 7.1 Nepůvodní flóra v CHKO Křivoklátsko

U jednotlivých druhů rostlin na Křivoklátsku jsem podle publikace *Catalogue of alien plants of the Czech Republic* (Pyšek et al. 2012a) určila, zda je daný druh původní či nepůvodní. U nepůvodních druhů jsem dále ze stejného zdroje doplnila, zda se jedná o archeofyt či neofyt, uvedla jsem invazní status a oblast původu. V knize *Nepůvodní druhy fauny a flóry České republiky* (Mlíkovský & Stýblo 2006) jsem dohledala původní biotopy nepůvodních druhů rostlin. Většina nepůvodních druhů rostlin pocházela z více biotopů – pro srozumitelnější znázornění jsem proto biotopy každého druhu seskupila do obecněji vyjádřených biotopů (tab. 3, str. 52). U původních druhů rostlin a u archeofytů jsem dále podle *Red List of vascular plants of the Czech Republic* (Grulich 2012) určila, zda je daný druh ohrožený a zařadila do příslušné kategorie.

Všechny získané informace se, vzhledem k povaze dat, vztahují k celé České republice, nikoliv konkrétně k CHKO Křivoklátsko. To znamená, že například jako

nepůvodní druhy jsou myšleny takové druhy, které jsou nepůvodní v rámci celé České republiky.

Vyhledávání výše zmíněných informací bylo zkomplikováno existencí synonym u jednotlivých druhů rostlin, existencí poddruhů, nejednotné terminologie, souborných druhů (tzv. *aggregatum*), variet či sekcí. Tyto nejasnosti byly dohledány v 1.–8. svazku Květeny České republiky (Hejný & Slavík 1997, 2003a, 2003b, Slavík 1995, 1997, 2000, Slavík & Štěpánková 2004, Štěpánková et al. 2010), v publikaci Checklist of vascular plants of the Czech Republic (Danihelka et al. 2012) a na webové stránce <http://botany.cz/cs/>.

U 15 druhů rostlin ovšem nebylo možné najít původnost kvůli zmíněným nejasnostem. U několika málo druhů bylo možné vyhledat jen některé z potřebných informací.

Je nutno poznamenat, že v 1. dílu květeny Křivoklátska uvádí Kolbek et al. (1999) celkem 1533 taxonů cévnatých rostlin, Valtr (2011) ovšem pracuje s 1511 taxony, neboť do své práce nezahrnul ty taxony, které byly zmapovány autory mimo zpracovatelský kolektiv. Já jsem díky korekci překlepů a dohledání nejasných taxonů (synonyma, variety) upravila geodatabázi od Valtra (2011) a dále pracovala s 1506 druhy cévnatých rostlin.

Data z výše uvedených zdrojů jsem zpracovala v MS Excel v podobě tabulek. Následně jsem vytvořila grafy znázorňující jednotlivé charakteristiky nepůvodních druhů rostlin v CHKO Křivoklátsko.

Abych zjistila rozšíření nepůvodních druhů rostlin a jejich podíl z celkové flóry ve čtvercové síti v CHKO, připojila jsem v programu ArcGIS 10.3.1 datový soubor všech druhů rostlin (zpracovaných v MS Excel) ke geodatabázi vytvořenou Valtem (2011). Vznikla tak geodatabáze znázorňující rozmístění jednotlivých původních a nepůvodních druhů rostlin ve čtvercové síti v CHKO Křivoklátsko. Poté byla v ArcGISu vytvořena samostatná vrstva znázorňující v jednotlivých čtvercích rozšíření pouze nepůvodních druhů rostlin, která se stala podkladem pro hodnocení vybraných faktorů ve druhé části práce. Pro výpočet počtu nepůvodních druhů rostlin ve čtvercích byl použit nástroj Summary Statistics.



## 7.2 Faktory ovlivňující rozšíření nepůvodních druhů rostlin v CHKO Křivoklátsko

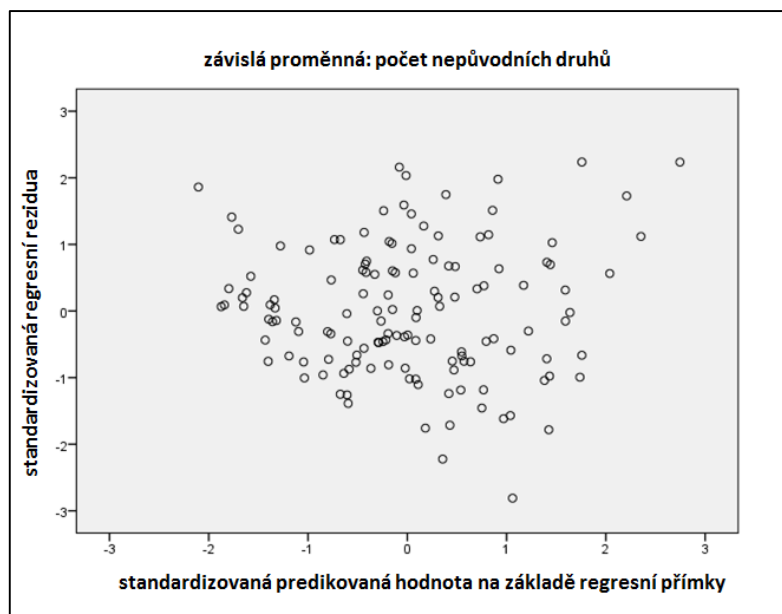
V této části práci jsem hodnotila, které faktory a do jaké míry ovlivňují rozšíření nepůvodních druhů rostlin v CHKO Křivoklátsko. Na základě rešerše literatury jsem vybrala 5 faktorů, které jsou uváděny jako důležité (např. Becker et al. 2005, Chytrý et al. 2005, Chytrý & Pyšek 2008, Petřík & Pergl 2008, Prach & Pyšek 1997, Timmins & Williams 1991) a zároveň je možné je testovat vzhledem k povaze vstupních dat. Vybranými faktory jsou: diverzita biotopů, podíl antropogenních biotopů, průměrná nadmořská výška a délka vodních toků. Kromě fyzickogeografických dat byla jako vysvětlující proměnná zvolena ještě délka silniční sítě. Dále uvádím popis vybraných faktorů:

- 1) **Diverzita biotopů:** Diverzita biotopů ve čtvercích v CHKO Křivoklátsko byla převzata z mé bakalářské práce (Nováková 2014), přičemž datovým zdrojem byla vrstva mapování biotopů pro soustavu NATURA 2000 a databáze plošných prvků ZABAGED. Diverzita biotopů byla vyjádřena Shannonovým indexem.
- 2) **Podíl antropogenních biotopů:** Na základě dat zpracovaných v rámci bakalářské práce (Nováková 2014) jsem ze všech biotopů vybrala pouze antropogenní a jejich podíl vyjádřila za jednotlivé čtverce v CHKO Křivoklátsko a následně převedla do prostředí ArcGISu. Zdroje dat byly stejné jako v případě diverzity biotopů.
- 3) **Nadmořská výška:** Pro vyjádření nadmořské výšky jsem použila digitální model reliéfu (DMU 25). V ArcGISu byla pomocí nástroje Zonal Statistics spočítána průměrná nadmořská výška pro každý čtverec v CHKO Křivoklátsko.
- 4) **Délka vodních toků:** Vrstva říční sítě pochází z databáze DIBAVOD (jemné úseky). Pomocí nástroje Summary Statistics jsem v ArcGISu spočítala délku všech vodních toků v jednotlivých čtvercích v CHKO.
- 5) **Délka silniční sítě:** Síť silnic pochází z databáze ZABAGED. Uvažovány jsou jen silnice do úrovně III. třídy. Pomocí nástroje Summary Statistics jsem v ArcGISu spočítala délku celkové silniční sítě v jednotlivých čtvercích v CHKO Křivoklátsko.

U závislé proměnné (počet nepůvodních druhů v jednotlivých čtvercích v CHKO Křivoklátsko) bylo zjišťováno, zda je prostorově autokorelována. K tomu jsem v ArcGISu použila nástroj Spatial Autocorrelation (Morans I). Hodnota Moranova indexu odpovídala středně silné pozitivní prostorové autokorelaci ( $I = 0,440$ ,  $z = 12,038$ ,  $p < 0,001$ ), a proto jsem přistoupila k náhodnému výběru čtverců, aby byla prostorová autokorelace odstraněna. Ve čtvercové síti bylo pomocí nástroje Create Random Points vygenerováno 137 bodů (jeden bod na čtverec) umístěných tak, aby se nenacházely v sousedních čtvercích. Tyto čtverce byly vybrány k analýze. 137 čtverců představuje 25 % všech mapovaných čtverců v CHKO. U zvoleného výběru byla opět testována prostorová autokorelace, která již vyšla neprůkazně.

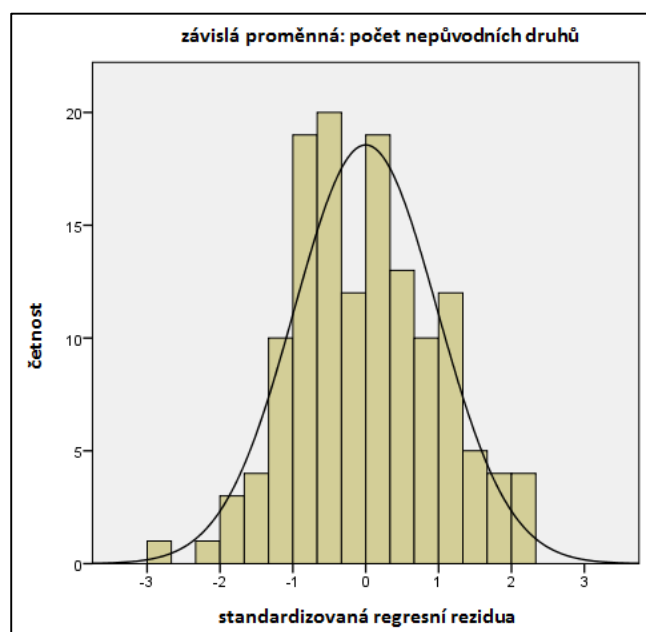
Pro samotnou analýzu vlivu faktorů na rozšíření nepůvodních druhů rostlin v CHKO Křivoklátsko byla použita mnohonásobná lineární regrese metodou nejmenších čtverců, která se používá k vyjádření závislosti jedné závislé proměnné na několika nezávislých proměnných. Analýzy byly provedeny ve statistickém softwaru IBM SPSS Statistics 22.0.

