Univerzita Karlova v Praze

Přírodovědecká fakulta

Fyzická geografie a geoekologie

Mgr. Jan Bartoš

SLEDOVÁNÍ VÝSKYTU NEOFYTŮ V POVODÍ SMUTNÉ

The occurence of neophytes in Smutná basin

Diplomová práce

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

Praha 2013

Prohlášení:

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

V Praze, 22.4.2013

Poděkování:

Na tomto místě bych chtěl poděkovat RNDr. Tomáši Matějčkovi, Ph.D. za cenné připomínky a za čas, který mi věnoval. Dále děkuji Jardovi za pomoc při terénním mapování a Honzovi za pomoc se statistickým zpracováním dat. V neposlední řadě bych chtěl poděkovat svým nejbližším za celkovou morální i materiální podporu v průběhu celého studia.

ABSTRACT

The paper summarizes the results of the monitoring of selected invasive neophytes in the basin Smutná. Mapping was performed on 6 sections of watercourses (approx. 18 km) of riparian vegetation. Furthermore, in selected section fytocenological survey was performed and species abundance was recorded in riparian vegetation and in the floodplain

Load riparian vegetation by selected invasive neophytes is rather mediocre in comparison with other rivers in the Czech Republic. There have been reported following taxa: *Echinocystis lobata*, *Impatiens glandulifera*, *Impatiens parviflora*, *Reynoutria sp.*, *Robinia pseudacacia* and *Lupinus polyphyllus*. Despite the taxa of invasive neophytes in the basin Smutná occupy multiple segments, the total number of individuals is lower. For selected invasive neophytes growing in riparian vegetation Smutná there were no major differences in observed indicators during the two-years development period from 2010 to 2012.

Significantly positive correlation between the degree of coverage and distance from a watercourse was found by *Impatiens glandulifera*. With the increasing distance from the watercourse its coverage decreases. The same dependence was also demonstrated by *Echinocystis lobata*, but due to its small representation in the phytosociological images this finding can not be considered seriously. It was also significantly shown that coverage of *Reynoutria sp.* negatively correlates with the number of species. Due to the occurrence of *Reynoutria sp.* affected sites are species-poor.

ABSTRAKT

Práce shrnuje výsledky sledování výskytu vybraných invazních neofytů v povodí Smutné. Na šesti úsecích vodních toků (cca 18 km) bylo provedeno mapování břehové vegetace. Dále byl ve vybraném úseku proveden fytocenologický průzkum a byla zaznamenána pokryvnost druhů v břehové vegetaci a v navazující nivě.

Zatížení břehové vegetace vybranými invazními neofyty je v porovnání s ostatními sledovanými toky v ČR spíše podprůměrné. Byly zde zaznamenány tyto taxony: štětinec laločnatý (*Echinocystis lobata*), netýkavka žláznatá (*Impatiens glandulifera*), netýkavka malokvětá (*Impatiens parviflora*), křídlatka (*Reynoutria sp.*), trnovník akát (*Robinia Pseudacacia*) a vlčí bob mnoholistý (*Lupinus polyphyllus*). Taxony invazních neofytů v povodí Smutné sice obsazují více segmentů, ale celkový počet jedinců je nižší. U vybraných invazních neofytů rostoucích v břehové vegetaci Smutné nebyly zaznamenány žádné větší rozdíly ve sledovaných ukazatelích během dvouletého vývoje v období 2010 až 2012.

U netýkavky žláznaté (*Impatiens glandulifera*) byla signifikantně prokázána závislost mezi mírou pokryvnosti a vzdáleností od vodního toku. Se vzrůstající vzdáleností od vodního toku její pokryvnost klesá. Stejná závislost byla prokázána i u štětince laločnatého (*Echinocystis lobata*), ale vzhledem k jeho malému zastoupení ve fytocenologických snímcích, nemůžeme tomuto zjištění dávat velkou váhu. Dále bylo signifikantně prokázáno, že pokryvnost křídlatky (*Reynoutria sp.*) negativně koreluje s počtem druhů. Díky výskytu křídlatky (*Reynoutria sp.*) jsou postižené lokality druhově chudé.

OBSAH

ABSTRACT 4

ABSTRAKT 5

OBSAH 6

SEZNAM OBRÁZKŮ 8

SEZNAM TABULEK 9

SEZNAM PŘÍLOH 10

1. Úvod 11

2. Rostlinné invaze 12

2.1 Základní pojmy 13

2.2 Invazibilita a invadovanost 16

2.3 Vlastnosti podporující invazi 21

2.4 Situace v ČR a Evropě 23

2.5 Negativní dopady a likvidace invazních rostlin 26

3. Údolní niva 29

3.1 Vymezení nivy 29

3.2 Funkce údolní nivy 31

3.3 Vegetace 32

4. Charakteristika povodí Smutné 36

4.1 Úvod 36

4.2 Geologické poměry 37

4.3 Geomorfologické poměry 38

4.4 Klimatické poměry 40

4.5 Hydrografické a hydrologické poměry 40

4.6 Pedologické poměry 42

4.7 Biogeografické poměry 43

4.8 Chráněná území 46
4.9 Socioekonomické poměry 47
5. Metodika mapování 49
5.1 Mapování břehové vegetace 49
5.2 Mapování neofytů v nivě 50
6. Výsledky 53
6.1 Mapování břehové vegetace 53
6.1.1 Výsledné charakteristiky sledovaných toků 53
6.1.2 Zastoupení jednotlivých taxonů 55
6.1.3 Vývoj v letech 2010 - 2012 59
6.1.4 Porovnání s ostatními sledovanými vodními toky v ČR 60
6.2 Mapování v nivě 62
6.2.1 Zobecněné lineární modely (GLM) 65
7. Diskuze 68
7.1 Diskuze nad použitou metodikou 68
7.2 Diskuze nad výsledky mapování břehové vegetace 68
7.3 Diskuze nad výsledky mapování v nivě 69
8. Závěr 72
9. Použité zdroje 73
PŘÍLOHY 82

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. č. 1: Postavení neofytů v invazním procesu v ČR 14
Obr. č. 2: Rámec biologických invazí 15
Obr. č. 3: Invadovanost společenstev 19
Obr. č. 4: Důvody úmyslného dovezení 25
Obr. č. 5: Hydro-geomorfologické proměnné 32
Obr. č. 6: Sukcese na opuštěných polích 34
Obr. č. 7: Vymezení povodí Smutné v rámci ČR 36
Obr. č. 8: Geologické poměry v povodí Smutné 37
Obr. č. 9: Geomorfologické členění v povodí Smutné 38
Obr. č. 10: Typy krajin podle reliéfu v povodí Smutné 39
Obr. č. 11: Hydrografie povodí Smutné 41
Obr. č. 12: Pedologické poměry v povodí Smutné 42
Obr. č. 13.: Fytogeografické členění v povodí Smutné 44
Obr. č. 14.: Potenciální přirozená vegetace v povodí Smutné 45
Obr. č. 15: Chráněná území v povodí Smutné 46
Obr. č. 16: Socioekonomické poměry v povodí Smutné 48
Obr. č. 17: Poloha transektů a snímků 51
Obr. č. 18: Hodnoty I_v 54
Obr. č. 19: Průměrný počet jedinců v obsazeném segmentu 56
Obr. č. 20: Průměrný celkový počet jedinců všech sledovaných taxonů v segmentu 56
Obr. č. 21: Podíl segmentů obsazených jednotlivými invazními neofyty v povodí Smutné ... 57
Obr. č. 22: Prostý index zatížení invazními neofyty 58
Obr. č. 23: Vážený index zatížení invazními neofyty 58
Obr. č. 24: Změna celkového počtu jedinců jednotlivých taxonů na jeden segment v letech 2010 – 2012.. 59
Obr. č. 25: Změna v podílu obsazených segmentů jednotlivými zaznamenanými invazními neofyty mezi lety 2010 – 2012. 60
Obr. č. 26: Ordinačního digramu DCA, rozložení skórů fytocenologických snímků. 63
Obr. č. 27: Ordinační diagram CCA 64
Obr. č. 28: Závislost pokryvnosti na vzdálenosti od vodního toku 66
Obr. č. 29: Závislost pokryvnosti na počtu druhů 67

SEZNAM TABULEK

Tab. č. 1: Procesy biologických invazí 16
Tab. č. 2: Vlastnosti invazních druhů 22
Tab. č. 3: Složení nepůvodní flóry ČR 23
Tab. č. 4: Nebezpečné invazní rostliny 26
Tab. č. 5: Vybrané charakteristiky povodí 36
Tab. č. 6: Charakteristika klimatických oblastí nacházejících se v povodí Smutné 40
Tab. č. 7: Hydrologické stanice v povodí Smutné 41
Tab. č. 8: Výběr transektů 50
Tab. č. 9: Převod Braun-Blanquetovy stupnice. 52
Tab. č. 10: Hodnoty pro sledované úseky. 53
Tab. č. 11: Podíl úseků obsazených jednotlivými taxony (osg) a průměrný počet jedinců v obsazeném úseku (PJ/osg) pro jednotlivé taxony 61
Tab. č. 12: Změny souhrnných ukazatelů 61
Tab. č. 13: GLM s quazibinomickým rozdělením – vzdálenost od vodní toku 65
Tab. č. 14: GLM s quazibinomickým rozdělením – druhová diverzita 66

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha č. 1: Geomorfologická charakteristika povodí Smutné

Příloha č. 2: Seznam mapovaných druhů

Příloha č. 3: Výskyt jednotlivých taxonů ve sledovaných segmentech

Příloha č. 4: Souhrnné ukazatele pro sledované vodní toky v ČR

Příloha č. 5: Názvy rostlin uvedených v ordinačním diagramu CCA

1. Úvod

Rostlinné invaze představují problém, který již nemá pouze ekologický aspekt, ale představuje i problém ekonomický. S invazními druhy rostlin se setkáváme prakticky všude kolem nás a jejich postupné šíření lze zaznamenávat v různých lokalitách. Nejedná se pouze o problém lokálního charakteru. Právě tato jejich všudypřítomnost byla jedním z hlavních důvodů, proč jsem si téma rostlinných invazí vybral pro svou diplomovou práci. Dalším důvodem byla provázanost s mým předešlým učitelským studiem biologie a geografie.

Jako cílové území této diplomové práce bylo vybráno povodí Smutné. Jedná se sice o menší povodí, ale Smutná zde protéká pestrou mozaikou krajiny. Na tomto území nebylo v minulosti provedeno žádné soustavné mapování výskytu invazních druhů rostlin.

Práce si klade za cíl zjistit, jak závisí výskyt vybraných druhů invazních neofytů rostoucích v nivě na námi zvolených proměnných. Jako proměnné byly zvoleny vzdálenost od vodního toku a druhová diverzita. Tyto proměnné byly zvoleny proto, že se předpokládá, že invazní druhy využívají pro své šíření vodní tok. A invazní druhy mají také negativní vliv na druhovou diverzitu. Hledali jsme odpovědi na tyto otázky:

- Jak závisí pokryvnost sledovaného invazního druhu na vzdálenosti od vodního toku?
- Jak závisí pokryvnost sledovaného invazního druhu na počtu druhů zjištěných na stanovišti?

V rámci zpracování práce proběhlo také mapování břehové vegetace. Cílem tohoto mapování bylo popsat zatížení povodí Smutné vybranými invazními neofyty a provést porovnání Smutné s ostatními sledovanými vodními toky v ČR.

Práce je rozdělena do osmi hlavních kapitol. Druhá a třetí kapitola má rešeršní charakter. Ve druhé kapitole je vysvětlena základní terminologie týkající se rostlinných invazí, popsány základní invazní principy a nastíněna situace ve světě a v ČR. Třetí kapitola vymezuje prostor a funkce údolní nivy z pohledu problematiky rostlinných invazí. Ve čtvrté kapitole je věnován prostor pro geografickou charakteristiku povodí Smutné. Další kapitola vysvětluje metodiky, které byly použity v této diplomové práci. Výsledky mapování a provedených analýz jsou zpracovány v kapitole č. 6. V následující kapitole je provedena diskuze nad relevantností zjištěných výsledků.

2. Rostlinné invaze

Jedním z dynamických dějů, které probíhají v současné přírodě, jsou invazní procesy, konkrétně rostlinné invaze. Mají značný vliv na stabilitu krajiny, zemědělství a lesnictví. Rostlinné invaze nejsou novinkou moderní ekologie, ale byly studovány i v minulosti. Ch. Darwin si při své cestě k břehům Argentiny všiml, že zde v podrostu převažují dvě kulturní rostliny původem ze Středozemí, a to artyčok kardový (*Cynara cardunculus*) a ostropestřec mariánský (*Silybum marianum*). Alphonse de Candolla roku 1855 vyvodil závěr, že zavlečené druhy patří často do rodů, které se v původní flóře nevyskytují. Základy moderní invazní ekologie položil Ch. Elton svým dílem „The Ecology of Invasions Animals and Plants“[1]. Ten rostlinné invaze považoval za druhý nejhorší proces, který ničí biodiverzitu ekosystémů. Touto problematikou se také zabývala iniciativa SCOPE[2], která řeší různé ekologické a environmentální problémy. Problémem biologických invazí na území Evropy se v letech 2005-2008 zabýval projekt DAISIE[3], který byl financován (2,8 mil. EUR) Evropskou Unií (Pyšek & Sádlo 2004a, Pyšek, Chytrý & Prach 2008).

Chytrý & Pyšek (2008) uvádějí, že invazní ekologie řeší problémy, které lze zařadit do čtyř základních okruhů:

1. Určení druhů, které mají potenciál stát se invazními a jejich vlastnosti.
2. Stanovení společenstev a biotopů, které jsou k invazím náchylnější.
3. Posouzení důsledku invazí na biodiverzitu, ekonomiku a lidské zdraví.
4. Vypracování metodiky likvidace invazních druhů, které mají negativní dopady.

[1] Elton, Ch. (1958): The Ecology of Invasions by Animals and Plants. Methuen, London.
[2] Scientific Committee on Problems of the Environment
[3] Delivering Alien Invasive Species Inventories for Europe

2.1 Základní pojmy

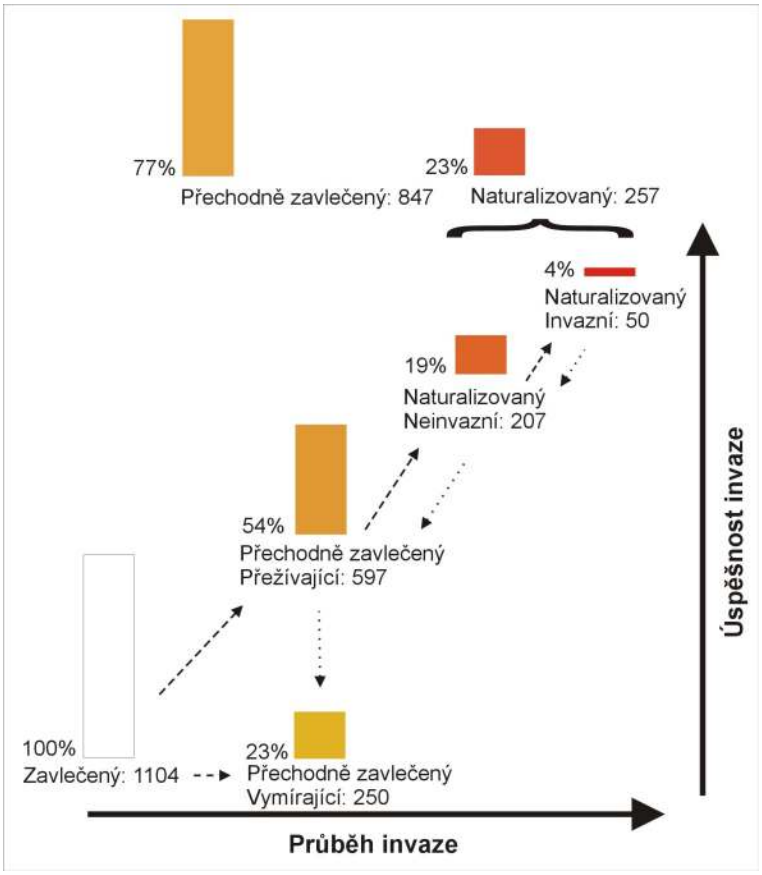
Rostlinnou invazí rozumíme chování nepůvodního druhu v jeho novém areálu. **Nepůvodní druhy rostlin** *(alien plants)*, na rozdíl od druhů původních[4] *(native plants)*, se do nových areálů dostávají v důsledku lidské činnosti, anebo ze svých nepůvodních areálů. Mohou být šířeny úmyslně např. pro okrasné, zemědělské a jiné účely, anebo neúmyslně jako součást nákladu. Podle postavení v invazním procesu lze rozlišovat **přechodně zavlečené druhy** *(casual alien plants)*, které se ve volné přírodě pravidelně nereprodukují a jejich trvalejší výskyt je vázán na lidskou aktivitu. Za **naturalizovaný druh** *(naturalized plants)* označujeme rostliny, které se v přírodě rozmnožují nezávisle na člověku. Naturalizovaný druh může přejít v **druh invazní** *(alien plants)*, který se na území rychle šíří a stoupá počet jeho lokalit a populací. Podobné vlastnosti vykazují i **druhy expanzní**. Na rozdíl od invazních se expanzní druh rychle šíří ve svém původním areálu (Pyšek & Sádlo 2004a, Křivánek 2004). M. Williamson (Williamson 1996[5] cit. in Křivánek 2006) formuloval pravidlo desetiny. Podle tohoto pravidla se z 10% dovezených druhů stanou druhy přechodně zavlečené, 10 % z přechodně zavlečených druhů naturalizuje a z 10% naturalizovaných druhů se stanou druhy invazní, které působí ekologické a ekonomické škody. Pravidlo desetiny je velmi obecné. Ve skutečnosti se jedná o statisticky odvozené rozpětí 5-20 %. Důležité je, že invazní druhy představují jen zlomek druhů nepůvodních.

Podle doby zavlečení rozlišujeme **archeofyty** a **neofyty**. Archeofyty byly zavlečeny od počátku neolitu do roku 1500. Počátek neolitu je zvolen proto, že od této doby začíná člověk více přetvářet okolní krajinu, zatímco předtím měl na krajinu stejný vliv jako velká zvířata. Neofyty byly na svá nová území zavlečeny po roce 1500. Datum, které odděluje dobu šíření archeofytů a neofytů vychází z objevení Ameriky roku 1492 (Křivánek 2004, Pyšek, Chytrý & Prach 2008, Pyšek & Sádlo 2004a). Obrázek č. 1 znázorňuje postavení neofytů v invazním procesu na území České republiky.

[4] původní druh – vznikl v průběhu evoluce v dané oblasti bez přispění člověka nebo se do této oblasti přirozeně rozšířil. Za původní v České republice považujeme druhy, které zde rostly od poslední doby ledové do neolitu. (Pyšek & Sádlo 2004a)

[5] Williamson, M. (1996): Biological invasions. Chapman & Hall, London, 224 s.

Obr. č. 1: Postavení neofytů v invazním procesu v ČR

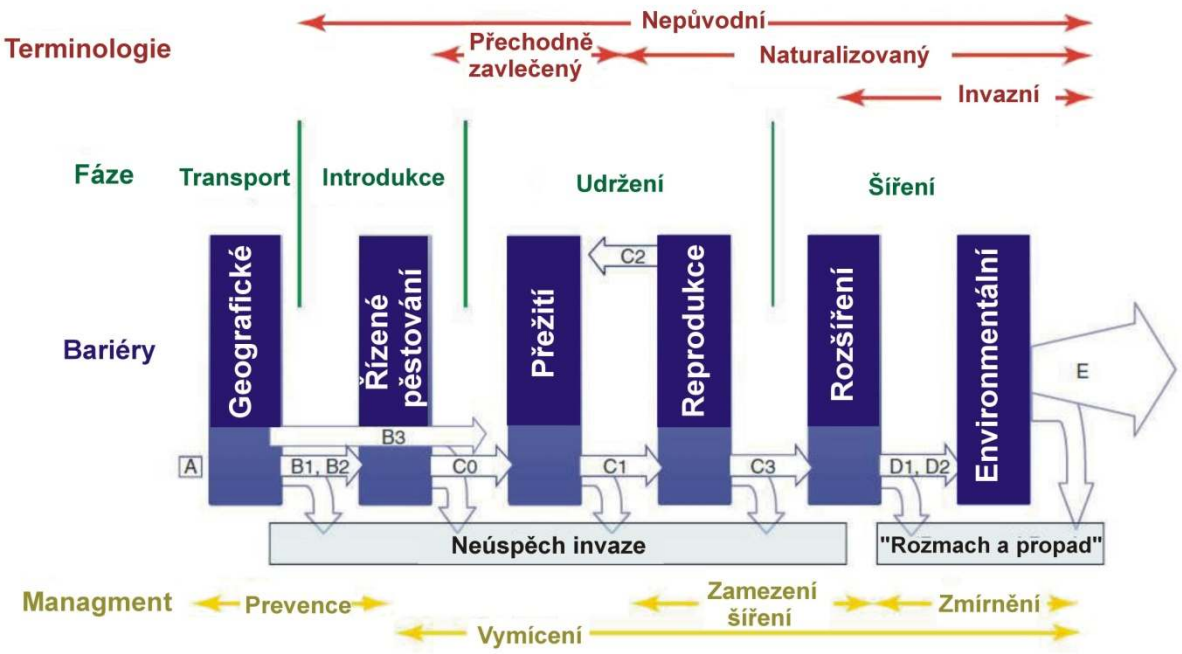


Pozn.: Šipky znázorňují, že rostlinné druhy mohou v čase měnit své postavení v invazním procesu.
Zdroj: upraveno podle Pyšek et al. 2012

Invazi si lze představit jako překonávání bariér. Richardson et al. (2000) uvádí, že šířící se druh musí nejprve překonat geografické bariéry (vodstvo, pohoří atd.), aby se dostal do nového areálu. V novém území čelí environmentálním a reprodukčním bariérám. Šíření zpomalují i bariéry, které vytváří původní vegetace. Pokud se druhu podaří překonat všechny tyto bariéry, má šanci stát se druhem invazním. Blackburn et al. (2011) vypracoval jednotný rámec pro biologické invaze, který postihuje všechny druhy (rostlinné i živočišné) a je použitelný na všech místech. Proces invaze rozděluje, stejně jako Richardson et al. (2000), do několika fází, během nichž druhy překonávají určité bariéry. Blackburn et al. (2011) uvádí, že druh během svého šíření musí také překonávat bariéru „řízeného pěstování“, kdy se v nové lokalitě vyskytuje pouze v zajetí nebo v kultivarech. Dále je zde nově zavedena bariéra „přežití“, se kterou se druh musí vypořádat. Záleží, jestli dokáže najít vhodné podmínky, vyhnout se nepřátelům atd. V této fázi populace přežívá, ale není schopná se reprodukovat. Pokud se druh začne reprodukovat, může překonat další bariéru, ale pokud se množí jen část

jedinců a celková populace se snižuje, není možné další šíření. Nový rámec nerozděluje environmentální prostředí na narušené a přirozené. Vychází z předpokladu, že různé druhy reagují různě na různé stupně narušení. Disturbance[6] nemají jednotný koncept, ale mohou nastat různými způsoby (přírodně, vlivem lidské činnosti). Rozsah invaze je určen rozsahem vhodného prostředí a environmentální bariéry stanoví jeho limity. Tento koncept neříká nic o možných ekologických nebo ekonomických důsledcích invaze. Invaze může skončit i v případě, že druh dokáže překonat všechny bariéry. Může dojít k poklesu jeho populace, anebo i k jejímu vymření. Tuto možnost zachycuje „ Rozmach a propad“ (*Boom and Bust*). Jestliže zachytíme druh v některé z fází invaze, lze pomocí konceptu přijmout opatření na jeho případnou kontrolu. Celý koncept je znázorněn na obrázku č. 2. Jednotlivé procesy jsou znázorněny šipkami a jsou popsány v tabulce č. 1.

Obr. č. 2: Rámec biologických invazí



Zdroj: upraveno podle Blackburn et al. 2011, terminologie upravena podle Pyšek et al. 2008

[6] disturbance – náhlé a rychlé zničení rostlinné biomasy např. činností býložravců, vody, člověka (Pyšek & Sádlo 2004a)

Tab. č. 1: Procesy biologických invazí

Kategorie	Definice
A	Žádný transport za hranice přirozeného výskytu
B1	Individuální transport za hranice přirozeného výskytu, pěstování v zajetí a karanténě
B2	Individuální transport za hranice přirozeného výskytu, řízené pěstování
B3	Individuální transport za hranice přirozeného výskytu a přímé proniknutí do nového prostředí
C0	Individuální proniknutí do "divočiny"
C1	Individuální přežívání v "divočině“ v místě introdukce, ale bez reprodukce
C2	Individuální přežívání v "divočině“ v místě introdukce, se schopností reprodukce, ale populace není samoudržitelná
C3	Individuální přežívání v "divočině“ v místě introdukce, se schopností reprodukce, udržitelná populace
D1	Samoudržitelná populace v "divočině" s jednotlivci, kteří jsou značně vzdáleni od původního místa zavlečení
D2	Samoudržitelná populace v "divočině" s jednotlivci, kteří jsou značně vzdáleni od původního místa zavlečení a jsou schopni se reprodukovat
E	Plně invazní druh, s individuálním šířením, přežívající a množící se napříč širokým spektrem biotopů

Zdroj: upraveno podle Blackburn et al. 2011

2.2 Invazibilita a invadovanost

Náchylnost společenstev k rostlinným invazím můžeme vyjádřit pojmy invazibilita a invadovanost.

Invadovanost (*level of invasion*) vyjadřuje počty nepůvodních druhů na lokalitách. Lonsdale (1999) předpokládá, že úspěch nepůvodního druhu je závislý na šíření, uchycení a přežití. Počet nepůvodních druhů na nové lokalitě (E) je závislý na počtu druhů, které se sem rozšířily (I) a jejich přežití (S) je ovlivňováno vlastnostmi společenstva. Tento vztah můžeme vyjádřit: E = I x S. Schopnost nepůvodního druhu přežít (S) v novém společenstvu je ovlivňována konkurenčním tlakem druhů, které již ve společenstvu rostou (Sv), býložravci a patogeny, kteří se zde vyskytují (Sn), náhodnými vlivy (Sc) a jeho vlastnostmi (Sm). Aby druh přežil a stal se úspěšným, musí překonat vliv těchto faktorů: S = Sv x Sn x Sc x Sm.

Na velkých územích můžeme formulovat několik obecných pravidel, která se týkají jejich invadovanosti (Pyšek, Richardson 2006, Chytrý & Pyšek 2008, Chytrý & Pyšek 2009a). Zde jsou stručně uvedena zobecnění, která předkládá Chytrý & Pyšek (2008).

