

Univerzita Karlova v Praze
Přírodovědecká fakulta
Ústav pro životní prostředí

**STUDIUM VLIVU SOLENÍ POZEMNÍCH KOMUNIKACÍ
NA DOPROVODNOU VEGETACI**

Vedoucí práce: Doc. RNDr. Ivan Suchara, CSc.

Barbora Paulerová

květen 2007

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracovala samostatně s využitím uvedené literatury a informací, na něž odkazuji. Svoluji k jejímu zapůjčení s tím, že veškeré (i přejaté) informace budou řádně citovány.

Barbora Kubišová 45202

ABSTRAKT

Působení automobilové dopravy na rostliny je velmi složitou záležitostí, jejíž jednotlivé složky a jejich vliv na vegetaci je velmi těžké oddělit. Jedním z nejvýznamnějších faktorů je zimní solení vozovek, které ovlivňuje v bezprostředním okolí komunikací biotické i abiotické složky prostředí. Důsledkem je vytvoření gradientu zasolení a změna druhového složení doprovodné vegetace. Přímá souvislost mezi gradientem zasolení a gradientem vegetace zůstávala však blíže nepopsaná, a je proto cílem zkoumání v této práci.

Gradient zasolení a vegetace byl zjišťován v různých vzdálenostech od vnější hrany vozovky, konkrétně v 10, 50, 100, 250, 500 a 1000 cm od vnější hrany vozovky. V těchto vzdálenostech byla zaznamenána vegetace (modifikovanou metodou point-kvadrát) a odebrány vzorky půdy pro laboratorní analýzy základních parametrů zasolení: obsahu sodných iontů, chloridů, aktivní a výměnné reakce a celková vodivost. Výzkum proběhl na 15 lokalitách na Písecku v Jižních Čechách, zohledňujících různý způsob vedení i míru solení komunikace.

Všechny měřené proměnné prostředí se vzdáleností od vnější hrany vozovky klesají. Jejich pokles se mezi různými způsoby vedení komunikace liší. Významná je také dynamika zasolení během roku a doba, po kterou jsou komunikace soleny. Zjištěnému gradientu zasolení odpovídá i gradient vegetace: její druhové složení se s rostoucí vzdáleností od vnější hrany vozovky liší. Zvýšené zasolení substrátu indikují druhy jako *Puccinellia distans*, *Agrostis stolonifera* nebo i *Plantago major* a *Leontodon autumnalis*. Výskyt druhů *Matricaria discoidea*, *Arabidopsis thaliana*, *Verbascum densiflorum*, *Epilobium ciliatum* či *Hypericum perforatum* naopak žádnou kontaminaci neznačí.

Pomocí druhového složení je tedy možné usuzovat na míru zátěže a degradace prostředí vlivem zimního solení komunikací.

SUMMARY

The effect of transport on vegetation is a very complex problem. It is very difficult to compare the effects of its single components. One of the most important factors is using winter de-icing agents, which influences biotic and abiotic components of road environment. The result of it is the creation of saline gradient and changes in plant species composition of road margins. Still we know very little about response of vegetation to de-icing salt and this is the aim of this thesis.

The saline and vegetation gradient was studied in different distances from the pavement, particularly in 10, 50, 100, 250, 500 and 1000 cm from the edge of the pavement. In these distances, the vegetation was sampled (by modified point-square method) and soil samples were taken for laboratory analysis of basic salinity parameters: content of Na^+ ions, content of Cl^- ions, active and exchangeable pH and conductivity. There were 15 localities in the region Písecko in South Bohemia, which were studied, with different relief and de-icing regime.

All measured soil characteristics are decreasing with the distance from the pavement. There are differences in decreases between the different reliefs. Dynamics of salinity during the year, and the time in which the de-icing salt is applied, are also important. Resulting saline gradient is closely related to the gradient of vegetation. Species combinations differ in different distances from the pavement. *Puccinellia distans*, *Agrostis stolonifera* or *Plantago major* and *Leontodon autumnalis* indicate higher content of salt and higher degradation of soil. On the other hand, *Matricaria discoidea*, *Arabidopsis thaliana*, *Verbascum densiflorum*, *Epilobium ciliatum* či *Hypericum perforatum* indicate no or minimal contamination.

Thus, plant species and their combinations are a good indicators of impact of roadsalt and the degradation of environment by winter de-icing management.

OBSAH

1. ÚVOD	3
<u>1.1. O vlivu dopravy na vegetaci</u>	3
1.1.1. Stavba silnice.....	4
1.1.2. Mikroklima.....	5
1.1.3. Emise.....	6
1.1.4. Posypové materiály.....	9
Přímé působení (postřik solankou).....	10
Působení prostřednictvím půdy.....	13
2. CÍLE DP	15
3. METODIKA	16
<u>3.1. Sběr dat</u>	16
3.1.1. Výběr lokalit.....	16
3.1.2. Půda.....	18
3.1.3. Vegetace.....	19
<u>3.2. Zpracování dat</u>	20
3.2.1. Gradient zasolení.....	21
3.2.2. Gradient vegetace.....	22
3.2.3. Závislost gradientu vegetace na gradientu zasolení.....	22
3.2.4. Dynamika zasolení během roku.....	23
3.2.5. Porovnání různých způsobů vedení.....	24
3.2.6. Porovnání různě solených silnic.....	25
3.2.7. Význam vybraných druhů jako indikátorů zasolení.....	25
4. VÝSLEDKY	26
<u>4.1. Gradient zasolení</u>	26
<u>4.2. Gradient vegetace</u>	32
<u>4.3. Závislost gradientu vegetace na gradientu zasolení</u>	33
<u>4.4. Dynamika zasolení během roku</u>	35

<u>4.5. Porovnání různých způsobů vedení</u>	39
<u>4.6. Porovnání různě solených silnic</u>	47
<u>4.7. Význam vybraných druhů jako indikátorů zasolení</u>	50
5. DISKUSE	56
<u>5.1. Sběr a zpracování dat</u>	56
5.1.1. Výběr lokalit.....	56
5.1.2. Půda.....	57
5.1.3. Vegetace.....	57
<u>5.2. Výsledky</u>	58
5.2.1. Gradient zasolení.....	58
5.2.2. Gradient vegetace.....	61
5.2.3. Závislost gradientu vegetace na gradientu zasolení.....	61
5.2.4. Dynamika zasolení během roku.....	63
5.2.5. Porovnání různých způsobů vedení.....	64
5.2.6. Porovnání různě solených silnic.....	65
5.2.7. Význam vybraných druhů jako indikátorů zasolení.....	66
6. ZÁVĚR	68
7. LITERATURA	69
8. PŘÍLOHY	74
<u>8.1. Data o solení na lokalitách podle SÚS Písek</u>	74
<u>8.2. Metody laboratorních analýz</u>	77
<u>8.3. Seznam druhů a použitých zkratk</u>	79

ÚVOD

Doprava představuje jedno z nejrychleji se rozvíjejících odvětví lidské činnosti. V současné době doprava spotřebovává největší část energetických zdrojů, udává se přes 30% (Moldan, 2001). Výrazný rozvoj automobilizmu je možné ilustrovat několika čísly: v roce 1950 bylo celkové množství vozidel na Zemi 53 milionů, v roce 1990 už 456 milionů, a v roce 1997 dokonce 700 milionů. Tento exponenciální trend nárůstu stále pokračuje (ČSÚ, 2004). Stoupá tak i vliv dopravy na životní prostředí. K zlepšení v České republice přispívá jediný fakt, poměrně rychlá obnova vozového parku, a tím zvýšení procentuálního zastoupení vozidel s modernějším technickým vybavením, které různými způsoby dopady eliminuje (Kohoutek et Holoubek, 1996). Podobný trend můžeme pozorovat v budování infrastruktury silniční sítě. V současné době je v ČR využíváno 55 000 km pozemních komunikací s průměrnou hustotou 0,71 km/km². Plocha komunikací zabírá 1 006 km², ale území silně ovlivněné zasolením, depozicí kovů a ropných derivátů se odhaduje nejméně na 2 800 km² a území středně kontaminované dopravou na 5 400 km², což představuje kontaminaci z dopravy 10% území ČR (Suchara, 1986). Ve Spojených státech amerických udávají Forman et Alexander (1998) dokonce 15–20% území ovlivněných dopravou. Znečišťování prostředí dopravou má negativní vliv na lidské zdraví, ale je také významným faktorem, který působí na okolní ekosystémy. Dove (1997) dokonce povyšuje pozemní komunikace na samostatný ekosystém (také Lugo et Gucinski, 2000). O vlivu dopravy na lidské zdraví toho bylo napsáno již mnoho, o vlivu dopravy na přírodní ekosystémy nebo vegetaci – jako základní složku ekosystémů – však mnohem méně. Co je tedy pro silnice a vliv dopravy na vegetaci charakteristické?

1.1. O vlivu dopravy na vegetaci

První změnu prostředí způsobuje vlastní *stavba silnice*, další představuje vytvoření specifického *mikroklimatu* a půdních podmínek v okolí, fragmentace krajiny, dále *emise* z automobilů (plynné i pevné částice) a v neposlední řadě i *posypové materiály* ze zimní údržby. To vše má výrazný vliv v širokém okolí nejen na zdraví

obyvatel (Patrik, 2004), ale i ostatních živých organismů v bezprostředním okolí, zvláště pak na rostliny (Forman et al., 2003).

1.1.1. Stavba silnice

Výstavba silnice je v dnešní době velmi složitou záležitostí s vlastními pravidly, které musí taková komunikace splňovat, zejména z bezpečnostního hlediska a optimálního provozu na ní (Forman et al., 2003). Zohledňují se kritéria jako např. začlenění komunikace do krajiny, její sklon ve směru jízdy i vzhledem k odvodnění jejího povrchu, meliorace, eroze apod. Stavba sama o sobě představuje nejprve obrovskou disturbanci a zničení celého původního vegetačního krytu; posléze zábor a změnu využití původní plochy, a tím pádem ztrátu stanovišť (Cuperus et al., 1996). Samotná silniční síť (bez ploch parkovišť, dopravních uzlů, nádraží apod.) České republiky představuje odhadem minimálně 1,27% její celkové rozlohy (ČSÚ, 2004). Kromě asfaltových ploch dochází k poškození i bezprostředního okolí tělesa komunikace (terénní, meliorační a další úpravy). Další narušování okolních stanovišť pak způsobuje zvýšený hluk i eroze (Forman et al., 2003).