Nejprve byly zhodnoceny předpoklady použití mnohonásobné lineární regrese. Rozložení hodnot v rámci jednotlivých faktorů lze považovat za normální. U silnic bylo rozložení mírně pozitivně zešikmené, vzhledem k hodnotám zešikmení a špičatosti jej lze považovat za přibližně normální. Jedním z předpokladů použití je absence vysoké multikolinearity, tzn. nezávislé proměnné by spolu neměly vysoce korelovat. Pro zjištění vztahů mezi nezávislými proměnnými byl použit Pearsonův korelační koeficient. Jak ukázala korelační matice, prediktory spolu vysoce nekorelují (dosahují hodnot od 0,009 do 0,650). Ke zhodnocení multikolinearity byl dále použit VIF (Variance Inflation Factor), který ukazuje, zda má prediktor silný lineární vztah s dalšími prediktory. Hodnoty statistiky VIF nad 10 představují problém s multikolinearitou (Field 2013), v mém případě se pohybují od 1,505 do 2,304. Multikolinearita tedy nedosahuje problematických úrovní. Dalšími předpoklady použití mnohonásobné lineární regrese jsou homoskedasticita, tedy konstantní rozptyl reziduí napříč různými úrovněmi závislé proměnné, a linearita vztahu mezi závislou proměnnou a prediktory. Naplnění těchto dvou předpokladů je patrné z grafu 4 – body mají náhodné seskupení s rovnoměrným rozptylem okolo hodnoty 0.



**Graf 4: Graf znázorňující vztah standardizovaných predikovaných hodnot a standardizovaných reziduí**

Dalším předpokladem použití je normální rozložení reziduí, což znamená, že rozdíly mezi modelem a pozorovanými daty jsou nejčastěji okolo 0 a rozdíly větší než nulové jsou málo časté. Z histogramu (graf 5) je zřejmé, že rezidua jsou rozložena normálně. Předpoklady pro použití mnohonásobné lineární regrese tedy byly splněny.

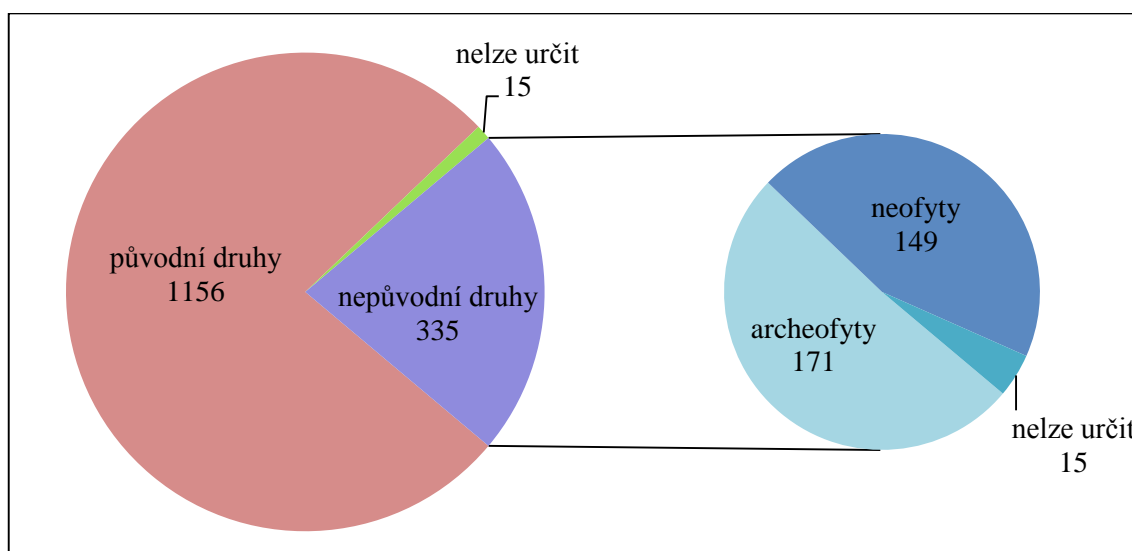


**Graf 5: Histogram znázorňující rozložení reziduí**

## 8. Výsledky

### 8.1 Nepůvodní flóra v CHKO Křivoklátsko

Z 1506 druhů cévnatých rostlin vyskytujících se v CHKO Křivoklátsko je dle mých výsledků 1156 druhů původních a 335 nepůvodních. U zbylých 15 druhů nebylo možné původnost určit. V rámci nepůvodních druhů převažují archeofyty (51 %), neofytů je o něco méně (44,5 %); u zbylých 15 druhů nebylo možné určit, zda se jedná o archeofyt či neofyt. Počty druhů rostlin v jednotlivých skupinách flóry Křivoklátska uvádí graf 6.

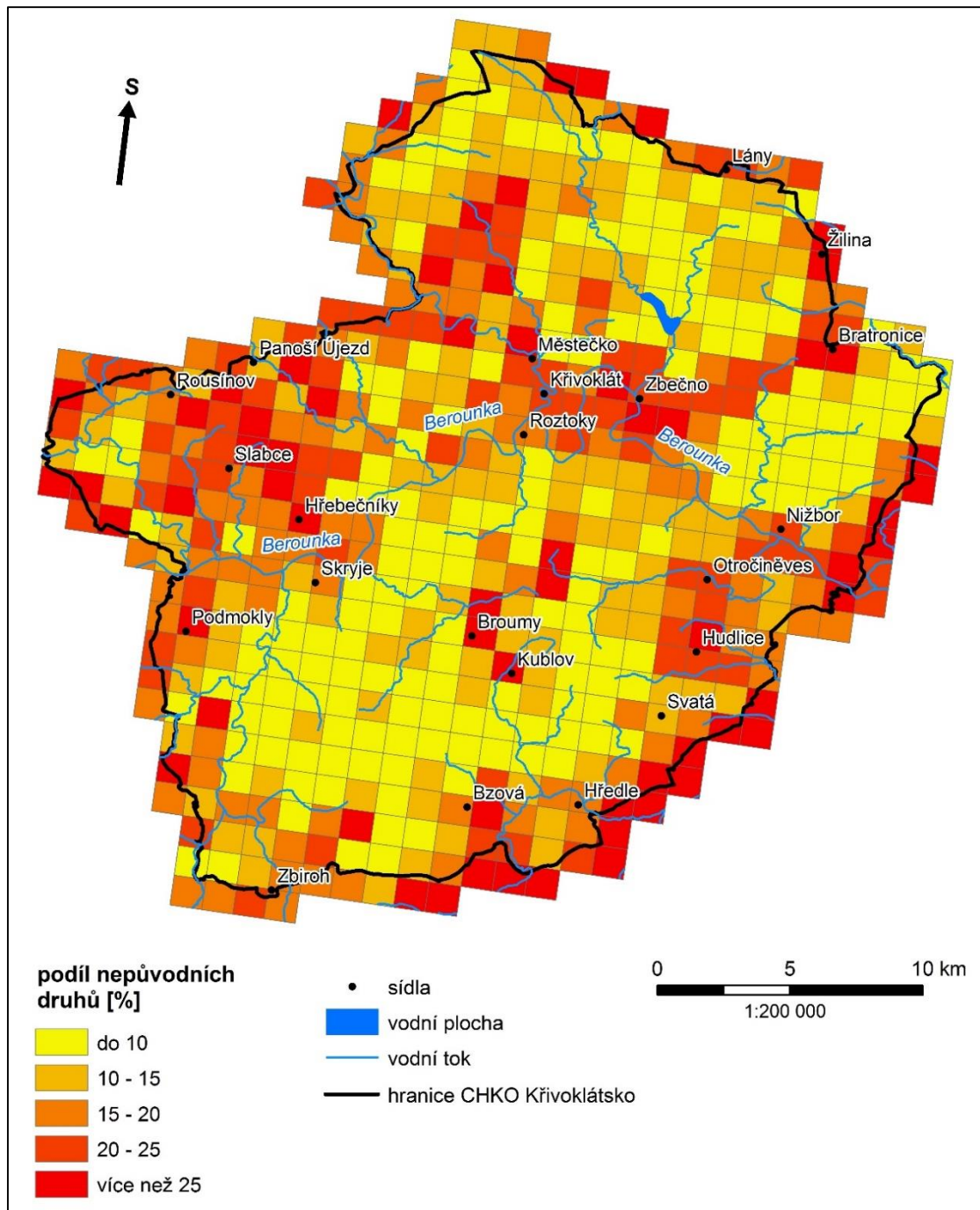


**Graf 6: Počty druhů rostlin dle jednotlivých skupin ve flóře CHKO Křivoklátsko**

Nejčastějšími nepůvodními druhy rostlin (nachází se ve více než 400 čtverečích na Křivoklátsku) jsou: invazní archeofyty ovsík vyvýšený pravý (*Arrhenatherum elatius* subsp. *elatius*) a pcháč oset (*Cirsium arvense*), naturalizované archeofyty lnice květel (*Linaria vulgaris*) a kapustka obecná (*Lapsana communis*), invazní neofyt netýkavka malokvětá (*Impatiens parviflora*) a naturalizovaný archeofyt kokoška pastuší tobolka (*Capsella bursa-pastoris*).

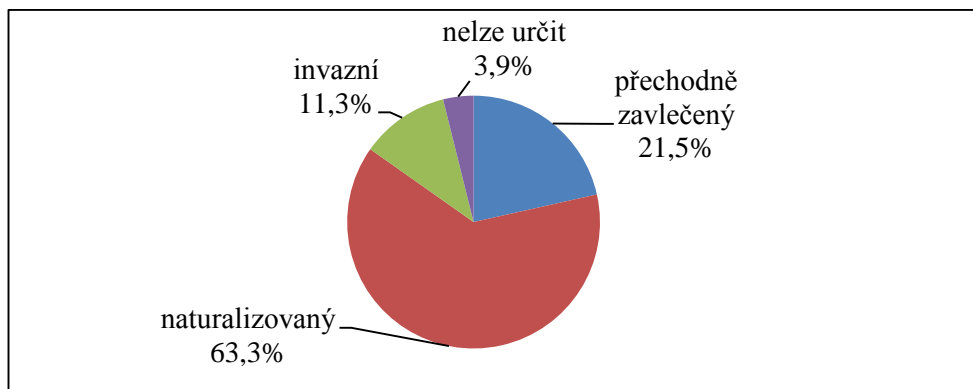
Rozšíření nepůvodních druhů rostlin v CHKO Křivoklátsko je zobrazeno na následující mapě (obr. 6). Nejvíce nepůvodních druhů lze nalézt ve třech oblastech Křivoklátska: v jeho západní části, kde je patrný malý podíl lesů a velký podíl orné

půdy (viz obr. 4, str. 33), dále ve střední části okolo Berounky a třetí oblastí je území při jihovýchodní hranici Křivoklátska, kde je opět patrný velký podíl orné půdy. Nejméně nepůvodních druhů rostlin najdeme v severní části a jižní části (přibližně mezi obcemi Podmokly, Skryje, Kublov a Bzová) CHKO, kde je území z převážné části pokryto lesy (viz obr. 4, str. 33).