- Ostrovy jsou invadovány více než pevnina. Tento fakt se zpravidla vysvětluje existencí volných nik na ostrovech. Vychází z ostrovní biogeografie, ze které vyplývá, že počet druhů na ostrovech klesá s jejich velikostí a s rostoucí vzdáleností od pevniny. Většina ostrovních druhů má slabou schopnost konkurence proti zavlečeným druhům.
- Za kolébku rostlinných invazí můžeme označit Středomoří. Rostliny této oblasti se dlouhodobě vyvíjely v kontaktu s člověkem a jsou dobře adaptovány na časté disturbance. Z výše uvedeného vyplývá, že Nový svět je více invadován než Starý svět.
- Tropické oblasti jsou invadovány méně než mimotropické. Nižší invadovanost tropů je vysvětlována přirozenou rezistencí tropických ekosystémů vůči nepůvodním druhům. Rezistenci zřejmě způsobuje velká biomasa a rychlá obnova vegetace po jejím narušení.
- Rozdíl v invadovosti nalezneme také mezi nížinami a horskými oblastmi. Počet nepůvodních druhů se s nadmořskou výškou zmenšuje rychleji než počet druhů původních. Nížiny mají vyšší hustotu zalidnění a jsou protkány sítí cest. Tyto faktory zvyšují přísun diaspor[7]. Horské oblasti bývají často izolovány a rostliny musí překonávat bariéry, které představují nížinné oblasti. I v České republice zaznamenáváme pokles nepůvodních druhů s nadmořskou výškou.

Catford et al. (2011) doporučuje pro určování invadovanosti používat několik indikátorů. Pomocí nich bude možné posoudit míru nebo závažnost zasažení, odhalit vývojové trendy a mohou nás varovat před potenciální invazí. Invaze by mohly být posuzovány podle ekologických důsledků (homogenizace, konkurence původních druhů, narušení funkce ekosystému), ekonomických důsledků (snížená zemědělská produkce, ztráta ekosystémových služeb) a potenciální péče, která bude třeba na udržení ekosystému. Indikátory by měly být vybírány podle několika kritérií. Měly by být ekologicky významné,

[7] diaspora – část rostlin, která zajistí vznik nového jedince např. semeno, úlomek, spora (Pyšek & Sádlo 2004a)

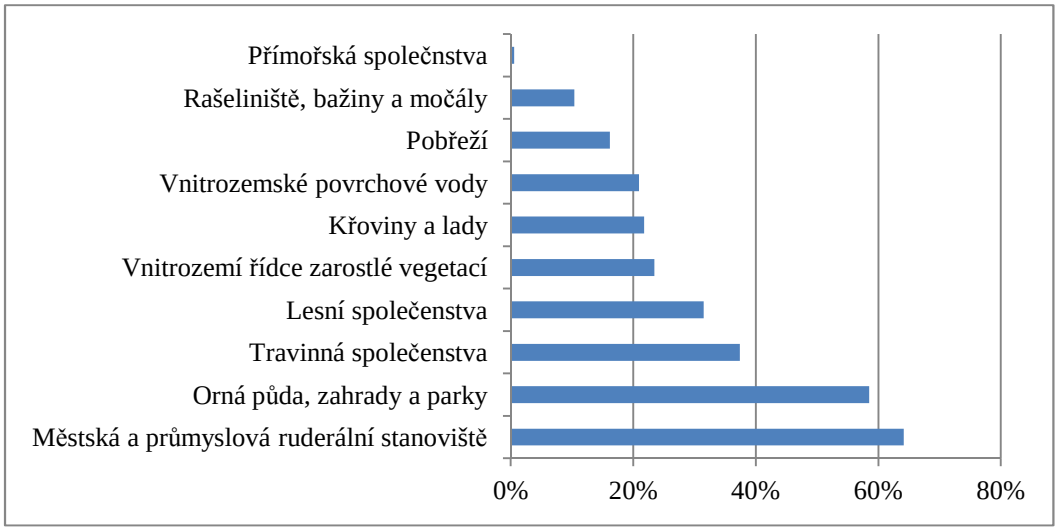
široce použitelné a srovnatelné, nezávislé na měřítku území, spolehlivé, dobře počitatelné, opakovatelné v čase a nákladově efektivní. Na základě těchto vlastností doporučuje používat relativní bohatost nepůvodních druhů *(Relative alien species richness*) a relativní hojnost nepůvodních druhů (*Relative alien species abundance*). Oba indikátory jsou nezávislé na velikosti území. Prvně zmíněný indikátor představuje změnu v původním druhovém bohatství. Druhý indikátor nám udává informace o početnosti, hustotě nebo pokryvnosti nepůvodních druhů.

Invadovanost rozsáhlejších území (stát, provincie) lze určovat pomocí fytocenologických snímků. Studii našeho území provedl Chytrý et al. (2005, 2009). Nejvíce nepůvodních druhů zaznamenal na orné půdě (55,5 % archeofytů, 5,6 % neofytů), v jednoleté ruderální vegetaci (47,3 % archeofytů, 9,5 % neofytů), v antropogenních vysokobylinných porostech (25,1 % archeofytů, 4,4 % neofytů) a na sešlapávaných stanovištích (21,8 % archeofytů, 6 % neofytů). Průměrně se zde vyskytovalo 18-56 % archeofytů a 4,2-9,5 % neofytů. Vysoký podíl neofytů vykazovaly také lesní kultury s nepůvodními listnatými stromy. Na těchto stanovištích vykazovaly nepůvodní druhy také nejvyšší pokryvnost. Vysokou pokryvnost vykazovaly neofyty ve vysokobylinné vegetaci vlhkých půd, ale zde byly zastoupeny malým počtem druhů. Nejméně nepůvodních druhů se vyskytuje na vrchovištích, v alpínských trávnících, alpínské a subalpínské keřové vegetaci a v přirozených jehličnatých lesích. Existují rozdíly ve výskytu archeofytů a neofytů. Archeofyty jsou vázány spíše na polopřirozené suché trávníky a louky, zatímco neofyty se převážně vyskytují v disturbovaných biotopech s produktivní půdou, např. vrbové křoviny podél vodních toků. Obecně lze říci, že pokryvnost nepůvodních druhů je větší v nížinných zemědělských oblastech a městech. Nejmenší pokryvnost vykazují horské oblasti. Zemědělské oblasti jsou ve středních nadmořských výškách invadovány více než lesy. Mezi nejvíce invadované oblasti lze také zařadit nivy řek.

Srovnáme-li invadovanost stejných společenstvech v různých územích, zjistíme, že vykazují podobné znaky. Lze předpokládat, že jednotlivá společenstva mohou mít specifické vlastnosti, které ovlivňují, do jaké míry jsou invadovány. Srovnáním biotopů České republiky, Velké Británie a Katalánie zjistíme určité schody v invadovanosti neofyty (Chytrý, Pyšek 2009a). Nejvíce byla zasažena společenstva, která jsou silně ovlivňována disturbancemi způsobených člověkem nebo proudící vodou. Jedná se o společenstva bohatá na živiny, která se vyskytují v oblastech s velkým přísunem diaspor. Naopak nejmenší podíl neofytů vykazují ve všech třech regionech společenstva s omezenou dostupností zdrojů

a společenstva vyskytující se ve vyšší nadmořské výšce (Chytrý & Pyšek 2008). V mezinárodním projektu DAISE byla vytvořena databáze nepůvodních rostlin ve 49 evropských zemích/regionech a Izraeli. Na základě této databáze byl ve 30 zemích/regionech vypočítán podíl nepůvodních druhů v jednotlivých stanovištích, viz obrázek č 3. Nejvíce jsou postiženy městská a průmyslová ruderální stanoviště a orná půda (Lambdon et al. 2008), což odpovídá i situaci v České republice.

Obr. č. 3: Invadovanost společenstev



Pozn.: Součet není 100%, protože některé druhy se vyskytují na více stanovištích.
Zdroj: Lambdon et al. 2008

V Británii, stejně jako v České republice, bylo zjištěno, že společenstva s vyšším podílem archeofytů vykazují i vetší podíl neofytů. Tento fakt byl prokázán i v českých národních přírodních rezervacích. Na základě těchto poznatků můžeme říci, že vlastnosti společenstva jsou významnější než vlastnosti druhů. Toto zjištění lze použít v praxi při prevenci a sledování šíření neofytů (Pyšek, Kučera & Jarošík 2004, Chytrý & Pyšek 2008).

Při studiu invazibility nás zajímá, zda je některé společenstvo odolnější nebo náchylnější k šíření nepůvodních druhů než jiné. Invazibilitu ovlivňuje schopnost nepůvodních druhů přežívat a reprodukovat se v novém prostředí, kam se rozšířily. Přežití nepůvodního druhu v novém prostředí ovlivňuje řada faktorů. Nově příchozí nepůvodní druhy jsou vystaveny konkurenčnímu tlaku, který je zpravidla vyvolán druhy původními. Dále se musí vypořádat s případnými herbivory a patogeny. Jejich přežití také ovlivňují klimatické podmínky (úhrn srážek, extremní výkyvy atd.) a jejich schopnost přizpůsobit se novému

společenstvu. V neposlední řadě nesmíme zapomenout, že v některých případech hraje velkou roli náhoda (Chytrý & Pyšek 2008, Chytrý & Pyšek 2009b).

Existuje několik faktorů, které ovlivňují invazibilitu společenstev (Chytrý & Pyšek 2008, Chytrý & Pyšek 2009b).

- V narušených společenstvech vzniká přebytek volných zdrojů, které nejsou využity původní vegetací, např. zvýšený přísun živin nebo slunečního záření.
- Krátkodobě zvýšený přísun zdrojů z okolí, který nestačí spotřebovat původní vegetace, zvyšuje šanci na uchycení nepůvodních druhů. Ke zvýšenému přísunu zdrojů může dojít díky hnojení okolních polí nebo při povodňových situacích.
- Nejvíce rezistentní jsou společenstva málo narušovaná s trvalým nedostatkem nějakého zdroje.
- Některá disturbovaná společenstva jsou méně invazibilní. Je to dáno pravidelností disturbancí.

Mezi nejvíce invazibilní společenstva patří ta silně disturbovaná. Příkladem je pobřežní vegetace, která je narušovaná činností vodního toku.

Výše popsané faktory souvisí s teorií fluktuace dostupnosti zdrojů. Teorie vysvětluje invazibilitu náhlým zvýšením dostupných zdrojů. Jestliže se dostupnost zdrojů výrazně nezvyšuje, jsou zdroje plynule spotřebovávány společenstvem. V případě, že dojde k náhlému zvýšení zdrojů, zvýší se i šance pro uchycení druhů nepůvodních. Nesmíme také zapomínat, že významnou roli hraje přísun diaspor. Společenstvo odolné vůči nepůvodním druhům může být silně invadováno, jestliže se do něj dostává velké množství diaspor a naopak (Chytrý & Pyšek 2009c). Hypotézy, které ovlivňují proces invaze, blíže popisuje ve své práci Hierro et al. (2005).

V minulosti panoval názor, že společenstva s vyšší druhovou rozmanitostí jsou rezistentní vůči nepůvodním druhům. Teorii biotické rezistence podporoval fakt, že ve společenstvech s vyšší biodiverzitou neexistují volné ekologické niky, takže přežití nově příchozího druhu je značně obtížné. Studie, které byly prováděny v posledních dvaceti letech, tuto teorii vyvrací. Bylo zjištěno, že počet nepůvodních druhů je vyšší v oblastech s větším počtem původních druhů. Je to dáno heterogenitou prostředí, která podmiňuje vznik velkého množství stanovišť, která jsou schopna pojmout větší počet jak původních tak i nepůvodních

druhů. Jedná se o studie, které se zabývají velkými územními celky. Nižší invazibilitu druhově bohatších společenstev dokládají studie, které jsou prováděny na homogenních plochách o velikosti několika m^2. Tento jev se vysvětluje konkurencí mezi druhy původními a nepůvodními. Na malých homogenních plochách je konkurence vyšší než na velkých heterogenních plochách (Chytrý & Pyšek 2008, Chytrý & Pyšek 2009c). Chytrý et al. (2005) zkoumal výše uvedená tvrzení na území České republiky. Při porovnání různých biotopů neprokázal vztah mezi počtem archeofytů nebo neofytů a původních druhů. Pozitivní vztah nalezl mezi počtem druhů archeofytů a neofytů.

Pyšek et al. (2010) provedl analýzu výskytu invazních druhů v evropských zemích. Na jejím základě zjistil, že na této úrovni hrají ekonomické a demografické faktory mnohem důležitější roli než geografické podmínky a klima. Ekonomicky vyspělé státy s vysokou hustotou zalidnění jsou více invadovány. Odráží to fakt, že tyto státy mají vysokou intenzitu mezinárodního obchodu, který je jednou z hlavních příčin zavlečení nepůvodních druhů. Propagule nepůvodních druhů jsou součástí transportovaných komodit. Ke zlepšení stavu by mohl přispět lepší monitoring, či případné regulace nebo omezení transportu určitých typů komodit. Essl et al. (2011) doporučuje kromě přijetí opatření na snížení přísunu propagulí (*propagule pressure*) také kontrolu nepůvodních druhů, které se již vyskytují v novém území. Pozornost by měla být především věnována druhům, u kterých je známo, že se v některých lokalitách chovají jako invazní. Možné negativní dopady se ve většině případů neobjeví ihned, ale až v budoucnu.

2.3 Vlastnosti podporující invazi

Důvodů, proč se z některého nepůvodního druhu stane druh invazní, je několik. Jedním z nich jsou biologické vlastnosti druhu, jeho předpoklady a požadavky na prostředí. Další příčiny úspěšné invaze můžeme nalézt v lokálních podmínkách prostředí. Nejhůře předvídatelný důvod představuje náhoda. O úspěšnosti invaze může rozhodnout, jestli se druh ocitl v pravý čas na pravém místě (Pyšek & Sádlo 2004d).

Invazní druhy mají některé vlastnosti, které jim umožňují úspěšné a rychlé šíření. Jeden z prvních kdo definoval „ideální plevel“ byl Baker (1974). Jeho práce se sice netýká konkrétně invazních druhů, ale lze předpokládat, že invazní druh by měl vykazovat podobné vlastnosti „ideálního plevele“. Crawley et al. (1996) se pokusil popsat vlastnosti nepůvodních druhů v Británii a srovnat je s druhy domácími. Došel k závěru, že nepůvodní druhy vykazují

extrémní vlastnosti. Jedná se o druhy mimořádně malého nebo extrémně velkého vzrůstu, které kvetou velmi brzy nebo naopak velmi pozdě. Pyšek (2001) se také zabýval studiem vlastností invazních druhů. Uvádí, že tyto vlastnosti mohou mít i druhy, které nejsou invazní. Vlastnosti, které uvádí výše zmínění autoři, jsou uvedeny v tabulce č. 2, kde jsou porovnány s vlastnostmi bolševníku velkolepého (*Heracleum mantegazzianum*), který prezentuje úspěšný invazní druh.

Tab. č. 2: Vlastnosti invazních druhů

<table>
<tr><th>Baker (1974)</th><th>Pyšek (2001)</th><th>Crawley et al. (1997)</th><th>Bolševník velkolepý (Nielsen 2005</th></tr>
<tr><td>klíčení v různých podmínkách a čase</td><td>vysoká plodnost</td><td rowspan="2">zavlečené druhy jsou vyšší a mají větší semena</td><td>klíčí brzy na jaře</td></tr>
<tr><td>dlouhá životnost semen</td><td>dobrá klíčivost</td><td>nízká mortalita vzrostlých rostlin</td></tr>
<tr><td>rychlý růst až do doby kvetení</td><td rowspan="2">snadné šíření do okolí</td><td rowspan="2">semena mají často dlouho dormanci</td><td>rychlý růst listové růžice (konkurence ostatních rostlin)</td></tr>
<tr><td>samosprašnost, druh nemá specializovaného opylovače, opylení větrem</td><td>vysoká produkce semen a klíčivost, samoopylení</td></tr>
<tr><td>vysoká produkce semen</td><td rowspan="2">schopnost přežít v nepříznivých podmínkách</td><td rowspan="2">zavlečené druhy kvetly brzo nebo pozdě</td><td rowspan="2">schopnost přežít v nepříznivých podmínkách</td></tr>
<tr><td>semena klíčí v širokém rozmezí podmínek</td></tr>
<tr><td>schopnost šíření na krátké i dlouhé vzdálenosti</td><td rowspan="3">rychlý růst a velká produkce biomasy</td><td rowspan="3">zavlečené druhy byly častěji opylovány větrem</td><td>vysoká hustota semen v půdní bance</td></tr>
<tr><td>mohutný vegetativní růst, schopnost regenerace z úlomků</td><td rowspan="2">schopnost odložit kvetení v nepříznivých podmínkách</td></tr>
<tr><td>schopnost mezidruhové konkurence</td></tr>
</table>

Zdroj: upraveno podle Baker (1974), Crawley et al. (1997), Pyšek (2001), Nielsen (2005).

Moravcová et al. (2010) ve své práci zkoumala reprodukční vlastnosti neofytů, které se vyskytují na území České republiky. Zjistila, že reprodukční vlastnosti neofytů se od původních druhů statisticky liší. Potvrdila, že neofyty vykazují vyšší plodnost a dokážou odložit vzcházení semenáčku na jaro příštího roku. Dále zjistila, že neofyty mají výrazně kulatější propagule a jsou lépe přenášeny větrem.

Bernez et al. (2006) uvádí, že vlastnosti ideálního invazního druhu není jednoduché definovat, protože invazní druhy vykazují řadu různých vlastností. Podle něj můžeme identifikovat vlastnosti, které jsou pro rostlinu nejdůležitější v invazním procesu. Jedná se o reprodukci, růst a schopnost získávání zdrojů.

Úspěch invazních druhů závisí také na jejich primárním areálu. Pokud má druh velký areál svého původního rozšíření, má vetší šanci být úspěšný v invazním procesu. Odráží to skutečnost, že takovýto druh je schopný snášet velké ekologické rozpětí. Vlastnosti druhu, které mu umožní přežít ve svém velkém přirozeném areálu, jsou stejně jako ty, jež mu umožní invadovat jiná území (Pyšek et al. 2009).

2.4 Situace v ČR a Evropě

Česká republika je k rostlinným invazím poměrně náchylná. Příčinu můžeme nalézt v poměrně hustém osídlení a v husté sítí silnic, železnic a řek. Tyto liniové prvky, společně s člověkem vyvolanými disturbancemi, napomáhají šíření diaspor. Rostlinným invazím napomáhá i její poloha mezi velikými celky. Na jihu sousedí s Alpami, na východě se nachází Karpaty a na jihovýchodě leží Panonská nížina. Západní část je více ovlivněna oceánským klimatem a na severu díky čtvrtohornímu zalednění nalezneme méně rostlinných druhů. Celkově je krajina díky lidské činnosti a přírodním podmínkám velmi rozmanitá. Pestrost krajiny je důležitý předpoklad pro šíření rostlin. Celkově naše republika nepatří k oblastem silně zasaženým. I přesto zde nalezneme řadu nežádoucích druhů, které způsobují problémy. (Pyšek et al. 2002, Křivánek 2004, Pyšek & Sádlo 2004b)

Nepůvodní flóra ČR představuje podle současných znalostí 1454 taxonů. Její podíl na celkovém počtu taxonů činí 29,7 - 33,1 %. Převažují neofyty (1104 taxonů) nad archeofyty (350 taxonů). Počty druhů a jejich postavení v invazním procesu jsou zaznamenány v tabulce č. 3 (Pyšek et al. 2012).

Tab. č. 3: Složení nepůvodní flóry ČR

	Přechodně zavlečený	**Naturalizovaný**	**Invazní**	**Celkem**
Archeofyty	138 (74)	201 (237)	11 (21)	**350 (332)**
Neofyty	847 (817)	207 (160)	50 (69)	**1104 (1046)**
Celkem	**985 (891)**	**408 (391)**	**61 (90)**	**1454 (1378)**

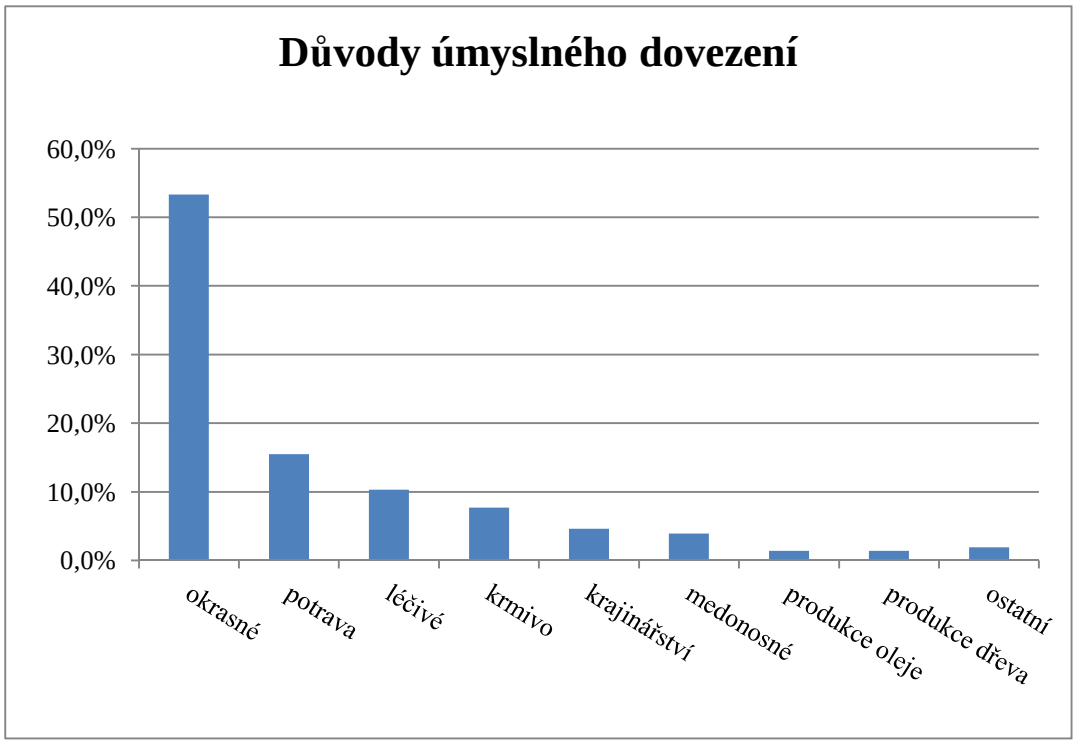
pozn.: Hodnoty v závorkách představují počty druhů, které byly zjištěny Pyškem et al. v roce 2002.
Zdroj: Pyšek et al. 2002, Pyšek et al. 2012

Oproti katalogu z roku 2002 bylo přidáno 151 taxonů a 75 taxonů bylo vyškrtnuto, takže došlo k navýšení nepůvodních taxonů na 1454. Tato úprava odráží nově objevené druhy na našem území, přehodnocení statusu některých druhů a také nové poznatky v oblasti archeobotaniky (Pyšek et al. 2012).

Nepůvodní druhy se na naše území dostávaly nejdříve z euroasijského kontinentu. Druhy ze severní Ameriky musely překonávat velkou geografickou bariéru v podobě oceánu, a tak byla rychlost jejich šíření částečně zpomalena. Naproti tomu severoamerickým druhům nahrávají podobné klimatické podmínky. Většina nepůvodních druhů pochází z různých částí Asie a Evropy - nejvíce ze Středomoří. Podobně je tomu i u jiných evropských států. Archeofyty mají svůj původní areál rozšíření převážně v oblastech Středomoří. Naproti tomu neofyty pocházejí přibližně stejnou měrou z Evropy, Asie a Severní Ameriky. Rostliny byly na naše území šířeny neúmyslně i úmyslně. Neúmyslně byla na naše území dopravena téměř polovina všech nepůvodních druhů (49,9 %). Hlavní příčinou neúmyslného šíření druhů je jejich dovoz jako příměs rostlinných nebo živočišných produktů. Na území České republiky se tímto způsobem dostávaly rostliny třemi cestami: labská (druhy využívaly ke svému šíření lodní dopravu na Labi), panonská (touto cestou se po Dunaji na naše území dostávaly převážně druhy z Balkánského poloostrova) a východní (diaspory byly častou součástí nákladu obilí z bývalého SSSR). Nepůvodní druhy byly součástí nákladů, které se přepravovaly těmito cestami. Podobným způsobem se nepůvodní rostliny dostávaly i do jiných částí Evropy. Lambdon et al. (2008) uvádí, že do Evropy bylo 37,2 % nepůvodních rostlin zavlečeno neúmyslně a většina se na nová území dostala společně s dováženými komoditami. Úmyslně bylo na naše území dovezeno 42,7 %[8] nepůvodních druhů. Stejně jako v jiných státech Evropy, byly rostliny rozšiřovány především pro své okrasné účely. Další důvody úmyslného zavlečení na území ČR zachycuje obrázek č. 4 (Pyšek & Sádlo 2004b, Mlíkovský & Stýblo 2006, Lambdon et al. 2008). Je třeba si uvědomit, že Evropa není pouze příjemcem nepůvodních druhů. Řada nepůvodních druhů na jiných kontinentech má svůj původ v Evropě. Např. 759 rostlinných druhů zavlečených do Austrálie pochází ze střední Evropy. Způsoby a důvody introdukce jsou obdobné jako v Evropě (Phillips et al. 2010).

[8] 7,4 % nepůvodních rostlin bylo zavlečeno kombinací obou způsobů.

Obr. č. 4: Důvody úmyslného dovezení



Zdroj: Mlíkovský & Stýblo 2006

Matějček (2009) provedl analýzu prací, které se zabývají nebezpečností invazních druhů. Na základě této analýzy lze dojít k závěru, že mezi nejvíce nebezpečné druhy, které se vyskytují na našem území, patří např.: pajasan žláznatý (*Alianthus altissima*), bolševník velkolepý (*Heracleum mantegazzianum*), netýkavka žláznatá (*Impatiens glandulifera*), křídlatka (*Ryeynoutria sp.*), trnovník akát (*Robinia pseudacacia*), vlčí bob mnoholistý (*Lupinus polyphyllus*) aj.

Evropský projekt DAISIE, který se věnoval biologickým invazím, uvádí mezi sty nejvíce nebezpečnými druhy[9] také 16 druhů suchozemských rostlin. Nejvíce druhů má svůj původní areál rozšíření v Asii nebo Severní Americe. Na našem území se vyskytuje 10 druhů, přičemž 6 velmi hojně. Všechny druhy jsou uvedeny v tabulce č. 4.

[9] Seznam „100 of the Worst“ zahrnuje veškeré nepůvodní druhy.