Silnice fragmentují krajinu, rozdělují populace a často narušují přirozený ekologický tok, což může mít negativní důsledky na přežívání populací (Forman et Alexander, 1998). Navíc fungují jako koridory pro šíření, což může umožnit invazi nepůvodních druhů (Arevalo et al., 2005; Brown et Schoknecht, 2001; Hodgkinson et Thompson, 1997; Richard et al., 1994). Nelze opominout ani změny ve vodním režimu způsobené výstavbou komunikace, které ovlivňují další ukládání škodlivin (Zanders, 2005; Legret et Pagotto, 1999). Nezbytné je také sledovat říční síť a zamezit jejímu možnému znečištění (Thunquist, 2004). Ovlivnění vodního režimu se odvíjí mimo jiné od použitého materiálu povrchu silnice (typu asfaltu), kdy propustný materiál a adekvátní kanalizace způsobí koncentrování škodlivin na jednom místě, zato nepropustný materiál drží vodu i škodliviny na povrchu, odkud jsou rozstříkovány v nižších koncentracích do širokého okolí (Van Bohemen et Janssen van De Laak, 2003).

Při výstavbě je obvyklé navezení velkých objemů různých štěrků a nepůvodní zeminy, často s chemickými a fyzikálními vlastnostmi vhodnými pro stavbu, avšak

odlišnými oproti původním. Důležitý je např. obsah šterkových částic z důvodu dobré propustnosti a odvodu vody, jednotlivé vrstvy se často navíc válcují a lisují, aby byla zajištěna stabilita podkladu silnice (Shejbal et Mazánková, 2001). Substrát v bezprostředním okolí komunikací má tak svá specifika, což může být také částečně příčinou relativní uniformity vegetace podél všech komunikací (Forman et al., 2003).

Charakteristiky nepůvodních, navezených půdních pokryvů se v čase mění. U nově postavené silnice bývá vyšší provzdušnění a obsah kyslíku v půdě, širší spektrum živin, vyšší půdní teplota a dostatečné světelné podmínky, zároveň ale nižší půdní vlhkost, nižší obsah dusíku a organických látek (Olander et al., 1998). S postupem času a užívání silnice dochází k depozici materiálu nejrozličnějšího původu – ukládají se zde částice přenášené na automobilech (jemné prachové částice, obrusy pneumatik, oleje, těžké kovy, soli,...) a látky deponované z ovzduší (sloučeniny dusíku, síry, olova,...). Stoupá úživnost i toxicita stanoviště, substrát ztrácí původní strukturu, dochází k zhutnění a tím pádem i k snížení propustnosti, zhoršují se světelné podmínky a zvyšuje se půdní alkalita. Uvedené charakteristiky substrátu a jejich změny pak ovlivňují doprovodnou vegetaci (Forman et al., 2003; Booze-Daniels et Schmidt, 1996; Diez et Krauss, 1995; Beyschlag et al., 1992).

1.1.2. Změna mikroklimatu

Mezi ovlivněné klimatické činitele se řadí vítr a (nejen) větrná eroze se specifickými jevy při unášení prachu a sněhu, dále teplota a vodní režim, způsobené odlišnými vlastnostmi nového povrchu (Forman et al., 2003).

Vítr je důležitým činitelem, podle Blomquista et Johanssona (1999) je to faktor přemísťující energie, ať už ve formě hluků, pachů či tepla. Silnice tu pak působí jako koridor, který jeho rychlost mění v závislosti na jeho směru: ve stejném urychluje, v mírně odlišném usměrňuje a v kolmém způsobuje zejména nárůst turbulentního proudění. Vítr přenáší nejrozličnější částice – aerosoly, např. prach nebo sníh, ale i plyny, např. CO₂, SO₂, NO_x. Tyto částice rozptyluje do okolí nebo naopak akumuluje v blízkosti silnice, což závisí nejen na větru, ale i na orientaci silnice v terénu a také přítomnosti, výšce, zápoji a souvislosti vegetace v jejím okolí. Příkladem může být akumulace sněhu na úpatí návětrné strany silnice, kde na terénní vyvýšenině roste

vysoký, souvislý, zapojený les s nízkými korunami apod. (Forman et al., 2003; Blomquist et Johansson, 1999; Blažková 1982).

Významná je také změna tepelné bilance v blízkém okolí silnice (Forman et al., 2003). Změny při povrchu půdy jsou patrné až do vzdálenosti 8 m od krajnice, ve výšce 50 cm o polovinu méně. Příčinou je odlišná míra absorpce a vyzařování tepelného záření povrchem. Tepelná bilance závisí na geografické šířce silnice, kontrastech zima/léto a den/noc, hladině podzemní vody, přítomnosti a zápoji (a zdravotním stavu) vegetace v okolí i ve středním pásu a konečně i na samotném materiálu tvořícím povrch (Forman et al., 2003). Také změna vodního režimu přispívá ke změně tepelné bilance. Voda na povrchu komunikace zvyšuje riziko nehody, zvýšená vodní hladina v blízkosti silnice může způsobovat erozi. Obojí je nežádoucí jev, a proto jsou moderní komunikace vybaveny drenážním odvodňovacím systémem tak, aby byla voda co nejefektivněji odváděna do meliorací či kanalizací v okolí komunikace (Shejbal et Mazánková, 2001). Odvodnění pak snižuje možnost ochlazování povrchu odpařováním, a tak dochází snáze k jeho přehřívání (Forman et al., 2003). Doprovodná vegetace se tedy musí přizpůsobit i těmto podmínkám.

1.1.3. Emise

Emise (a následné imise) z automobilové dopravy je velmi široké téma. Emise z provozu spalovacích motorů nejsou totožné s množstvím výfukových plynů – ty tvoří „pouze“ 60% emisí, do celkového souhrnu je doplňují emise odvětráváním z klikové skříně (20%), ztráty odparem ze zplyňovacího zařízení (10%) a ztráty odparem z benzínové nádrže (10%, Kohoutek et Holoubek, 1996). Nicméně výfukové plyny zůstávají nejzávažnějším zdrojem znečištění, a to i co se týče vlivu na vegetaci. Mezi jejich základní složky patří oxidy uhlíku (CO a CO_2), oxidy dusíku (NO_x), oxidy síry (SO_x), uhlovodíky (od aldehydů po lehké aromatické uhlovodíky – PAH, mezi které patří např. anthracen, fenanthren, pyren či jejich benzo- sloučeniny), těžké kovy a pevné částice, tzv. PM. Každá z uvedených látek působí na rostliny, a to buď přímo, ze vzduchu nebo nepřímo, přes půdu a vodu. Jejich složení může být dosti různorodé, odvíjí se od konstrukce motoru, režimu spalování, chemického složení

paliva, kvality údržby i správné funkce katalyzátoru (Mitra et al., 2002; Zhang et Morawska, 2002; Kohoutek et Holoubek, 1996).

Oxid uhelnatý (CO) vzniká nedokonalým spalováním paliva, při volnoběhu tvoří až 12% výfukových plynů (Kohoutek et Holoubek, 1996). V živých tkáních organismů zpomaluje reflexy a vytěsňuje kyslík, ricméně na rostliny velký vliv nemá (Larcher, 1988). *Oxid uhličitý* (CO₂) vzniká dokonalým spalováním paliva. Spalování fosilních paliv tvoří až 80% antropogenních emisí tohoto plynu, spalování nafty produkuje více CO₂ než spalování benzínu (Kohoutek et Holoubek, 1996). Je to po vodní páře hlavní skleníkový plyn (Hůnová et Janoušková, 2004). Na rostliny jakožto autotrofy nijak negativně nepůsobí, je to de facto jejich zdroj uhlíku (Slavíková, 1986).

Oxidy dusíku (NO_x) vznikají oxidací vzdušného dusíku za vysokých teplot při spalovacích procesech. Při jízdě na plný plyn jejich koncentrace dosahuje hodnot až 8 g/m³ (Kohoutek et Holoubek, 1996). Jejich depozicí je prostředí obohacováno dusíkem jako základní živinou (Truscott et al., 2005). Podle Hůnové et Janouškové (2004) představují druhou nejzávažnější příčinu vzniku kyselých srážek (rozpuštěním oxidů dusíku ve vodě vzniká roztok kyseliny dusičné). Nejvýznamnějším okyselujícím činitelem jsou sulfáty, vznikající rozpuštěním oxidů síry ve vodě. *Oxidy síry* (SO_x) z automobilové dopravy jsou jako zdroj znečištění oproti průmyslu zanedbatelné, jejich množství je závislé na obsahu síry v palivu (tento podíl se dnes také snižuje). Depozice kyselých srážek pak má vliv nejen na rostliny, ale i celé ekosystémy (Hůnová et Janoušková, 2004).

Pojem *uhlovodíky* (C_xH_y) zahrnuje nespálené uhlovodíky z paliva, produkty jejich částečné oxidace a nově vzniklé při termochemických reakcích během spalování. Může jich být až 200 různých druhů a více jich vzniká při činnosti benzinových než dieselových motorů. Vzhledem k jejich širokému spektru a nízké probádanosti se toho o jejich vlivu na rostliny moc neví. Fotochemickou reakcí uhlovodíků za přítomnosti NO_x však vzniká fotochemický, oxidativní smog (tvořený peroxiacetylnitraty (PAN) a přízemním ozónem), který způsobuje další škody na plodinách i polopřirozené vegetaci (Hůnová et Janoušková, 2004).

Dříve bylo velkým problémem *olovo* (Pb), které bylo přidáváno do paliva ve formě tetraethyl- či tetremethyl- olova jako antidetonátor. Postupně byl snižován jeho limit v olovnatých benzinech (0.15 g/l od roku 1995, zákon č. 38/1995 Sb.), a

docházelo tedy i ke snižování olovnatých emisí (Patrik, 2004; Šolc et al., 1998). Od 1.1.2001 byla výroba a distribuce olovnatých bezinů ukončena úplně (zákon č. 311/2006 Sb.). V bezolovnatých benzinech je jeho obsah maximálně 0.013 g/l a jeho emise tak poklesly pod 1 tunu ročně (ročenka Ministerstva dopravy 2005). Obsahu olova v půdách v okolí komunikací a jeho vlivu na rostliny se věnovala řada vědců (např. Othman et al., 1997; Backstrom et al., 2004). Průměrný obsah olova v půdách je 20 mg/kg s rozsahem 2–200 mg/kg. U kontaminovaných půd se pohybuje v řádu tisíců mg/kg. Fytotoxicita olova se projevuje až od extrémních obsahů v půdě, což je způsobeno akumulací olova v kořenech rostlin a omezeným přenosem do jejich nadzemních částí. Příjem olova rostlinou je ovlivněn půdní reakcí, obsahem organických látek a fosfátů v půdě i jejími dalšími charakteristikami (Luštinec et Žárský, 2003). Olovo se projevuje toxicky blokováním funkce svěřacích buněk průduchů a po absorpci do rostlinného organismu působí jako inhibitor některých metabolických cest (Munch, 1993).

S provozováním pozemních komunikací souvisí i kontaminace okolí dalšími *těžkými kovy* (Cd, Cr, Ni, Sb, Zn...) uvolňovanými obrusem pohyblivých částí automobilu, brzdových čelistí a bubnů, korozí karoserií, uvolňováním aditiv mazadel (Mo, W) a uvolňováním kovů (Pt, Pd, Co) z keramických částí katalyzátorů. Pokud kontaminace okolí komunikací olovem již není aktuální, pak nové problémy přináší kontaminace okolí silnic např. antimonem, platinovými kovy aj. (Dietl et al., 1997).