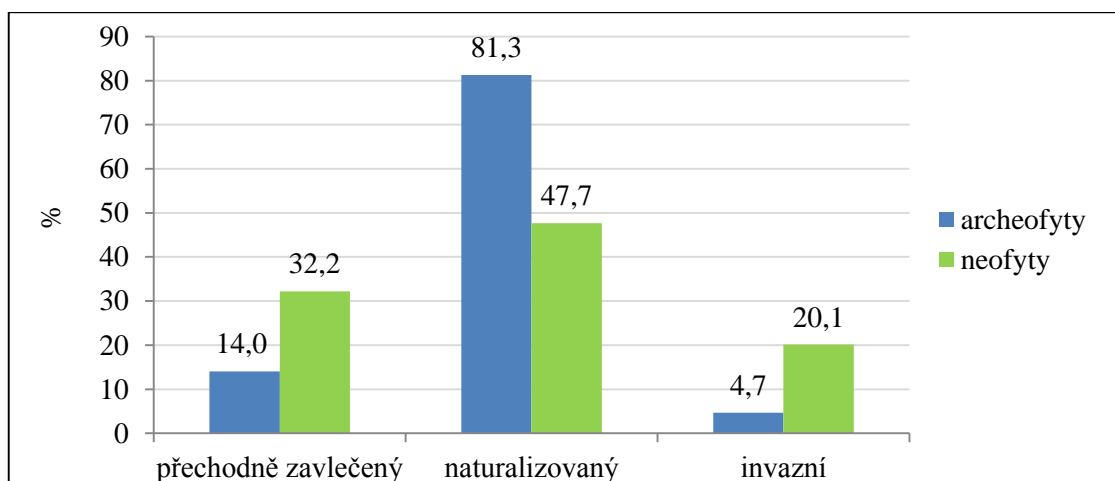
Obr. 6: Podíl nepůvodních druhů rostlin z celkové flóry ve čtvercové síti v CHKO Křivoklátsko

Z hlediska invazního statutu bychom na Křivoklátsku našli nejvíce rostlin naturalizovaných (212 druhů), následují rostliny přechodně zavlečené (72 druhů) a nejméně je rostlin invazních (38 druhů) – procentuální zastoupení nepůvodních druhů podle invazního statutu znázorňuje graf 7.



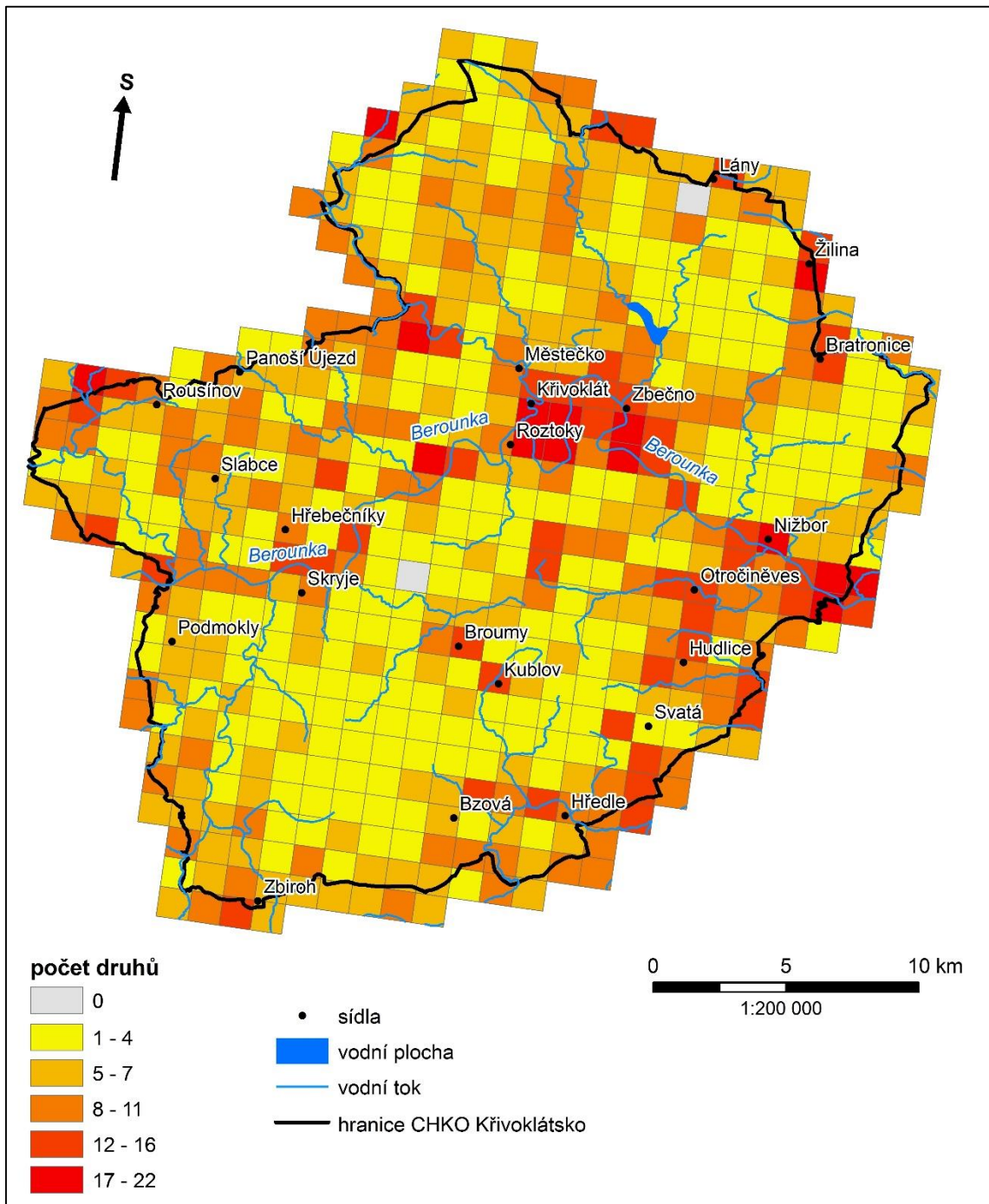
**Graf 7: Zastoupení nepůvodních druhů rostlin podle invazního statutu v CHKO Křivoklátsko**

Pokud bychom se podívali na zastoupení druhů podle invazního statutu zvláště u archeofytů a neofytů (graf 8), zjistili bychom, že u archeofytů velkou měrou převažují naturalizované druhy, které převažují i u neofytů, ale u nich tvoří pouze necelých 50 %. U archeofytů i neofytů je nejméně invazních druhů, přičemž větší podíl tvoří u neofytů.



**Graf 8: Zastoupení druhů podle invazního statutu u archeofytů a neofytů v CHKO Křivoklátsko**

Rozšíření invazních druhů rostlin na Křivoklátsku znázorňuje následující mapa (obr. 7). Je zřejmé, že největší počty invazních druhů se nachází ve střední části okolo Berounky a dále v jihovýchodní části Křivoklátska.