Tab. č. 4: Nebezpečné invazní rostliny

Druh		Původní areál	Výskyt v ČR
akácie sivozelená	*Acacia dealbata*	Austrálie	Ne
pajasan žláznatý	*Ailanthus altissima*	Východní Asie (Čína)	Ano
ambrozie peřenolistá	*Ambrosia artemisiifolia*	Severní Amerika (USA, Kanada)	Ano
kosmatcovník jedlý	*Carpobrotus edulis*	Kapsko (JAR)	Ne
kortaderie dvoudomá	*Cortaderia selloana*	Brazílie, Chile, Argentina, Paraguay	Ne
štětinec laločnatý	*Echinocystis lobata*	Severní Amerika (od Saskatchewanu po Texas)	Ano
křídlatka japonská	*Reynoutria japonica*	Východní Asie	Ano
hedýchium	*Hedychium gardnerianum*	Indický subkontinent	Ne
bolševník velkolepý	*Heracleum mantegazzianum*	Západní Kavkaz	Ano
netýkavka žláznatá	*Impatiens glandulifera*	Centrální Asie, podhůří Himaláje	Ano
opuncie mexická	*Opuntia ficus-indica*	Střední Amerika (od Mexika po Kolumbii)	Ne
šťavel kozí noha	*Oxalis pes-caprae*	Kapsko (JAR)	Ano
střemcha pozdní	*Prunus serotina*	Severní Amerika (od jihovýchodu Kanady po Guatemalu)	Ano
rhododendron	*Rhododendron ponticum*	jihovýchodně od Černého moře, jihozápad Španělska a západ Portugalska	Ne
trnovník akát	*Robinia pseudoacacia*	USA (Apalačské pohoří)	Ano
růže svraskalá	*Rosa rugosa*	Východní Asie	Ano

Zdroj: Pyšek et al. 2012, www.europe-aliens.org

Invazním druhům s velkým dopadem na životní prostředí nebo na ekonomiku se věnuje velký počet studií. Na jeden invazní druh[10] připadá v Evropě 2,4 studie a v Americe dokonce 3,1. Bohužel, zatím není pozornost příliš věnována druhům, které dosud nejsou invazní a nacházejí se v některé z fází invazního procesu. Studiem těchto druhů bychom lépe pochopili mechanizmy, které se podílejí na úspěchu invaze (Pyšek et al. 2008).

2.5 Negativní dopady a likvidace invazních rostlin

Nepůvodní druhy mohou na svých nových lokalitách způsobovat řadu problémů. Degradují původní ekosystémy, mění jejich ekosystémové služby a podílejí se na jejich homogenizaci (Pyšek, Richardson 2010). Jiné studie poukazují, že nepůvodní druhy mohou způsobovat i škody ekonomického rázu. Jedna z nejkomplexnějších studií, která zohledňuje

[10] jedná se o veškerou biotu (rostliny i živočichy)

negativní i pozitivní dopady invaze je práce Zavalety (2000)[11] cit. in Pergl (2008). Uvádí, že celkové ztráty způsobené na jihozápadě USA invazním druhem rodu *Tamarix* (tamaryšek), budou pro budoucích 55 let 7-16 mld. USD. Kromě výše uvedených ekologických a ekonomických problémů mohou nepůvodní druhy způsobovat i problémy zdravotní, např. alergie.

Původní rostliny v invadovaném areálu nejsou většinou připraveny na kompetici s dominantními invazními druhy. Nikdy před tím s nimi nepřišly do styku. Mezidruhová kompetice mezi původními a nepůvodními druhy je silnější než vnitrodruhová konkurence mezi původními druhy, ale slabší než vnitrodruhová konkurence mezi druhy nepůvodními. Bylo zjištěno, že společenstva složená z původních a nepůvodních druhů jsou méně produktivní než monokulturní společenstva původní. Naproti tomu jsou více produktivní, než monokulturní společenstva invazní. Můžeme říci, že vliv nepůvodních druhů, konkrétně invazních, je větší na původní druhy než naopak. Ale musíme konstatovat, že zatím není z Evropy ani z jiné části světa znám případ, kdy došlo k vyhynutí rostlinného druhu, přímým důsledkem invaze (Vilá, Weiner 2004, Marková, Hejda 2011).

V České republice se v boji proti rostlinným invazím využívají tři možnosti. Nejradikálnější je přímá likvidace všech jedinců a jejich propagulí. K likvidaci se využívají mechanické, chemické a v některých případech i biologické prostředky. V některých lokalitách stačí kontrola a postupné omezení výskytu druhu. Při rychlém průběhu invaze se snažíme druh potlačit, zastavit, či zpomalit jeho šíření. Není jednoduché říci, které invazní rostliny by se měly cíleně likvidovat. Při těchto rozhodnutích musíme brát vždy úvahu lokální podmínky, které na daném stanovišti panují. O složitosti posouzení vlivu invazních rostlin hovoří i fakt, že 36 památných stromů představují invazní dřeviny (Křivánek 2004, Pyšek & Sádlo 2004c).

Nejčastěji se v České republice zasahuje proti bolševníku velkolepému (*Heracleum mantegazzianum*), křídlatkám (*Reynoutria japonica, R. sachalinensis, R. bohemica)* a trnovníku akátu (*Robinia pseudacacia*). Problematikou likvidace bolševníku velkolepého (*Heracleum mantegazzianum*) se věnuje například Perglová et al. (2004) a Nielsen et al. (2005). Tito autoři rovněž poukazují na jeho negativní působení na lidské zdraví. Odstraňování křídlatky (*Reynoutria sp.*) probíhá na různých lokalitách a různým způsobem

[11] Zavaleta, E. (2000): Valuing ecosystem services lost to Tamarix invasion. In: Mooney, H. A. & Hobbs, R. J. [eds.]: Invasive species in a changing world, Island Press, Washington DC: 261–300.

(Birklen 2007, Štrubař, Albín 2005). Negativními dopady trnovníku akátu (*Robinia pseudacacia*) a možnostmi jeho odstranění se zabývá Vítková (2011) a Trylč (2007).

Je důležité si uvědomit, že jednorázový zásah nestačí. Velmi důležitá je následná péče o lokalitu.

3. Údolní niva

Údolní nivy představují velmi dynamický prostor, kde se s velkou intenzitou odehrávají přírodní procesy, které jsou podmíněny činností vodního toku. Jedná se především o erozi a akumulaci. Údolní nivy jsou tak svým výskytem vázány na řeky. Vodní tok vytváří a modeluje nivu, ale také ovlivňuje její vegetaci a drobnou faunu. Nivy vyskytující se dnes na území České republiky vznikly v nejmladší geologické minulosti, tj. v poslední ledové a poledové době, čemuž odpovídá würmský glaciál a holocén. Jedná se o azonální geosystém, který vymezuje řada definic (Křížek 2007, Ložek 2003, 2011).

3.1 Vymezení nivy

Nivu si lze představit jako akumulační rovinu, která se nachází podél vodního toku a je tvořena nekonsolidovanými sedimenty. Tyto sedimenty jsou transportovány a usazeny vodním tokem, který tento prostor při povodních většinou zaplavuje (Demek 1988). Jedná se o prostor, který je vymezen fluviálními tvary. Na jedné straně je ohraničen korytem a na straně druhé údolím. Je důležité, že niva je budována fluviálními sedimenty, které jsou důsledkem fungování fluviálních geomorfologických procesů (Křížek 2007). Niva je vázaná na říční sedimenty, které vznikly v holocénu činností řeky. Tyto sedimenty bývají označovány za aluvium. Vznik, transport a sedimentace aluviálních sedimentů začíná u pramene a končí v ústí nebo deltě řeky respektive až v moři. Velikost usazovaných částic klesá směrem po proudu. Na našem území dochází ke vzniku štěrkopískových sedimentů ve středních úsecích řek, obvykle okolo nadmořské výšky 300 m. Tyto sedimenty jsou převážně překryty půdami (Štěrba et al. 2008).

V nivě nalezneme mladé půdy, které vznikají z půd erodovaných v horní části povodí a následně jsou resedimentované vodním tokem. Tyto půdy spadají podle poslední klasifikace mezi fluvizemě. Fluvizemě byly dříve označovány jako nivní půdy. Jejich jednotlivé subtypy jsou závislé na jejich zrnitosti, hydromorfismu nebo na chemismu sedimentů. Materiál tvořící tyto půdy byl několikrát odnesen, transportován a následně sedimentován. Díky těmto fluviálním nebo v některých případech i svahovým procesům, došlo k jeho texturní homogenizaci a zrnitostnímu vytřídění. V horních částech toku se fluvizemě vyskytují pouze v úzkém pásu podél řeky. Ve středních a dolních částech bývají záplavové oblastí širší a výskyt fluvizemí přibližně odpovídá těmto oblastem. Ekologové nebo geobotanici rozlišují nivní půdy na rambla, paternia a vegy. Liší se od sebe zrnitostí, intenzitou půdotvorných procesů a hydromorfismem. Roste na nich typická vegetace. Rambla jsou málo zásobena

živinami a vyskytují se na nich olšiny. Měkký luh je typický pro paternie. Vegy jsou zaplavovány jen výjimečně a roste na nich tvrdý luh. Ačkoliv nalezneme v nivách převážně fluvizemě, není jejich vymezení podle tohoto půdního typu zcela jednoznačné. Obtížná situace nastává při vymezení fluvizemí vůči půdám navazujícího svahu. Materiál, který je sedimentován na úpatí, pochází z okolních svahů. Může překrývat původní fluvizemě, které vznikly činností vodního toku. Půdy vzniklé ze svahových sedimentů jsou označovány jako koluvizemě. Při zvýšeném erozním potenciálu svahu může docházet k postupnému vyplňování nivy erozními sedimenty a vzniká koluviálně-aluviální pás, který je tvořen materiálem různého typu. Fluvizemě i koluvizemě představují vývojově mladé půdy. První jmenovaná je tvořena heterogennějším substrátem, který pochází z vyšších částí povodí. Jejich vznik je spjat s odlesněním a rozvojem zemědělství. Koluvizemě obsahují materiál lokálního původu a vykazují vlastnosti půd ze sprašového substrátu. Kromě zmíněných fluvizemí lze v nivě nalézt ještě gleje, organozemě a černice (Šefrna 2007, Zádorová et al. 2008, Štěrba et al. 2008). Tyto půdy se vyskytují téměř na 5 % území České republiky (Šterba et al. 2008).

Ložek (2008, 2011) poukazuje na opomíjení těchto svahových sedimentů, které tvoří koluvizemě. Tento sedimentovaný materiál označuje jako svahoviny. Svahoviny hrají důležitou roli při rekonstrukci vývoje podnebí a prostředí. Uvádí, že tyto uloženiny, které se vyskytují při úpatí, představují zdroje informací o podnebí, které zde panovalo v posledních 15-20 tisíciletích.

Biologové, především ekologové a botanici, vymezují údolní nivu podle typických ekosystémů a společenstev rostlin a živočichů. Dalo by se říci, že se jedná o vymezení podle skladby vegetace (Křížek et al. 2006). Chuman (2008) se pokusil vymezit nivu za pomoci pedologických a biogeografických podkladů. Tento přístup k distančnímu vymezení nivy ukázal, že pomocí pedologické mapy 1:50 000 je možné nivu vymezit na základě výskytu fluvizemí. Slabou stránkou tohoto přístupu je nedostatečné pokrytí České republiky datovými podklady a nezohlednění potenciálních abiotických podmínek v lesotypologických datech. Ložek (2003, 2011) zohledňuje v definici nivy celý ekosystém. Zahrnuje abiotickou i biotickou složku. Uvádí, že *„Niva je ploché údolí, jehož stavbu, vegetaci i faunu utváří a ovlivňuje činnost vodního toku.„ (Ložek 2011 str. 63).*

Velikost údolní nivy není stejná ve všech částech vodního toku. Většinou dochází k jejímu rozšiřování směrem od pramene. Od pramene také ubývá svahových procesů, které

se podílí na jejich formování (Křížek 2007). Sedimenty tvořící údolní dno můžeme rozdělit do dvou skupin různého stáří. Starší sedimenty byly uloženy divočícími toky v posledním glaciálu. Jedná se o štěrky a písky nízké terasy. Tato tělesa se u nás vytvořila jen v širokých údolích, např. dolní Vltava a Ohře. Druhou skupinou jsou mladší sedimenty, které byly vytvořeny meandrujícími toky a představují souvrství dnešních niv. Mají pestřejší vývoj, protože byly ukládány vodním proudem. Jedná se o břehové valy a písčité nebo štěrkové lavice. Při povodňových situacích docházelo k sedimentaci jemného bahna, které bylo neseno povodňovým proudem. Také docházelo k vyplňování mrtvých říčních ramen hnilokaly a slatinami (Ložek 2011).

3.2 Funkce údolní nivy

Údolní niva má řadu funkcí. Za funkci považujeme souhrn vlastností, činností, charakteristik, vztahů a projevů krajiny. Většina těchto jevů existuje mimo vědomí a vliv člověka. Šterba et al. (2008) uvádí, že říční krajina má přibližně 20 různých funkcí. Niva je součástí této krajiny, a proto má některé funkce totožné. V posledních letech se nejčastěji, s ohledem na nedávné povodně, zmiňuje její protipovodňová funkce. Prostor nivy slouží k rozlivu povodňové vlny a následné retenci vody. Blíže se této problematice věnuje např. Langhammer (2007). V nivě se mohou vyskytovat zásobárny podzemní vody, které mohou být vodohospodářsky využívány. Také je důležitá její dekompoziční, samočisticí a stabilizační funkce, která je podmíněna přítomností vegetace. Pro člověka je asi nejvýznamnější funkce produkční, zatímco její funkce „biologická“ je stále opomíjena. Přitom nivy představují refugia fauny a flory v kulturní krajině. Jak bylo zmíněno, některé funkce nivy jsou závislé na vegetaci, která zde roste. Funkce a význam vegetace lze shrnout do několika základních bodů:

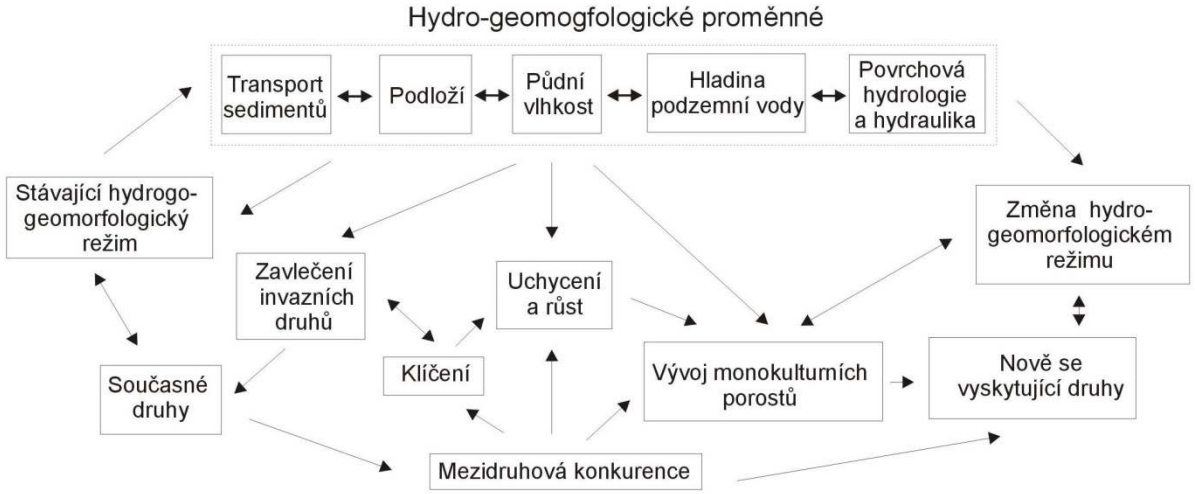
- zpevnění a stabilizace břehu (zabránění erozi)
- redukce přísunu živin a jemnozrnného materiálu
- zlepšování kvality povrchových vod
- retenční schopnost
- protipovodňová ochrana
- propojení s krajinou (biokoridor)
- biotop pro živočichy
- ostatní funkce (estetická, změna výparu …)

(Gergel, Husák 2004, Just et al. 2003, Vrána et al. 2004)

3.3 Vegetace

Jak již bylo uvedeno, prostor nivy je velmi dynamický. Vegetace se vyvíjí pod vlivem záplav. Díky erozní a akumulační činnosti, které jsou podmíněné povodní, vznikají a zanikají stále nová stanoviště. Některá stanoviště mají jen krátká trvání a jsou rychle přemodelována na jiná. Taková stanoviště označujeme za efemérní (Šterba et al. 2008). Vegetaci ovlivňují zmíněné disturbance přírodního charakteru, ale je také narušována antropogenní činností. Dále ji ovlivňují abiotické a biotické faktory a také současné a historické využívání krajiny (Chuman et al. 2007). Vegetace říční nivy se musí potýkat s řadou proměnných, které jsou způsobeny vodním tokem, jeho erozní a akumulační činností. Jak jsou rostliny ovlivňovány, zachycuje obrázek č. 5.

Obr. č. 5: Hydro-geomorfologické proměnné



Zdroj: upraveno podle Tickner et al. 2001

Říční nivy se vyznačují svou vysokou biodiverzitou. Platí zde závislost mezi stupněm disturbance a druhovým bohatstvím společenstev. Biotopy, které jsou vystaveny určitým disturbancím, nejčastěji povodním, mají vyšší biodiverzitu. Kromě vysokého počtu druhů se říční nivy vyznačují i svou vysokou produktivitou. Vysokou produktivitu zapříčiňuje dostatek vody a živin. Velkou mírou se také podílejí disturbance. Obnovují heterogenitu prostředí a sukcesních procesů. Tím brzdí stárnutí společenstev, které by jinak znamenalo snížení produktivity. Kdyby nebyla vegetace vystavována účinkům povodní, vedlo by to k její homogenizaci. Došlo by k posunu mezi dominantními druhy ve prospěch konkurenceschopnějších druhů (Štěrba et al. 2008). Chuman et al. (2007) provedl rešerši

článků, které se týkaly změny druhového složení po záplavách a následné sukcesi na nově vytvořených sedimentech. Získané poznatky shrnuje do tří skupin:

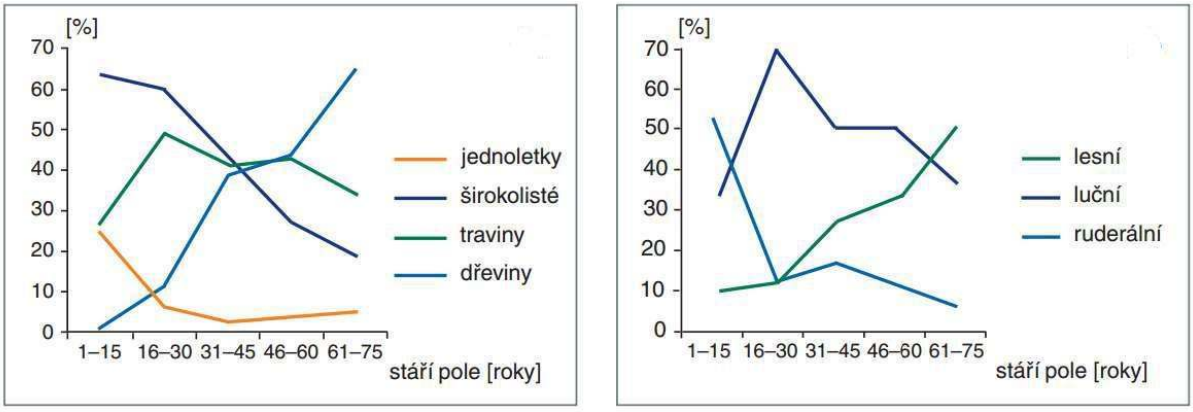
1. Dochází k regeneraci původní vegetace.
2. Dochází k iniciaci sukcese na nově vytvořených stanovištích.
3. Dochází k šíření nepůvodních druhů.

K **regeneraci** původních společenstev může dojít, pokud je povodeň malé intenzity a krátké doby trvání. V tomto případě buď nemusí docházet ke změně společenstva nebo je změna malá a vyskytují se rozdíly pouze v pokryvnosti jednotlivých druhů. Společenstvo může projít dočasnou změnou, ale probíhající sukcese směřuje k původnímu společenstvu. Pokud povodeň vyvolala silné disturbance, může dojít k celkové změně společenstva. Schopnost regenerace společenstva je závislá na tloušťce náplavu a době trvání záplavy. Šterba et al. (2008) poukazuje na odlišné osidlování nivy. Na jednom místě nalezneme mnoho nepříbuzných druhů s různými strategiemi přežití, které mají stejné podmínky. Fylogeneticky příbuzné druhy rostou pospolu, ale vždy v různých částech nivy a jsou tam vystaveny různým podmínkám. První společenstva mají vyšší schopnost regenerace, neboť se zde vyskytují druhy s různými životními strategiemi.

Sukcesi ovlivňuje řada faktorů. Je závislá na zásobě nově přinesených diaspor, popřípadě na schopnosti regenerace vyskytující se semenné banky. Ovlivňuje ji druh substrátu a další abiotické faktory. Mezi druhy, pro které je charakteristická vysoká produkce semen, patří např. kopřiva (*Urtica dioica*) a ptačinec (*Stellaria media*). Blažková (2003) pozorovala vysoký výskyt polních plodin. Z okolních polí byla spláchnuta semena hořčice (*Sinapis alba*) a pšenice seté (*Triticum aestivum*).

Obecně se v první fázi sukcese nejhojněji objevují druhy jednoleté, poté druhy šířící se postranními výběžky či výhony. Na některých místech dochází ojediněle i k uchycení semenáčků dřevin. Také se objevují druhy, které se v nivě delší dobu nevyskytovaly, nebo druhy úplně nové (Chuman et al. 2007). Prach et al. (2009b) sledoval spontánní sukcesi na opuštěných polích. Z obrázku č. 6 je patrné jak se v průběhu času mění zastoupení základních životních forem. Podobnou změnu lze pozorovat i na jiných stanovištích, která jsou ponechána svévolnému vývoji. V počáteční fázi se uplatňují druhy ruderální a jednoleté. S přibývajícím časem luční traviny a poté dřeviny. Vzhledem k tomu, že v nivě je sukcese neustále ovlivňována disturbancemi, nedochází k rozmachu dřevin.

Obr. č. 6: Sukcese na opuštěných polích



Zdroj: Prach et al. 2009b

Vlastnosti niv jsou ideální k **šíření invazních druhů**. Představují na vodu a živiny bohatý biotop, který je vystaven častým disturbancím, čímž vznikají nová stanoviště pro uchycení nových rostlinných druhů. Navíc řeka přispívá k šíření diaspor. Také antropogenní činnost zvyšuje šanci na uchycení invazních rostlin. Díky těmto faktorům dochází k šíření invazních druhů, které bylo pozorováno na různých lokalitách (Blažková 2003, Šaňková 2006, Chuman et al. 2007, Lacina 2007). Bylo sledováno šíření invazních druhů podél vodních toků (např. Matějček 2009), jejich rozšíření v různých typech biotopů (např. Kalousová 2009, Šenová 2011) nebo na různých akumulačních tvarech, které vznikly v důsledku povodně (Loučková 2011). Změnu v rozšíření invazních druhů v časovém průběhu sledoval např. Matějček (2008).

Bohužel v současné době dochází na mnoha místech k **degradaci nivy**. Kromě invazních rostlin ovlivňuje říční nivy také člověk, který svým chováním velmi silně a rychle ovlivňuje krajinu. Antropogenní procesy přeměny krajiny jsou mnohem rychlejší než přírodní. Změny v krajině jsou podmíněny změnami ve společnosti (Lipský 2007). Oblasti údolních niv jsou na našem území ovlivňovány lidskou činností od neolitu, kdy se člověk stal rolníkem a chovatelem dobytka. Největší vliv mělo odlesňování, které bylo spojeno s orbou a pastvou. Tyto lidské činnosti zapříčinily erozi a následný odnos půd a vznik nivních půd – fluvizemí. Obecně můžeme antropogenní zásahy rozdělit na přímé a nepřímé. Mezi nepřímé patří již zmíněné odlesňování, které vede k narušování povrchů půdy a podporuje erozi. Častým problémem je znečišťování vodního toku případně jeho eutrofizace. Eutrofizace má vliv na změnu druhového složení nivních ekosystémů. Přímé zásahy jsou zřetelné na první pohled. Ve středověku se jednalo o drobné úpravy vodních toků pro potřeby

mlýnů a zakládaly se rovněž rybniční soustavy. Daleko větší zásahy do přírodních podmínek představují meliorizační úpravy, které napřimují vodní toky, čímž zanikají meandry a dochází k rychlejšímu odvodňování krajiny. Prach (2009) uvádí, že podobnými úpravami bylo postiženo cca 10 000 km^2, což představuje zhruba 1/8 území České republiky. Úplný konec pro život nivy představuje výstavba údolních přehrad (Ložek 2011). Negativní dopady má i výstavba měst a komunikací v nivě. Vodní toky protékající intravelánem jsou často silně znečišťovány a je zde i vysoký stupeň eutrofizace (Štěrba et al. 2008). Nivy jsou díky své úrodnosti často využívány pro zemědělskou činnost. V posledních několika desetiletích můžeme sledovat změnu ve využívání krajiny v úzkých nivách menších toků. S nástupem socialistické zemědělské velkovýroby v 50. - 60. letech 20. století docházelo k přerušení obdělávání zemědělské půdy v těchto oblastech. Důvodem byla nevhodnost použitelnosti těžké mechanizace v této mozaikovité krajině. Díky tomu mohly tyto údolní nivy posílit svou ekologickou funkci a staly se tak důležitými biokoridory. Převládají v nich přírodě blízká společenstva v různých fázích sukcese (Lipský 2007).

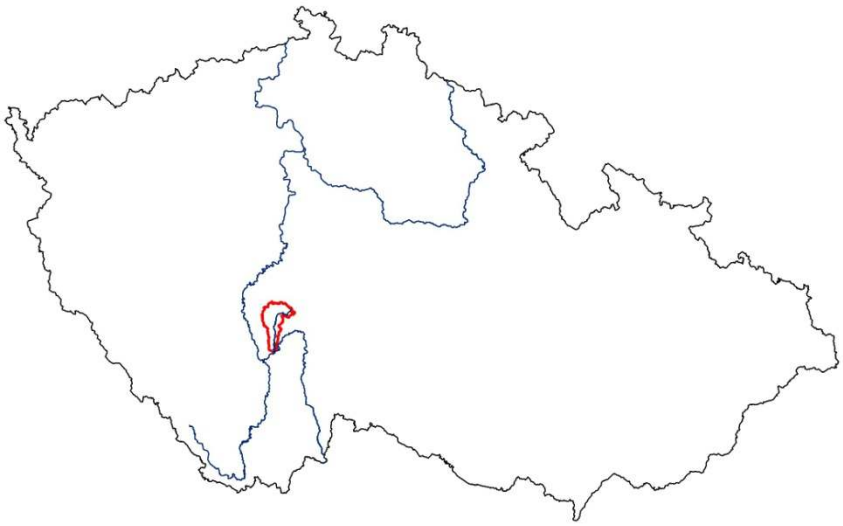
Pro ochranu a zlepšení stavu současných niv je důležité pochopit, že niva není pouze produktem příslušného toku, ale že odráží stav prostředí celého povodí. Bohužel můžeme říci, že v současnosti je vývoj nivních ekosystémů na dlouhých úsecích řek téměř umrtven (Ložek 2011).