Zdrojem *prachových částic* jsou především dieselové motory a představují opět nestejnorodou směs jednotlivých látek: saze, sulfáty, těžké uhlovodíky (kondenzované nebo adsorbované na saze) původem z nespáleného paliva nebo mazacích olejů, atd. (Kohoutek et Holoubek, 1996). Jejich velikost dosahuje primárně hodnot 0.01 až 0.1 μm , větších hodnot (0.3 až 100 μm) pak sekundárně díky koagulaci s městským aerosolem apod. (Bowen, 1982). Jejich vliv na rostliny se prolíná s vlivem těžkých kovů, jelikož jsou (těžké kovy) jejich neoddělitelnou součástí. Depozicí prachových částic v okolí pozemních komunikací se zabývali např. Keller et Lamprecht (1995), jejich vlivem na rostliny např. Blažková (1982) nebo Farmer (1993). Depozice prachových částic na rostlinná těla způsobuje stínění, ucpávání průduchů, přehřívání tkáně vlivem změny absorpce a reflexe tepelného záření, mechanické porušování povrchu listu, a také může jejich ve vodě rozpustná složka vnikat do listových či jiných tkání. Důsledkem suché depozice pevných částic na

rostliny může být zhoršený zdravotní stav rostliny, snížení produkce biomasy a zhoršení jakosti biomasy (Farmer, 1993; Blažková, 1982).

Na závěr tohoto přehledu je nutné podotknout, že veškeré emise z dopravy znečišťují primárně atmosféru (Hůnová et Janoušková, 2004), ve které se rozptylují v závislosti na jejich vlastnostech (zejména velikosti částic, doby setrvání v atmosféře či stálosti) i na velké vzdálenosti, mnohem větší než je zóna nejvyšší kontaminace (do 5-25 metrů od vnější hrany vozovky). Vzhledem k vysokému atmosférickému rozptylu se dopad jejich působení na vegetaci v bezprostředním okolí komunikací oproti větším vzdálenostem příliš neliší (Hůnová et Janoušková, 2004; Forman et al., 2003).

1.1.4. Posypové materiály – solení

V našich klimatických podmínkách je běžná údržba silnic v zimním období užíváním nejrůznějších posypů. Účel aplikace je nasnadě, zvýšením obsahu iontů dochází k poklesu teploty tuhnutí vody, která tak na povrchu silnic nenamrzá. Nejčastějším druhem posypu v ČR je sůl, NaCl, s možnými příměsemi, např. KCl nebo CaCl₂ (Suchara, 1986). Dříve byla aplikována klasicky v pevném stavu, dnes podle norem Evropské unie se přechází na zkrápění sypké soli, aby se zabránilo zbytečnému setrvávání nejjemnějších částic v ovzduší (Vyhláška Ministerstva dopravy a spojů č. 104/1997 Sb.). V bezprostředním okolí komunikací se díky tomu zvyšují koncentrace solí, což má negativní vliv na abiotické i biotické faktory prostředí (Forman et al., 2003).

Z toho důvodu jsou předmětem výzkumů různé alternativy posypových materiálů a způsobů aplikace. Peterson (1995) doporučuje snížit množství soli aplikované na komunikace např. dodržováním technologické kázně při zimní údržbě vozovek a minimalizací solné dávky. Hodnotí také nejčastější alternativu ke klasické soli (NaCl) – chlorid vápenatý (CaCl₂), jehož bod tání ve vodě je nižší (-15.11 °C), a tím pádem rozpouští sněh za nižších teplot, než je teplota tuhnutí směsi sněhu a NaCl (pro běžné aplikace soli -5 až 7°C). Nicméně na okolní ekosystémy má stejný negativní účinek. O něco lépe je na tom pak MgCl₂ (co se týče vlivu na vegetaci),

jenomže výrazně poškozuje betonové konstrukce i karoserie automobilů (Kohoutek et Holoubek 1996; Forman et al., 2003). Další alternativou je CMA (*calcium magnesium acetate*), jehož škodlivý účinek na vegetaci (v podobě změny struktury či funkce chlorofylu ani jiného poškození) nebyl zatím prokázán, jako nevýhody se udávají nepříjemný octový zápach a hlavně vysoká cena (Booze-Daniels et Schmidt, 1996; Bensted 1995; Peterson 1995). Problémem také je, že aplikované chemikálie se dostávají na kolech vozidel i do míst, kde je jinak jejich aplikace omezena, jako např. velkoplošná zvláště chráněná území, historické městské části, apod. (Braniš et al., 2005; Drahný ed., 2005). Úplně vyhnout se chemikáliím je možné užíváním písku, který ale také není bez dopadu na okolní ekosystémy, nehledě na to, že při větší vrstvě námrazy či sněhu je mnohem méně účinný než klasická sůl (Forman et al., 2003).

Ať už je sůl na silnici aplikovaná v jakékoli formě, většina se jí rozpustí a vytváří solný roztok (až do teploty $-7\text{ }^{\circ}\text{C}$). Ten pak z povrchu silnice odchází dvěma základními cestami: odtokem a infiltrací do půdy nebo rozstříkáním velkých kapek i jemného slaného aerosolu do atmosféry sedimentujících blíže nebo dále od okraje vozovky (Blomquist et Johansson, 1999; Forman et al., 2003).

Rozstříkování do atmosféry

Forman et al. (2003) udává transport rozstříkáním do atmosféry u 20 až 63% objemu aplikované soli u průměrně frekventované silnice (5500 až 8000 vozidel za den). Tento podíl závisí samozřejmě na provozu – nejen na počtu aut, ale i typu automobilu a jeho rychlosti, na době uplynulé po aplikaci, a konečně také na množství vody (či sněhu) přítomné na povrchu vozovky (Forman et al., 2003).

Řada studií se věnovala měření škodlivin rozstříkovaných do okolí komunikací (např. Truscott et al., 2005; Backstrom et al., 2004; Fakayode et Olu-Owolabi, 2003; van Bohemen et Janssen van de Laak, 2003; Bryson et Barker, 2002; Blomquist et Johansson, 1999; Forman et Alexander, 1998). Jejich výsledky nejsou zcela totožné, přesto se víceméně shodují na tom, že v řádu několika desítek až stovek metrů jsou obvykle koncentrace škodlivin na pozadřové úrovni a pokles koncentrací se vzdáleností lze velmi dobře popsat exponenciální funkcí. Shodují se také na tom, že na dosah depozice má opět vliv mnoho faktorů. Jsou to již zmíněné charakteristiky

provozu, množství a forma srážek (s vyššími srážkami větší dosah), ale také teplota, rychlost a směr větru (což je samo o sobě ovlivněno faktory uvedenými výše), poloha komunikace v terénu či spádové poměry. Podle těchto kritérií stanovuje Forman et al. (2003) různé stupně ohrožení a účinků na vegetaci. Bezprostředně je ohrožena vzdálenost 10–15 m od vnější hrany vozovky, kritická může být vzdálenost 30 m (dosah aerosolů), za zvláště nepříznivých podmínek i 70 m. Na lokalitě, kde se kumulují více nepříznivých vlivů, může poškození dosahovat podstatně dále, 200 m i více (Forman et al., 2003).

Blízké okolí je řazeno do nejvyššího stupně ohrožení i díky tomu, že v těchto vzdálenostech dochází nejen k rozptylu slaných aerosolů, ale i k výraznému rozstříkování (i odtoku a infiltraci) větších objemů solanky (van Bohemen at Janssen van de Laak, 2003). Solanka je roztok soli, přičemž se posypová sůl po rozpuštění ve vodě plně disocijuje. Přímý postřik solankou působí na vegetaci v dosahu, a to zvláště na jehličnaté dřeviny, které jsou i v zimním období zelené. Přesto se poškození může projevit i na listnatých dřevinách, které v době vegetačního klidu nemají vyvinuté asimilační orgány (usazení soli na a mezi šupinami pupenů a pozdější poškození pletiv rašících listů, Semorádová, 2003). Na jehličnanech je možné už v zimě pozorovat známky poškození, jehož princip je následující: na asimilační orgány (jehlice) dopadají kapičky vody s chloridovými a sodnými ionty a dalšími škodlivými látkami. Jejich efekt může být obdobný jako u kyselých srážek: převážně rozrušují voskovou kutikulární vrstvu (Lehndorff et Schwarz, 2004; Urbat et al., 2004; Bednářová, 2003). Sůl samotná má pak efekt dehydratace, v jehlicích kromě ztráty vody dochází k degradaci barviv, změně vyšších struktur bílkovin, a tím pádem k poškození buněčných struktur. V konečném důsledku se hovoří o „spálených“ stromech, hlavně borovicích a smrcích (Semorádová, 2003; Johnson, 2000).

Další poškození je možné pozorovat v následujícím vegetačním období. Semorádová (2003) zaznamenala řadu defektů: různý stupeň a rozsah nekrotizace listů, která někdy splývá s příznaky podzimního vybarvování; předčasné podzimní vybarvování a opad; řídkší, drobnější olistování, při intenzivnějším poškození velmi řídké až typicky chomáčovitě; zasychání koncových větviček přechází s mírou zasažení na větvičky silnější a vede k prosychání části nebo celé koruny; slabší nasazení květů a plodů zhoršené kvality. U jehličnatých dřevin pak můžeme pozorovat změny v barvě a délce jehlic; po opadu starších ročníků řídnutí koruny,

příčemž postiženy mohou být jednotlivé větve či k vozovce přivracená část koruny do výše ostříku solankou, event. rovnoměrně celá koruna. Příznaky jsou pro smrk a borovici téměř shodné. Modřín má příznaky podobné - výrazné zkracování a změny v barvě jehlic; v těžších případech nepravidelné chomáčovité olistění, předčasný opad a řidnutí koruny (Kayama et al., 2003; Semorádová, 2003; Johnson, 2000).

Kontaktní působení postřiku solankou na byliny je omezené. Jednak proto, že v zimě prochází obdobím klidu a na jaře vytváří obvykle zcela nové asimilační orgány. Dále díky tomu, že často bývají překryté vrstvou sněhu. Zvýšené koncentrace solí tak na byliny působí hlavně prostřednictvím půdy.

Působení prostřednictvím půdy

Posypová sůl vyvolává v půdě řadu změn fyzikálního i chemického charakteru (Forman et al, 2003; Johnson, 2000).

Ze změněných fyzikálních charakteristik je možné zmínit zvýšení zhutnění, tím pádem snížení propustnosti, což je výrazný stresor pro rostliny a může způsobit až jejich odumírání. Přesto zhutnění může některé rostlinné druhy zvýhodňovat, např. *Plantago major* či *Polygonum aviculare* klíčí lépe v takovýchto zhutněných půdách (Forman et al., 2003).