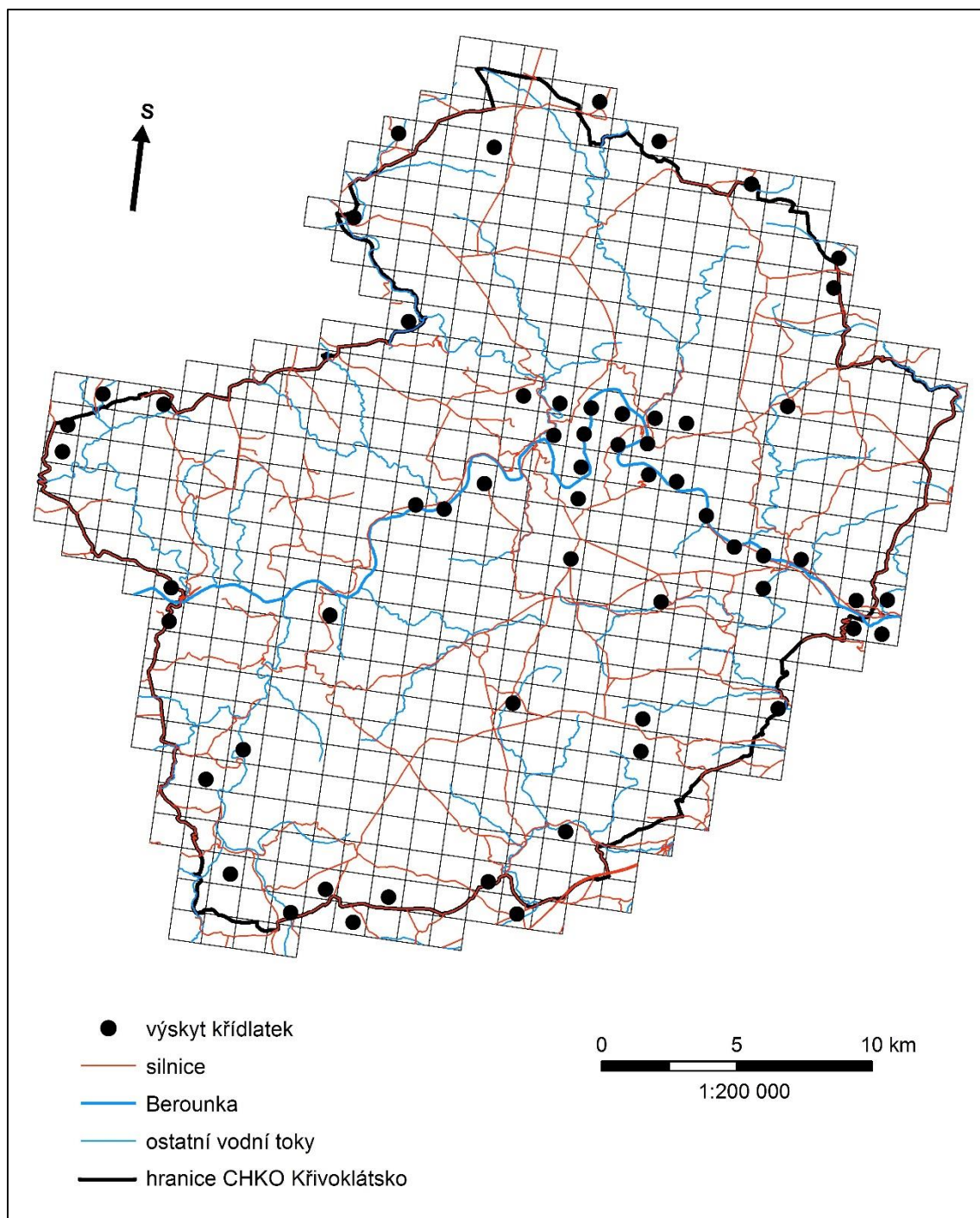


Obr. 7: Rozšíření invazních druhů rostlin ve čtvercové síti v CHKO Křivoklátsko

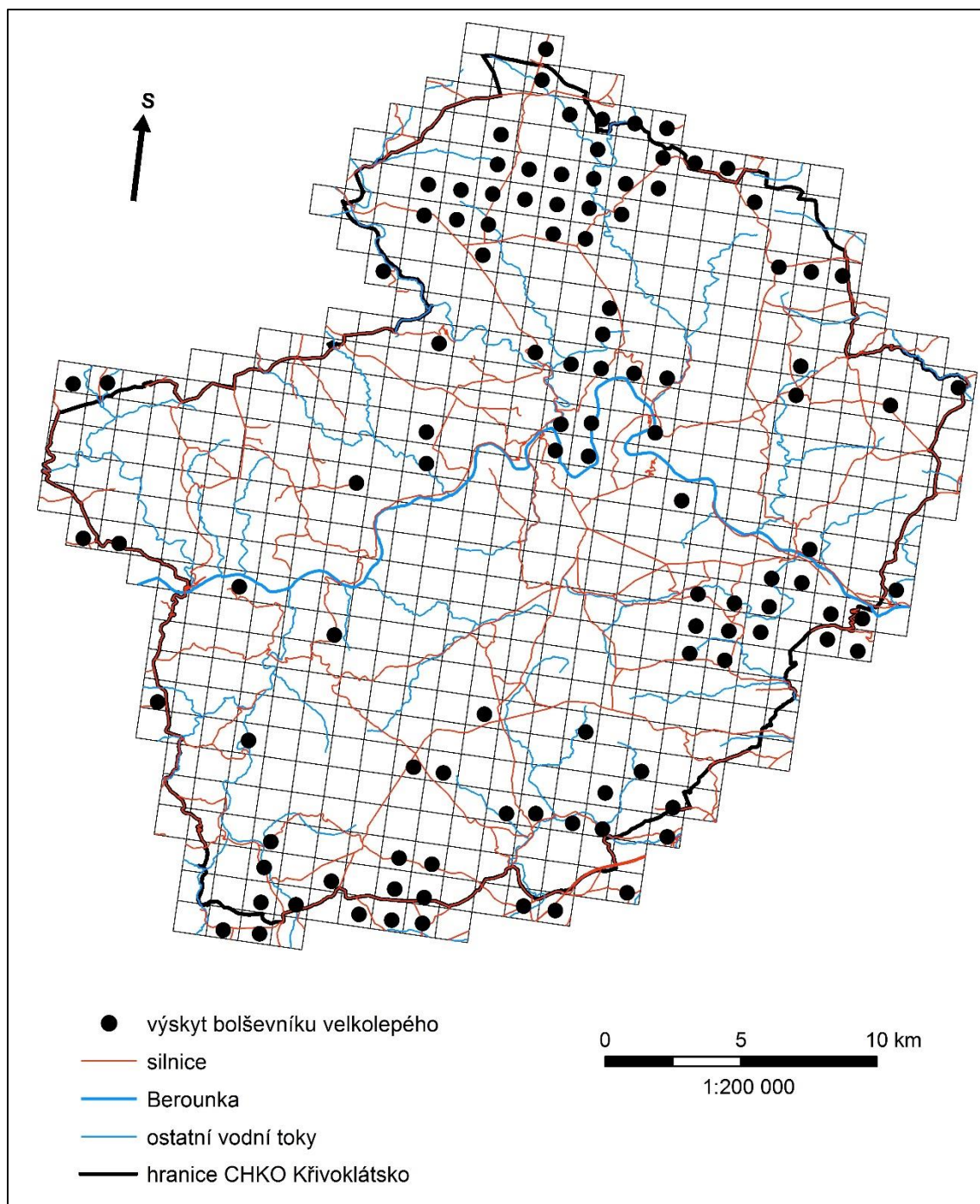
Nejčtenější výskyt invazních druhů na Křivoklátsku byl zaznamenán u ovsíku vyvýšeného pravého (*Arrhenatherum elatius* subsp. *elatius*), pcháče osetu (*Cirsium arvense*) a netýkavky malokvěté (*Impatiens parviflora*), jež se nacházely ve více než 400 čtvercích z 546 (viz str. 44). Ve 100–240 čtvercích byly nalezeny invazní druhy: trnovník akát (*Robinia pseudacacia*), lebeda lesklá (*Atriplex sagittata*), pámelník bílý (*Symphoricarpos albus*), turan kanadský (*Conyza canadensis*), peřour malokvětý (*Galinsoga parviflora*), bolševník velkolepý (*Heracleum mantegazzianum*), topol kanadský (*Populus ×canadensis*) a zlatobýl kanadský (*Solidago canadensis*).

Z 38 invazních druhů na Křivoklátsku jich 20 náleží do Černého seznamu nepůvodních druhů rostlin ČR (Pergl et al. 2013), přičemž mezi invazní druhy s největší mírou škodlivosti patří křídlatky (*Reynoutria japonica* a *R. sachalinensis*) a bolševník velkolepý (*Heracleum mantegazzianum*). Z obr. 8 je patrné, že křídlatky se na Křivoklátsku vyskytují především ve střední části Berounky a odtud dále směrem po jejím proudu. Častý je i výskyt křídlatek podél silnic. Na obr. 9 je znázorněn výskyt bolševníku velkolepého, jež obsazuje různorodá stanoviště – našli bychom ho např. při okrajích lesů, podél silnic i vodních toků, na loukách a na opuštěných místech (viz obr. 4, str. 33).



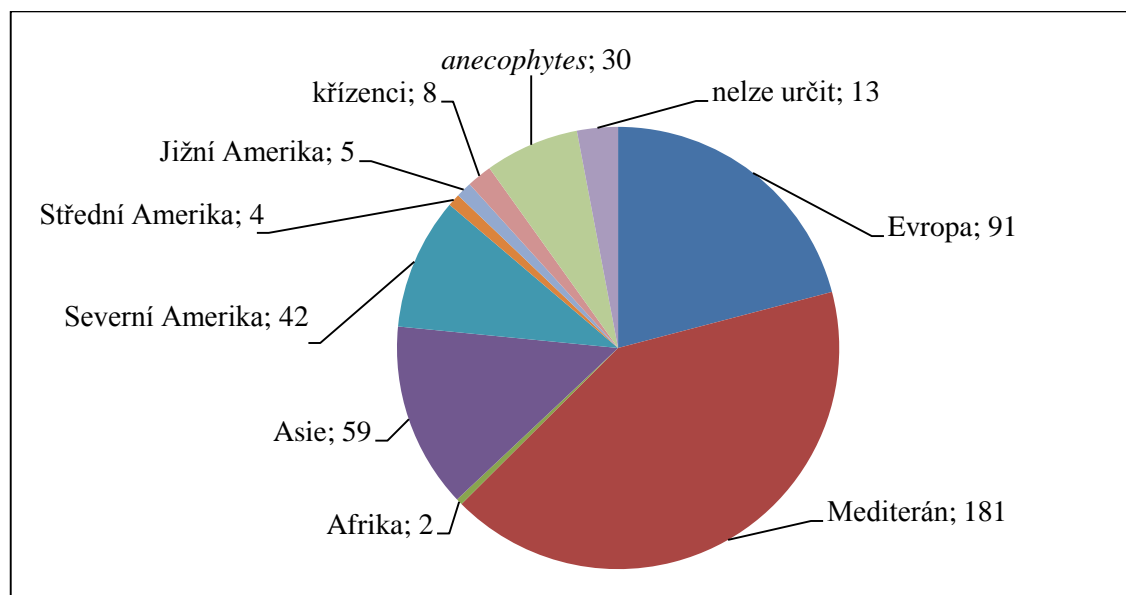


**Obr. 8: Výskyt křídlatek (*Reynoutria japonica* a *R. sachalinensis*) ve čtvercové síti v CHKO Křivoklátsko**



**Obr. 9: Výskyt bolševníku velkolepého (*Heracleum mantegazzianum*) ve čtvercové síti v CHKO Křivoklátsko**

Nejvíce nepůvodních druhů rostlin v CHKO Křivoklátsko pochází podle mých výsledků z Mediteránu<sup>6</sup>. Po Mediteránu jsou nejčastější oblastí původu části Evropy kromě České republiky, následuje Asie a Severní Amerika. Nejméně druhů pochází z Jižní a Střední Ameriky a z Afriky. Z Austrálie nepochází žádný nepůvodní druh na Křivoklátsku. Část nepůvodních druhů tvoří kříženci a *anecophytes*<sup>7</sup>, pro které nebyla oblast původu stanovena. Oblasti původu s počty nepůvodních druhů znázorňuje graf 9.



**Graf 9: Oblasti původu nepůvodních druhů rostlin v CHKO Křivoklátsko**

Pozn.: Čísla za názvy oblastí představují počty druhů pocházející z dané oblasti. Protože oblast původu některých druhů zasahovala do více než jedné oblasti, součet všech druhů přesahuje hodnotu 335, tzn. počet všech nepůvodních druhů v CHKO.

Původním biotopem nepůvodních druhů rostlin na Křivoklátsku je v nejširším slova smyslu nejčastěji bezlesí, které zahrnuje antropogenní biotopy jako louky, pastviny či pole, dále skály a sutě, stepi, pouště a polopouště, břehy řek, mokřady a aluviální louky, stojaté a tekoucí vody. Následují lesy a křoviny, poté druhy se širokou valencí a pouze jeden druh pochází z mořského pobřeží. 35 druhů bylo určeno jako

<sup>6</sup> Mediterán zahrnuje oblasti jižní Evropy, severní Afriky a západní Asie od Turecka a Izraele po Afgánistán (Pyšek et al. 2012a).

<sup>7</sup> Termín *anecophyte* označuje takové nepůvodní druhy, které byly kultivované a unikly do přírody, nebo druhy, které se vyskytují v přírodě, ale jejich oblast původu není známa (Pyšek et al. 2012a).

*anecophytes* a tudíž u nich není možné stanovit původní biotop. Původní biotopy a počty nepůvodních druhů uvádí tab. 3.