4. Charakteristika povodí Smutné

4.1 Úvod

Povodí Smutné je znázorněno na obrázku č. 7. Nachází se v severní části Jižních Čech. Je součástí povodí Horní Vltavy. Na následujících stránkách bude provedena charakteristika povodí.

Obr. č. 7: Vymezení povodí Smutné v rámci ČR



Zdroj:data ArcCR, data z VÚV, upraveno autorem

Povodí Smutné zaujímá podle VÚV plochu 247,01 km^2. Štefáček (2008) uvádí, že plocha povodí je 246,5 km^2. Smutná je pravostranný přítok Lužnice, do které se vlévá v Bechyni v nadmořské výšce 356 m n. m. Pramení v Jistebnické vrchovině v nadmořské výšce 619,97 m n. m. Povodí má protáhlý tvar a hodnota charakteristiky povodí ho také určuje jako protáhlé. Vybrané charakteristiky povodí jsou uvedeny v tabulce č. 5.

Tab. č. 5: Vybrané charakteristiky povodí

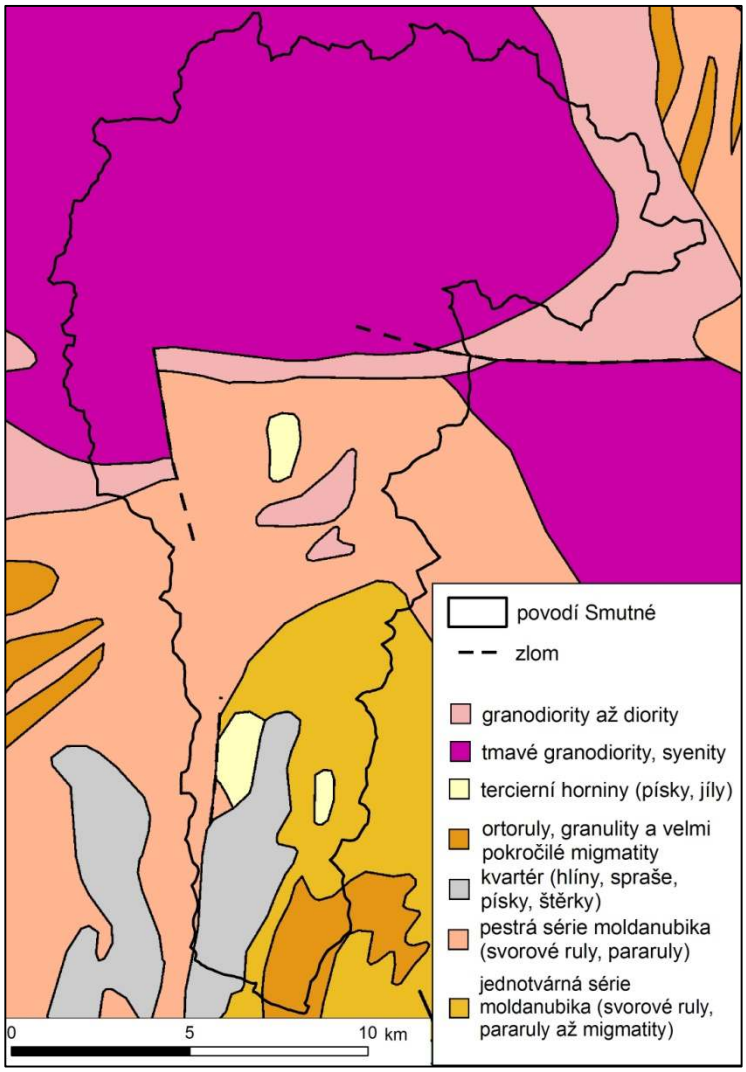
Plocha povodí	247 km^2	Graveliův koeficient	1,62
Plocha pravé části povodí	181,5 km^2	Koeficient protáhlosti	0,31
Plocha levé části povodí	65,5 km^2	Charakteristika povodí	0,11
Délka rozvodnice	89 km	Koeficient souměrnosti	0,47
Délka povodí	28,6 km	Spád	23,35 ‰
Převýšení	263 m	Koeficient reliéfu	12,8

Zdroj: VÚV, výpočty autora.

4.2 Geologické poměry

Geologicky je oblast tvořena středočeským plutonem s moldanubickým obalem. Jedná se o žulodioritové intruzivní těleso především variského stáří. Severní část území tvoří převážně tmavé granodiority a syenity. V největší míře zde nalezneme moldanubické série, které jsou tvořeny pestrou řadou hornin, které vznikaly intruzí žulodioritického magmatu. V malé míře jsou zde zastoupeny i horniny terciérního stáří. Jedná se o zbytky nezpevněných sedimentů mladotřetihorních jezer, které nestačily podlehnout denudaci. Na jihu povodí nalezneme nejmladší čtvrtohorní hlíny a štěrky (Kunský 1968, 1974). Geologické poměry znázorňuje obrázek č. 8.

Obr. č. 8: Geologické poměry v povodí Smutné

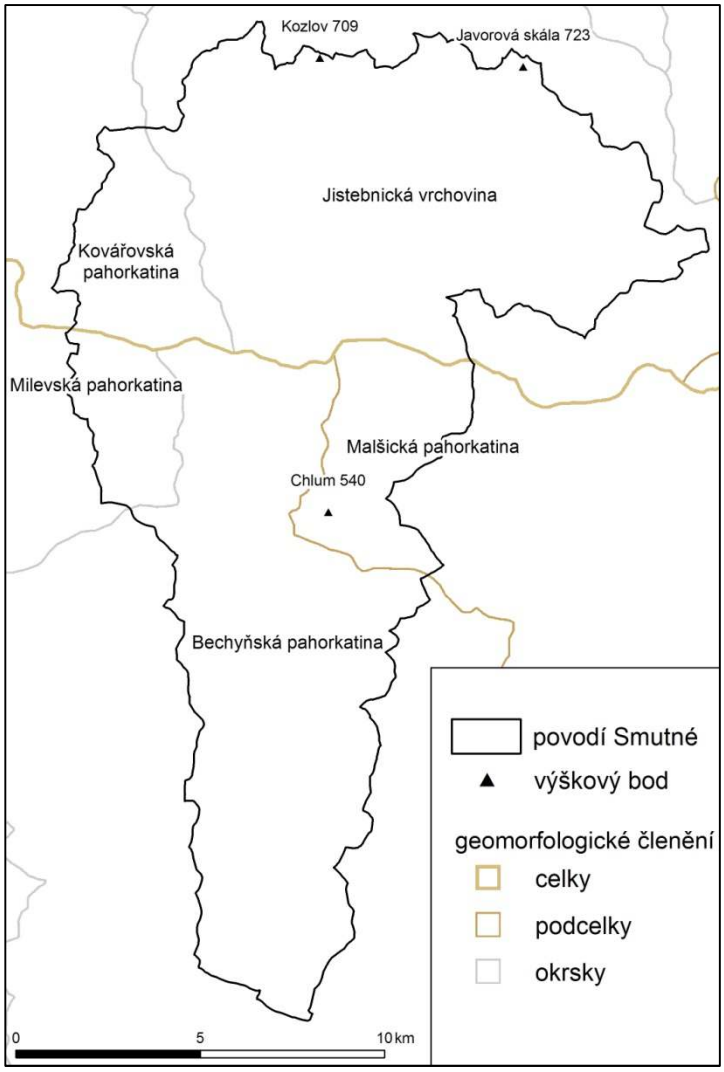


Zdroj: data z VÚV a Portál veřejně správy ČR, upraveno autorem

4.3 Geomorfologické poměry

Podle geomorfologického členění reliéfu ČR (Balatka, Kalvoda 2006) patří povodí Smutné do Hercynského systému, do provincie Česká vysočina a do Česko-moravské subprovincie. Detailnější členění znázorňuje následující schéma a obrázek č. 9 a příloha č. 1.

Obr. č. 9: Geomorfologické členění v povodí Smutné



Zdroj: data z VÚV a Portál veřejně správy ČR, upraveno autorem

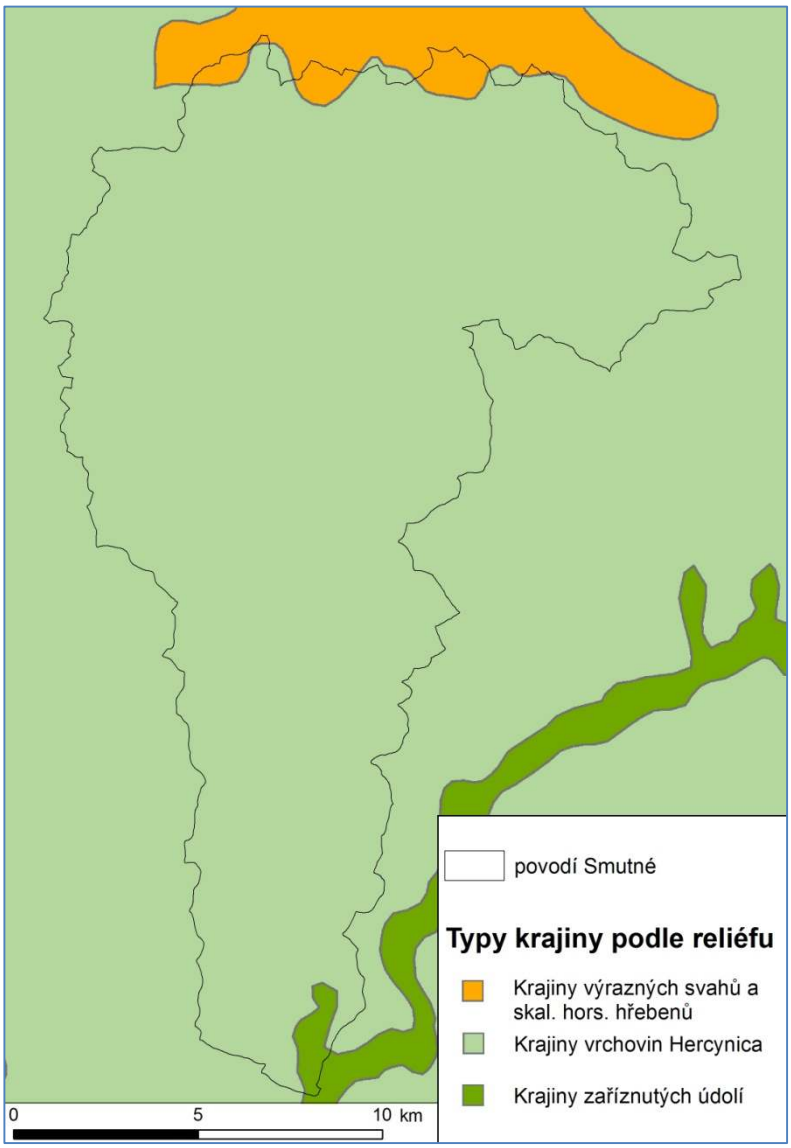
Nejvyšší nadmořskou výšku vykazuje severní část území, které je tvořeno Jistebnickou vrchovinou. Reliéf se zde zvedá klenbovitě od jihu k severu. Nachází se zde Javorová hora (723 m n. m.) - nejvyšší bod povodí a Kozlov (709 m n. m.) (Demek et al. 1965).

Výrazně plochý reliéf s nadmořskou výškou kolem 500 m n. m. má Táborská pahorkatina. Zde místy nalezneme denudační zbytky neogenních sedimentů. V západní části

(povodí Milevského potoka, povodí Smutné) vykazuje nepatrně vyšší elevace (např. Chlum u Sepekova 540 m n. m.) než západní část v okolí Tábora (Demek et al. 1965).

Typy krajin podle reliéfu v povodí Smutné zachycuje obrázek č. 10. Je patrné, že převládá krajina vrchovin Hercynska. Při soutoku s Lužnicí se Smutná zařezává více do podloží a vytváří krajinu zaříznutých údolí.

Obr. č. 10: Typy krajin podle reliéfu v povodí Smutné



Zdroj: data z VÚV a Portál veřejně správy ČR, upraveno autorem

4.4 Klimatické poměry

Celé povodí Smutné se podle Quittovy klimatické klasifikace nachází v mírně teplé klimatické oblasti. Vzhledem k jeho menší velikosti zde nenajdeme přesah do teplé nebo chladné oblasti (Kol. autorů 2007).

Největší část spadá do mírně teplé oblasti MT 7. Malá severní část v Jistebnické vrchovině patří do mírně teplé oblasti MT 4. Nejteplejší klimatická oblast se nachází pří ústí Smutné do Lužnice. Jedná se o mírně teplou klimatickou oblast MT 11 (Kol. autorů 2007). Charakteristika jednotlivých oblastí je uvedena v tabulce č. 6.

Tab. č. 6: Charakteristika klimatických oblastí nacházejících se v povodí Smutné

	MT 4	**MT 7**	**MT 11**
Počet letních dnů	20-30	30-40	40-50
Počet dnů s průměrnou teplotou 10°C a více	140-160	140-160	140-160
Počet dnů s mrazem	110-130	110-130	110-130
Počet ledových dnů	40-50	40-50	30-40
Průměrná lednová teplota [°C]	(-2)-(-3)	(-2)-(-3)	(-2)-(-3)
Průměrná červencová teplota [°C]	16-17	16-17	17-18
Průměrná dubnová teplota [°C]	6-7	6-7	7-8
Průměrná říjnová teplota [°C]	6-7	7-8	7-8
Průměrný početní dní se srážkami 1 mm a více	110-120	100-120	90-100
Suma srážek ve vegetačním období [mm]	350-450	400-450	350-400
Suma srážek v zimním období [mm]	250-300	250-300	200-250
Počet dnů se sněhovou pokrývkou	60-80	60-80	50-60
Počet zatažených dnů	150-160	120-150	120-150
Počet jasných dnů	40-50	40-50	40-50

Zdroj: Kol. autorů 2007

4.5 Hydrografické a hydrologické poměry

Délka Smutné činí podle VÚV 47,8 km, Štefáček (2008) uvádí délku 47 km. Jedná se o pravostranný přítok Lužnice. Podle absolutní řádovosti se jedná o tok čtvrtého řádu. Její povodí je odvodňováno do Severního moře. Část jejího horního toku někdy bývá označována biblickým názvem Cedron. Průměrné roční průtoky hydrologických stanic v povodí Smutné jsou uvedeny v tabulce č. 7. Nejvýznamnější přítok představuje 19,7 km dlouhý Milevský potok, který je pravostranným přítokem (Štefáček 2008). V povodí nalezneme 507 vodních ploch s celkovou rozlohou 270 ha. Většinou se jedná o rybníky menší velikosti. Mezi největší

patří Velká Kaplice, Nový rybník a Chobot, které leží na toku Smutné. Milevský potok protéká rybníkem Tovaryš.

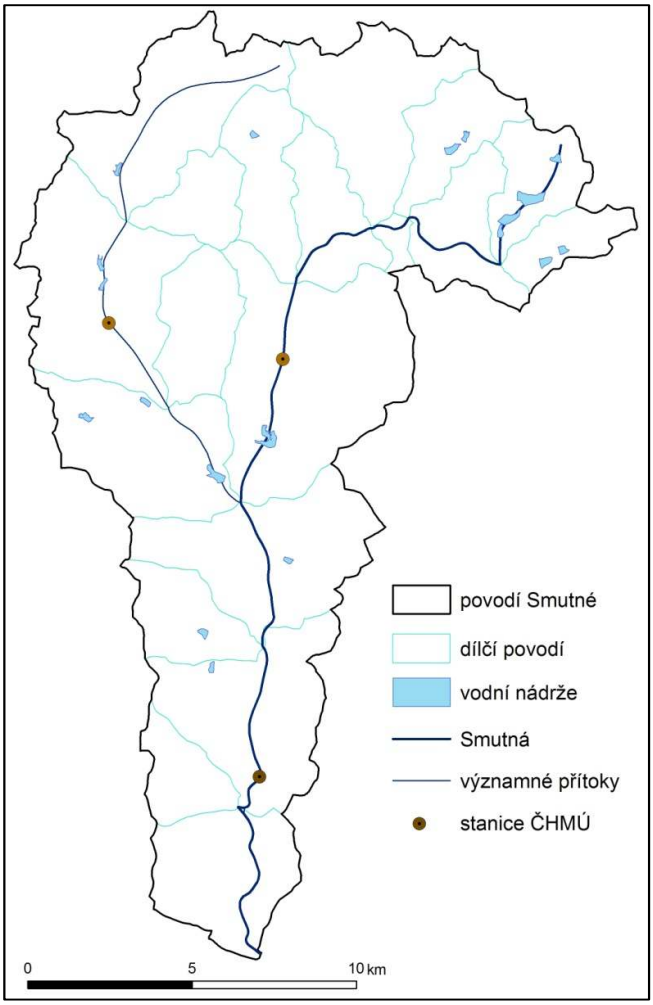
Tab. č. 7: Hydrologické stanice v povodí Smutné

stanice	vodní tok	průměrný roční průtok Q_a	průměrný roční stav	stoletá voda Q_{100}
Božetice	Smutná	0,46 m^3s^{-1}	80 cm	75 m^3s^{-1}
Rataje	Smutná	1,01 m^3s^{-1}	81 cm	132 m^3s^{-1}
Milevsko	Milevský p.	0,204 m^3s^{-1}	55 cm	41 m^3s^{-1}

Zdroj:data VÚV

Průměrná hustota říční sítě ve sledovaném povodí je 1,25 $km.km^{-2}$. Plošně rozsáhlejší pravá část povodí má také vyšší hustotu říční sítě. Detailnější hydrografické poměry povodí zachycuje obrázek č. 11.

Obr. č. 11: Hydrografie povodí Smutné



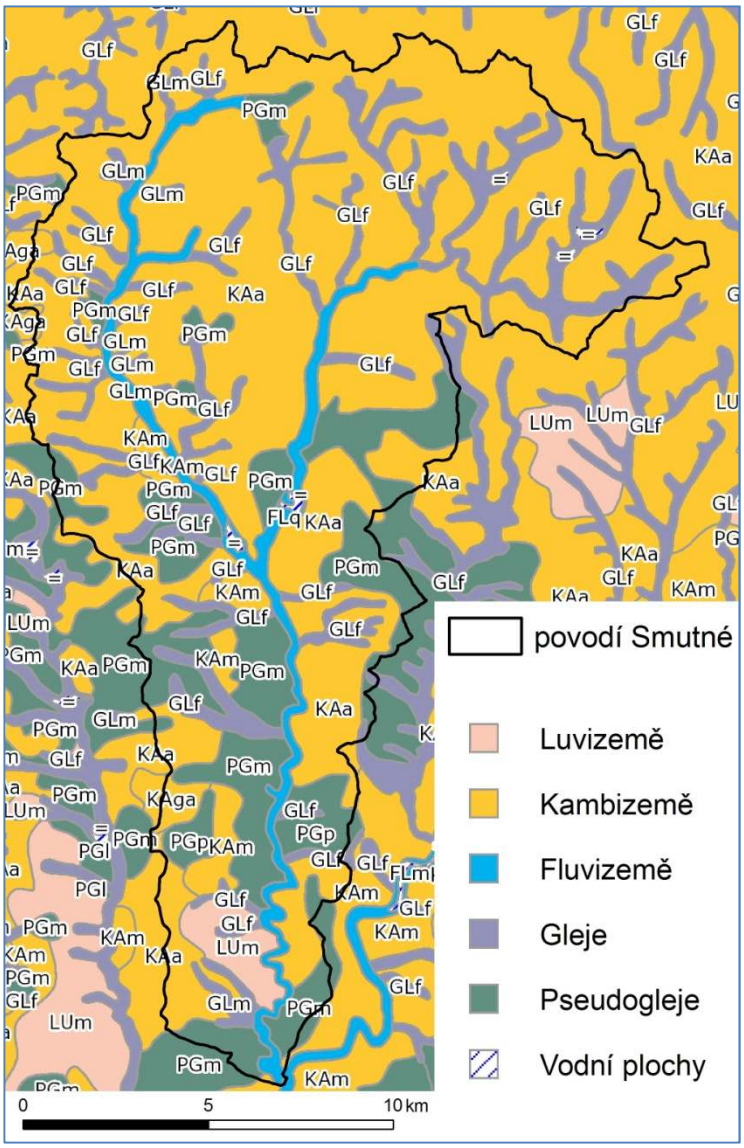
Zdroj: data ArcCR, data z VÚV, upraveno autorem

Vodní tok pod hrází rybníka Chobot vytváří v délce cca 1 km meandry, které jsou minimálně narušeny lidskými zásahy.

4.6 Pedologické poměry

Nejvýznamněji jsou v povodí zastoupeny hnědé půdy kambizemě, které se vyskytují v celém povodí. Nejvíce jsou zastoupeny v severní části. Podél vodních toků jsou fluvizemě a gleje. Na vodní tok a jeho nivu jsou vázány také pseudogleje. Luvizemě tvoří malý okrsek na jihu povodí. Jednotlivá charakteristika půdních typů je zpracována podle Tomáška (2003). Rozložení půdních typů v povodí znázorňuje obrázek č. 12.

Obr. č. 12: Pedologické poměry v povodí Smutné



Zdroj: data z VÚV a Portál veřejně správy ČR, upraveno autorem

Kambizemě patří na našem území k nejrozšířenějším typům půd. Také v povodí Smutné jsou nejvíce zastoupeny. Nejčastěji jsou zastoupeny v pahorkatinách a vrchovinách v nadmořských výškách 450 až 800 m n. m. Jedná se o vývojově mladé půdy, které vznikají především vnitropůdním zvětráváním.

Výskyt glejů je vázán především na nivy vodních toků a na zamokřená území. Stejně jako kambizemě jsou nejvíce rozšířeny v pahorkatinách a vrchovinách. Hlavní půdotvorný proces jejich vzniku je glejový pochod, pro který je typický glejový horizont trvale ovlivněn podzemní vodou.

Pseoudogleje jsou nejčastěji zastoupeny ve středních výškových stupních. Nejčastěji se vyskytují v méně členitém terénu, kde převládají plošiny a depresní plochy. Oglejení je hlavním půdotvorným procesem. Vlastnímu oglejení většinou předchází illimerizace.

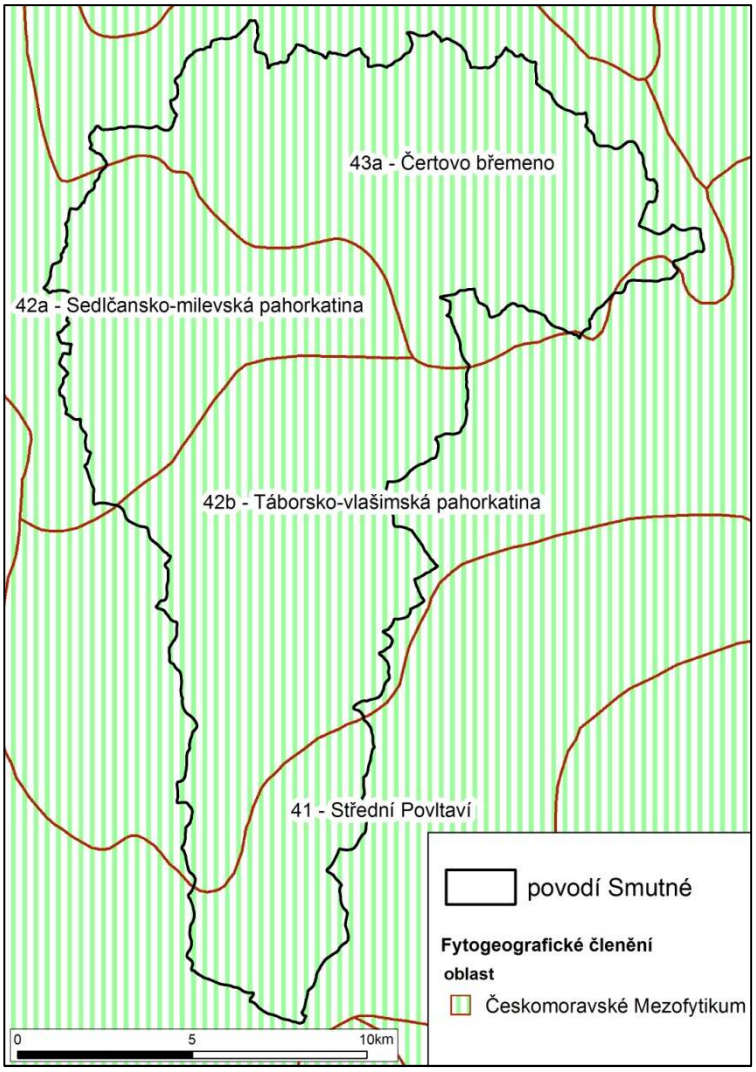
Nivní půdy neboli fluvizemě jsou vázány na vodní toky. Díky opakujícím se záplavám byl nebo je půdotvorný proces periodicky přerušován akumulační činností vodního toku. Při těchto událostech je na tvořící se půdu ukládán nový materiál.

Illimerizované půdy neboli luvizemě se nejčastěji vyskytují v pahorkatinách a vrchovinách. Jako mateční substrát se často uplatňují sprašové hlíny a svahoviny. Velmi výrazně se zde uplatňuje půdotvorný proces illimerizace.

4.7 Biogeografické poměry

Fytogeograficky patří povodí Smutné do českomoravského mezofytika. Mezofytikum představuje přechod mezi teplomilnou a chladnomilnou květenou. Přirozeně se v mezofytiku vyskytují habrové, jedlové a borové doubravy. Ve vyších polohách jsou květnaté nebo acidofilní bučiny. Vlivem lidské činnosti (odlesnění, zemědělství) došlo ke změně vegetačního krytu a byla vytvořena náhradní společenstva. Do povodí Smutné zasahují 3 fytogeografické okresy: Votická vrchovina (43), Votická pahorkatina (42) a Střední Povltaví (41). Votická pahorkatina zasahuje na sledované území Sedlčansko-milevskou pahorkatinou (42a) a Táborsko-vlašimskou pahorkatinou (42b). Votická vrchovina je zastoupena podjednotkou Čertovo břemeno (43a) (Hejný, Slavík et al. 1988). Fytogeografické členění znázorňuje obrázek č. 13.