Z chemických charakteristik jsou základními parametry indikujícími zasolení hodnoty zvýšené půdní reakce a obsah sodných iontů (Na^+). Obsah chloridů (Cl^-) nevyhovuje, poněvadž projevuje zvýšenou mobilitu, je přijímán rostlinami a v průběhu vegetačního období klesá v důsledku vymývání deště do spodiny (Suchara, 1986; Braniš et al., 2005). Pro oba základní parametry platí stejný dosah i rozsah: v těsné blízkosti silnice dosahují vysokých hodnot (hodnota půdní reakce pH až 9.0, obsah Na^+ až 900–1000 mg/kg, Pyšek, 1996). Je tedy patrné, že se zde zvyšuje také osmotický potenciál půdy. Se vzdáleností výrazně klesají, v kontrolní vzdálenosti několika desítek až stovek metrů jsou již obsahy Na^+ většinou na úrovni přirozených obsahů, tj. maximálně do 50 mg/kg (Blomquist et Johansson, 1999; Forman et al., 2003; Suchara, 1986). Hodnoty půdní reakce mohou klesat vlivem kyselých atmosférických depozic až k hodnotám pH = 3–4 (Hůnová et Janoušková, 2004), takže posun k zásaditému prostředí v blízkosti komunikace má na rostliny významný vliv (Forman et al., 2003).

Důležitá je také dynamika obsahu soli v půdě. Mirek et Trzcinska-Tacik (1981) naměřili v povrchové vrstvě (0-5 cm) maximální hodnoty 260 mg Na⁺ a 24 mg Cl⁻ (na 100 g půdy) v jarních měsících po tání sněhu, v červnu hodnoty klesly na 90 a 3 mg a v září na 32 mg Na⁺ a 2.6 mg Cl⁻. Během roku kromě obsahu soli kolísá i obsah vody (Forman et al., 2003). V době jarního tání bývají půdy v nejbližším okolí výrazně zamokřené, voda navíc přináší velké množství (nejen) chloridů, takže později při letním vysychání dochází k významnému zhoršování vlastností půd (přestože chloridy jsou rychle vyplavovány). Proto zde rostoucí společenstva, která tvoří, dá se říct, rozhraní mezi slanisky a ruderálními stanovišti, jsou zvláštní i tím, že se dají v různých obdobích roku přirovnat k naprosto odlišným přírodním ekosystémům – na jaře mohou připomínat arktická slaniska, v letním období se dá najít paralela s aridními ekosystémy, kde rovněž narůstá zasolení (Forman et al., 2003; Montaña, 1992).

Zvýšené množství chloridových a sodných iontů nejen v jarních měsících způsobuje rostlinám stres. Hromadění těchto iontů v rostlinných tělech zvyšuje vnitřní osmotický tlak (Luštinec et Žárský, 2003). To má za následek opět zhoršení příjmu jiných potřebných iontů (kterých je v zasolených půdách beztak nedostatek) a ovlivnění celého vodního režimu rostliny (Larcher, 1988).

Pouze některé druhy bylin jsou schopné tolerovat takhle extrémní, změněné podmínky, takže druhové složení vegetace v bezprostřední blízkosti komunikace je oproti původnímu zásadně změněno (Čechová, 1982; Dvořáček, 1983; Moravcová-Čechová, 1988; Suchara, 1986; Forman et al., 2003). Zasolení snášejí společenstva např. svazu *Bromo-Hordeion murini*, typickými druhy indikující zasolení jsou *Agrostis stolonifera* či *Puccinellia distans*. Poslední zmíněný druh se s rozvojem solení komunikací šíří i do jemu nepůvodních zeměpisných oblastí a dnes se už řadí díky těmto možnostem šíření mezi invazní druh (Heinrich, 1984; Adolphi, 1975; Seybold, 1973; Dettmar, 1993; Pyšek, 1996). Šíření slanomilných druhů začalo v 50. až 60. letech, ale první práce na toto téma je až z roku 1976 (Scott et Davison, 1982).

Co se týče dřevin, vliv zasolení půd se u nich vzhledem k jejich velikosti těla a dlouhověkosti projevuje až mnohem později (Forman et al., 2003; Luštinec et Žárský, 2003). Přesto i druhy dřevin běžně se vyskytující podél silnic lze podle Bednářové (2003) a Semorádové (2003) rozlišit na citlivější (smrk ztepilý, borovice lesní, modřín opadavý, jedle bělokorá, douglaska tisolistá, javory klen a mléč, jeřáb ptačí, lípy, habr

obecný, buk lesní a jilmy; z keřů líska obecná, svída krvavá, ptačí zob obecný a růže šípková) a méně citlivé, relativně odolnější: smrk pichlavý, borovice černá, kleč, duby, trnovník akát, jasan ztepilý, pajasan žlaznatý, osika obecná, olše šedá a lepkavá, topol bílý a šedý, hlošina úzkolistá, rakytník úzkolistý, vrby; z keřů čimišník obecný, žanovec měchýřník, kustovnice cizí, trnka obecná, meruzalka alpská a zlatá, růže svraskalá, pámelník bílý, tušalaj obecný, tamaryšek galský, olše zelená, keřovité formy vrb (Bednářová, 2003; Semorádová, 2003).

Nejen neustálý nárůst dopravy a její zátěže prostředí způsobuje zvýšený zájem o vzhled, management a vegetaci v bezprostředním okolí komunikací. Cackowski et Nasar (2003) studovali, jak (negativně) působí nevzhledná krajina na psychiku člověka. Také Akbar et al. (2003) upozorňuje na estetické hledisko a žádá vhodnou volbu druhů pro osazování znečištěných stanovišť, aby i tato degradovaná část našeho životního prostředí byla pokud možno krásná. Přesto je hlavním důvodem péče o okolí komunikací praktické hledisko: dřeviny v doprovodné vegetaci mohou avizovat řidiči dopředu směr a vedení vozovky, sloužit jako protihluková bariéra a izolace dopravy od cyklistických a pěších drah, keře ve středovém dělicím pruhu zabraňují oslnění světlem protijedoucích vozidel, apod. Také souvislý vegetační bylinný kryt v bezprostřední blízkosti silnic je více než žádoucí, poněvadž zabraňuje větrné i vodní erozi. Nánosy zeminy na povrchu komunikací by výrazně snižovaly bezpečnost a zvyšovaly finanční nároky na údržbu. (Forman et al. 2003; Johnson, 2000).

CÍLE DIPLOMOVÉ PRÁCE

Působení automobilové dopravy na rostliny je velmi složitou záležitostí, jejíž jednotlivé složky a jejich vliv na vegetaci je velmi těžké oddělit. Jedním z nejdůležitějších faktorů je zimní solení vozovek, které ovlivňuje v bezprostředním okolí komunikací biotické i abiotické složky prostředí. Důsledkem je vytvoření gradientu zasolení a změna druhového složení doprovodné vegetace, které bylo pozorováno řadou autorů (Forman et al., 2003; Johnson, 2002; Čechová, 1982; Dvořáček, 1983; Moravcová- Čechová, 1988; Dettmar, 1993; Beyschlag et al., 1992; a další). Přímá souvislost mezi gradientem zasolení a gradientem vegetace zůstává však blíže nepopsaná.

Ve své diplomové práci si proto kladu následující otázky:

i) Jaký je gradient zasolení a dosah působení zimní údržby vozovek do okolí pozemních komunikací?

ii) Je v bezprostředním okolí pozemních komunikací patrný nějaký gradient ve vegetaci? Jaký?

iii) Souvisí gradient vegetace s gradientem zasolení? Jak?

Díličními podotázkami práce jsou také:

- dynamika zasolení během roku
- gradient zasolení, gradient vegetace a jejich vzájemná souvislost v závislosti na způsobu vedení komunikace (násep, zářez, rovina)
- gradient zasolení, gradient vegetace a jejich vzájemná souvislost s ohledem na různou míru solení komunikací
- význam vybraných druhů jako indikátorů gradientu zasolení

METODIKA

3.1. Metodika – sběr dat

3.1.1. Výběr lokalit

Na celém území České republiky je většina silnic 1. tříd v zimním období udržována chemickým posypem. Sledovat vliv solení na vegetaci je proto možné prakticky kdekoli. Já jsem si vybrala okolí mého bydliště – Písecko.

Při hodnocení vlivu solení bylo nutné zohlednit způsob vedení komunikace. Různé způsoby vedení komunikace jsou v základu tři: násep, zářez a rovina, jejichž typický reliéf je znázorněn na obrázku č.1, nicméně existuje řada přechodných typů. Tvar reliéfu ovlivňuje například rychlost a směr proudění vzduchových hmot i hydrologické poměry v okolí komunikace (Forman et al., 2003). S vodou se vyplavují i soli, a proto se gradient zasolení může podle způsobu vedení komunikace lišit.

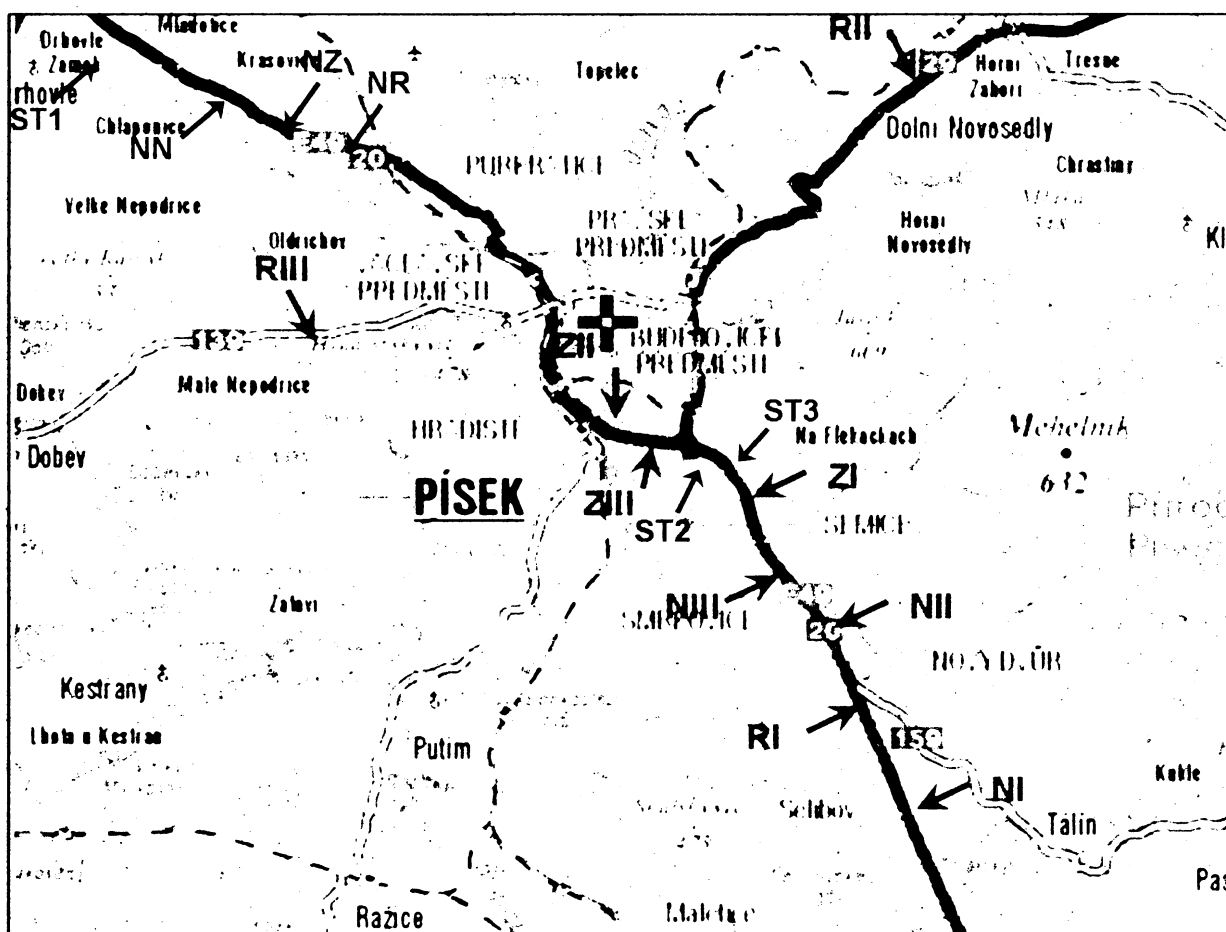


Obr č.1: Typický zářez, násep a rovina jako tři odlišné způsoby vedení komunikace.