<p><b>1. LESY A KŘOVINY (23)</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• <b>suché biotopy (12)</b><ul style="list-style-type: none"><li>– listnaté lesy (4)</li><li>– jehličnaté lesy (1)</li><li>– horské lesy a blíže neurčené lesy a křoviny (7)</li></ul></li><li>• <b>vlhké biotopy (3)</b><ul style="list-style-type: none"><li>– lužní lesy (3)</li></ul></li><li>• <b>široká valence (8)</b></li></ul> <p><b>2. BEZLESÍ (81)</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• <b>suché biotopy (48)</b><ul style="list-style-type: none"><li>– antropogenní biotopy (louky, pastviny, pole, rumišťe, apod.) (19)</li><li>– skály, sutě (4)</li><li>– stepi, pouště, polopouště (3)</li><li>– široká valence (22)</li></ul></li><li>• <b>vlhké biotopy (15)</b><ul style="list-style-type: none"><li>– břehy řek, mokřady, aluviální louky (8)</li><li>– stojaté a tekoucí vody (2)</li><li>– široká valence (5)</li></ul></li><li>• <b>široká valence (18)</b></li></ul> <p><b>3. MOŘSKÉ POBŘEŽÍ (1)</b></p> <p><b>4. ŠIROKÁ VALENCE (12)</b></p> <p><b>5. ANECOPHYTES (35)</b></p> <p><b>6. NEBYLO MOŽNÉ DOHLEDAT (183)</b></p>
---

**Tab. 3: Původní biotop nepůvodních druhů rostlin v CHKO Křivoklátsko**

Pozn.: Počty druhů pocházející z daného biotopu uvádí čísla v závorkách.

Původní druhy i některé druhy nepůvodní jsou na Křivoklátsku ohrožené. Z druhů nepůvodních jsou v případě ohrožení klasifikovány pouze archeofyty, neboť ty

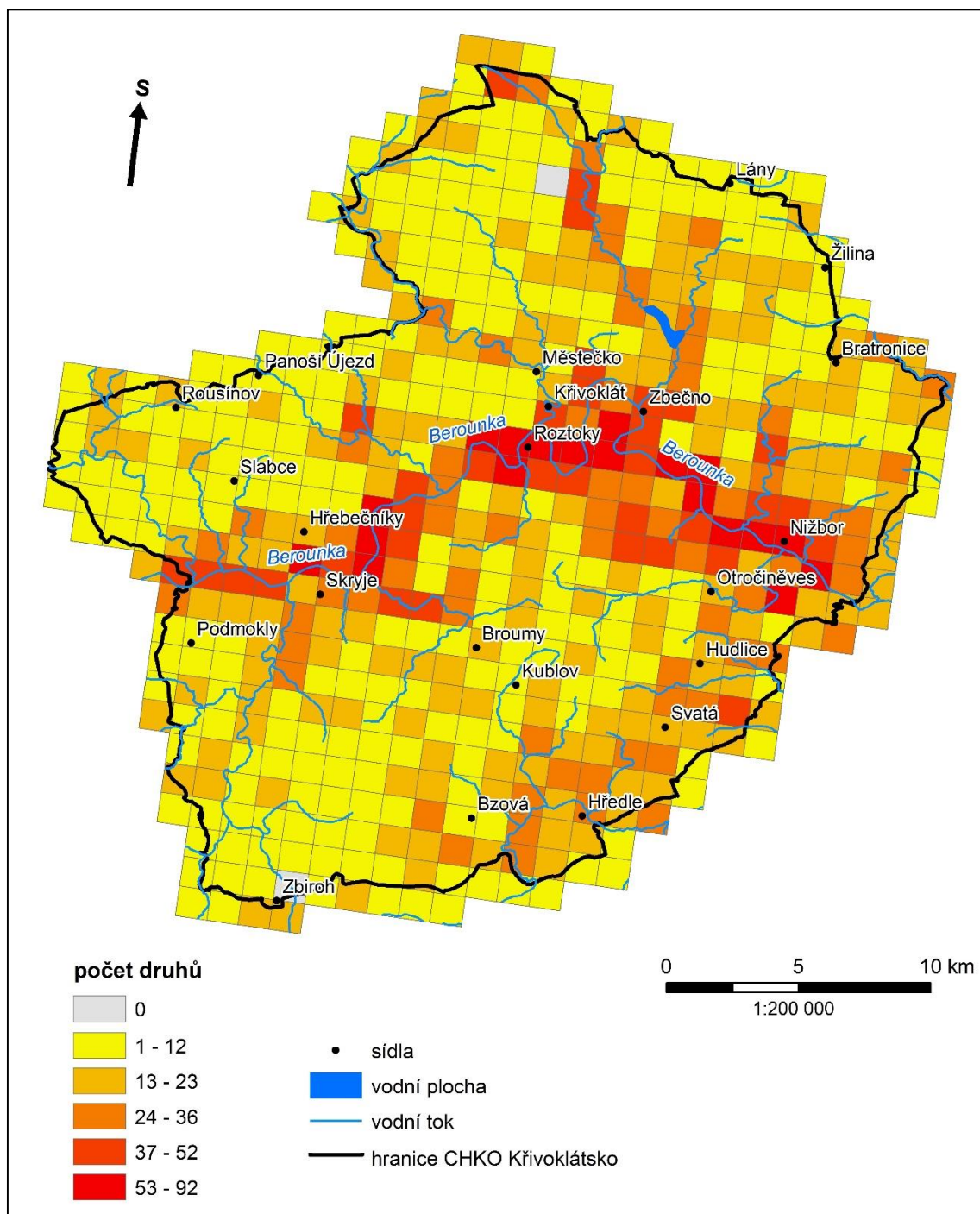
považujeme za součást naší květeny hodnou ochrany, zatímco neofyty chápeme jako nežádoucí vetřelce, kteří do červených seznamů nepatří (Daníhelka 2013). Většina archeofytů v CHKO není podle mých výsledků ohrožená (72,5 %), 25,7 % archeofytů je klasifikováno jako ohrožené a u zbývajících 3 druhů nebylo možné tuto informaci určit. Podíly archeofytů z hlediska ohroženosti vyjadřuje tabulka 4, kde jsou znázorněny i podíly původních druhů v CHKO Křivoklátsko.

	<b>původní druhy [%]</b>	<b>archeofyty [%]</b>
<b>neohrožené</b>	63,8	72,5
<b>A3 - nejasné případy</b>	0,1	0,0
<b>C1 - kriticky ohrožené</b>	2,4	5,3
<b>C2 - silně ohrožené</b>	5,3	7,6
<b>C3 - ohrožené</b>	11,4	7,6
<b>C4a - vzácnější taxony vyžadující další pozornost – méně ohrožené</b>	9,9	4,7
<b>C4b - vzácnější taxony vyžadující další pozornost – dosud nedostatečně prostudované</b>	2,2	0,6
<b>nelze určit</b>	4,8	1,8

**Tab. 4: Podíl původních druhů rostlin a archeofytů z hlediska ohroženosti v CHKO Křivoklátsko**

Z mapy znázorňující rozšíření ohrožených druhů rostlin na Křivoklátsku (obr. 10) je patrné, že nejvíce ohrožených druhů se nachází v okolí Berounky. Pro druhově bohatou ohroženou flóru kolem Berounky představují nebezpečí invazní druhy rostlin, které jsou konkurenčně zdatné, v porostech dominují či mají negativní vliv na společenstvo. Z invazních druhů nacházejících se v okolí Berounky vykazují výše zmíněné charakteristiky následující druhy: ovsík vyvýšený pravý (*Arrhenatherum elatius* subsp. *elatius*), slunečnice topinambur (*Helianthus tuberosus*), bolševník velkolepý (*Heracleum mantegazzianum*), křídlatky (*Reynoutria japonica* a *R. sachalinensis*), netýkavka žláznatá (*Impatiens glandulifera*), netýkavka malokvětá (*Impatiens parviflora*), vlčí bob mnoholistý (*Lupinus polyphyllus*), kustovnice cizí (*Lycium barbarum*), topol kanadský (*Populus ×canadensis*), trnovník akát (*Robinia pseudacacia*), třapatka dřípatá (*Rudbeckia laciniata*), zlatobýl kanadský (*Solidago*

*canadensis*), zlatobýl obrovský (*Solidago gigantea*) a kolotočník ozdobný (*Telekia speciosa*).



**Obr. 10: Rozšíření ohrožených druhů rostlin ve čtvercové síti v CHKO Křivoklátsko**

## 8.2 Faktory ovlivňující rozšíření nepůvodních druhů rostlin v CHKO Křivoklátsko

Pomocí mnohonásobné lineární regrese jsem hodnotila závislost nepůvodních druhů rostlin na vybraných faktorech (diverzita biotopů, podíl antropogenních biotopů, průměrná nadmořská výška, délka vodních toků a délka silnic).

Nejprve byly pomocí Pearsonova korelačního koeficientu zhodnoceny vztahy mezi počtem nepůvodních druhů a jednotlivými faktory. Na základě korelační matice proměnných (tab. 5) má nejsilnější vztah s nepůvodními druhy nadmořská výška. Velmi slabý a statisticky nesignifikantní vztah byl mezi nepůvodními druhy a vodními toky. Ostatní faktory měly s nepůvodními druhy slabý až středně silný vztah.

počet nepůvodních druhů	diverzita biotopů	podíl antropogenních biotopů	průměrná nadmořská výška	délka vodních toků	délka silnic
Pearsonův korelační koeficient	0,177	0,273	-0,544	0,098	0,238
p	0,019	0,001	0,001	0,128	0,003

Tab. 5: Souvislost počtu nepůvodních druhů a jednotlivých faktorů

Poté už byla hodnocena samotná mnohonásobná lineární regrese. Do regresního modelu vstoupily všechny faktory zároveň. Regresní model je vhodným modelem pro predikci závislé proměnné ( $F(5, 131) = 27,180$ ,  $p < 0,001$ ), neboť vysvětluje více rozptylu než model nulový. Daný regresní model vysvětluje 51 % rozptylu závislé proměnné, tj. počtu nepůvodních druhů rostlin.

Tab. 6 znázorňuje standardizované i nestandardizované regresní koeficienty výsledného modelu a jejich statistickou významnost. Signifikantními prediktory závislé proměnné jsou všechny faktory kromě silnic. Na základě standardizovaného koeficientu  $\beta$  je možné porovnat predikční schopnost jednotlivých faktorů. Nejsilnějším prediktorem závislé proměnné je nadmořská výška ( $\beta = -0,606$ ), druhým nejsilnějším prediktorem je podíl antropogenních biotopů ( $\beta = 0,490$ ), středně silným prediktorem je pak diverzita biotopů ( $\beta = 0,328$ ). Překvapivě, délka vodních toků ( $\beta = -0,260$ ) je

slabých prediktorem závislé proměnné a délka silnic ( $\beta = 0,056$ ) je velmi slabým prediktorem.