Obr. č. 13.: Fytogeografické členění v povodí Smutné



Zdroj: data z VÚV a Portál veřejně správy ČR, upraveno autorem

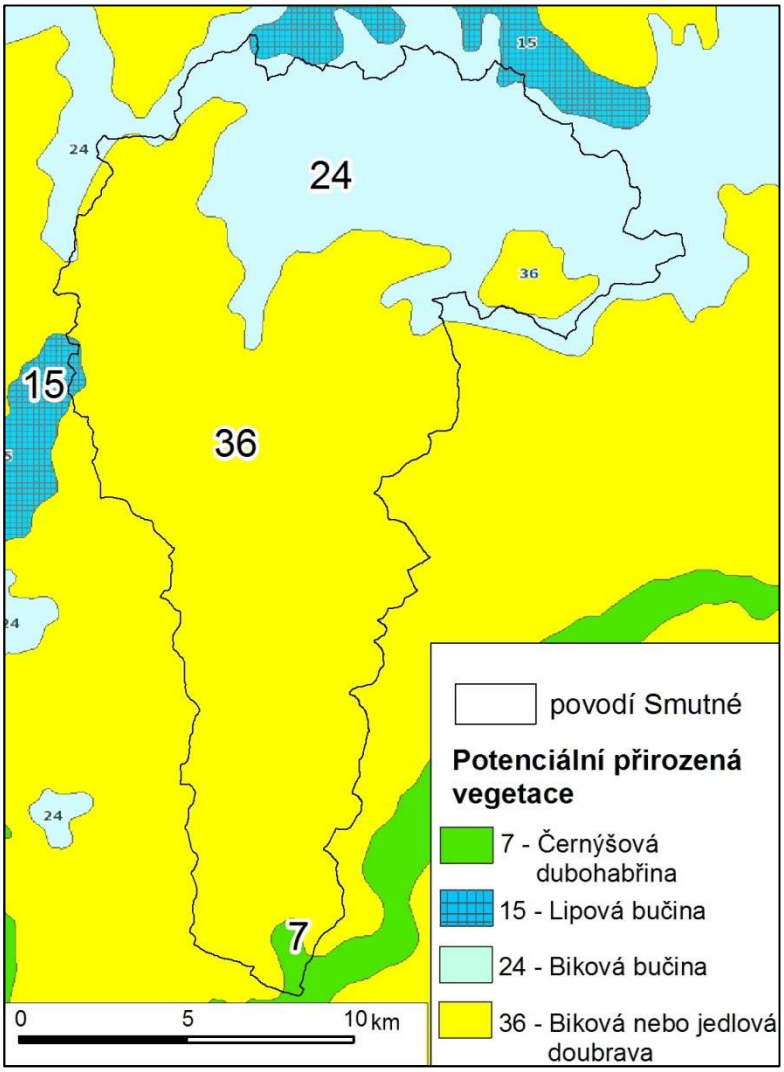
Povodí Smutné patří do Hercynské podprovincie, která zahrnuje biotu západní a centrální části střední Evropy. Vegetace je silně ovlivněna geologickým podložím českého masivu, které je převážně tvořeno kyselými horninami. Nejčastěji je v této podprovincii zastoupen 4. bukový vegetační stupeň. Východní část povodí spadá do Votického bioregionu a západní část do Bechyňského bioregionu (Culek et al. 1996).

Votický bioregion je tvořen vyšším izolovaným migmatickým hřebenem. Převažuje zde jedlovo-bukový vegetační stupeň. Na území podle potenciálně přirozené vegetace převládají acidofilní bikové bučiny. Náhradní vegetací jsou převážně společenstva vlhkých luk ze svazu *Calthion* a rašeliných luk svazu *Caricion fuscae*. Votický bioregion nemá vyraznější hranici s bioregionem Bechyňským. Hranice se přibližně kryje s rozšířením

acidofilních doubrav. Bechyňský bioregion je převážně tvořen plošinami a hřbety, které jsou rozříznuty říčními údolími. Většina území potencionálně patří do oblasti jedlových doubrav. Přirozenou náhradní vegetaci zde představují louky svazu *Arrhentherion* a *Molinion* (Culek et al. 1996).

Potenciální přirozenou vegetaci v povodí Smutné na většině území tvoří Biková nebo jedlová doubrava (36). Na severu se nalézá Biková bučina (24). Při ústí Smutné do Lužnice se nachází Černýšová dubohabřina (7). Do povodí Smutné ještě částečně na západě zasahuje Lipová bučina (15) (Neuhäuslová et al. 2001). Detailněji potenciální přirozenou vegetaci zachycuje obrázek č. 14.

Obr. č. 14: Potenciální přirozená vegetace

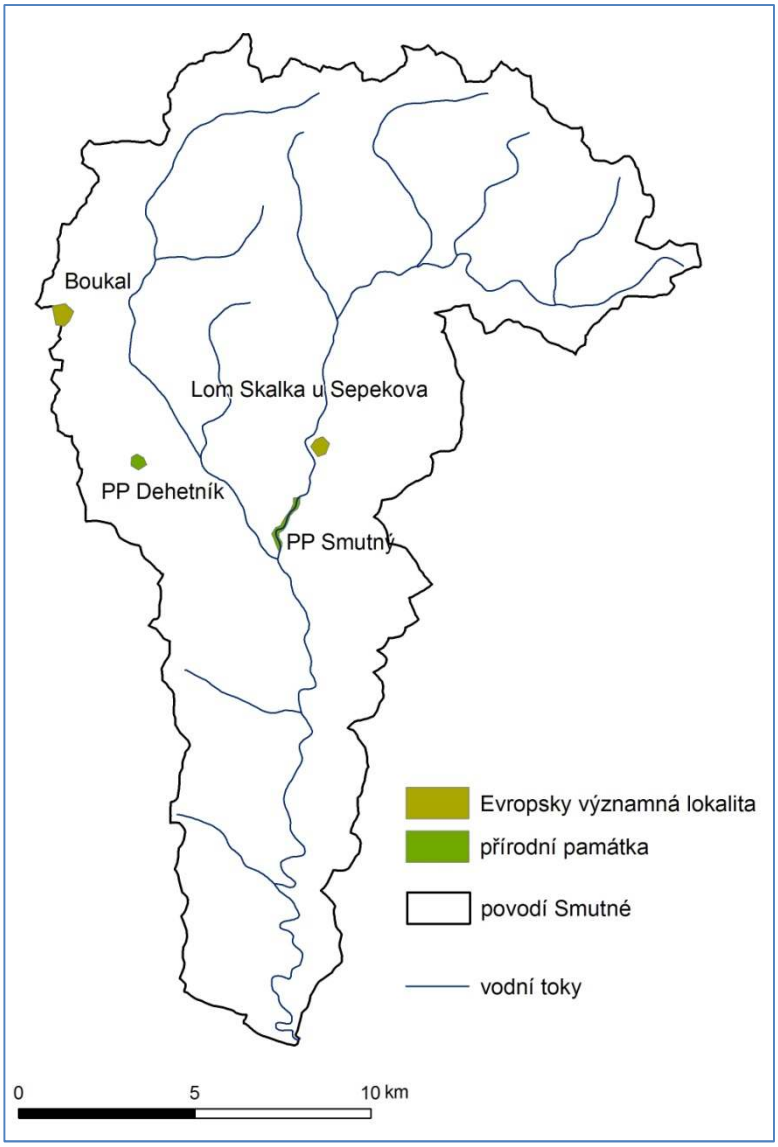


Zdroj: data z VÚVa Portál veřejné správy ČR, upraveno autorem

4.8 Chráněná území

V povodí Smutné se nenachází žádné velkoplošné zvláště chráněné území. Nalezneme zde jen několik maloplošných zvláště chráněných lokalit (PP[12] Boukal, PP Dehetník, PP Smutný) a dvě evropsky významné lokality Natura 2000 (Albrecht et al. 2003, Natura 2000). Chráněná území zachycuje obrázek č. 15.

Obr. č. 15: Chráněná území v povodí Smutné



Zdroj: data z VÚV a Portál veřejně správy ČR, upraveno autorem

Do soustavy Natura 2000 patří Lom Skalka u Sepekova (2,2 ha). Jedná se o opuštěný stěnový lom, kde byly těženy ortoruly. Jsou zde tůně s mokřadními společenstvy, které jsou

[12] PP – Přírodní Památka

předmětem ochrany. Nebezpečí představuje zazemňování a zarůstání tůní a také případné ukládání odpadu z obce Sepekov (Natura 2000).

Další lokalitou Natura 2000 je Boukal (4,6 ha). Jedná se o rybník, který leží v nízké terénní depresi mezi povodími Milevského a Hrejkovického potoka na hranici povodí Smutné. Boukal představuje významný biotop kuňky ohnivé *(Bombina bombina*), jenž by mohl být ohrožen intenzivním rybářským hospodařením (Natura 2000). Tato lokalita má překryv s PP Boukal (4,51 ha) (Albrecht et al. 2003).

PP Dehetník (1,2 ha) leží severozápadně od obce Líšnice u Sepekova. Předmětem ochrany jsou vlhké louky s bohatou květenou převážně ostřicového a ostřicovorašeliníkového porostu. Nacházejí se zde tůně, kde se rozmnožují obojživelníci. Nebezpečí pro lokalitu představuje splachování živin z okolních polí a následná ruderalizace lokality. V rámci péče dochází k pravidelnému kosení (Albrecht et al. 2003).

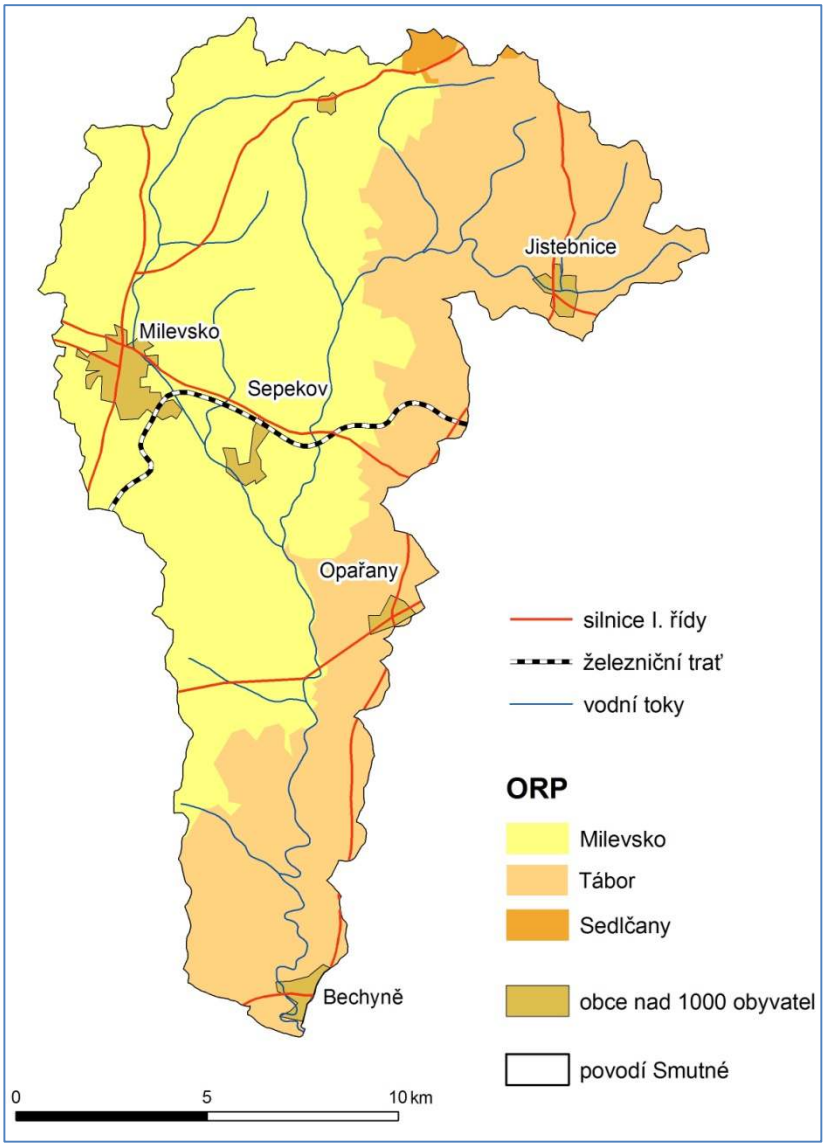
Podél vodního toku Smutné pod hrází rybníka Chobot se přibližně v délce 2,5 km nalézá PP Smutný (4,35 ha). Jedná se o přirozeně meandrující část vodního toku, který protéká údolím. Všestranně diferencované pobřežní porosty vytváří podmínky pro hnízdění četné avifauny. Pravidelně se zde vyskytuje vydra říční (*Lutra lutra*) (Albrecht et al. 2003).

4.9 Socioekonomické poměry

Povodí Smutné se rozkládá především v Jihočeském kraji, jen malá část na severu spadá pod Středočeský kraj. Do povodí zasahují ORP Milevsko, Tábor a v malé míře také Sedlčany.

Žije zde přibližně 25 000 obyvatel v 16 obcích. Jedná se především o menší obce. Pouze 6 obcí má více než 1 000 obyvatel. Mezi tyto obce je řazena i Bechyně, která je co do počtu obyvatel na druhém místě, ale leží na hranici povodí a jen částečně spadá do povodí Smutné. Největší obcí v povodí je Milevsko s necelými 9 000 obyvateli. Průměrná hustota zalidnění se pohybuje okolo 100 obyv./km^2 což představuje republikový podprůměr (data ArcCR, výpočty autora). Dopravní síť není příliš vyvinuta. Nenachází se zde žádná rychlostní komunikace, železniční koridor nebo významný silniční nebo železniční uzel. Socioekonomické poměry znázorňuje obrázek č. 16.

Obr. č. 16: Socioekonomické poměry v povodí Smutné



Zdroj: data ArcCR, data VÚV, upraveno autorem

Povodí není významně zasaženo těžbou nerostných surovin nebo průmyslovou výrobou. Nachází se zde pouze jeden větší podnik (ZVVZ) v Milevsku, který se věnuje výrobě vzduchotechnických zařízení.

5. Metodika mapování

V práci byly použity dvě metodiky mapování invazních neofytů. První metodiku vytvořil Matějček in Langhammer et al. (2005) a je zaměřena na břehovou vegetaci. Pomocí této metodiky je možné charakterizovat vodní tok z pohledu zatížení invazními neofyty a je také možné provést srovnání s jinými vodními toky. Druhá metodika zkoumá závislost výskytu neofytů v nivě vzhledem k vzdálenosti od vodního toku a druhové diverzitě.

5.1 Mapování břehové vegetace

Metodika mapování břehové vegetace byla vytvořena v rámci projektu Projekt VaV SM/2/57/05 – Dlouhodobé změny poříčních ekosystémů v nivách toků postižených extrémními záplavami (Matějček in Langhammer et al. 2005).

Mapování břehové vegetace v povodí Smutné probíhalo v srpnu v letech 2010 a 2012. Byl sledován výskyt 17 taxonů vybraných invazních neofytů, které jsou součástí břehové vegetace. V této práci byl také sledován výskyt štětince laločnatého (*Echinocystis lobata*). Seznam mapovaných taxonů je v příloze č. 2. Břehová vegetace byla rozdělena na segmenty o délce 500 ± 100 m. Jednotlivé segmenty tvořily úseky. Úseky se skládaly ze šesti segmentů. Mapování bylo prováděno na pravém i levém břehu. Pro každý segment byl zjišťován počet sledovaných taxonů (PT) a počet jedinců jednotlivých taxonů (PJ), který byl zaznamenáván pomocí logaritmické stupnice (1 = 1-9 jedinců, 2 = 10-99 jedinců, 3 = 100-999 jedinců atd.). Pomocí těchto ukazatelů byl vypočítán prostý index zatížení invazními neofyty (I_p) podle vzorce $I_p = \log PJ + PT$. Jako další byl využit ukazatel vážený index zatížení invazními neofyty (I_v), který zohledňuje velikost jednotlivých druhů, jejich stabilitu na stanovišti a potencionální nebezpečí pro přírodu a lidské aktivity. $I_v = \log (\sum PJt \, . \, kt)$, kt je koeficient taxonu, který zohledňuje charakter příslušného neofytu. Na základě těchto ukazatelů, lze vypočítat obdobné ukazatele, které se týkají celých úseků. Pro jednotlivé úseky byly vypočítány následující ukazatele:

- celkový počet taxonů
- průměrný počet taxonů v segmentu
- podíl segmentů s výskytem jednotlivých taxonů
- průměrný počet jedinců jednotlivých taxonů v segmentu
- průměrný počet jedinců jednotlivých taxonů v obsazeném segmentu

- průměrný celkový počet jedinců všech sledovaných taxonů v obsazeném segmentu
- průměrná hodnota prostého indexu zatížení invazními neofyty
- průměrná hodnota váženého indexu zatížení invazními neofyty
- podíl segmentů bez výskytu invazních neofytů
- podíl segmentů s výskytem invazních neofytů.

Celkové hodnoty pro jednotlivé úseky a vodní tok byly počítány jako vážené průměry zjištěných hodnot, kde váhu představoval počet segmentů. Podrobněji zde použitou metodiku nebudu rozvádět, protože ji detailněji popisuje Matejček (2005, 2009).

5.2 Mapování neofytů v nivě

Druhé mapování bylo zaměřeno na výskyt neofytů v břehové vegetaci a především v navazující nivě. Cílem bylo zjistit, jak se mění jejich pokryvnost v závislosti na vzdálenosti od vodního toku. Pro tento účel bylo potřeba na vodním toku nalézt úseky, kde se neofyty vyskytovaly nejen v břehové vegetaci, ale také v nivě. Při mapování břehové vegetace v roce 2010 bylo provedeno doplňkové mapování nivy. V každém segmentu bylo provedeno mapování v pěti transektech, které vedly směrem kolmo od vodního toku do přilehlé nivy. Poloha transektů v segmentu byla vybírána náhodně pomocí desetiboké kostky, jak uvádí tabulka č. 8.

Tab. č. 8: Výběr transektů

kostka	vzdálenost od začátku segmentu [m]	kostka	vzdálenost od začátku segmentu [m]
1	0	6	250
2	50	7	300
3	100	8	350
4	150	9	400
5	200	10	450

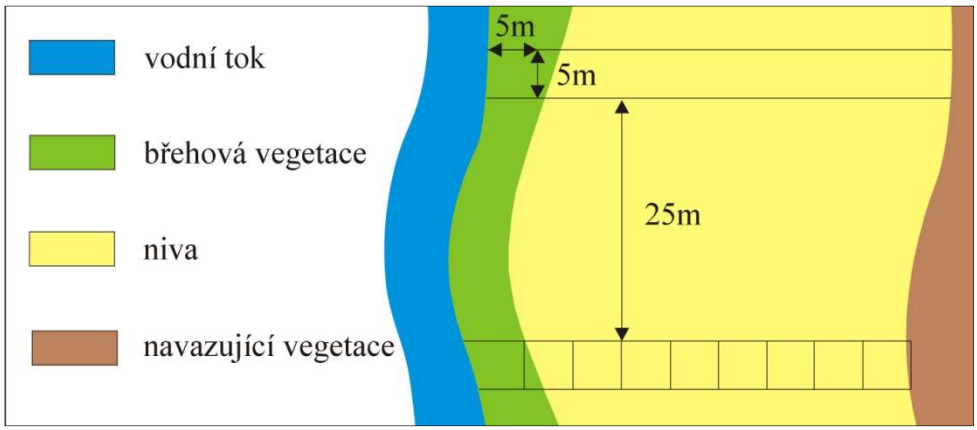
Zdroj: autor

Šířka transektů byla 5 m. V každém z nich byl zaznamenáván výskyt invazních neofytů. Na základě tohoto mapování byly vybrány segmenty, kde se neofyty vyskytovaly jak v břehové vegetaci, tak především v nivě.

V těchto nejvíce zasažených segmentech proběhlo podrobnější mapování. Transekty byly designovány stejným způsobem - byly rozděleny na čtverce o hraně 5 m (obr. č. 17), které představovaly fytocenologický snímek. Fytocenologické snímky o velikosti 5x5 m jsou

dostatečně velké pro zaznamenání reprezentativního druhového složení studované fytocenózy (Moravec et al. 1994). Vzdálenost mezi jednotlivými transekty byla 25 m. Transekty a jednotlivé fytocenologické snímky byly vymezeny pomocí provázku. V každém snímku byla zaznamenána pokryvnost podle Braun-Blanquetovy stupnice. V těchto fytocenologických snímcích byly zaznamenávány veškeré druhy cévnatých rostlin. V některých případech bylo určeno pouze rodové jméno rostliny, což pro naše účely bylo dostačující.

Obr. č. 17: Poloha transektů a snímků



Zdroj: autor

Získaná fytocenologická data byla upravena pro účel mnohorozměrné analýzy v MS Excel a jsou uvedena s ostatními daty na přiloženém CD. Pokryvnost podle Braun-Blanquetovy stupnice byla převedena na procentuální škálu podle tabulky č. 9. Data byla následně transformována ArcSin z důvodu aproximace dat normálního rozložení (Crawley 2007). Tato data byla vyhodnocena dvěma přístupy:

1. Mnohorozměrnou analýzou, kde vysvětlovanou proměnnou byly pokryvnosti všech zaznamenaných druhů rostlin a prediktory byly vzdálenost od vodního toku a počet druhů na stanovišti.
2. Zobecněné lineární modely (GLM) tzv. *species response curves*, kde závislou proměnnou představovaly pokryvnosti vybraných invazních neofytů. Prediktory byly stejné jako v prvním případě.

Veškeré mnohorozměrné analýzy i křivky odpovědi druhů vyhodnocené pomocí zobecněných lineárních modelů byly provedeny v programovém prostředí Canoco 5 (ter Braak, Šmilauer 2012).

Tab. č. 9: Převod Braun-Blanquetovy stupnice.

pokryvnost	Braun-Blanquet	procenta
75-100 %	5	88
50-75 %	4	63
25-50 %	3	38
5-25 %	2	13
pod 5%, dosti hojně až roztroušeně	1	3
zanedbatelná, roztroušená	+	2
ojedinělá	r	1

Zdroj: Moravec et al. 1994, Herben & Münzbergová 2003

Závislost druhového složení na vzdálenosti od vodního toku a počtu druhů, byla zkoumána pomocí přímé kanonické analýzy (CCA). Unimodální varianta byla vybrána proto, že při takovémto založení pokusu předpokládáme nelineární reakci druhů s optimem výskytu ve zkoumaných podmínkách prostředí. Délka gradientu detrendované korespondenční analýzy (DCA) vyšla 5,1, tudíž náš předpoklad byl správný (ter Braak, Šmilauer 2012). Proměnná počet druhů představuje proxy proměnnou pro druhovou bohatost stanoviště. Vzdálenost od vodního toku byla definována jako vzdálenost mezi středem čtverce (fytocenologického snímku) a břehu vodního toku. Cílem bylo najít hlavní směry variability ve floristických datech, které jsou korelované s vysvětlujícími proměnnými. Jelikož fytocenologické snímky nebyly rozmístěny náhodně, ale v transektech, předpoklad byl, že čtverce uvnitř transektu jsou si vzájemně podobnější než mezi transekty. Proto byla identita transektu použita při analýze jako kovariáta z důvodu předpokládané prostorové autokorelace.

6. Výsledky

6.1 Mapování břehové vegetace

V rámci práce bylo provedeno mapování břehové vegetace v 72 segmentech. Bylo zmapováno cca 18 km říční sítě na levém i pravém břehu. Pro výpočet jednotlivých ukazatelů byly použity hodnoty z mapování, které bylo provedeno v roce 2012.

6.1.1 Výsledné charakteristiky sledovaných toků

Výskyt neofytů v břehové vegetaci Smutné byl mapován na 5 úsecích. Ty byly voleny tak, aby co nejvíce reprezentovaly Smutnou jako celek. Jeden úsek byl také zvolen na Milevském potoce, což je, jak již bylo zmíněno, největší přítok Smutné. Smutná povětšinou protéká zemědělsky obhospodařovanou krajinou, kde se hojně vyskytují jehličnaté lesy. Také protéká řadou menších obcí. Na základě hodnot pro jednotlivé segmenty byly vypočítány hodnoty pro celé úseky, které jsou shrnuty v tabulce č. 10. Hodnoty pro jednotlivé segmenty jsou na přiloženém CD.

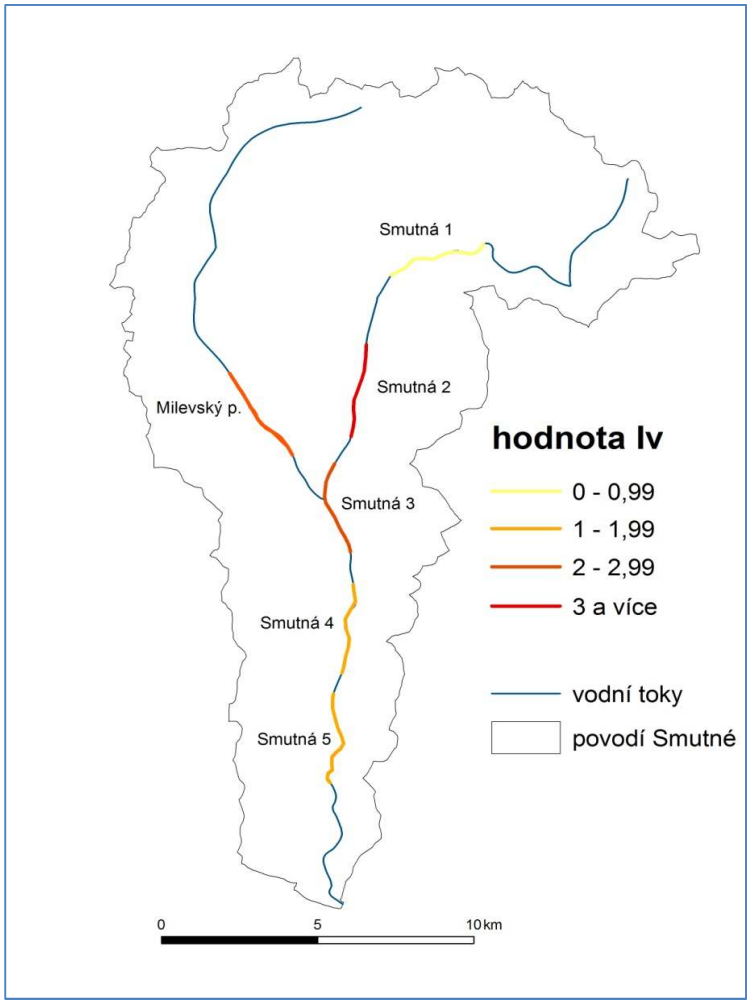
Tab. č. 10: Hodnoty pro sledované úseky

úsek		počet segmentů	celkový počet taxonů (PT)	průměrný počet taxonů v segmentu (PT/sg)	průměrný celkový počet jedinců všech sledovaných taxonů v segmentu (PJ/sg)	prostý index (Ip)	vážený index (Iv)	podíl segmentů bez výskytu invazních neofytů
Souhrn	Smutná 1	6	3	1,09	12,08	1,58	0,93	25 %
	Smutná 2	6	5	2,92	1563,75	5,56	3,23	0 %
	Smutná 3	6	4	2,92	168,33	4,93	2,5	0 %
	Smutná 4	6	3	1,17	20,84	2,04	1,23	25 %
	Smutná 5	6	4	2,17	33,31	3,43	1,68	0 %
	Milevský p.	6	3	2,09	209,17	4,11	2,37	0 %

Zdroj: výpočty autora

Na základě hodnot z tabulky č. 10 můžeme podle stupně zatížení neofyty rozdělit Smutnou na 3 části. Nejméně je neofyty zasažen úsek Smutná 1 (I_v = 0,73) a Smutná 4 (I_v = 0,91). Jsou to jediné úseky, které mají 25 % segmentů bez výskytu neofytů. V prvním úseku protéká Smutná zemědělskou krajinou a její břehy jsou lemovány stromy s převahou ruderální vegetace, kde dominuje kopřiva dvoudomá (*Urtica dioica*). V druhém úseku je vegetace podél vodního toku také velmi podobná. Nalezneme zde pastviny, které zasahují až k vodnímu toku a bývají pravidelně koseny. Smutná zde obtéká obec Srlín. Její tok není v obci žádným způsobem upraven nebo regulován a výskyt neofytů je zde poměrně nízký. Velmi podobné charakteristiky má i úsek Smutná 5 (I_v = 1,32). Zde Smutná protéká obcí Rataje. Hodnoty váženého indexu (I_v) a polohu jednotlivých úseků zachycuje obrázek č. 18.