V každém z těchto 3 případů byly vybrány konkrétní lokality metodou náhodné volby, a to následujícím postupem: Byl vytypován alespoň 100 metrů dlouhý úsek vyhovující podmínkám (tj. způsobu vedení komunikace 1. třídy, kde se alespoň 10 let solí, v jehož okolí je bezlesí). Z tohoto úseku byl pomocí generátoru náhodných čísel vybrán x-tý metr, který se stal výchozím bodem (VB) pro další práci. Toto vše ve 3 opakováních pro každý způsob vedení komunikace. Byly tak vybrány lokality s názvy NI, NII a NIII; ZI, ZII a ZIII; RI, RII a RIII (viz obr č.2).

V sezóně 2006 bylo přidáno 6 nových lokalit za účelem porovnání komunikací s různou mírou zimní údržby. Tři lokality (jeden násep NN, jeden zářez NZ a jedna

rovina NR) byly stejnou metodou náhodné volby vybrány na nově vybudovaném úseku komunikace, který byl zprovozněn v listopadu 2005 a proběhla na něm tedy pouze 1 sezóna se zimní údržbou. Další 3 lokality byly – rovněž náhodně – vybrány na starších komunikacích, které se již minimálně 10 let v zimě chemickým posypem neudržují, a jelikož se jedná o starší komunikace, které se ve způsobu vedení neliší a kopírují reliéf krajiny, byly všechny 3 lokality na rovině (označeny ST1-3).



Obr. č.2: Mapa Písecka s vyznačenými lokalitami.

Na každé lokalitě byly odebírány vzorky půdy a zaznamenána vegetace pomocí modifikované pointkvadrátové metody (viz dále) a dohledány informace o zimní údržbě v posledních letech (viz příloha č. 1).

3.1.2. Půda

Gradientu zasolení byl zjišťován analýzou vzorků půdy.

Pro zachycení gradientu zasolení v závislosti na vzdálenosti od vnější hrany vozovky byly odebírány vzorky půdy v těchto vzdálenostech: 0, 50, 100, 250, 500 a 1000 cm od vnější hrany vozovky, a to vždy (pokud to bylo s ohledem na skalnaté podloží, starší vrstvy asfaltu apod. možné) ze dvou hloubek: z povrchu (0–5 cm) a z dosahu kořenového systému bylin (25–30 cm).

Pro postihnutí změn v obsahu parametrů zasolení v půdě během roku byly odběry zopakovány v těchto obdobích: na začátku vegetační sezóny na jaře, hned po roztátí sněhu (v sezóně 2005 to bylo ve dnech 26.3. až 1.4., označeno „jaro“ nebo „ja“), v létě (v sezóně 2005 v období 11. až 15.7. 2005, označeno „leto“ nebo „le“) a na podzim před prvním solením (v sezóně 2005 v období 20. až 22.10. 2005, označeno „podzim“ nebo „po“; v sezóně 2006 v období 23. 10. 2006 až 9. 11. 2006, označeno „podzim06“). V roce 2005 byly jarní vzorky odebrány ve výchozím bodě, letní o 1 a podzimní o 2 metry dál ve směru provozu (na nejbližší polovině vozovky) od výchozího bodu, v roce 2006 vždy o 3 metry dál ve směru provozu od výchozího bodu. Strukturu sebraných dat o půdě uvádí tabulka č. 2.

Vzorky půdy byly na vzduchu vysušeny při laboratorní teplotě. Prosátím přes síto o velikosti oka 2 mm byla vytvořena jemnozem, určená k laboratorním analýzám. V každém vzorku byl změřen obsah chloridů, sodných iontů, celková vodivost, aktivní a výměnná reakce (popis metod viz příloha č. 2). Tyto proměnné jsou dále v textu označovány jako „proměnné prostředí měřené v půdních vzorcích“ nebo „půdní proměnné prostředí“.

Období	rok05	rok06
Lokality		
NI-III	jaro, léto, podzim	podzim06
RI-III	jaro, léto, podzim	podzim06
ZI-III	jaro, léto, podzim	podzim06
NN, NR, NZ	-	podzim06
ST1-3	-	podzim06

Tabulka č. 2: Struktura dat odebíraných půdních vzorků v různých obdobích (vysvětlení v textu).

3.1.3. Vegetace

Pro zachycení gradientu vegetace byla zvolena pro specifické prostorové podmínky modifikovaná metoda point-kvadrát (dále jen „point-kvadrát“).

Metodou point-kvadrát byl zaznamenán druh rostliny, která se vyskytovala v bodech vzdálených od sebe 1 cm a to po empiricky určenou vzdálenost 5 metrů (jestliže v posledním a následujícím metru se nevyskytly nové druhy). Bylo nataženo pásmo, napnuté, připevněné na obou koncích hřebíkem, rovnoběžně s linií okraje asfaltového povrchu vozovky, cca jeden (až dva) centimetry nad povrchem. V této výšce byly brány ony směrodatné body 1 cm od sebe vzdálené – kde se jaká rostlina vyskytla, či ne. Zaznamenány byly i body, ve kterých se vyskytla stařina nějaké rostliny. Za bod bez rostliny byly považovány také body s výskytem nižších rostlin (mechorostů).

Počáteční bod point-kvadrátové metody byl zvolen 2 metry zpět (proti směru provozu) od výchozího bodu (koncový tím pádem v 7 metrech od VB). Odběr vzorků půdy tak nijak neovlivnil zkoumanou vegetaci. Bylo tedy zaznamenáno na každé lokalitě 500 bodů pro každou vzdálenost od vnější hrany vozovky. V roce 2005 byla zaznamenána vegetace v těchto vzdálenostech: 10, 20, ..., 110, 125, 140, 155, ..., 260, 300, 400, 500, ..., 1000 cm, dohromady téměř 15 000 bodů na lokalitu (záznamy vegetace označeny jako „podrobné“). Terénní práce probíhaly v roce 2005 od července do září. V roce 2006 byla vegetace zaznamenána vzhledem k časové náročnosti a rozšíření počtu lokalit v těchto vzdálenostech: 10, 50, 100, 250, 500, 1000 cm od vnější hrany vozovky (dohromady cca 3000 bodů na lokalitu, záznamy vegetace označeny jako „základní“). V roce 2006 byla sbírána data v terénu v měsících srpen a září. Struktura sebraných dat o vegetaci viz tabulka č. 3. Přehled zaznamenaných druhů včetně použitých zkratk viz příloha č. 3.

Období	rok05	rok06
Lokalita		
NI-III	podrobné	základní
RI-III	podrobné	základní
ZI-III	podrobné	základní
NN, NR, NZ	-	základní
ST1-3	-	základní

Tabulka č. 3: Struktura sebraných dat o vegetaci (vysvětlení v textu).

3.2. Metodika – zpracování dat

Vzhledem k ne zcela shodnému souboru dat z jednotlivých roků (2005 a 2006) bylo nutné dát pozor, pomocí jakých dat budu odpovídat na jakou otázku. Účelem sběru dat ve dvou letech po sobě byla snaha eliminovat náhodnou variabilitu jediného roku a zvýšit tak výpovědní hodnotu výsledků. Pro souhrnné analýzy z obou let a odpovědi na hlavní otázky práce byla proto použitelná pouze společná data z obou roků, tedy data o půdních proměnných prostředí z podzimních odběrů a k nim data o vegetaci z odpovídajících vzdáleností od vnější hrany vozovky. Pro rok 2006 jde tedy o základní záznamy vegetace. Pro rok 2005 byly použity „průměrné“ hodnoty vegetace k dané vzdálenosti, aby byl zachován pokud možno co největší obsah informace i z podrobných záznamů vegetace. Průměr byl spočítán vždy ze třech nejbližších vzdáleností, ale pouze tam, kde záznam z nejbližší vzdálenosti byl maximálně 20 cm (např. použitá hodnota vegetace ve vzdálenosti 100 cm od vnější hrany vozovky byla spočítána z průměru hodnot ve vzdálenostech 90, 100 a 110 cm, podrobně viz tabulka č. 4).

vzdálenosti základního záznamu vegetace – rok 2006, [cm od vnější hrany vozovky]	vzdálenosti z podrobného záznamu vegetace pro výpočet „průměrných“ hodnot zahrnutých do analýz – rok 2005, [cm od vnější hrany vozovky]
10	10, 20
50	40, 50, 60
100	90, 100, 110
250	230, 245, 260
500	500
1000	1000

Tabulka č 4.: Přehled záznamů vegetace z jednotlivých roků zahrnutých do souhrnných analýz dat z obou roků dohromady (podrobněji viz text).

Shodným souborem dat o půdních proměnných prostředí z obou roků byla data z podzimních odběrů. Analýzy byly prováděny vždy se všemi půdními proměnnými prostředí zvláště: aktivní půdní reakce (značeno „pH“), výměnná půdní reakce („VpH“), vodivost („Ivo“), obsah sodných („I_{na}“) a chloridových iontů („I_{cl}“). Pro poslední tři zmíněné byla vzhledem k lognormálnímu rozložení hodnot použita logaritmická transformace (proto i písmeno „I“ na začátku označení proměnné).

Vzhledem ke zvoleným vzdálenostem od vnější hrany asfaltu, jejichž intervaly se nelineárně zvětšovaly, bylo také v mnohorozměrných statistických analýzách pracováno s proměnnou vzdáleností po její – odmocninové – transformaci („OdmVzdal“).

Pomocí těchto dat byly prozkoumány okruhy hlavních otázek diplomové práce: gradient zasolení, gradient vegetace a jejich vzájemná souvislost.