Koeficient  $\beta$  nám rovněž ukazuje vliv jednotlivých faktorů na počty nepůvodních druhů – je-li hodnota  $\beta$  koeficientu záporná, pak má daný faktor negativní vliv, je-li kladná, má pozitivní vliv (tab. 6). To znamená, že čím je v jednotlivých čtvercích vyšší nadmořská výška, anebo čím je větší hustota vodních toků, tím je zde méně nepůvodních druhů rostlin. U ostatních faktorů lze pozorovat vztah opačný – čím větší je v jednotlivých čtvercích diverzita biotopů, nebo čím je větší podíl antropogenních biotopů, anebo větší hustota silnic, tím bychom zde našli více nepůvodních druhů rostlin.

Na základě nestandardizovaných koeficientů B můžeme zjistit, jak se změní hodnota závislé proměnné, pokud zvýšíme nezávislou proměnnou o 1, přičemž ostatní nezávislé proměnné zůstanou konstantní (tab. 6). Při zvýšení proměnné diverzity biotopů o 1, vzroste počet nepůvodních druhů v průměru o 14,466, u proměnné podílu antropogenních biotopů vzroste počet nepůvodních druhů v průměru o 0,560. Při zvýšení proměnné průměrné nadmořské výšky o 1, poklesne počet nepůvodních druhů v průměru o 0,244, u vodních toků poklesne v průměru o 0,006. Při zvýšení proměnné silnic o 1, vzroste počet nepůvodních druhů v průměru o 0,002.

Model	Nestandardizované koeficienty		Standardizované koeficienty	t	p
	B	Std. Error	$\beta$		
<b>Konstanta</b>	84,781	21,451		3,952	0,000
<b>Diverzita biotopů</b>	14,466	4,103	0,328	3,526	0,001
<b>Podíl antropogenních biotopů</b>	0,560	0,102	0,490	5,514	0,000
<b>Průměrná nadmořská výška</b>	-0,244	0,032	-0,606	-7,549	0,000
<b>Délka vodních toků</b>	-0,006	0,002	-0,260	-3,456	0,001
<b>Délka silnic</b>	0,002	0,002	0,056	0,855	0,394

**Tab. 6: Nestandardizované a standardizované regresní koeficienty a jejich statistická významnost**

Použití mnohonásobné lineární regrese umožnilo zhodnotit jedinečný přínos každého z faktorů. Ačkoliv na základě korelačního koeficientu, jakožto dvourozměrné



statistiky, byla nalezena souvislost mezi nepůvodními druhy a silnicemi ( $r = 0,238$ ,  $p = 0,003$ ), v rámci regresního modelu již tento faktor k vysvětlení rozptylu závislé proměnné významně nepřispíval ( $\beta = 0,056$ ,  $p = 0,394$ ). Pravděpodobně to bylo způsobeno jeho souvislostí s ostatními faktory. V případě nejsilnějšího faktoru, nadmořské výšky, zůstala jeho významnost zachována ( $r = -0,544$ ,  $p = 0,001$ ;  $\beta = -0,606$ ,  $p = 0,001$ ), což ukazuje jeho důležitost pro predikci počtu nepůvodních druhů rostlin.

## 9. Diskuze

### 9.1 Zdroje dat a metodika

Pro praktickou část práce byly využity zdroje dat, mezi nimiž byl velký časový odstup, což mohlo vést k ovlivnění výsledků. Data z mapování cévnatých rostlin pochází z 1. dílu květeny Křivoklátska (Kolbek et al. 1999), přičemž většina nálezů je uváděna již do období 1979–1989. Naproti tomu, původnost i invazní status byly určovány podle aktualizovaného katalogu zavlečených druhů rostlin (Pyšek et al. 2012a). Navíc, zmíněný katalog (Pyšek et al. 2012a) je orientován na celou Českou republiku a ne konkrétně na Křivoklátsko – tzn. druhy považované v České republice za původní, resp. nepůvodní, jsou brány jako druhy původní, resp. nepůvodní, i v rámci CHKO Křivoklátsko.

Výsledky práce mohly být rovněž ovlivněny nejasnými taxony a také tím, že u některých druhů rostlin se mi nepodařilo určit potřebné údaje.

Ohledně zdrojů dat pro hodnocení faktorů ovlivňujících rozšíření nepůvodních druhů rostlin může být problematické využití silniční sítě pouze do úrovně III. třídy, neboť je zjištěno, že i cesty se podílejí na rozšíření nepůvodních druhů rostlin (např. Petřík & Pergl 2008). Pro zahrnutí cest však nebyla k dispozici vhodná data.

### 9.2 Nepůvodní flóra v CHKO Křivoklátsko

Z výsledků vyplývá, že většina druhů rostlin v CHKO Křivoklátsko je původních, nepůvodní druhy tvoří přibližně 22 % celé flóry. V porovnání s celou Českou republikou je na tom tedy Křivoklátsko lépe – na našem území bychom našli 29,7 až 33,1 % nepůvodních druhů rostlin z celkové flóry (Pyšek et al. 2012a). Na Křivoklátsku tvoří podle mých výsledků neofyty i archeofyty téměř stejný podíl z nepůvodní flóry, zatímco v rámci České republiky výrazně převládají neofyty, kterých je přibližně třikrát více než archeofytů (Pyšek et al. 2012a). Nejčastějšími nepůvodními druhy rostlin jsou: invazní archeofyty ovsík vyvýšený pravý (*Arrhenatherum elatius* subsp. *elatius*) a pcháč oset (*Cirsium arvense*), naturalizované archeofyty lnice květel (*Linaria vulgaris*) a kapustka obecná (*Lapsana communis*), invazní neofyt netýkavka malokvětá

(*Impatiens parviflora*) a naturalizovaný archeofyt kokoška pastuší tobolka (*Capsella bursa-pastoris*).

Nejvíce nepůvodních druhů lze nalézt ve třech oblastech Křivoklátska: v jeho západní části (kde je patrný malý podíl lesů a velký podíl orné půdy), ve střední části okolo Berounky a při jihovýchodní hranici Křivoklátska (zde je opět patrný velký podíl orné půdy). Nejméně nepůvodních druhů rostlin najdeme v severní a jižní části CHKO, kde je území z převážné části pokryto lesy. V souladu se zjištěnými výsledky Chytrý et al. (2005) ve studii z České republiky došel k závěru, že orná půda i vegetace podél vodních toků patří mezi nejvíce invadované biotopy, zatímco lesy mají spíše nižší počty nepůvodních druhů rostlin. Podobně Petřík & Pergl (2008) uvádí ve studii z Ještědského hřbetu malý podíl nepůvodních druhů rostlin v lesích.

Z hlediska invazního statutu náleží nejvíce nepůvodních druhů na Křivoklátsku k naturalizovaným, méně je rostlin přechodně zavlečených a přibližně 11 %, tj. 38 druhů, tvoří rostliny invazní. Invazní rostliny tak v CHKO Křivoklátsko překvapivě tvoří větší část nepůvodních druhů rostlin než v případě celé České republiky, kde tvoří přibližně 4 % nepůvodní flóry (Pyšek et al. 2012a). Podobně Kolbek et al. (2001) uvádí relativně velký počet invazních druhů rostlin na Křivoklátsku, a to 59 druhů. Dle Härtela et al. (2015) bychom v chráněných územích měli nalézt výrazně nižší zastoupení invazních druhů než mimo ně. Toto tvrzení potvrzuje např. studie z Ještědského hřbetu (tj. z nechráněného území), kde invazní druhy rostlin tvoří téměř čtvrtinu všech nepůvodních druhů (Petřík & Pergl 2008), zatímco v CHKO Křivoklátsko jsem dospěla k již zmíněné hodnotě 11 %. 20 invazních druhů na Křivoklátsku náleží do Černého seznamu nepůvodních druhů rostlin ČR (Pergl et al. 2013), přičemž mezi invazní druhy s největší mírou škodlivosti patří křídlatky (*Reynoutria japonica* a *R. sachalinensis*) a bolševník velkolepý (*Heracleum mantegazzianum*). Křídlatky i bolševník velkolepý patří na Křivoklátsku dle Kolbeka et al. (2001) mezi druhy s vysokou agresivitou, jež se rychle a intenzivně šíří a představují pro tuto oblast nebezpečí. Hejda et al. (2009) ve studii z našeho území zjistil, že z vybraných 13 invazních druhů mají největší vliv na druhovou bohatost společenstev právě křídlatky, zatímco bolševník velkolepý má na počet druhů vliv menší. Invazními druhy s nejčastějším výskytem jsou ovsík vyvýšený pravý (*Arrhenatherum elatius* subsp. *elatius*), pcháč oset (*Cirsium arvense*) a netýkavka

malokvětá (*Impatiens parviflora*). Několik agresivních invazních druhů představuje nebezpečí pro druhově bohatou ohroženou flóru, která je koncentrována především do okolí Berounky. To poukazuje na významnost sledování rostlinných invazí, zvláště v chráněných územích, kde bývá ohroženo nemalé množství vzácných druhů.

Nejvíce nepůvodních druhů rostlin na Křivoklátsku pochází dle mých výsledků z Mediteránu, což je také nejčastější oblast původu nepůvodních rostlin za celou Českou republiku (Pyšek et al. 2012a). Původním biotopem nepůvodních rostlin v CHKO Křivoklátsko je nejčastěji bezlesí (tj. louky, pastviny, pole, skály, sutě, polopouště, břehy řek, mokřady, stojaté a tekoucí vody, apod.), následují lesy a křoviny, poté druhy se širokou valencí.

### **9.3 Faktory ovlivňující rozšíření nepůvodních druhů rostlin v CHKO Křivoklátsko**

Výsledky práce ukazují, že z pěti vybraných faktorů má největší vliv na rozšíření nepůvodních druhů rostlin v CHKO Křivoklátsko nadmořská výška. V práci je potvrzen obecně známý vztah nadmořské výšky a nepůvodních druhů rostlin – s rostoucí nadmořskou výškou klesá počet nepůvodních druhů rostlin. Tento trend je doložen několika studii – např. z Ještědského hřbetu (Petřík & Pergl 2008), z několika rezervací České republiky (Pyšek et al. 2002a), ze Švýcarských Alp (Becker et al. 2005) či z národních parků chilských And (Pauchard & Alaback 2004).

Druhým nejsilnějším prediktorem počtu nepůvodních druhů rostlin je podíl antropogenních biotopů. Byl zde nalezen pozitivní vztah – tzn. čím větší je podíl antropogenních biotopů ve čtvercích na Křivoklátsku, tím více bychom zde našli nepůvodních druhů rostlin. Mnoho studií dokládá, v souladu se zjištěnými výsledky, význam činnosti člověka a člověkem ovlivněných biotopů na počet nepůvodních druhů rostlin. Např. Pyšek et al. (1998) zjistil, že jedním z nejčastějších výskytů nepůvodních druhů rostlin na našem území jsou velká i menší města a vesnice. Chytrý et al. (2005) uvádí jako nejvíce invadované biotopy České republiky ornou půdu, ruderalní biotopy, antropogenní vysokobylinné porosty a sešlapávané biotopy.