Obr. č. 18: Hodnoty I_v



Zdroj: výpočty autora, data VÚV

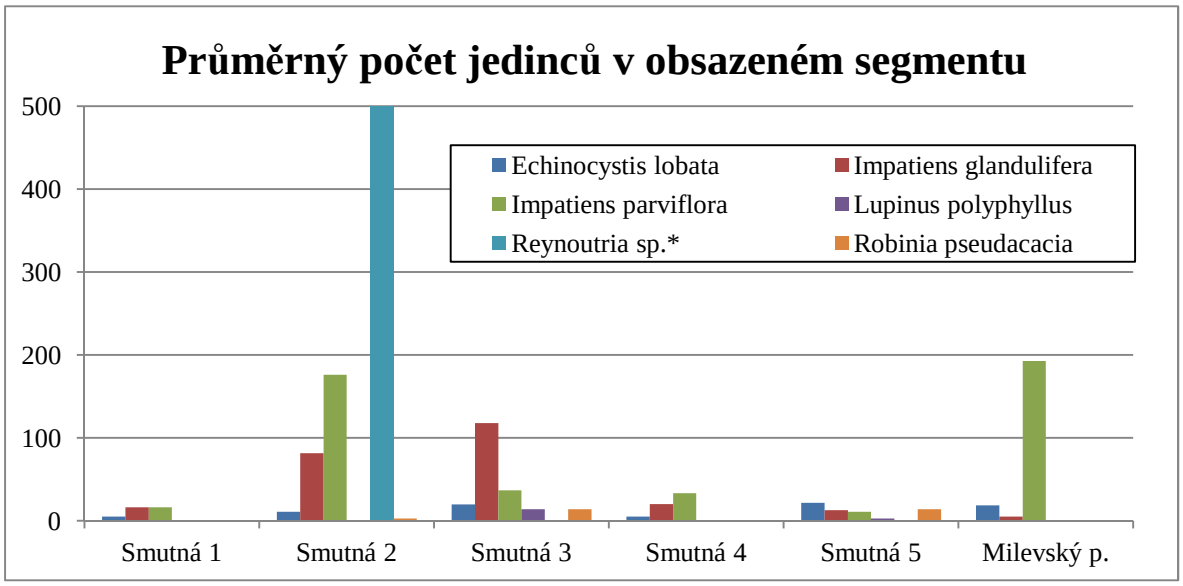
Vyšší hodnoty průměrných celkových počtů jedinců všech sledovaných taxonů v segmentu vykazují úseky Smutná 3 (PJ/sg = 168,33) a Milevský potok (PJ/sg = 209,17). V prvně jmenovaném úseku protéká Smutná pod hrází rybníka Chobot PP Smutný, kde převažuje vegetace tvrdého luhu. V další části toku převažuje v břehové vegetaci kopřiva dvoudomá (*Urtica dioica*). Využívání okolní krajiny je podobné jako v předchozích úsecích. Vyšší početnost neofytů zde může být zapříčiněna větším počtem antropogenních disturbancí např. nepravidelné kosení, narušení břehu, polní cesta.

Nejvyšší hodnoty má úsek Smutná 2. Roste zde nejvíce invazních taxonů a je zde také jejich největší průměrná početnost v segmentu (PJ/sg = 1563,75). Početnost zde zvyšuje především křídlatka (*Reynoutria sp.*), která v některých segmentech vytváří téměř 100% pokryvnost. Smutná zde protéká krajinou, která není příliš hospodářsky využívaná a louky v bezprostřední blízkosti leží ladem. Byly zde zaznamenány menší disturbance způsobené půdní erozí a lidskými zásahy. Tyto disturbance společně s faktem, že okolní louky nejsou hospodářsky využívány, mohly zapříčinit rychlejší šíření neofytů.

6.1.2 Zastoupení jednotlivých taxonů

V povodí Smutné bylo zaznamenáno 6 taxonů invazních neofytů: štětinec laločnatý (*Echinocystis lobata*), netýkavka žláznatá (*Impatiens glandulifera*), netýkavka malokvětá (*Impatiens parviflora*), vlčí bob mnoholistý (*Lupinus polyphyllus*), křídlatka (*Reynoutria sp.*), trnovník akát (*Robinia pseudacacia*). Jejich průměrný počet v obsazeném segmentu (PJ/osg) zachycuje obrázek č. 19. Největší početnost vykazuje křídlatka (*Reynoutria sp.*) v úseku Smutná 2. V tomto úseku společně s úseky Smutná 3 a Smutná 5 se nacházelo nejvíce invazních taxonů (5). Průměrné zastoupení jedinců v úsecích Smutná 3 a Smutná 5 bylo velmi nízké. Neofyty se zde vyskytovali nahodile a nevytvářely souvislé porosty. Početnost jednotlivých taxonů v celých úsecích je zaznamenáno v příloze č. 3.

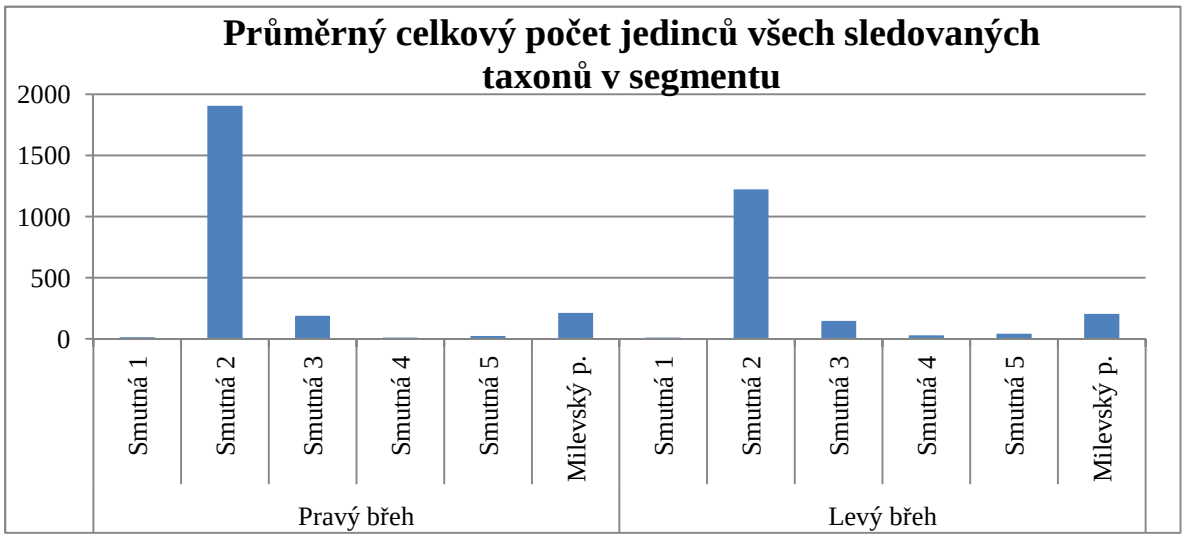
Obr. č. 19: Průměrný počet jedinců v obsazeném segmentu



* průměrný počet jedinců u křídlatky byl 2013,13
Zdroj: výpočty autora

Průměrný celkový počet jedinců všech sledovaných taxonů v segmentu zachycuje obrázek č. 20. Můžeme říci, že průměrný celkový počet všech sledovaných taxonů (PJ/sg) je až na úsek Smutná 2 velmi nízký. Vyšší početnost v tomto úseku má na svědomí výskyt křídlatky (*Reynoutria sp.*), která se v jiných úsecích nevyskytovala a zde vytvářela rozsáhlé populace. Rovněž netýkavka žláznatá (*Impatiens glandulifera*) měla největší rozšíření v úseku Smutná 2.

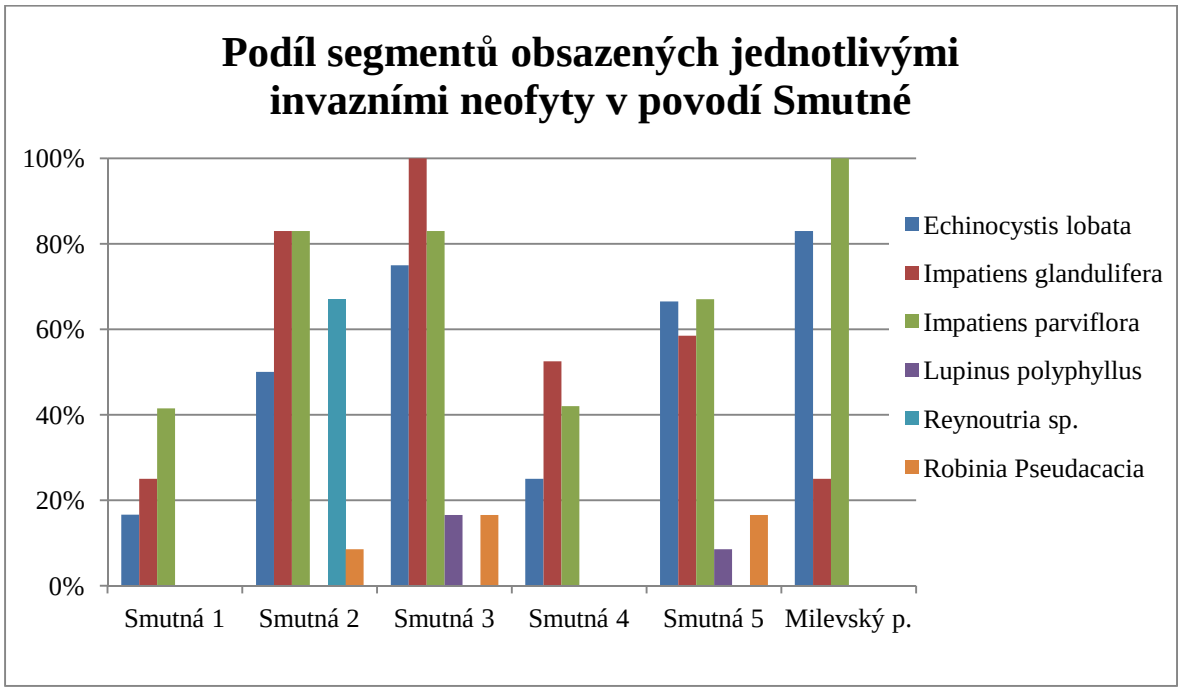
Obr. č. 20: Průměrný celkový počet jedinců všech sledovaných taxonů v segmentu



Zdroj: výpočty autora

Ve všech sledovaných úsecích byl zaznamenán výskyt štětince laločnatého (*Echinocystis lobata*) a obou sledovaných druhů netýkavek (*Impatiens glandulifera, I. parviflora*). V úseku Smutná 3 se netýkavka žláznatá (*Impatiens glandulifera*) vyskytovala v každém sledovaném segmentu, stejně hojný výskyt měla i netýkavka malokvětá (*Impatiens parviflora*) v úseku Milevský potok. Nejmenší procentuální zastoupení v segmentech měly vlčí bob mnoholistý (*Lupinus polyphyllus*) a trnovník akát (*Robinia pseudacacia*). Detailněji popisuje situaci obrázek č. 21.

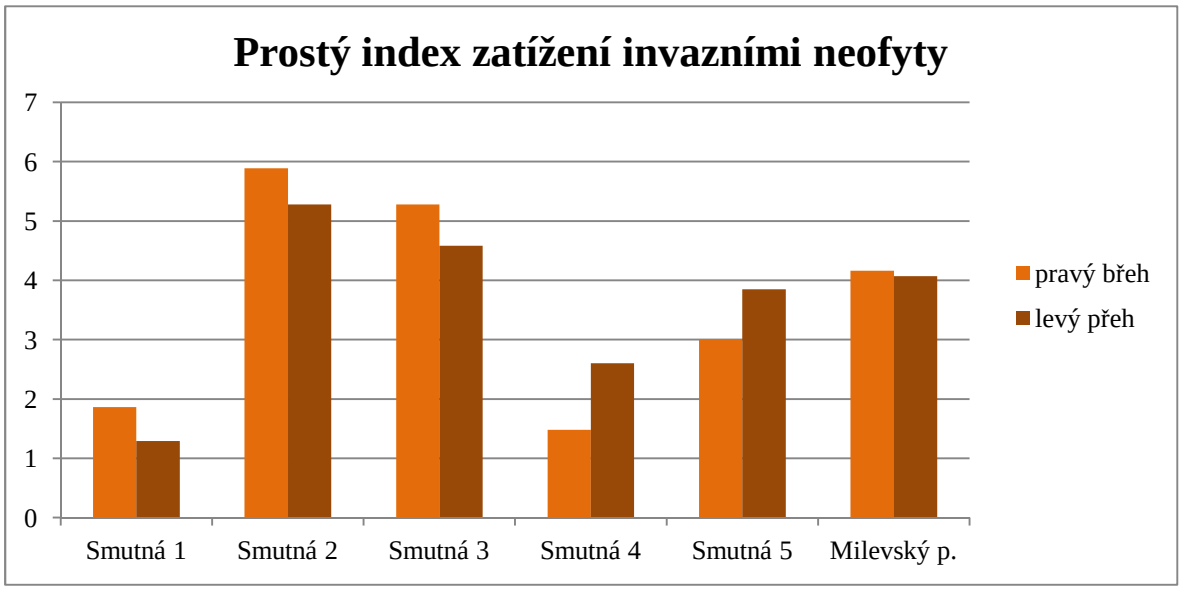
Obr. č. 21: Podíl segmentů obsazených jednotlivými invazními neofyty v povodí Smutné



Zdroj: výpočty autora

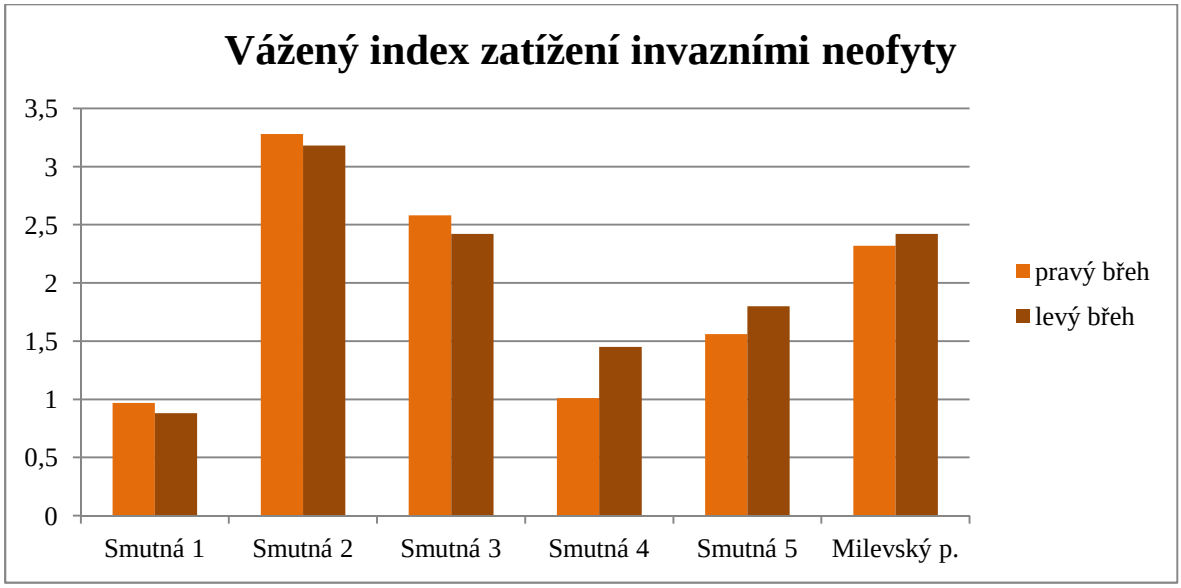
V práci byla vždy mapována břehová vegetace pravého i levého břehu. Nebyly zjištěny vetší rozdíly v invadovanosti pravého a levého břehu. Může to být způsobené faktem, že se jedná o menší vodní tok a oba břehy měly velmi podobný charakter. Pokud se vyskytl v některých segmentech rozdíl, byl většinou zapříčiněn lokální disturbancí. Hodnoty prostého (I_p) a váženého (I_v) indexu pro oba břehy jednotlivých úseků znázorňuje obrázek č. 22 a 23.

Obr. č. 22: Prostý index zatížení invazními neofyty



Zdroj: výpočty autora

Obr. č. 23: Vážený index zatížení invazními neofyty



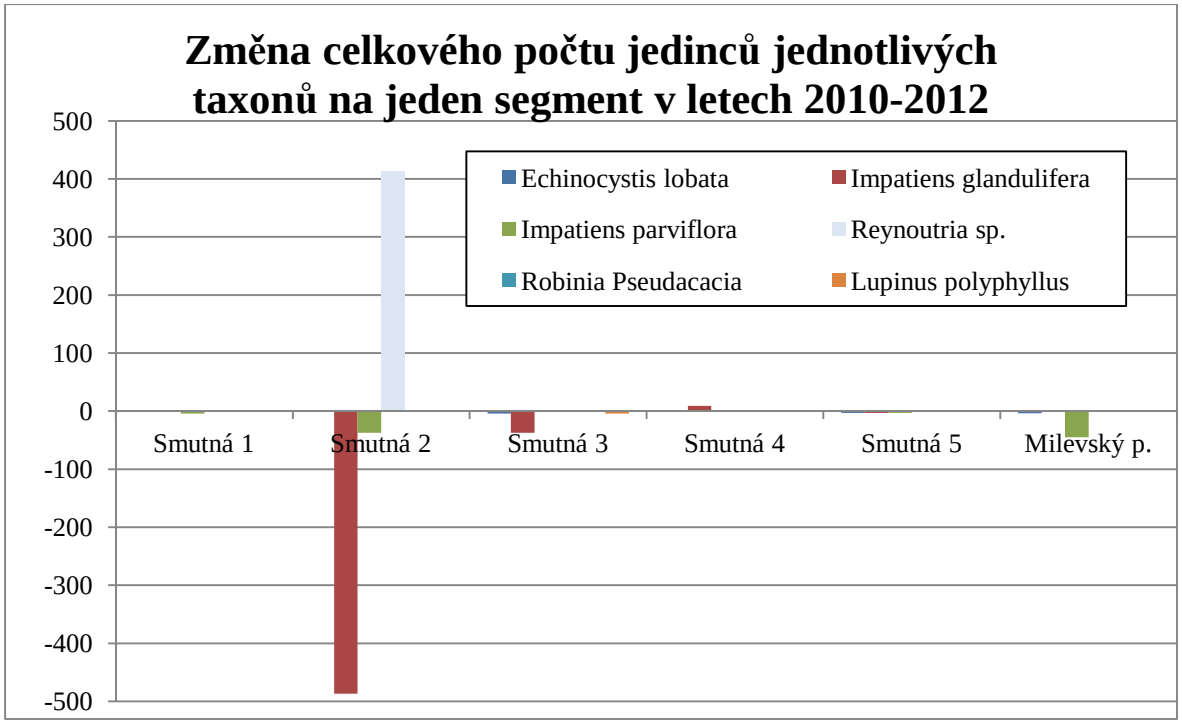
Zdroj: výpočty autora

6.1.3 Vývoj v letech 2010 - 2012

Břehová vegetace v povodí Smutné byla ve všech segmentech mapována v roce 2010 i v roce 2012. Na základě těchto dat můžeme sledovat vývoj břehové vegetace v tomto období.

Z obrázku č. 24 je patrné, že k největší změně došlo v úseku Smutná 2. Ve sledovaném období zde byl zaznamenán vzestup početnosti jedinců křídlatky (*Reynoutria sp.*) a pokles početnosti jedinců netýkavky žláznaté (*Impatiens glandulifera*). Rozšíření křídlatky může mít za následek břehová nátrž, díky které byla odstraněna původní vegetace a nově vzniklé stanoviště mohla obsadit křídlatka (*Reynoutria sp.*), která se vyskytovala v okolí. Na ostatní úsecích jsou změny početnosti jen velmi nepatrné a můžeme říci, že počet jedinců spíše nepatrně ubývá.

Obr. č. 24: Změna celkového počtu jedinců jednotlivých taxonů na jeden segment v letech 2010 – 2012.

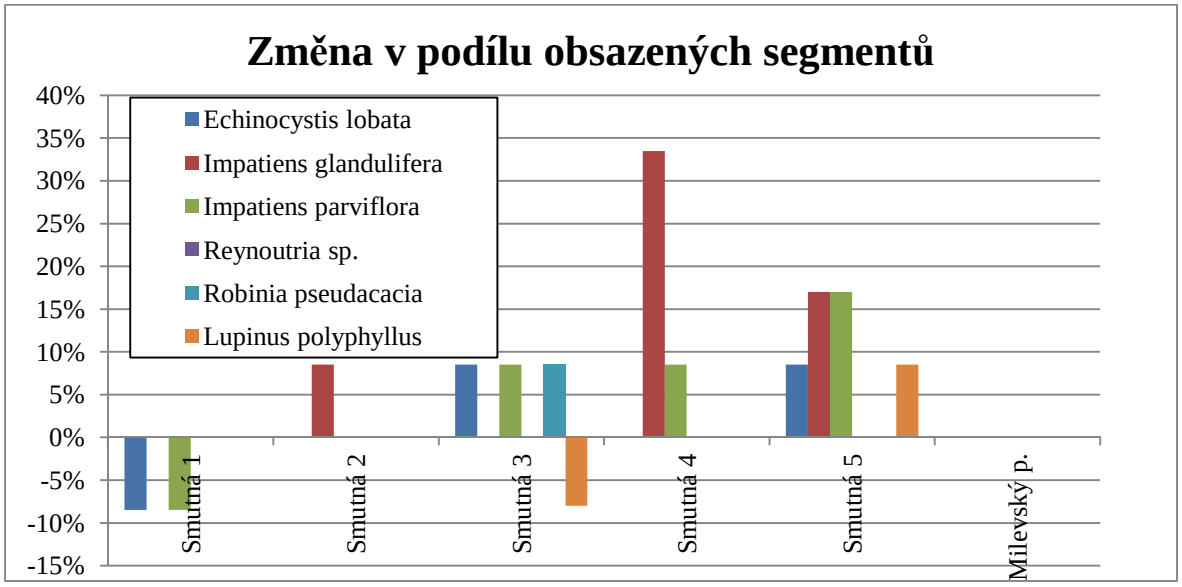


Zdroj: výpočty autora

Počet segmentů obsazených netýkavkou žláznatou (*Impatiens glandulifera*) ve sledovaném období vzrostl na třech úsecích. K nárůstu došlo i na úseku Smutná 2 kde v tomto období došlo ke snížení početnosti jedinců. Na úseku Smutná 1 došlo k poklesu segmentů obsazených invazními neofyty. Naopak největší nárůst byl zaznamenán v úsecích Smutná 3

a Smutná 5. Je zajímavé, že křídlatka (*Reynoutria sp.*) i přes svůj nárůst počtu jedinců v úseku Smutná 2 neobsadila v tomto úseku žádný nový segment. Na úseku Milevský potok nedošlo k žádným změnám. Podrobněji zachycuje situaci obrázek č. 25.

Obr. č. 25: Změna v podílu obsazených segmentů jednotlivými zaznamenanými invazními neofyty mezi lety 2010 – 2012.



Zdroj: výpočty autora

6.1.4 Porovnání s ostatními sledovanými vodními toky v ČR

Souhrnné ukazatele pro jednotlivé sledované úseky vykazují v porovnání s ostatními sledovanými toky v ČR podprůměrné hodnoty. Vyhodnocení souhrnných ukazatelů je v příloze č. 4.

V břehové vegetaci Smutné bylo zaznamenáno 6 taxonů invazních neofytů. Taxony *Impatiens glandulifera, I. parviflora, Reynoutria sp.* a *Robinia pseudacacia* patří mezi nejvýznamnější taxony, které byly nalezeny v břehové vegetaci sledovaných vodních toků v ČR (Matějček 2009). Křídlatka (*Reynoutria sp.*) vyniká svou početností jedinců v obsazeném segmentu, zatímco oba druhy netýkavek (*Impatiens glandulifera, I. parviflora*) obsazují nejvíce segmentů. V porovnání s ostatními sledovanými toky v ČR vykazuje Smutná nižší počet jedinců v obsazeném segmentu. Výjimku tvoří štětinec laločnatý (*Echinocystis lobata*), ale jeho výskyt byl sledován pouze v povodí Ploučnice. Invazní neofyty v povodí Smutné obsazovaly více segmentů v porovnání s ostatními sledovanými vodními toky v ČR - viz tabulka č. 11. Lze říci, že v břehové vegetaci Smutné nalezneme více lokalit

s výskytem těchto invazních neofytů, ale invazní neofyty nevytvářejí souvislejší a rozsáhlejší porosty.

Tab. č. 11: Podíl úseků obsazených jednotlivými taxony (osg) a průměrný počet jedinců v obsazeném úseku (PJ/osg) pro jednotlivé taxony

	podíl obsazených segmentů		**průměrný počet jedinců v obsazeném segmentu**	
	Smutná	**ČR***	**Smutná**	**ČR***
*Echinocystis lobata***	47 %	9 %	12,33	9,35
Impatiens glandulifera	64 %	43 %	49,56	331,5
Impatiens parviflora	63 %	43 %	54,5	268
Lupinus polyphyllus	5 %	3 %	3,25	227,4
Reynoutria sp.	13 %	14 %	402,63	840,8
Robinia pseudacacia	8 %	15 %	6	137,2

* Průměrná hodnota sledovaných vodních toků v ČR
** druh *Echinocystis lobata* mapovala Šenová 2008
Zdroj: Šenová 2008, Matějček 2009, výpočty autora

Matějček (2009) uvádí, že během pozorování v letech 2006-2008 došlo na sledovaných vodních tocích v ČR k mírnému poklesu průměrného počtu taxonů v segmentu a k relativně výraznému poklesu průměrného celkového počtu jedinců v segmentu. Podobný trend jsme zaznamenali i v povodí Smutné viz tabulka č. 12. Matějček (2009) dále poukazuje, že mezi jednotlivými toky jsou značné rozdíly, které mají na svědomí různé příčiny. Povodí Smutné v tomto směru nevykazuje žádné extrémní hodnoty.