Naopak pro odpověď na dílčí otázky se analyzovaná data lišila: význam vybraných druhů jako indikátorů gradientu zasolení či rozdíl gradientů mezi různými způsoby vedení komunikace (násep, zářez, rovina) byl zodpovídan také pomocí souhrnných dat z obou roků; pro zjištění dynamiky zasolení během roku byla použita data z roku 2005 (tedy data o půdě z jarních, letních i podzimních odběrů z 9 původních lokalit NI-III, ZI-III a RI-III); pro prozkoumání gradientu zasolení, vegetace a jejich vzájemnou souvislost mezi různou měrou solenými komunikacemi byla naopak použita data z roku 2006 (tedy data půdních proměnných prostředí z podzimních odběrů a základní záznamy o vegetaci ze všech 15 lokalit).

Veškeré statistické analýzy byly prováděny v programu S-plus (MathSoft, Inc., 1999) či Canoco for Windows (Ter Braak et Šmilauer, 1998).

3.2.1. Gradient zasolení

Nejprve byly spočítány základní souhrnné charakteristiky naměřených hodnot půdních proměnných prostředí v jednotlivých vzdálenostech od vnější hrany vozovky (průměr a směrodatná odchylka). Metodou analýzy variance Anova s použitím mnohonásobného srovnání metodou Tukeyho testu byly hodnoty v jednotlivých vzdálenostech porovnány (vzdálenost zde byla uvažována jako kategoriální proměnná).

Byl porovnán model nelineární i lineární regrese, a pomocí statisticky vhodnějšího byl popsán gradient zasolení – pokles půdních proměnných prostředí se vzdáleností (jako spojitá proměnná).

Závislosti gradientu zasolení byly zkoumány pomocí analýzy variance Anova. Jako vysvětlující proměnné byly použity kromě vzdálenosti i ostatní proměnné prostředí – způsob vedení komunikace, lokalita, rok i hloubka. Metodou postupné zpětné selekce byly z kompletního modelu (se všemi interakcemi všech řádů) vybrány průkazné vysvětlující proměnné.

Analýzy byly provedeny postupně pro všech pět proměnných prostředí měřených v půdních vzorcích (lna, lcl, pH, VpH, lvo).

Pro prozkoumání vzájemných vztahů jednotlivých proměnných byla použita korelační analýza.

3.2.2. Gradient vegetace

Pro zjištění základních vlastností gradientu vegetace byla použita DCA analýza (*detrended correspondence analysis*) mnohorozměrných dat o druzích rostlin, váha druhů se zjištěnou malou frekvencí výskytu byla snížena (typ analýzy 3z). Přehled všech druhů včetně použitých zkratk viz příloha č. 3.

3.2.3. Závislost gradientu vegetace na gradientu zasolení

Na základě předchozí DCA analýzy byly zvoleny pro další postupy unimodální techniky (délka gradientu značná, větší než 4), opět vždy se sníženou váhou druhů se zjištěnou malou frekvencí výskytu.

Nejprve byla provedena CCA analýza se všemi druhy jako vysvětlovanými proměnnými a všemi známými proměnnými prostředí jako vysvětlujícími proměnnými (lokalita, způsob vedení komunikace, vzdálenost, rok, hloubka a všechny měřené proměnné prostředí v půdních vzorcích). Byl vytvořen model závislosti vegetace na proměnných prostředí pomocí metody *Forward selection (Monte-Carlův permutační test, dále jen „FS, Monte-Carlo“)* – typ analýzy 3a.

Stejným způsobem (FS, Monte-Carlo) byla zadána analýza CCA s použitím pouze měřených proměnných prostředí v půdních vzorcích (lna, lvo, lcl, pH, VpH) jako vysvětlujícími proměnnými – typ analýzy 3b.

Následná CCA analýza pak měla za cíl odhalit čistý vliv vybraných proměnných dohromady (typ analýzy 3c), a posléze i každé proměnné zvlášť (analýzy 3d,e,f,g), po odfiltrování efektů ostatních proměnných prostředí. Lokalita, způsob vedení komunikace, transformovaná vzdálenost a rok byly proto použity jako kovariáty.

Posledním zajímavým výstupem CCA analýzy byla analýza čistého vlivu samotné transformované vzdálenosti (vysvětlované proměnné: druhy, vysvětlující proměnná: OdmVzdal, kovariáty: lokalita, způsob vedení komunikace, rok, lna, lcl, lvo, pH, VpH – typ analýzy 3h).

Vzhledem k tomu, že se liší gradient zasolení v různých hloubkách (při povrchu a v dosahu kořenové zóny rostlin), byly provedeny také stejné analýzy vždy pro data z jednotlivých hloubek zvlášť.

3.2.4. Dynamika zasolení během roku

Pro zjišťování dynamiky zasolení během roku byla použita data z roku 2005. Rozdíl v hodnotách proměnných prostředí mezi jednotlivými obdobími (jaro, léto, podzim) byl spočítán analýzou variance Anova s použitím mnohonásobného srovnání metodou Tukeyho testu (období zde bylo uvažováno jako kategoriální proměnná). Analýzy byly provedeny postupně pro všech pět měřených proměnných prostředí.

Pro prozkoumání vzájemných vztahů jednotlivých proměnných byla použita korelační tabulka.

Měřené proměnné prostředí v půdních vzorcích dosahují nejvyšších hodnot v jarním období oproti podzimnímu a gradient zasolení se u většiny proměnných prostředí jeví jako nejméně ostrý v podzimním období. Byly proto provedeny analýzy závislosti gradientů zasolení a vegetace s proměnnými prostředí ze všech období (s daty roku 2005), a to analogicky k analýzám v bodě 3.2.3. Nejprve byla provedena DCA analýza pro zjištění délky gradientu (3z05), poté souhrnný model CCA analýzy závislosti vegetace na všech zjišťovaných proměnných prostředí pomocí FS, Monte-Carlo (3a05), CCA analýza závislosti vegetace na všech proměnných prostředí měřených v půdních vzorcích pomocí FS, Monte-Carlo (3b05) a CCA analýza

vybraných (FS, Monte-Carlo) proměnných prostředí měřených v půdních vzorcích ze souhrnného modelu za současného odfiltrování vlivu ostatních vybraných proměnných prostředí (3c05). Posledním zajímavým výstupem byla opět CCA analýza čistého vlivu samotné transformované vzdálenosti (vysvětlované proměnné opět druhy 2005; vysvětlující proměnná: OdmVzdal; kovariáty: lokalita, způsob vedení komunikace, rok, lna, lcl, lvo, pH, VpH; analýza 3h05).

3.2.5. Porovnání gradientů mezi násepem, zářezem a rovinou

Závislost poklesu půdních proměnných prostředí se vzdáleností na způsobu vedení komunikace byla zkoumána podrobněji pomocí analýzy variance Anova, a to porovnáním postupně všech třech dvojic gradientů zasolení (zářez – násep, násep – rovina, zářez – rovina), tj. závislost půdní proměnné prostředí na interakci vzdálenosti a způsobu vedení komunikace. Pro mnohonásobné porovnání těchto dvojic bylo nutné provést Bonferonniho korekci vypočtené p-hodnoty. Tento postup byl zopakován postupně se všemi půdními proměnnými prostředí i přesto, že souhrnný model analýzy variance z bodu 3.2.1. pro některé z nich rozdíl mezi způsoby vedení komunikace neprokázal.

Jestliže byl prokázán rozdíl v gradientu zasolení mezi některými dvojicemi způsobu vedení komunikace, byla nelineární regresí popsána závislost dané (transformované) proměnné (parametry rovnice přímky poklesu) pro daný způsob vedení komunikace.

Závislost vegetace na způsobu vedení komunikace byla zjišťována pomocí CCA analýzy (způsob vedení komunikace byl použit jako vysvětlující proměnná prostředí a jako kovariáty ostatní proměnné prostředí vybrané souhrnnou FS: rok, OdmVzdal, lcl, lna, lvo a VpH).

Pro porovnání závislostí gradientů (zasolení a vegetace) mezi násepem, zářezem a rovinou byly provedeny stejné analýzy jako v bodě 3.2.3. a 3.2.4. (tedy 3z, 3a-h), avšak vždy pro jednotlivé způsoby vedení komunikace zvlášť, ze kterých vyplynuly výsledky v podobě vysvětlujících proměnných prostředí a procenta jimi vysvětlené variability pro každý ze způsobů vedení komunikace.

3.2.6. Porovnání gradientů mezi různou měrou solenými komunikacemi

Pro zjišťování gradientů zasolení mezi různou měrou solenými komunikacemi byla použita data z roku 2006. Lokality již 10 let nesolené byly označeny jako „StSt“ (neboli stáří = 3), lokality dlouhodobě – alespoň 10 let – solené jako „StNo“ (neboli stáří = 2) a lokality na nové, pouze jednu sezónu solené komunikaci jako „NoNo“ (neboli stáří = 1). Rozdíl v hodnotách proměnných prostředí mezi lokalitami o různém stáří byl zjišťován analýzou variance Anova s použitím mnohonásobného srovnání metodou Tukeyho testu (stáří zde bylo uvažována jako kategoriální proměnná). Analýzy byly provedeny postupně pro všech pět měřených podzimních proměnných prostředí.

Závislost vegetace na míře solení komunikace byla zjišťována pomocí CCA analýzy (stáří bylo použito jako vysvětlující proměnná prostředí a jako kovariáty ostatní proměnné prostředí vybrané souhrnnou FS: rok, OdmVzdal, lcl, lna, lvo a VpH)

3.2.7. Význam vybraných druhů jako indikátorů gradientu zasolení

Pro každý druh, který se vyskytnul ve vzdálenostech shodných se vzdálenostmi odběrů vzorků půdy (tj. 10, 50, 100, 245, 500 a 1000 cm od vnější hrany vozovky) byla známa hodnota měřených půdních proměnných prostředí (obsah sodných iontů, chloridů, vodivost, aktivní i výměnná reakce). Z toho bylo tedy možné pro vyskytnuvší se druhy stanovit průměr a směrodatnou odchylku těchto jednotlivých proměnných prostředí, a tedy jakousi indikační hodnotu zasolení, ve kterém se vyskytují. Vzhledem k různým vlastnostem jednotlivých druhů co se týče typu kořenového růstu a tedy i dosahu kořenové zóny byl počítán průměr pro všechny druhy shodně z obou měřených hloubek. Tyto hodnoty byly spočítány pro každý druh, jehož četnost dosáhla na všech lokalitách dohromady více než 10 záznamů. Průměrné hodnoty osmi vybraných druhů, jejichž četnost dosáhla více než 250 záznamů, byly vzájemně porovnány a druhy ohodnoceny na základě jejich citlivosti k měřeným půdním proměnným prostředí jako indikátory zasolení.