Středně silným faktorem majícím vliv na rozšíření nepůvodních druhů rostlin na Křivoklátsku je diverzita biotopů. Opět zde byl nalezen pozitivní vztah – čím větší je

diverzita biotopů ve čtvercích CHKO, tím více nepůvodních druhů rostlin se zde bude vyskytovat. Význam heterogenity prostředí pro počet druhů rostlin dokládá několik autorů (např. Rosenzweig 1995). Timmins & Williams (1991) ve studii z novozélandských rezervací uvádí, v souladu s mými výsledky, že diverzita biotopů patří mezi nejdůležitější faktory ovlivňující invadovanost.

Oproti očekávání, slabý vliv na rozšíření nepůvodních druhů rostlin mají vodní toky. Navíc je z výsledků zřejmé, že vodní toky mají na počet nepůvodních druhů rostlin negativní vliv. Oba zmíněné výsledky jsou tak v rozporu s publikovanými studiemi – autoři zpravidla zjišťují významnost vodních toků pro rozšíření nepůvodních druhů rostlin a uvádějí větší invadovanost vegetace podél vodních toků (např. Petřík & Pergl 2008, Prach & Pyšek 1997, Pyšek & Prach 1993, Richardson et al. 2007).

Rovněž překvapivý je velice slabý pozitivní vliv silnic na rozšíření nepůvodních druhů rostlin na Křivoklátsku. Autoři však zpravidla uvádí, že výskyt cestní sítě je spojen s vyšší invadovaností. Např. vysoce průkaznou korelaci počtu nepůvodních druhů rostlin a cestní sítě zjistili Petřík & Pergl (2008) na Ještědském hřbetu. K podobnému závěru dospěli např. i Tyser & Worley (1992) v USA.

Nadmořská výška, podíl antropogenních biotopů, diverzita biotopů, délka vodních toků a délka silnic vysvětlují celkem 51 % variability v počtu nepůvodních druhů rostlin. Lze tedy říci, že byly zvoleny relativně vypovídající faktory. Z uvedeného též vyplývá, že na rozšíření nepůvodních druhů rostlin mají téměř z 50 % vliv jiné faktory. Zřejmě velký vliv na invadovanost bude mít typ biotopu, což ovšem nebylo možné, vzhledem k povaze dat, v této práci studovat. Chytrý et al. (2008a) uvádí právě jako nejsilnější prediktor počtu nepůvodních druhů rostlin v České republice typ biotopu, následovaný nadmořskou výškou. Na základě výsledků tedy můžeme zdůraznit důležitost nadmořské výšky pro rozšíření nepůvodních druhů rostlin v CHKO Křivoklátsko.

## 10. Závěr

Cílem této práce bylo analyzovat diverzitu, původ a rozšíření nepůvodních druhů rostlin v CHKO Křivoklátsko. Na Křivoklátsku tvoří nepůvodní druhy rostlin necelou čtvrtinu celkové flóry. Nejčastějšími nepůvodními druhy rostlin jsou ovsík vyvýšený pravý (*Arrhenatherum elatius* subsp. *elatius*), pcháč oset (*Cirsium arvense*), lnice květel (*Linaria vulgaris*), kapustka obecná (*Lapsana communis*), netýkavka malokvětá (*Impatiens parviflora*) a kokoška pastuší tobolka (*Capsella bursa-pastoris*). Z hlediska invazních druhů je chráněné území zasaženo méně, než oblasti nechráněné. Mezi invazní druhy s největší mírou škodlivosti patří křídlatky (*Reynoutria japonica* a *R. sachalinensis*) a bolševník velkolepý (*Heracleum mantegazzianum*). Nejvíce nepůvodních druhů rostlin pochází z Mediteránu. Nejčastějším původním biotopem je bezlesí (louky, pole, skály, mokřady, tekoucí a stojaté vody, apod.), následují lesy a křoviny a poté druhy se širokou valencí. Největší počet nepůvodních druhů se nachází ve třech oblastech Křivoklátska: v jeho západní části (kde je patrný velký podíl orné půdy), ve střední části okolo Berounky a při jihovýchodní hranici Křivoklátska (zde je opět patrný velký podíl orné půdy). Nejméně nepůvodních druhů rostlin lze nalézt v severní a jižní části CHKO, kde je území z převážné části pokryto lesy.

Druhým cílem práce bylo zhodnotit vybrané faktory ovlivňující rozšíření nepůvodních druhů rostlin v CHKO Křivoklátsko. Ukázalo se, že nejsilnějším prediktorem je nadmořská výška, druhým nejsilnějším prediktorem je podíl antropogenních biotopů a třetím diverzita biotopů. Oproti očekávání se délka vodních toků stala málo významným faktorem a délka silnic velice slabým faktorem ovlivňujícím počet nepůvodních druhů rostlin. Pozitivní vliv na počet nepůvodních druhů byl zaznamenán u diverzity biotopů, podílu antropogenních biotopů a délky silnic, negativní vliv u nadmořské výšky a délky vodních toků. Vybranými faktory se podařilo vysvětlit rozšíření nepůvodních druhů rostlin na Křivoklátsku přibližně z poloviny, druhá polovina je připisovaná jiným faktorům, z nichž velkou měrou se bude zřejmě podílet typ biotopu.

## 11. Seznam literatury

### Tištěné zdroje

- BALATKA, B., KALVODA, J. (2006): *Geomorfologické členění reliéfu Čech*. Kartografie Praha, 79 s.
- BECKER, T., DIETZ, H., BILLETER, R., BUSCHMANN, H., EDWARDS, P. J. (2005): *Altitudinal distribution of alien plant species in the Swiss Alps*. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics*, 7, s. 173–183
- BLAŽKOVÁ, D. (1990): *Luční vegetace CHKO Křivoklátsko*. In: Rivola, M. et al.: *Současný stav a cíle botanického výzkumu CHKO Křivoklátsko*, Praha, s. 91–98
- DANIHELKA, J. (2013): *Botanické součty, rozdíly a podíly*. *Živa*, 2, s. 69–72
- DAVIS, M. A., GRIME, P., THOMPSON, K. (2000): *Fluctuating resources in plant communities: a general theory of invasibility*. *Journal of Ecology*, 88, s. 528–534
- DAVIS, M. A., THOMPSON, K. (2001): *Invasion terminology: Should ecologists define their terms differently than others? No, not if we want to be of any help!* *Bulletin of the Ecological Society of America*, 82, s. 206
- DEUTSCHEWITZ, K., LAUSCH, A., KÜHN, I., KLOTZ, S. (2003): *Native and alien plant species richness in relation to spatial heterogeneity on a regional scale in Germany*. *Global Ecology & Biogeography*, 12, s. 299–311
- DI CASTRI, F. (1989): *History of biological invasions with special emphasis on the Old World*. In: Drake, J. A. et al. (eds.): *Biological invasions: a global perspective*. John Wiley & Sons Ltd, Chichester, s. 1–30
- FIELD, A. P. (2013): *Discovering statistics using IBM SPSS statistics*. 4th edition, Sage, Los Angeles, 952 s.
- HÄRTEL, H., PERGL, J., ŠÍMA, J., BAUER, P. (2015): *Invazní rostliny v chráněných územích*. *Fórum ochrany přírody*, 3, s. 16–24

- HEJDA, M., PYŠEK, P., JAROŠÍK, V. (2009): *Impact of invasive plants on the species richness, diversity and composition of invaded communities*. Journal of Ecology, 97, s. 393–403
- HERBEN, T., MANDÁK, B., BÍMOVÁ, K., MÜNZBERGOVÁ, Z. (2004): *Invasibility and species richness of a community: a neutral model and a survey of published data*. Ecology, 85, s. 3223–3233
- CHÁB, J., STRÁNÍK, Z., ELIÁŠ, M. (2007): *Geologická mapa České republiky 1 : 500 000*. Česká geologická služba, Praha
- CHYTRÝ, M., JAROŠÍK, V., PYŠEK, P., HÁJEK, O., KNOLLOVÁ, I., TICHÝ, L., DANIHELKA, J. (2008a): *Separating habitat invasibility by alien plants from the actual level of invasion*. Ecology, 89, s. 1541–1553
- CHYTRÝ, M., MASKELL, L. C., PINO, J., PYŠEK, P., VILÀ, M., FONT, X., SMART, S. M. (2008b): *Habitat invasions by alien plants: a quantitative comparison among Mediterranean, subcontinental and oceanic regions of Europe*. Journal of Applied Ecology, 45, s. 448–458
- CHYTRÝ, M., PYŠEK, P. (2008): *Invaze nepůvodních druhů v rostlinných společenstvech*. Zprávy České Botanické Společnosti, 43, Materiály 23, s. 17–40
- CHYTRÝ, M., PYŠEK, P., TICHÝ, L., KNOLLOVÁ, I., DANIHELKA, J. (2005): *Invasions by alien plants in the Czech Republic: a quantitative assessment across habitats*. Preslia, 77, s. 339–354
- KOLBEK, J., BLAŽKOVÁ, D., HUSOVÁ, M., MORAVEC, J., NEUHÄUSLOVÁ, Z., SÁDLO, J. (1997): *Potenciální přirozená vegetace biosférické rezervace Křivoklátsko*. Academia, Praha, 234 s.
- KOLBEK, J., MLADÝ, F., BRABEC, E., HROUDOVÁ, Z., KUČERA, T., VÍTKOVÁ, M. (2001): *Květena Chráněné krajinné oblasti a Biosférické rezervace Křivoklátsko, 2. Rozbor a syntéza*. Botanický ústav AV ČR, Praha, 132 s.
- KOZÁK, J. et al. (2009): *Atlas půd České republiky: 2. upravené vydání*. ČZU Praha, Praha, 150 s.