Tabulka č. 12: Změny souhrnných ukazatelů

	průměrný počet taxonů v segmentu (PT/sg)	**průměrný počet jedinců všech sledovaných taxonů v segmentu (PJ/sg)**	**prostý index zatížení Ip**	**vážený Index Iv**
Smutná	-0,03	-40,74	0,11	-0,34
Milevský p.	0,00	-52,92	0,07	0,07
průměr ČR*	-0,14	-1857,06	0,35	-0,14

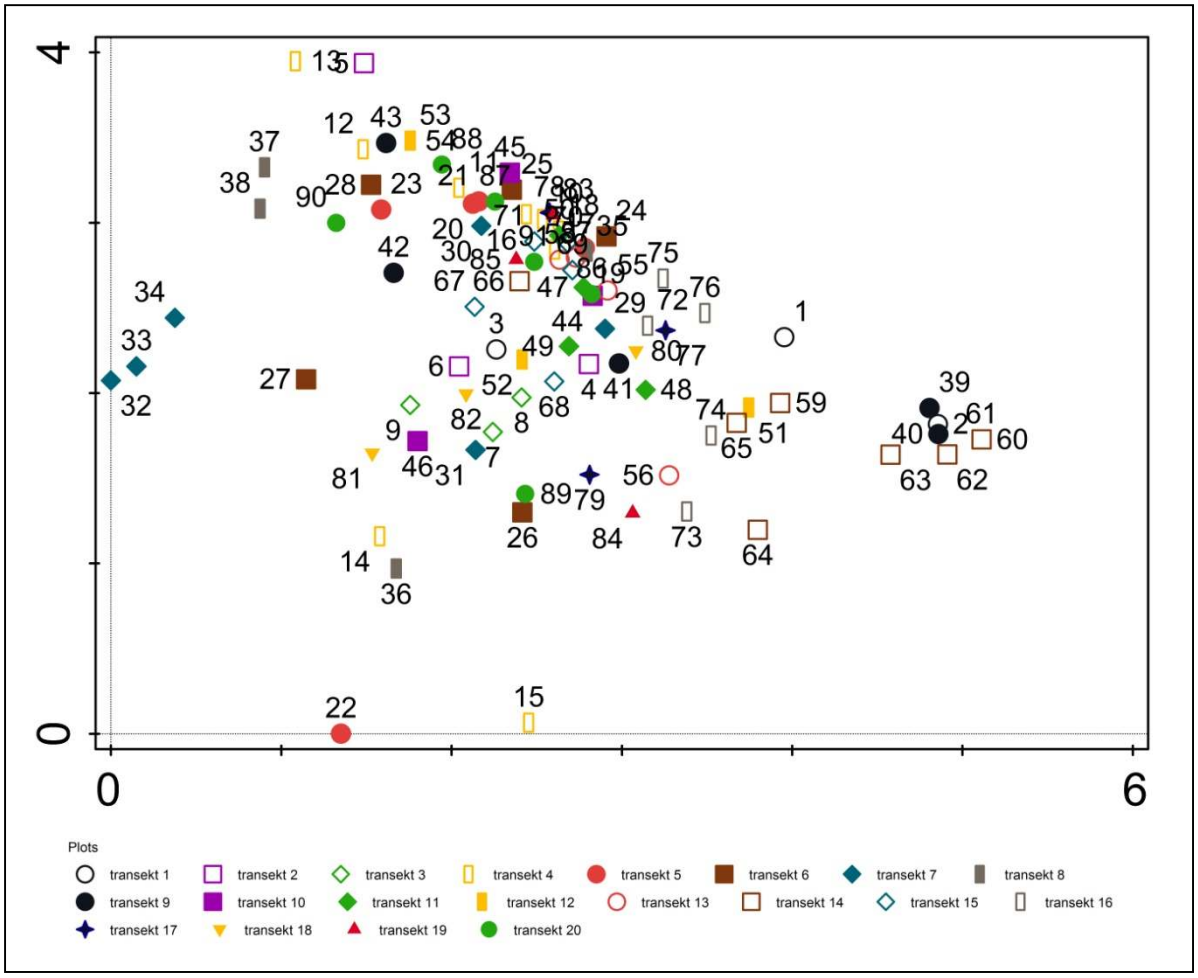
*Průměrná hodnota sledovaných vodních toků v ČR
Zdroj: Matějček 2009, výpočty autora

6.2 Mapování v nivě

V rámci práce bylo provedeno mapování pokryvnosti ve 20 transektech, které byly rozděleny celkem na 91 čtverců. Fytocenologický záznam tudíž obsahoval data z 91 fytocenologických snímků. Průměrná délka transektu činila 22,75 m. Nejkratší transekt měřil 15 m a nejdelší 45 m. Ve fytocenologických snímcích bylo zaznamenáno 47 druhů cévnatých rostlin. Nejčastěji se ve snímcích vyskytovaly: kopřiva dvoudomá 78 % (*Urtica dioica*), netýkavka žláznatá 39,6 % (*Impatiens glandulifera*), netýkavka nedůtklivá 36,3 % (*Impatiens noli-tangere*). Ze sledovaných invazních neofytů byly zaznamenány 4: štětinec laločnatý (*Echinocystis lobata*), netýkavka žláznatá (*Impatiens glandulifera*), netýkavka malokvětá (*Impatiens parviflora*) a křídlatka (*Reynoutria sp.*). Se štětincem laločnatým (*Echinocystis lobata*) se vyskytovaly stejné druhy jako s netýkavkami (*Impatiens glandulifera, I. parviflora*). Jednalo se o kopřivu dvoudomou (*Urtica dioica*), svízel bahenní (*Galium palustre*) a netýkavku nedůtklivou (*Impatiens noli-tangere*). Křídlatka (*Reynoutria sp*.) nejčastěji rostla se svlačcem rolním (*Convolvulus atvensis*), svízelem bahenním (*Galium palustre*) a dvěma druhy netýkavek (*Impatines glandulifera, I. noli-tangere*).

Obrázek č. 26 zachycuje rozložení skórů fytocenologických snímků ve 20 sledovaných transektech a ukazuje variabilitu floristického složení mezi jednotlivými transekty. Žádný ze snímků zcela nevybočuje svým floristickým složením. Dochází k překryvu skórů jednotlivých transektů. Můžeme říci, že celý datový soubor je relativně homogenní, což je dáno malou rozlohou snímkového území a stejným charakterem biotopu (nelesní společenstvo říční nivy).

Obr. č. 26: Ordinační digram DCA, rozložení skórů fytocenologických snímků.

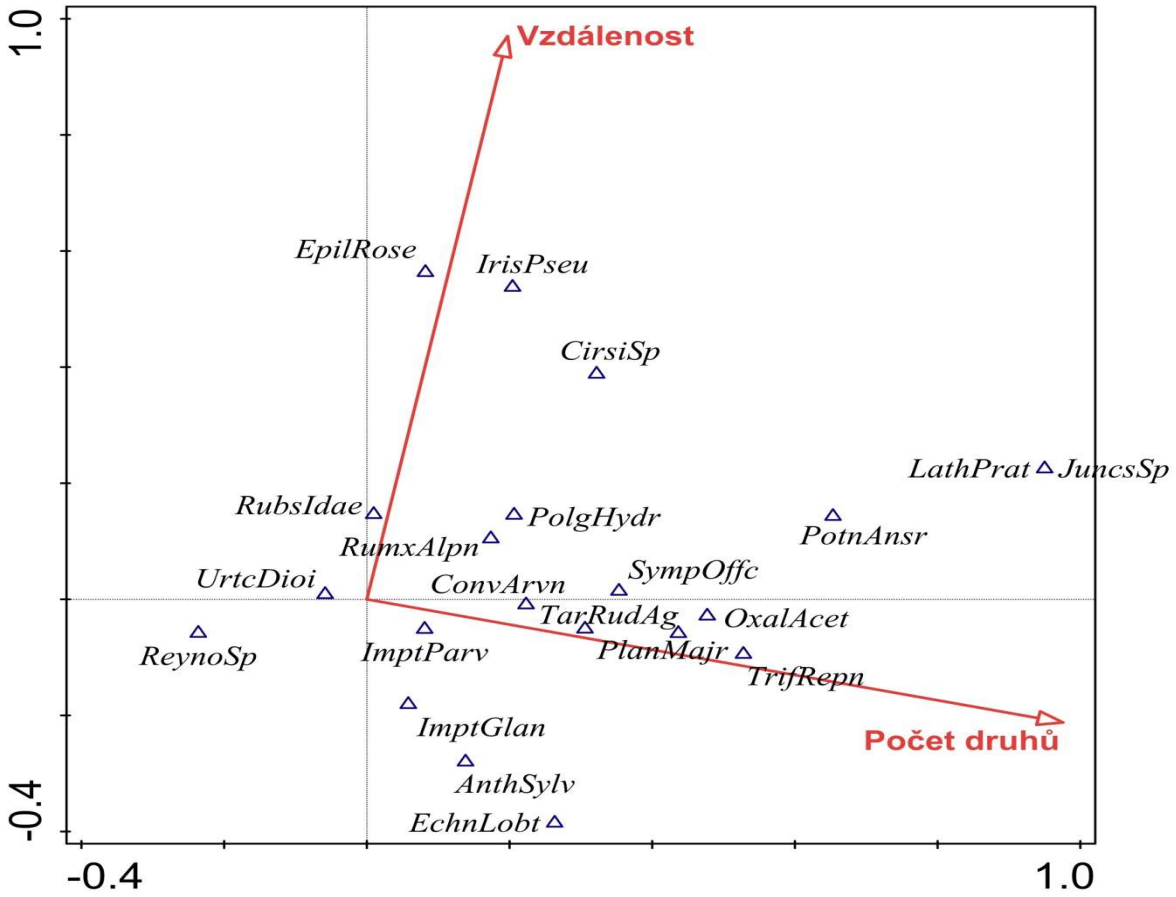


Pozn.: První 4 osy vysvětlují postupně 9,35; 6,53; 5,01 a 3,91 % celkové variability
Zdroj: výpočty autora

Vztah podmínek prostředí (vzdálenost od vodního toku, počet druhů) a floristického složení byl vyhodnocen přímou unimodální analýzou (CCA). Marginální test proměnné počet druhů vyšel průkazně p = 0,002, proměnná počet druhů vysvětlila 4,2 % celkové variability. Třetí a čtvrtá osa vysvětlily větší procento variability než první dvě osy kanonické. Sledované proměnné prostředí nejsou nejdůležitějšími faktory ovlivňující druhové složení rostlinného společenstva. Marginální test druhé osy představující vzdálenost od vodního toku vyšel neprůkazný p = 0,0104. Kovariáty (identita transektu) vysvětlují 2,2 % variability. Z toho vyplývá, že celkové složení vegetace průkazně ovlivňuje pouze počet druhů. Vztah vybraných invazních druhů k vybraným proměnným lze pomocí obrázku č. 27 interpretovat následovně. Štětinec laločnatý (*Echinocystis lobata*) se nejvíce ze sledovaných neofytů dokáže prosadit i na druhově bohatších stanovištích. Pokryvnost křídlatky (*Reynoutria sp.*) je negativně korelována s druhovou diverzitou a její výskyt je korelovaný s výskytem kopřivy dvoudomé

(*Urtica dioica*). Výskyt obou druhů netýkavek (*Impatiens glandulifera, I. parviflora*) je vzájemně korelován.

Obr. č. 27: Ordinační diagram CCA



pozn.: První 2 kanonické osy vysvětlily postupně 4,02 % a 1,75 %, třetí a čtvrtá osa vysvětlily 16,37 % a 10,4 % celkové variability. Marginální test průkazný pouze pro proměnnou počet druhů p = 0,002, marginální test pro proměnnou vzdálenost od vodního toku nebyl signifikantní p = 0,104 při 500 permutacích. Kavariáta: identita transektu.
Zdroj: výpočty autora

Obrázek č. 27 zobrazuje pouze 20 druhů, které měly při analýze největší váhu z celkového počtu 47 zaznamenaných. Jeden ze sledovaných druhů netýkavka malokvětá (*Impatiens parviflora*) neměla dostatečnou váhu při vynesení grafu a její centroid byl přidán ex post. Z důvodu čitelnosti jsou uváděny pouze latinské zkratky jmen. Celá jména jsou uvedena v příloze č. 5.

6.2.1 Zobecněné lineární modely (GLM)

V dalších analýzách jsme se již zaměřili pouze na vybrané neofyty. Byly sestaveny dva soubory modelů vysvětlující pokryvnost sledovaných neofytů v závislosti na vzdálenosti od vodního toku a počtu druhů. V našem případě se jednalo o tyto neofyty: štětince laločnatého (*Echinocystis lobata*), netýkavku žláznatou (*Impatiens glandulifera*), netýkavku malokvětou (*I. parviflora*) a křídlatku (*Reynoutria sp.*).

Zjišťovali jsme, jak závisí pokryvnost sledovaného druhu na vzdálenosti od vodního toku. K tomu jsme využili volbu *Species-response curves*, která je dostupná v programu Canoco 5. Zjištěné výsledky byly vysoce průkazné ($p < 0,0001$) pro dva druhy: netýkavku žláznatou (*Impatiens glandulifera*) a štětince laločnatého (*Echinocystis lobata*). Variabilita vysvětlená modelem byla v případě netýkavky žláznaté (*Impatiens glandulifera*) 27,9 % a u štětince laločnatého (*Echinocystis lobata*) 46,7 %. U ostatních dvou neofytů nebyla nalezena průkazná závislost mezi pokryvností druhu a vzdáleností od vodního toku. Vypočítané údaje jsou uvedeny v tabulce č. 13.

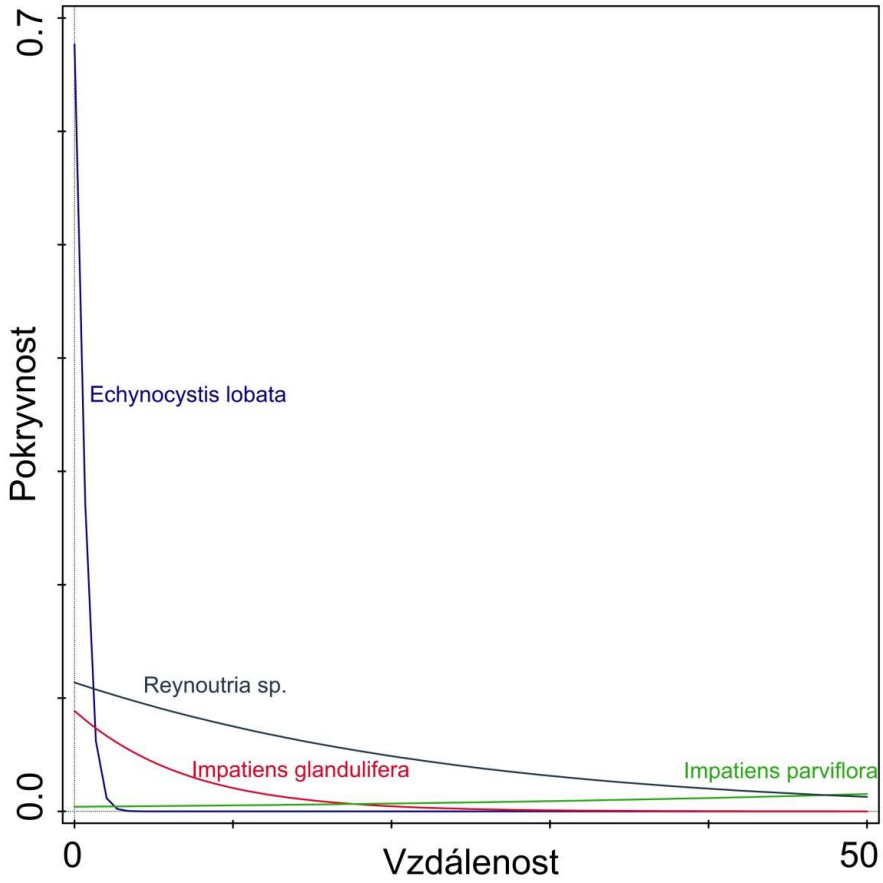
Tab. č. 13: GLM s quazibinomickým rozdělením – vzdálenost od vodního toku

GLM - vzdálenost od vodního toku			
invazní taxon	**F - hodnota**	**vysvětlená variabilita**	**p**
Echinocystis lobata	52,5	46,7 %	< 0,0001
Impatiens glandulifera	24,2	27,9 %	< 0,0001
Impatiens parviflora	1,9	-	0,30058
Reynoutria sp.	2,1	-	0,31335

Zdroj: výpočty autora

Graficky zachycuje situaci obrázek č. 28. Můžeme říci, že statisticky byl prokázán pokles pokryvnosti netýkavky žláznaté (*Impatiens glandulifera*) a štětince laločnatého (*Echinocystis lobata*) s rostoucí vzdáleností od vodního toku.

Obr. č. 28: Závislost pokryvnosti na vzdálenosti od vodního toku



Zdroj: výpočty autora

V druhém případě jsme počítali s proměnnou - počet druhů. Využili jsme stejný postup jako v předchozím případě. Zajímalo nás, jak závisí pokryvnost sledovaných neofytů na počtu druhů. Statisticky prokazatelná závislost p = 0,0088 vyšla pouze u křídlatky (*Reinoutria sp.*), vysvětlená variabilita byla 13,9 %. U ostatních sledovaných druhů nebyla zjištěna průkazná závislost. Jednotlivé vypočítané parametry jsou zaznamenány v tabulce č. 14.

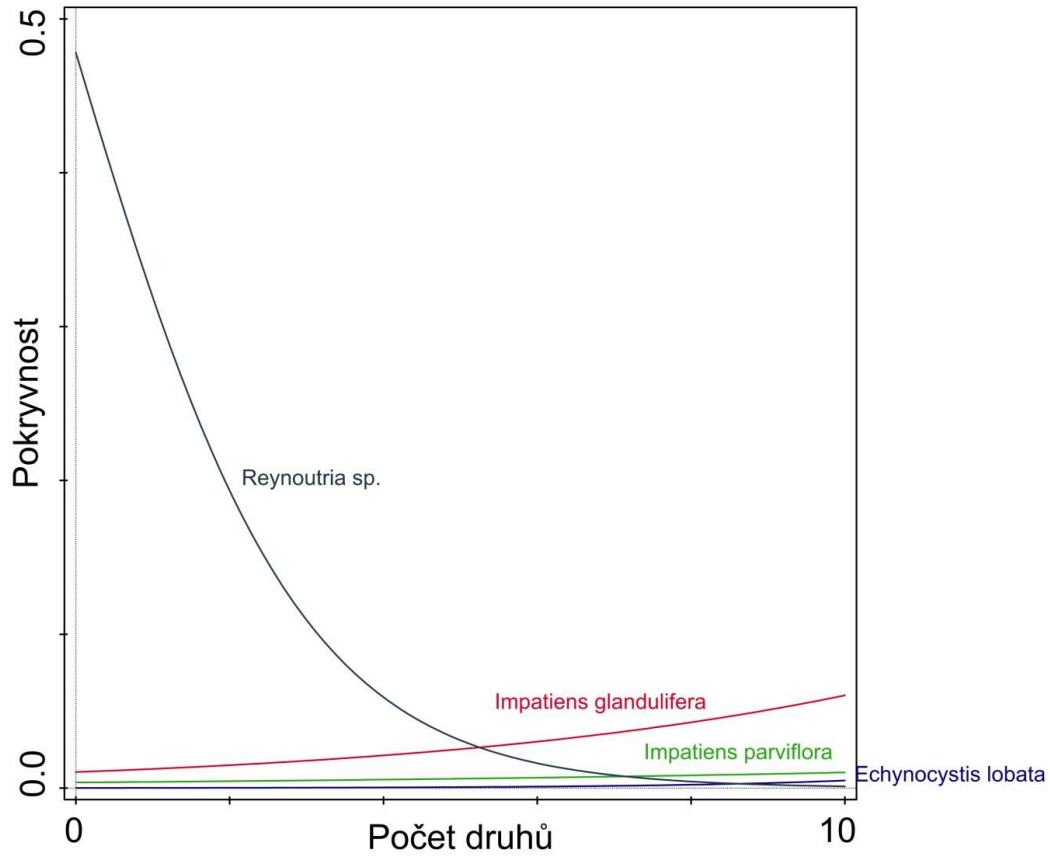
Tab. č. 14: GLM s quazibinomickým rozdělením – druhová diverzita

GLM - druhová diverzita			
invazní taxon	**F - hodnota**	**vysvětlená variabilita**	**p**
Echinocystis lobata	3	-	0,0848
Impatiens glandulifera	2,5	-	0,1142
Impatiens parviflora	0,487	-	0,5128
Reynoutria sp.	7,2	13,9 %	0,0088

Zdroj: výpočty autora

Na obrázku č. 29 můžeme vidět, že pokryvnost křídlatky je negativně závislá na počtu druhů. Čím je menší počet druhů, tím je větší pokryvnost křídlatky.

Obr. č. 29: Závislost pokryvnosti na počtu druhů



Zdroj: výpočty autora

7. Diskuze

7.1 Diskuze nad použitou metodikou

Mapování břehové vegetace Smutné mělo za cíl zjistit její zatížení vybranými invazními neofyty. Vzhledem k tomu, že bylo prováděno ve dvou časových rovinách, mohl být pozorován vývoj vegetace. Tato metodika byla použita v řadě prací, které sumarizuje Matějček (2009). Díky tomu mohlo být provedeno srovnání s ostatními sledovanými vodními toky v ČR. Získané výsledky bychom neměli interpretovat jako zobecňující generalizace, ale spíše jako případové studie pro daný vodní tok (Matějček 2009). Také při interpretaci vývoje vegetace nemůžeme vynášet zobecňující tvrzení, protože se jedná o krátký časový horizont.

Druhá použitá část metodiky si kladla za cíl zjistit, jak se mění pokryvnost neofytů v závislosti na vzdálenosti od vodního toku. Problém této metodiky spočívá ve výběru lokality. Ve vybrané lokalitě by měly být sledované invazní neofyty zastoupeny ve větším počtu fytocenologických snímků, aby zjištěné hodnoty měly patřičnou váhu. Pokryvnost neofytů byla v našem případě vztažena ke vzdálenosti od vodního toku, protože jsme předpokládali, že jeden ze způsobů jak se neofyty šíří je pomocí vodního toku tzv. hydrochorie (Hejný 2000). Jako další proměnnou jsme přidali počet druhů. Tato proměnná byla zvolena, protože se uvádí, že invazní druhy snižují biodiverzitu dané lokality (Křivánek et al. 2004, Máchal et al. 2006).

7.2 Diskuze nad výsledky mapování břehové vegetace

Zjištěné výsledky naznačují, že povodí Smutné není extrémně zatíženo sledovanými invazními neofyty. Zjištěné hodnoty jsou spíše podprůměrné ve srovnání s ostatními sledovanými toky v ČR (Matějček 2009). Mapování bylo provedeno také v intravelánu dvou obcí (Srlín, Rataje). V těchto úsecích nebyl zjištěn zvýšený výskyt invazních neofytů, v porovnání s ostatními částmi toku. Naproti tomu Šenová (2008) zaznamenala zvýšený výskyt neofytů v intravelánu obcí v povodí Ploučnice. Může to být způsobeno tím, že Smutná není v obcích regulovaná a zachovává si svůj přírodní charakter. Počet jedinců v obsazeném segmentu byl nízký, ale byl zaznamenán větší počet obsazených segmentů. Pouze v 7 segmentech ze 72 nebyl nalezen žádný taxon invazního neofytu. Nicméně neofyty se vyskytovaly ve většině případů osamoceně nebo v menších skupinkách a nevytvářely souvislé porosty. Výjimku představoval úsek Smutná 2, kde neofyty vytvářely porosty, které měly vysokou pokryvnost. V tomto úseku bylo zaznamenáno nejvíce disturbancí. Naproti tomu ostatní části toku lemovala relativně stabilní vegetace, která potlačovala šíření neofytů. V této

vegetaci se vyskytoval štětinec laločnatý (*Echinocystis lobata*), který zde rostl díky svému liánovitému růstu a pnul se po okolní vegetaci. Podobné zjištění dokládá také Kalousová (2009). Pokud došlo k disturbanci, byla tato nově vzniklá lokalita většinou obsazena neofyty, např. úsek Smutná 3. Výskyt netýkavky malokvěté (*Impatiens parviflora*) ve všech sledovaných úsecích může být zapříčiněn tím, že Smutná z větší částí protéká lesní krajinou, kde dominují jehličnaté lesy. Netýkavka se v těchto částech mohla šířit z lesa, kde může vytvářet dominantní bylinné porosty (Hejda 2012), směrem k vodnímu toku. Netýkavka žláznatá (*Impatiens glandulifera*) se rovněž nacházela na všech úsecích. Tento druh využívá ke svému šíření vodní tok (Pyšek & Prach 1994, Marková 2012). Její výskyt byl většinou vázán na samou hranici břehu a vodního toku, kde byl břeh často narušován vodní erozí.

V letech 2010 – 2012 došlo v břehové vegetaci k malým změnám ve sledovaných hodnotách. Došlo k mírnému poklesu celkového počtu jedinců v segmentu. Podobné zjištění přináší i Matějček (2009). Vhledem k tomu, že se jedná o krátký časový horizont, nemůžeme vyvozovat zobecňující závěry. Na takto malém vodním toku mohou i menší disturbance vyvolat rychlé šíření invazních neofytů. Tomuto tvrzení napomáhá i zjištění, že stanoviště vzniklá náhlou disturbancí byla osídlena invazními neofyty. Vzhledem k tomu, že výskyt neofytů byl zaznamenán cca v 90% segmentů, mohou disturbance představovat bránu pro šíření invazních neofytů.

Smutná a Milevský potok patří mezi menší vodní toky. Vzhledem k tomu, že mapování na Milevském potoku proběhlo jen ve 12 segmentech, nemůžeme získané výsledky zobecnit pro celý vodní tok. Smutná je v porovnání s ostatními vodními toky v ČR (Matějček 2009) podprůměrně zatížena vybranými invazními neofyty. Taxony invazních neofytů zde sice byly zaznamenány ve větším podílu segmentů, ale celková početnost jedinců v segmentu byla nižší. Její ukazatele jsou podobné jako u jiných menších vodních toků např. Mrlina, Výrovka, Kralovický potok.