VÝSLEDKY

4.1. Gradient zasolení

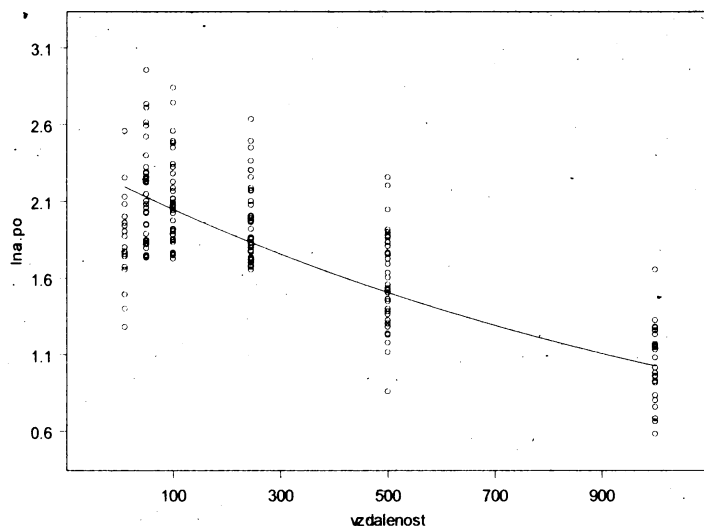
obsah sodných iontů

Průměrné hodnoty obsahu sodných iontů (Na) včetně směrodatných odchylek pro jednotlivé vzdálenosti od vnější hrany vozovky jsou v tabulce č.5.

vzdálenost	10	50	100	245	500	1000
průměr	111.89	192.85	167.92	113.94	47.51	12.13
odchylka	95.21	178.92	136.45	85.24	38.13	8.07

Tabulka č. 5: Průměrné hodnoty a směrodatné odchylky obsahu sodných iontů (mg/kg) v různých vzdálenostech od vnější hrany vozovky. Průkazně se liší následující dvojice vzdáleností: 10-50, 50-245, 50-500, 50-1000, 100-500, 100-1000, 245-1000.

Obsah sodných iontů ($\ln a$) se vzdáleností od vnější hrany vozovky exponenciálně klesá (viz obr č. 3)



$$\ln a_{po} \sim b_0 * \exp(b_1 * \text{vzdálenost})$$

b0 2.20016
b1 -0.00069

Obr č. 3: Závislost transformovaného obsahu sodných iontů na vzdálenosti od vnější hrany vozovky, nelineární model regrese, výstup z programu S-plus (MathSoft, Inc., 1999) vedle obrázku.

V analýze variance byly pro gradient transformovaného obsahu sodných iontů do modelu zahrnuty všechny proměnné prostředí v základní podobě a dvě jednoduché interakce. Obsah sodných iontů se liší mezi vzdálenostmi (vzdal), jednotlivými lokalitami (LOK), roky i hloubkami (hlo), navíc hodnoty v různých

hloubkách odlišují gradient v různých způsobech vedení komunikace (ZPV) i na různých lokalitách.

```
lna5b_aov(lna.po~(ZPV/LOK)+hlo+rok+vzdalenost+((ZPV/LOK):hlo))
> summary.aov(lna5b,ssType=3)
Type III Sum of Squares

```

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
ZPV	2	0.27273	0.13637	1.8901	0.1542567
hlo	1	0.44099	0.44099	6.1122	0.0144207
rok	1	0.98971	0.98971	13.7177	0.0002879
vzdalenost	1	26.39967	26.39967	365.9093	0.0000000
LOK %in% ZPV	6	1.40430	0.23405	3.2440	0.0048302
ZPV:hlo	2	0.67408	0.33704	4.6715	0.0106072
(LOK %in% ZPV):hlo	6	1.18935	0.19822	2.7475	0.0142435
Residuals	168	12.12089	0.07215		

Výstup z výsledného modelu analýzy variance závislosti transformovaného obsahu sodných iontů z programu S-plus (MathSoft, Inc., 1999).

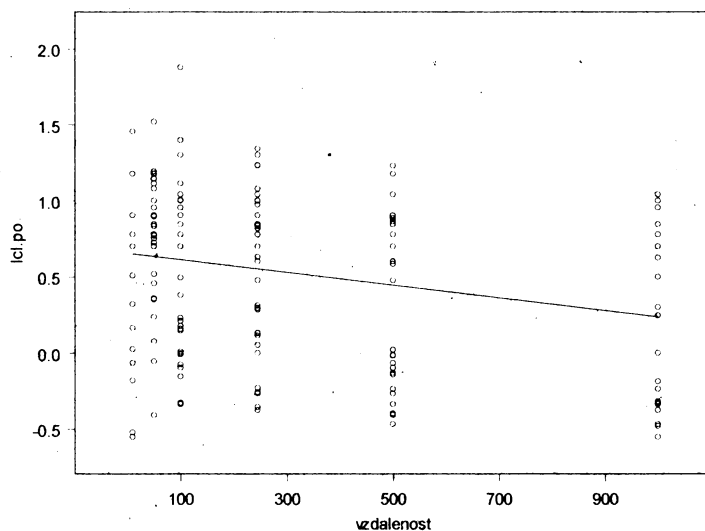
obsah chloridů

Průměrné hodnoty obsahu chloridů (Cl) včetně směrodatných odchylek pro jednotlivé vzdálenosti od vnější hrany vozovky jsou v tabulce č. 6.

vzdálenost	10	50	100	245	500	1000
průměr	6.26	8.14	7.94	6.16	4.35	3.55
odchylka	5.71	6.21	12.81	5.71	4.22	3.29

Tabulka č. 6: Průměrné hodnoty a směrodatné odchylky obsahu chloridů (mg/kg) v různých vzdálenostech od vnější hrany vozovky. Žádné dvojice vzdáleností se od sebe průkazně neliší.

Obsah chloridů (lcl) se vzdáleností od vnější hrany vozovky klesá (viz obr č. 4)



```
lm(formula = lcl ~
VZDAL); Coefficients:
(Intercept)
0.6559321, VZDAL - -
0.000417545; F-
statistic: 13.35, p-
value is 0.0003356
```

Obr č. 4: Závislost transformovaného obsahu chloridů na vzdálenosti od vnější hrany vozovky, lineární model regrese, výstup z programu S-plus (MathSoft, Inc., 1999) vedle obrázku.

Pro gradient chloridů byly do modelu zahrnuty všechny proměnné prostředí v základní podobě a žádná interakce. Z proměnných prostředí mají na gradient chloridů průkazný vliv pouze vzdálenost a rok.

```
> lcl5_aov(lcl~ZPV/LOK+hlo+rok+vzdal)
> summary.aov(lcl5,ssType=3)
Type III Sum of Squares

```

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr (F)
ZPV	2	4.3189	2.1594	2.9927	0.0527132
hlo	1	1.0007	1.0007	1.3869	0.2405230
rok	1	119.3970	119.3970	165.4655	0.0000000
vzdal	1	20.0860	20.0860	27.8361	0.0000004
LOK %in% ZPV	6	9.3075	1.5513	2.1498	0.0500643
Residuals	176	126.9985	0.7216		

Výstup z výsledného modelu analýzy variance závislosti obsahu chloridů z programu S-plus (MathSoft, Inc., 1999).

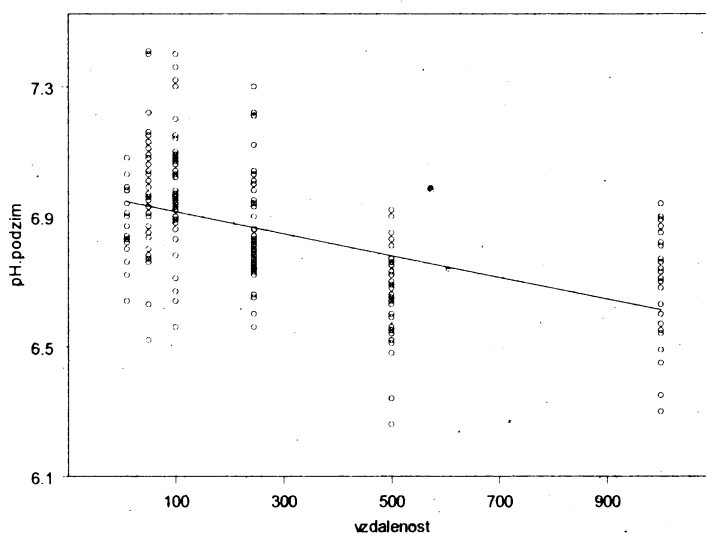
aktivní reakce (pH)

Průměrné hodnoty aktivní reakce včetně směrodatných odchylek pro jednotlivé vzdálenosti od vnější hrany vozovky jsou v tabulce č. 7.

vzdálenost	10	50	100	245	500	1000
průměr	6.88	6.99	7.00	6.86	6.65	6.69
odchylka	0.15	0.19	0.21	0.18	0.15	0.16

Tabulka č. 7: Průměrné hodnoty a směrodatné odchylky aktivní reakce v různých vzdálenostech od vnější hrany vozovky. Průkazně se liší následující dvojice vzdáleností: 10-500, 10-1000, 50-245, 50-500, 50-1000, 100-245, 100-500, 100-1000, 245-500, 245-1000.

Aktivní reakce se vzdáleností od vnější hrany vozovky exponenciálně klesá (viz obr č. 5).



pH.podzim ~ b0 * exp(b1 *
vzdálenost)
b0 6.95398
b1 -0.00005

Obr č. 5: Závislost aktivní reakce na vzdálenosti od vnější hrany vozovky, nelineární model regrese, výstup z programu S-plus (MathSoft, Inc., 1999) vedle obrázku.

Pro gradient aktivního reakce byly do modelu zahrnuty všechny proměnné prostředí v základní podobě a interakce vzdálenosti se způsobem vedení komunikace, lokalitou i hloubkou. Gradient hodnot pH se tak liší mezi jednotlivými lokalitami, způsoby vedení komunikace, roky i hloubkami, navíc hodnoty v různých vzdálenostech odlišují i různé hloubky, různý způsob vedení komunikace a různé lokality.

```
> ph5_aov(pH~(ZPV/LOK)+hlo+rok+vzdal+((ZPV/LOK):vzdal)+(hlo:vzdal))
> summary.aov(ph5, ssType=3)
Type III Sum of Squares

```

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
ZPV	2	0.054023	0.027012	1.10109	0.3349105
hlo	1	0.878382	0.878382	35.80594	0.0000000
rok	1	0.173122	0.173122	7.05708	0.0086609
vzdal	1	1.373318	1.373318	55.98130	0.0000000
LOK %in% ZPV	6	0.394593	0.065766	2.68084	0.0164571
ZPV:vzdal	2	0.659461	0.329730	13.44097	0.0000039
hlo:vzdal	1	0.284102	0.284102	11.58099	0.0008341
(LOK %in% ZPV):vzdal	6	0.593414	0.098902	4.03161	0.0008459
Residuals	167	4.096799	0.024532		

Výstup z výsledného modelu analýzy variance závislosti obsahu aktivního pH z programu S-plus (MathSoft, Inc., 1999).