- LONSDALE, W. M. (1999): *Global patterns of plant invasions and the concept of invasibility*. Ecology, 80, s. 1522–1536
- LOSOSOVÁ, Z., CHYTRÝ, M., TICHÝ, L., DANIHELKA, J., FAJMON, K., HÁJEK, O., KINTROVÁ, K., KÜHN, I., LÁNÍKOVÁ, D., OTÝPKOVÁ, Z., ŘEHOŘEK, V. (2012): *Native and alien floras in urban habitats: a comparison across 32 cities of central Europe*. Global Ecology and Biogeography, 21, s. 545–555
- LOŽEK, V. (2005): *Střední Čechy*. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, Praha, 902 s.
- LOŽEK, V. (2009): *Chráněná krajinná oblast Křivoklátsko po 30 letech*. Živa, 1, s. 2–3
- MARKOVÁ, Z., HEJDA, M. (2011): *Invaze nepůvodních druhů rostlin jako environmentální problém*. Živa, 1, s. 10–14
- PAUCHARD, A., ALABACK, P. B. (2004): *Influence of elevation, land use, and landscape context on patterns of alien plant invasions along roadsides in protected areas of South-Central Chile*. Conservation Biology, 18, 238–248
- PERGL, J. (2008): *Co víme o vlivu zavlečených rostlinných druhů?* Zprávy České Botanické Společnosti, 43, Materiály 23, s. 183–192
- PETŘÍK, P., PERGL, J. (2008): *Faktory ovlivňující rozšíření nepůvodních druhů cévnatých rostlin na Ještědském hřebetu*. Zprávy České Botanické Společnosti, 43, Materiály 23, s. 51–61
- PRACH, K., PYŠEK, P. (1997): *Invazibilita společenstev a ekosystémů*. Zprávy České Botanické Společnosti, 32, Materiály 14, s. 1–6
- PRACH, K., ŘEHOUNKOVÁ, K., KONVALINKOVÁ, P., TRNKOVÁ, R. (2008): *Invaze a sukcese*. Zprávy České Botanické Společnosti, 43, Materiály 23, s. 41–49
- PYŠEK, P. (1998): *Alien and native species in Central European urban floras: a quantitative comparison*. Journal of Biogeography, 25, s. 155–163
- PYŠEK, P. (2001): *Které biologické vlastnosti usnadňují invazi rostlinných druhů?* Zprávy České Botanické Společnosti, 36, Materiály 18, s. 21–30

- PYŠEK, P., CHYTRÝ, M., MORAVCOVÁ, L., PERGL, J., PERGLOVÁ, I., PRACH, K., SKÁLOVÁ, H. (2008a): *Návrh české terminologie vztahující se k rostlinným invazím*. Zprávy České Botanické Společnosti, 43, Materiály 23, s. 219–222
- PYŠEK, P., CHYTRÝ, M., PERGL, J., SÁDLO, J., WILD, J. (2012b): *Plant invasions in the Czech Republic: current state, introduction dynamics, invasive species and invaded habitats*. Preslia, 84, s. 575–629
- PYŠEK, P., CHYTRÝ, M., PRACH, K. (2008b): *Dvanáct let výzkumu rostlinných invazí v České republice a ve světě*. Zprávy České Botanické Společnosti, 43, Materiály 23, s. 3–15
- PYŠEK, P., JAROŠÍK, V. (2005): *Residence time determines the distribution of alien plants*. In: Inderjit, S. (ed.): *Invasive plants: Ecological and agricultural aspects*. Birkhäuser, Basel, s. 77–96
- PYŠEK, P., JAROŠÍK, V., KUČERA, T. (2002a): *Patterns of invasion in temperate nature reserves*. Biological Conservation, 104, s. 13–24
- PYŠEK, P., PRACH, K. (1993): *Plant invasions and the role of riparian habitats: a comparison of four species alien to central Europe*. Journal of Biogeography, 20, s. 413–420
- PYŠEK, P., PRACH, K., MANDÁK, B. (1998): *Invasions of alien plants into habitats of Central European landscape: an historical pattern*. In: Starfinger, U. et al. (eds.): *Plant invasions: Ecological mechanisms and human responses*. Backhyus Publishers, Leiden, s. 23–32
- PYŠEK, P., RICHARDSON, D. M., REJMÁNEK, M., WEBSTER, G. L., WILLIAMSON, M., KIRSCHNER, J. (2004): *Alien plants in checklists and floras: towards better communication between taxonomists and ecologists*. Taxon, 53, s. 131–143
- PYŠEK, P., SÁDLO, J. (2004a): *Zavlečené rostliny – jak je to u nás doma?* Vesmír, 83, s. 80–85

- PYŠEK, P., SÁDLO, J. (2004b): *Zavlečené rostliny – sklízíme, co jsme zaseli?* Vesmír, 83, s. 35–40
- PYŠEK, P., SÁDLO, J., MANDÁK, B. (2002b): *Catalogue of alien plants of the Czech Republic*. Preslia, 74, s. 97–186
- PYŠEK, P., TICHÝ, L. (eds.) (2001): *Rostlinné invaze*. Rezekvítek, Brno, 40 s.
- QUITT, E. (1971): *Klimatické oblasti Československa*. GÚ ČSAV, Brno, 73 s.
- RAHBEK, C. (1995): *The elevational gradient of species richness: a uniform pattern?* Ecography, 18, s. 200–205
- REJMÁNEK, M. (2000): *Invasive plants: approaches and predictions*. Austral Ecology, 25, s. 497–506
- RICHARDSON, D. M., HOLMES, P. M., ESLER, K. J., GALATOWITSCH, S. M., STROMBERG, J. C., KIRKMAN, S. P., PYŠEK, P., HOBBS, R. J. (2007): *Riparian vegetation: degradation, alien plant invasions, and restoration prospects*. Diversity and Distributions, 13, s. 126–139
- RICHARDSON, D. M., PYŠEK, P. (2006): *Plant invasions: merging the concepts of species invasiveness and community invasibility*. Progress in Physical Geography, 30, s. 409–431
- RICHARDSON, D. M., PYŠEK, P., REJMÁNEK, M., BARBOUR, M. G., PANETTA, F. D., WEST, C. J. (2000): *Naturalization and invasion of alien plants: concepts and definitions*. Diversity and Distributions, 6, s. 93–107
- ROSENZWEIG, M. L. (1995): *Species diversity in space and time*. Cambridge University Press, Cambridge, 436 s.
- SÁDLO, J., PYŠEK, P. (2004): *Zelení cizinci přicházejí. Hříčky, hry a dramata*. Vesmír, 83, s. 200–206
- STOHLGREN, T. J., BARNETT, D., FLATHER, C., KARTESZ, J., PETERJOHN, B. (2005): *Plant species invasions along the latitudinal gradient in the United States*. Ecology, 86, s. 2298–2309

- TIMMINS, S. M., WILLIAMS, P. A. (1991): *Weed numbers in New Zealand's forest and scrub reserves*. New Zealand Journal of Ecology, 15, s. 153–162
- TOLASZ, R. et al. (2007): *Atlas podnebí Česka*. ČHMÚ, Praha, 255 s.
- TYSER, R. W., WORLEY, CH. A. (1992): *Alien flora in grasslands adjacent to road and trail corridors in Glacier National Park, Montana (U.S.A.)*. Conservation Biology, 6, s. 253–262
- VILÀ, M., PUJADAS, J. (2001): *Land-use and socio-economic correlates of plant invasions in European and North African countries*. Biological Conservation, 100, s. 397–401

### **Internetové zdroje**

- Millennium Ecosystem Assessment (2005): *Ecosystem and human well-being: biodiversity synthesis*. World Resources Institute, Washington, DC. Dostupné na: <http://www.millenniumassessment.org/documents/document.354.aspx.pdf> [cit. 12. 6. 2016]
- PERGL, J., SÁDLO, J., PETRUSEK, A., PYŠEK, P. (2013): *Nepůvodní druhy živočichů a rostlin v ČR: návrh seznamů druhů vyžadujících zvláštní přístup (černý a šedý seznam)*. 25 s. Dostupné na: <http://invaznidruhy.nature.cz/odkazy/> [cit. 15. 3. 2015]

### **Datové zdroje**

AOPK ČR (2005): Vrstva mapování biotopů pro soustavu NATURA

BOTANY.cz. Dostupné z: <http://botany.cz/cs/> [cit. 22.10. 2015]

ČÚZK: ZABAGED

DANIHELKA, J., CHRTEK, J. Jr., KAPLAN, Z. (2012): *Checklist of vascular plants of the Czech Republic*. Preslia, 84, s. 647–811

- GRULICH, V. (2012): *Red List of vascular plants of the Czech Republic: 3rd edition*. Preslia, 84, s. 631–645
- HEJNÝ, S., SLAVÍK, B. (eds.) (1997): *Květena České republiky 1*. Academia, Praha, 2. vyd., 560 s.
- HEJNÝ, S., SLAVÍK, B. (eds.) (2003a): *Květena České republiky 2*. Academia, Praha, 2. vyd., 540 s.
- HEJNÝ, S., SLAVÍK, B. (eds.) (2003b): *Květena České republiky 3*. Academia, Praha, 2. vyd., 542 s.
- KOLBEK, J., MLADÝ, F., PETŘÍČEK, V., et al. (1999): *Květena Chráněné krajinné oblasti a Biosférické rezervace Křivoklátsko, 1. Mapy rozšíření cévnatých rostlin*, Botanický ústav AV ČR, Praha, 300 s.
- MLÍKOVSKÝ, J., STÝBLO, P. (eds.) (2006): *Nepůvodní druhy fauny a flóry České republiky*. ČSOP, Praha, 496 s.
- Národní geoportál INSPIRE. Dostupné z: <http://geoportal.gov.cz> [cit. 23.2. 2016]
- NOVÁKOVÁ, Z. (2014): *Vztah diverzity rostlin a diverzity biotopů v CHKO Křivoklátsko*. Bakalářská práce. Katedra fyzické geografie a geoekologie PřF UK, Praha, 61 s.
- PYŠEK, P., DANIHELKA, J., SÁDLO, J., CHRTEK, J. Jr., CHYTRÝ, M., JAROŠÍK, V., KAPLAN, Z., KRAHULEC, F., MORAVCOVÁ, L., PERGL, J., ŠTAJEROVÁ, K., TICHÝ, L. (2012a): *Catalogue of alien plants of the Czech Republic (2nd edition): checklist update, taxonomic diversity and invasion patterns*. Preslia, 84, s. 155–255
- SLAVÍK, B. (ed.) (1995): *Květena České republiky 4*. Academia, Praha, 529 s.
- SLAVÍK, B. (ed.) (1997): *Květena České republiky 5*. Academia, Praha, 570 s.
- SLAVÍK, B. (ed.) (2000): *Květena České republiky 6*. Academia, Praha, 770 s.
- SLAVÍK, B., ŠTĚPÁNKOVÁ, J. (eds.) (2004): *Květena České republiky 7*. Academia, Praha, 767 s.

ŠTĚPÁNKOVÁ, J., CHRTEK, J. ml., KAPLAN, Z., (eds.) (2010): *Květena České republiky 8*. Academia, Praha, 706 s.

VALTR, V. (2011): *Zhodnocení vztahu diverzity rostlin a diverzity abiotických podmínek v CHKO Křivoklátsko*. Bakalářská práce. Katedra fyzické geografie a geoekologie PřF UK, Praha, 44 s.

Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka: DIBAVOD

VGHMÚ: Digitální model území 1 : 25 000 za CHKO Křivoklátsko, Dobruška