7.3 Diskuze nad výsledky mapování v nivě

Ze získaných výsledků je patrné, že ze všech zjištěných taxonů invazních neofytů má jediná křídlatka (*Reynoutria sp.*) signifikantně prokázaný negativní vliv na počet druhů. Podobné zjištění uvádí také např. Hejda et al. (2009) a Maurel et al. (2010). Může to být způsobeno tím, že se jedná o trvalku, která vytváří velmi husté porosty, v nichž se velmi těžko prosazují jiné rostlinné druhy. Nemůžeme však říci, že by druhově bohatší společenstva byla odolnější vůči invazi křídlatek (*Reynoutria sp.*). Bimová et al. (2004) uvádí, že druhová

bohatost společenstva nemá na úspěšnost invaze křídlatek (*Reynoutria sp.*) žádný vliv. Důležitější je kombinace podmínek prostředí a možnosti rozšiřování propagulí.

Netýkavka žláznatá (*Impatiens glandulifera*) sice vytvářela ve sledované oblasti rozsáhlé porosty, ale její negativní vliv na druhovou diverzitu nebyl signifikantně prokázán. Podobné zjištění uvádí také Hejda a Pyšek (2006). Stejní autoři uvádějí, že netýkavka žláznatá (*Impatiens glandulifera*) se na některých místech stala dominantní na úkor původních nitrofilních dominant. U druhé sledované netýkavky malokvěté (*Impatiens parviflora*) nebyla rovněž prokázána signifikantní závislost. Podobně jako netýkavka žláznatá (*Impatiens glandulifera*) vytváří také rozsáhlé porosty, ale nemá signifikantně negativní dopady na druhové složení (Hejda 2012).

Pro dva druhy byl statisticky prokázán pokles jejich pokryvnosti s rostoucí vzdáleností od vodního toku. Jednalo se o netýkavku žláznatou (*Impatiens glandulifera*) a štětince laločnatého (*Echinocystis lobata*). U netýkavky může nižší pokryvnost s rostoucí vzdáleností od vodního toku způsobovat fakt, že se její semena šíří na větší vzdálenosti vodním tokem. Tím jsou semena unášena u dna společně s pískem a jiným materiálem, který je při zvýšených stavech vody vynesen na břeh (Marková 2012). Na těchto nově vzniklých stanovištích dochází k rychlému šíření (vlastní pozorování).

Data pro štětince laločnatého (*Echinocystis lobata*) jsou omezená, protože se vyskytoval jen v malém počtu snímků. Na druhou stranu byl jeho výskyt vázán pouze na břehovou vegetaci, což může svědčit o vazbě druhu na říční tok. Zde se pnul po okolních druzích. Vzhledem k malému rozsahu dat nelze vyvozovat zobecňující závěry. Můžeme se jen domnívat, že díky jeho liánovitému růstu nebude jeho šíření do okolní vegetace příliš limitováno a prosadí se i v hustém zápoji vegetace, jak uvádí Kalousová (2009).

Vzhledem k tomu, že křídlatka (*Reynoutria sp.*) využívá ke svému šíření vodní tok, který unáší její diaspory (Pyšek & Prach 1994, Křivánek 2003), dalo by se předpokládat, že její pokryvnost bude směrem od vodního toku klesat. Tuto domněnku se nám statisticky nepodařilo prokázat. Křídlatka (*Reynoutria sp.*) je po uchycení v břehové vegetaci schopna vytvořit velmi početnou populaci. Pokud dojde k vytvoření dostatečně silné populace, je křídlatka schopna se šířit do okolní vegetace. Ve sledovaném úseku byl sice výskyt křídlatky (*Reynoutria sp.*) zaznamenán v břehové vegetaci, ale tyto výskyty měly velký přesah do okolní nivy.

Signifikantní závislost mezi pokryvností a vzdáleností od vodního toku se nepodařilo prokázat ani u netýkavky malokvěté (*Impatiens parviflora*). Rozšíření netýkavky malokvěté (*Impatiens parviflora*) může ovlivňovat nejen vodní tok, ale i okolní vegetace. Okolní vegetaci tvořil z části jehličnatý les, kde může netýkavka malokvětá (*Impatiens parviflora*) vytvářet rozsáhlé porosty (Hejda 2012). V některých částech lesa byla pozorována jako dominantní bylinný druh. Je možné, že směry šíření probíhaly od vodního toku i z okolní vegetace.

Čuda (2011) uvádí, že nebylo prokázáno, jestli jsou invazní netýkavky (*Impatiens glandulifera, I. parviflora*) kompetičně zdatnější než domácí druh netýkavka nedůtklivá (*Impatiens noli-tangera*) a jsou schopny za určitých podmínek koexistovat na jednom stanovišti. Analogickou situaci jsme pozorovali během mapování, kde se všechny tři druhy netýkavek (*Impatiens glandulifera, I. parviflora, I. noli-tangere*) ve fytocenologických snímcích vyskytovaly společně. Stejná práce uvádí, že v místech kde se tyto druhy setkávají, může pravděpodobně netýkavka nedůtklivá (*Impatiens noli-tangere*) zpomalit postup šíření invazních netýkavek (*Impatiens glantulifera, I. parviflora*).

8. Závěr

Tato práce se zabývala rozšířením vybraných invazních neofytů v břehové vegetaci a v navazující nivě povodí Smutné. Zdrojová data pocházejí z vlastního terénního mapovaní a k porovnání zatíženosti břehové vegetace byla využita data sumarizovaná Matějčkem (2009).

Povodí Smutné je v porovnání s ostatními sledovanými vodními toky v ČR podprůměrně zatíženo vybranými invazními neofyty. Jeho zatížení je srovnatelné s ostatními menšími vodními toky. Byly zde nalezeny následující taxony: štětinec laločnatý (*Echinocystis lobata*), netýkavka žláznatá (*Impatiens glandulifera*), netýkavka malokvětá (*Impatiens parviflora*), křídlatka (*Reynoutria sp.*), trnovník akát (*Robinia pseudacacia*) a vlčí bob mnoholistý (*Lupinus polyphyllus*). Tyto taxony, v porovnání s ostatními sledovanými vodními toky v ČR, obsazovaly více segmentů. Celkový počet jedinců v segmentu byl však nižší než u ostatních sledovaných vodních toků. Rozšíření neofytů v břehové vegetaci v povodí Smutné neprodělalo během dvou let žádné větší změny. Celkově došlo k malému navýšení obsazených segmentů a k nepatrnému poklesu jedinců v segmentu.

U netýkavky žláznaté (*Impatiens glandulifera*) bylo signifikantně prokázáno, že její pokryvnost ve fytocenologických snímcích klesá směrem od vodního toku. Stejná závislost byla prokázána i u štětince laločnatého (*Echinocystit lobata*). Výskyt tohoto druhu byl velmi řídký, takže data z fytocenologických snímků nejsou reprezentativní. U netýkavky malokvěté (*Impatiens parviflora*) a křídlatky (*Reynoutria sp.*) nebyla prokázána signifikantní závislost.

Signifikantně bylo prokázáno, že pokryvnost křídlatky (*Reynoutria sp.*) je negativně korelována s počtem druhů. Tento taxon vytváří husté porosty, které zabraňují růstu jiných rostlinných druhů.

Vzhledem k povaze datového souboru nelze zjištěné výsledky zobecňovat. Měli bychom je chápat jako výsledky případové studie.

9. Použité zdroje

LITERATURA

ALBRECHT, J. et al. (2003): Českobudějovicko. In: Mackovič P. a Sedláček M. (eds.): Chráněné území ČR, svazek VIII. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR a EkoCentrum Brno, Praha, 808 s.

BAKER, H. G. (1974): The evolution of weeds. In: Annual Review of Ecology and Systematics, 5: 1–24.

BALATKA, B. – KALVODA, J. (2006): Geomorfologické členění reliéfu Čech. Kartografie PRAHA, a. s., Praha, 79 s.

BERNEZ, I. et al. (2006): Invasive river plants from Portuguese floodplains: What can species attributes tell us? In: Hydrobiologia 570: 3-9.

BÍMOVÁ, K., MANDÁK, B., KAŠPAROVÁ, I. (2004): How does Reynoutria invasion fit the various theories of invasibility? In: Journal of Vegetation Scientce, 15: 495-504.

BIRKLEN, P. (2007): Projekt na záchranu lužních stanovišť v povodí řeky Morávky. In: Ochrana přírody, 62: 6–8.

BLACKBURN, T. M., PYŠEK, P., BACHER, S., CARLTON, J. T., DUNCAN, R. P., JAROŠÍK, V., WILSON, J. R. U., RICHARDSON D. M. (2011): A proposed unified framework for biological invasions. In: Trends in Ecology and Evolution, 26: 333-340.

BLAŽKOVÁ, D. (2003): Pobřežní vegetace řeky Berounky dva měsíce po povodni v srpnu 2002. Bohemia centralis, Praha, 26: 35-44.

CATFORD, J. A. (2011): Quantifying levels of biological invasion: towards the objektive classification of invaded and invasible ecosystems. In: Global Change Biology, 18: 44-62.

Crawley, M. J. (2007): The R book. John iley & Sons Ltd., Chichester, UK, 948 s.

CRAWLEY, M. J. et al. (1996): Comparative ecology of the native and alien flora sof the British Isles. In: Biol. Trans. R. Soc. B, 351: 1251-1259.

CULEK, M. et al. (1996): Biogeografické členění České republiky. ENIGMA, Praha, 347 s.

Českе botanicke společnosti, Praha, 36, Materialy 18: 21–30.

ČUDA, J. (2011): Stanovištní nároky a kompetice mezi původním a invazními druhy Impatiens. Diplomová práce. Katedra botaniky PřF UK, Praha, 82 s.

DEMEK, J. et al. (1965): Geomorfologie českých zemí. Nakladatelství Československé akademie věd, Praha, 336 s.

ESSL, F. et al. (2011): Socioeconomic legacy yields an invasion debt. In: Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America 108: 203-207.

GERGEL, J. HUSÁK, Š. (1997): Metodika pro revitalizaci vodních nádrží. VÚMOP, Praha, 56 s.

HEJDA, M. & PYŠEK, P. (2006): What is the impact of Impatiens glandulifera on species diversity of invaded riparin vegetation? In: Bilogical conservation, 132: 143-152.

HEJDA, M. (2012): What Is the Impact of Impatiens parviflora on Diversity and Composition of Herbal Layer Communities of Temperate Forests? In: PLoS ONE, 7(6): e39571.

HEJDA, M., PYŠEK, P. & JAROŠ0K, V. (2009): Impact of invasive plants on the species richness, diversity and composition of invaded communities. In: Journal of Ecology, 97: 393-403.

HEJDA, M., PYŠEK, P., JAROŠÍK, V. (2009): Impact of invasive plants on the species richness, diversity and composition of invaded communities. In: Journal of Ecology, 97: 393-403.

HEJNÝ, S. – SLAVÍK, B. (eds.) et al. (1988): Květena České socialistické republiky. 1. Academia, Praha, 560 s.

HEJNÝ, S. et al. (2000): Rostliny vod a pobřeží. East West Publishing Company & East West publishing Praha, Praha, 118 s.

HERBEN, T. & MÜnzbergová, Z. (2003): zpravování geobotanických dat v příkladech. Část I. Data o druhové složení. Univerzita Karlova, Přírodovědecká fakulta. Praha, 118 s.

HIERRO, J. L., MARO, J. L. & CALLAWAY, R. M. (2005): A biogeographical approach to plant invasions: the importance of studying exotics in their introduced and native range. In: Journal of Ecology, 93: 5-15.

CHUMAN, T. (2008): Vymezení nivy pomocí pedologických a biogeografických podkladů na příkladu povodí Opavy, in Langhammer, J. [ed.], Údolní niva jako prostor ovlivňující průběh a následky povodní, PřF UK v Prazqe, Praha, 180-186.

CHUMAN, T., LIPSKÝ, Z. & MATĚJČEK, T. (2007): Sukcese vegetace v údolní nivě po extrémních záplavách. In: Langhammer, J. [ed.]: Povodně a změny v krajině. Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy v Praze a Ministerstvo životního prostředí ČR, Praha: 257–267.

CHYTRÝ et al. (2005): Invasions by alien plants in the Czech Republic: a quantitative assesment across habitats. In Preslia, 77: 339-354.

CHYTRÝ et al. (2009): Map of the level of invasion of the Czech Republic by alien plants. Preslia, 81: 187-207.

CHYTRÝ, M. & PYŠEK, P. (2008): Invaze nepůvodních druhů v rostlinných společenstvech. In: Zprávy Čes. Bot. Společ., 43, Mater. 23: 17–40.

CHYTRÝ, M., PYŠEK, P. (2009a): Kam se šíří zavlečené druhy? 1. Rozdíl v invadovanosti velkých území. In: Živa, 1: 11-14.

CHYTRÝ, M., PYŠEK, P. (2009b): Kam se šíří zavlečené druhy? 2. Invadovanost a invazibilita rostlinných společenstev. In: Živa, 2: 60-63.

CHYTRÝ, M., PYŠEK, P. (2009c): Kam se šíří zavlečené druhy? 3. Obecné příčiny invazibility společenstev. In: Živa, 3: 110-112.

JUST, T. et al. (2003):Revitalizace vodního prostředí. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, Praha 144 s.

KALOUSOVÁ, V. (2009): Rostlinné invaze v aluviálních biotopech dolního toku Moravy a Dyje. Diplomová práce, ústav botaniky a zoologie PřF MU, Brno, 162 s.

KOL. AUTORŮ (2007): Atlas podnebí česka. Český hydrometeorologický ústav, Praha – Olomouc, 255 s.

KŘIVÁNEK, M. – SÁDLO, J. – BÍKOVÁ, K. (2004): Odstraňování invazních druhů rostlin. In: Háková, A. – Klaudisová, A. – Sádlo, j: (eds.): Zásady péče o nelesní biotopy v rámci soustavy Natura 2000, Planeta XII, 8. MŽP ČR, Praha, s. 23-27.

KŘIVÁNEK, M. (2003): Řeka – dálnice pro invazní rostliny. In: Vodní hospodářství, 5: 121–123.

KŘIVÁNEK, M. (2004): Rostlinné invaze – pět otázek a pět odpovědi. In: Ochrana přírody, 59: 10–12.

KŘIVÁNEK, M. (2006): Biologicke invaze a možnosti jejich předpovědi. In: Acta Pruhoniciana, 84, VUKOZ, Průhonice, 73 s.

KŘÍŽEK, M. (2007): Údolní niva jako geomorfologický fenomén, in Langhammer, J. (ed.), Povodně a změny v krajině, PřF UK v Praze, MŽP ČR, Praha, 217-229.

KŘÍŽEK, M., HARTVICH, F., CHUMAN, T., ŠEFRNA, L., ŠOBR, M., ZÁDOROVÁ, T. (2006): Floodplain and its delimitation. Geografie – Sborník České geografické společnosti, 111: 260-273 s.

KUBÁT, K., HROUDA L., CHRTEK, J. jun., KAPLAN, Z., KIRSCHNER, J. et ŠTĚPÁNEK, J. [eds.] (2002): Klíč ke květeně České republiky, Academia, Praha, 927 s.

KUNSKÝ, J. (1968): Fyzický zeměpis Československa. Státní pedagogické nakladatelství, Praha, 536 s.

KUNSKÝ, J. (1974): Československo fyzický zeměpis. Státní pedagogické nakladatelství, Praha, 251 s.

LACINA, J. (2007): Desetiletý vývoj vegetačního krytu povodňového koryta Bečvy se zvláštním zřetelem na ekotony. In: Říční krajina. Sborník příspěvků z konference. Univerzita Palackého v Olomouci, Přírodovědecká fakulta, Olomouc: 145-151.

LAMBDON, P. W. (2008): Alien flora of Europe: species diversity, tempoval trends, geographical patterns and research Leeds. In: Preslia, 80: 101-149.

LANGHAMMER, J. (2007): Úpravy toků a údolní nivy jako faktor ovlivňující průběh povodní, in Langhammer, J. (ed.), Povodně a změny v krajině, PřF UK v Praze, MŽP ČR, Praha, 271-294.

LANGHAMMER, J., KŘÍŽEK, M., MATOUŠKOVÁ, M. & MATĚJČEK, T. (2005): Metodika mapování upravenosti říční sítě a následků povodní. [výzkumná zpráva]. Praha, ČR: PřF UK, MŽP, ČR, Praha, 29 s.

LIPSKÝ, Z. (2007): Intenzifikace a extenzifikace využívání říčních krajin. In: Říční krajina. Sborník příspěvků z konference. Univerzita Palackého v Olomouci, Přírodovědecká fakulta, Olomouc, 152-162.

LONSDALE, W. M. (1999): Global patterns of plant invasions and the concept of invasibility. In: Ecology, 80: 1522-1536.

LOUČKOVÁ, B. (2011): Vegetace na fluviálních tvarech v renaturalizovaných říčních úsecích Opavy, Černé Opavy a Branné deset let od mimořádné povodňové disturbance. Geografie – Sborník České geografické společnosti, 116: 354-374.

LOŽEK, V. (2003): Povodně a život nivy. Bohemia centralis, Praha, 26: 9-24.

LOŽEK, V. (2008): Hynutí lesů, hrozba eroze a svědectví svahovin. Archiv plný padlých svědectví. Vesmír, 87: 856-860.

LOŽEK, V. (2011): Po stopách pravěkých dějů. O silách, které vytvářely naší krajinu. Dokořán, Praha, 182 s.

MÁCHAL, A. [ed.] et al. (2006): Malý ekologický a environmentální slovníček. Rezekvítek, Brno, 56 s.

MARKOVÁ, Z. (2012): Kolonizace habitatů neofytem Impatiens glandulifera (netýkavka žláznatá) a odhad faktprů limitující jeho rozšíření. Diplomová práce. Katedra botaniky PřF UK, Praha, 66 s.

MARKOVÁ, Z., HEJDA, M. (2011): Invaze nepůvodních druhů rostlin jako environmentální problém. In: Živa, 1: 10-14.

MATĚJČEK, T. (2008): The load of invasive plant species in the Labe riverbank vegetation. In: Acta Universitatis Carolinae, 1-2: 199-211.

MATĚJČEK, T. (2009): Rozšíření invazních neofytů v břehové vegetaci vodních toků. Dizertační práce. Katedra fyzické geografie a geoekologie, PřF UK, Praha, 131 s.

MAUREL, N., SALMON, S., PONGE, J., MANCHON, N., MORET, J., MURATET, A. (2010): Does invasive species Reynoutria japonica have an impact on soil ond flora in urban wastelands? In: Biol Invasions, 12: 1709-1719.

MLÍKOVSKÝ, J. & STÝBLO, P., EDS., (2006): Nepůvodní druhy fauny a flóry České republiky. Praha, ČSOP, 496 s.

MORAVCOVÁ, L. et al. (2010): Reproductive characteristics of neophytes in the Czech Republic: trans of invasive and non-invasive species. In: Preslia, 82: 365-390.

MORAVEC, J. et al. (1994): Fytocenologie (nauka o vegetaci). Academia, Praha, 404 s.

NEUHÄUSLOVÁ, Z. et al. (2001): Mapa potencionální přirozené vegetace České republiky. Textová část. Academia, Praha, 341 s.

NIELSEN, C. et al. (2005): The Giant Hogweed Best Practice Manual. Guidelines for the management and control of an invasive weed in Europe. Forest & Landscape Denmark, Hoersholm, 44 s.

PERGL, J. (2008): Co víme o vlivu zavlečených rostlinných druhů? In: Zprávy České Botanické Společnosti 43, Mater. 23: 183–192

PERGLOVÁ, I., PERGL, J., PYŠEK, P., MORAVCOVÁ, L. (2004): Bolševník velkolepý – mýty a fakta o ekologii invazního druhu. In: Živa, 55 (98): 153–157.

PHILLIPS, M. L. et al. (2010): Plant species of the Central European flora as aliens in Australia. In: Preslia, 82: 465-482.

PRACH et al. (2009b): Ekologie obnovy. IV. Obnova travinných ekosystémů. In: Živa, 4: 165-168.

PRACH, K. (2009): Ekologie obnovy narušených míst. I. Obecné principy. In: Živa, 1: 22-24.

PRACH, K. et al. (2009a): Ekologie obnovy narušených míst. II. Místa narušená těžbou surovin. In: Živa, 2: 68-72.

PYŠEK, P. & PRACH, K. (1994): How important are rivers for supporting plant invasions? - In: De Waal L.C., Child E.L., Wade P. M. & Brock J. H. (eds): Ecology and management of invasive riverside plants, J. Wiley & Sons. 19-26.

PYŠEK, P. & SÁDLO, J. (2004a): Zavlečené rostliny. Sklízíme, co jsme zaseli? In: Vesmír, 83: 35–40.

PYŠEK, P. & SÁDLO, J. (2004b): Zavlečené rostliny – jak je to u nás doma? In: Vesmír, 83: 80–85.

PYŠEK, P. & SÁDLO, J. (2004c): S vlky výt: alternativy boje proti zavlečeným druhům rostlin. In: Vesmír, 83: 140-145.

PYŠEK, P. & SÁDLO, J. (2004d): Zelení cizinci přicházejí. Hříčky, hry a dramata. In: Vesmír, 83: 200–206.

PYŠEK, P. (2001): Které biologické vlastnosti usnadňuji invazi rostlinných druhů?. In: Zprávy České Botanické společnosti, Praha, 36, Mater. 18: 21-30.

PYŠEK, P. (2008): Návrh české terminologie vztahující se k rostlinným invazím. In: Zprávy České Botanické Společnosti, Praha, 43, Mater. 23: 219-22.

PYŠEK, P. et al. (2008): Geographical and taxonomic biases in invasion ecology. In: Trends in Ecology and Evolution 23: 237–244.

PYŠEK, P. et al. (2009): The global invasion Access of Central Europe plants is related to distribution characteristics in thein native range and species trans. In: Diversity and Distributions, 15: 891-903.

PYŠEK, P. et al. (2011): Disentagling the role of environmental and human pressure on biological invasion across Europe. In: Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America 107: 1–6.

PYŠEK, P. et al. (2012): Catalogue of alien plants of the Czech Republic (2nd edition): checklist update, taxonomic diversity and invasion patterns. In: Preslia, 84: 155-255.

PYŠEK, P., CHYTRÝ, M. & PRACH, K. (2008): Dvanáct let výzkumu rostlinných invazí v České republice a ve světě. In: Zprávy Čes. Bot. Společ. 43, Mater. 23: 3–15.

PYŠEK, P., KUČERA, T. & JAROŠÍK, V. (2004): Druhová diverzita a rostlinné invaze v českých rezervacích: Co nám mohou říci počty druhů? In: Příroda, 21: 63-89.

PYŠEK, P., RICHARDSON, D. M. (2010): Invasive species, environmental chase and management, and healt. In: Annual Review of Environment and Resources 35: 25–55.

PYŠEK, P., RICHYRDSON, D. M. (2006): The biogeography of naturalization in alien plants. In: Journal of Biogeography, 33: 2040-2050.

PYŠEK, P., SÁDLO, J. & MANDÁK, B. (2002): Catalogue of alien plants of the Czech republic. In: Preslia, 74: 97–186.

RICHARDSON, D. M. et al. (2000): Naturalization and invasion of alien plants: concepts and definitions, In: Diversity and Distributions, 6: 93-107.

ŠAŇKOVÁ, B. (2006): Sukcese vegetace v povodňovém korytě a navazující nivě řeky Opavy po katastrofické povodni v červenci 1997. In: Říční krajina. Sborník příspěvků z konference. Univerzita Palackého v Olomouci, Olomouc: 267-277.

ŠEFRNA, L. (2007): Vznik a vývoj nivy z pedologického hlediska, in Langhammer, J. (ed.), Povodně a změny v krajině, PřF UK v Praze, M6P ČR, Praha, 209-215.

ŠENOVÁ, V. (2011): Zatížení území Ploučnice geograficky nepůvodními druhy rostlin. Diplomová práce. Katedra fyzické geografie a geoekologie PřF UK, Praha, 130 s.

ŠENOVÁ, V. (208): Sledování výskytu invazních druhů rostlin v břehové vegetaci vodních toků v povodí Ploučnice. Bakalářská práce. Katedra fyzivké geografie a geoekologie PřF UK, Praha, 112 s.

ŠTEFÁČEK, S. (2008): Encyklopedie vodních toků Čech, Moravy a Slezska. Baset, Praha, 743 s.

ŠTĚRBA, O. [ed.] et al. (2008): Říční krajina a její ekosystémy. Univerzita Palackého v Olomouci, Olomouc, 392 s.

ŠTUBAŘ, M., ALBÍN, R. (2005): Jak „beskydský postup“ likvidace křídlatek šetří nejen přírodu. In: Ochrana přírody, 60: 82-84.

ter BRAAK, C. J. F., ŠMILAUER, P. (2012): CANOCO 5 Reference Manual Microcomputer Power, New York, 496 s.

TICKNER, D, P., ANGOLG, P, G., GURNELL, A, M., MOUNTFORD, O, J. (2001): Riparian úlant invasions: hydrogeomorphological control and ecological impact. In: Progress in Physical Geography, 25: 22-52.

TOMÁŠEK, M. (2003): Půdy České republiky. Česká geologická služba, Praha, 68 s.

TRYLČ, L. (2007): Sukcesní změny po odstranění akátu a zhodnocení managementu na vybraných lokalitách v Praze. Diplomová práce, Ústavu životního prostředí PřF UK, Praha, 56 s.

VILÁ, M., WEINER, J. (2004): Are invasive plant species better competitors than native plant species?-evidence from pair-wise experiments. In: OIKOS, 105: 229-238.

VÍTKOVÁ, M. (2011): Péče o akátové porosty. In: Ochrana přírody, 66: 7-11.

VRÁNA, K. et al. (2004): Revitalizace malých vodních toků – součást péče o krajinu. MŽP ČR, Praha, 60 s.

ZÁDOROVÁ, T., CHUMAN, T., ŠEFRNA, L. (2008): Delimitace fluvizemí v prostoru hranice niva-svah v povodích menších toků, in Langhammer, J. (ed.), Údolní niva jako prostor ovlivňující průběh a následky povodní, PřF UK v Praze, Praha, 187-193.

INTERNET

Delivering Alien Invasive Species Inventories for Europe [cit. 18.11.2012]. URL<http://*www.europe-aliens.org*>

NATURA 2000. AOPK ČR [cit. 11.1.2013]. URL<*http://www.natura.cz*>

MAPOVÉ ZDROJE

Databáze ArcCR. ARCDATA Praha

Databáze DIBAVOD. Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka [10.10.2012].
URL<http://www.vuv.cz/oddeleni-gis>

Národní geoportál INSPIRE [10.1.2013]
URL<http://www.geoportal.gov.cz>

Portál veřejně správy České republiky [leden 2013].
URL<http://www.geoportal.cenia.cz>

PŘÍLOHY