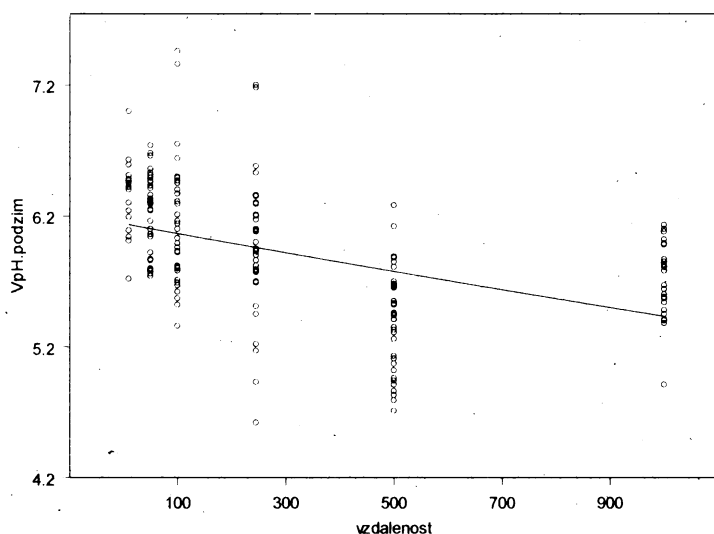
výměnná reakce (VpH)

Průměrné hodnoty výměnné reakce (VpH) včetně směrodatných odchylek pro jednotlivé vzdálenosti od vnější hrany vozovky jsou v tabulce č. 8.

vzdálenost	10	50	100	245	500	1000
průměr	6.30	6.24	6.14	5.97	5.36	5.71
odchylka	0.30	0.29	0.46	0.54	0.40	0.28

Tabulka č. 8: Průměrné hodnoty a směrodatné odchylky VpH v různých vzdálenostech od vnější hrany vozovky. Průkazně se liší následující dvojice vzdáleností: 10-245, 10-500, 10-1000, 50-500, 50-1000, 100-500, 100-1000, 245-500, 500-1000.

Hodnota výměnné reakce VpH se vzdáleností od vnější hrany vozovky exponenciálně klesá (viz obr č. 6).



$$\begin{aligned} \text{VpH.podzim} &\sim .b0 * \exp(b1 \\ &* \text{vzdalenost}) \\ b0 & 6.17197 \\ b1 & -0.000128659 \end{aligned}$$

Obr. č. 6: Závislost VpH na vzdálenosti od vnější hrany vozovky, nelineární model regrese, výstup z programu S-plus (MathSoft, Inc., 1999) vedle obrázku.

Pro gradient výměnné reakce byly do modelu zahrnuty všechny proměnné prostředí v základní podobě a interakce vzdálenosti se způsobem vedení komunikace a lokalitou. Gradient výměnné reakce se tak liší mezi jednotlivými lokalitami, způsoby vedení komunikace, roky i hloubkami, navíc hodnoty v různých vzdálenostech odlišuje i. různý způsob vedení komunikace a různé lokality.

```
Vph5_aov(VpH~(ZPV/LOK)+vzdal+((ZPV/LOK):vzdal)+rok)
> summary.aov(Vph5,ssType=3)
Type III Sum of Squares

```

	Df	Sum of Sq	Mean Sq	F Value	Pr(F)
ZPĚ	2	2.56049	1.28024	9.4297	0.0001310830
vzdal	1	16.90898	16.90898	124.5439	0.0000000000
rok	1	1.65328	1.65328	12.1773	0.0006169709
LOK %in% ZPV	6	5.43588	0.90598	6.6730	0.0000023583
ZPV:vzdal	2	5.45601	2.72801	20.0933	0.0000000148
(LOK %in% ZPV):vzdal	6	4.48122	0.74687	5.5011	0.0000315740
Residuals	169	22.94467	0.13577		

Výstup z výsledného modelu analýzy variance závislosti hodnoty výměnné reakce VpH z programu S-plus (MathSoft, Inc., 1999).

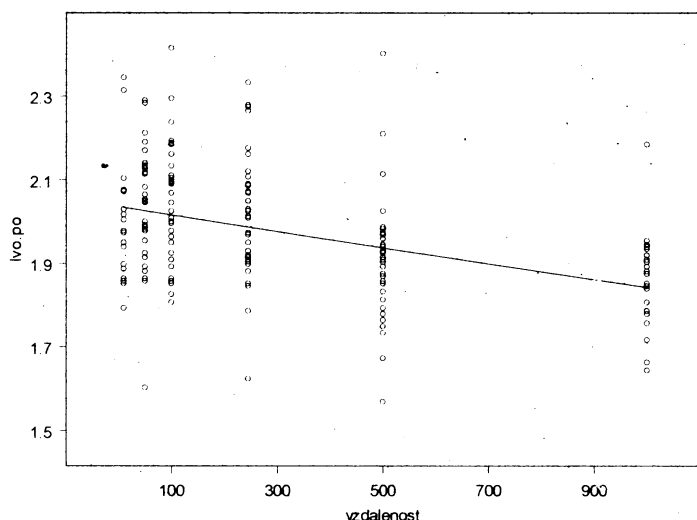
celková elektrická vodivost půdních výluhů (dále jen „vodivost“)

Průměrné hodnoty celkové elektrické vodivosti včetně směrodatných odchylek pro jednotlivé vzdálenosti od vnější hrany vozovky jsou v tabulce č. 9.

vzdálenost	10	50	100	245	500	1000
průměr	107.47	115.91	113.50	112.58	83.69	75.39
odchylka	39.75	34.46	40.33	40.53	36.77	20.20

Tab č. 9: Průměrné hodnoty a směrodatné odchylky cekové elektrické vodivosti (mS/cm) v různých vzdálenostech od vnější hrany vozovky. Průkazně se liší následující dvojice vzdáleností: 50-500, 50-1000, 100-500, 100-1000, 245-500, 245-1000.

Celková elektrická vodivost (lvo) se vzdáleností od vnější hrany vozovky exponenciálně klesá (viz obr č. 7).



$$lvo.po \sim b0 * \exp(b1 * vzdálenost)$$

b0 2.04264
b1 -0.00010

Obr č. 7: Závislost transformované celkové elektrické vodivosti (lvo) na vzdálenosti od vnější hrany vozovky, nelineární model regrese, výstup z programu S-plus (MathSoft, Inc., 1999) vedle obrázku.

Pro gradient vodivosti byly do modelu zahrnuty všechny proměnné prostředí v základní podobě a interakce vzdálenosti se způsobem vedení komunikace, lokalitou i hloubkou. Gradient vodivosti se tak liší mezi jednotlivými lokalitami, způsoby vedení komunikace, roky i hloubkami, navíc hodnoty v různých vzdálenostech odlišují i různé hloubky, různý způsob vedení komunikace a různé lokality.

```
> lvo5_aov(lvo~(ZPV/LOK)+hlo+rok+vzdal+((ZPV/LOK):vzdal)+(hlo:vzdal))
> summary.aov(lvo5,ssType=3)
Type III Sum of Squares
              Df Sum of Sq  Mean Sq  F Value    Pr(F)
          ZPV    2   0.16691  0.083454   1.17878  0.3102012
           hlo    1   0.41596  0.415956   5.87530  0.0164221
            rok    1   2.72031  2.720312  38.42392  0.0000000
           vzdal  1   0.64443  0.644430   9.10246  0.0029524
    LOK %in% ZPV  6   2.05367  0.342279   4.83463  0.0001410
    ZPV:vzdal    2   0.23195  0.115975   1.63812  0.1974514
    hlo:vzdal    1   0.65932  0.659317   9.31273  0.0026481
(LOK %in% ZPV):vzdal  6   0.86547  0.144245   2.03743  0.0633721
    Residuals 167  11.82316  0.070797
```

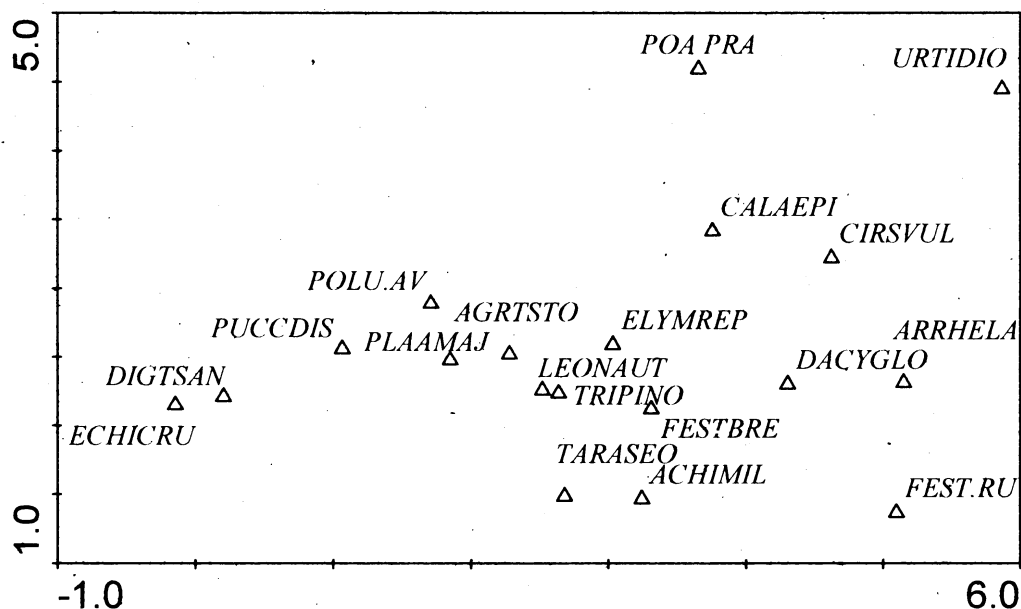
Výstup z výsledného modelu analýzy variance závislosti vodivosti (lvo) z programu S-plus (MathSoft, Inc., 1999).

Pomocí korelační matice jednotlivých proměnných prostředí byly zmapovány vzájemné závislosti mezi jednotlivými půdními proměnnými prostředí a vzdáleností. Jejich korelace je negativního charakteru (s rostoucí vzdáleností půdní proměnné prostředí klesají). Se vzdáleností nejlépe korelují hodnoty transformovaného obsahu sodných iontů (l_{na}), nejméně potom transformovaný obsah chloridů (l_{cl}).

	VZDAL	OdmVzdal	lvo	lcl	pH	VpH	lna
VZDAL	1						
OdmVzdal	0.97*	1					
lvo	-0.42*	-0.40*	1				
lcl	-0.26*	-0.25*	0.24*	1			
pH	-0.50*	-0.52*	0.25*	0.28*	1		
VpH	-0.46*	-0.52*	0.51*	0.07	0.53*	1	
lna	-0.78*	-0.72*	0.66*	0.31*	0.47*	0.44*	1

Korelační matice jako výstup z programu S-plus (MathSoft, 1999), korelační koeficienty průkazné na hladině 0.005 označeny *.

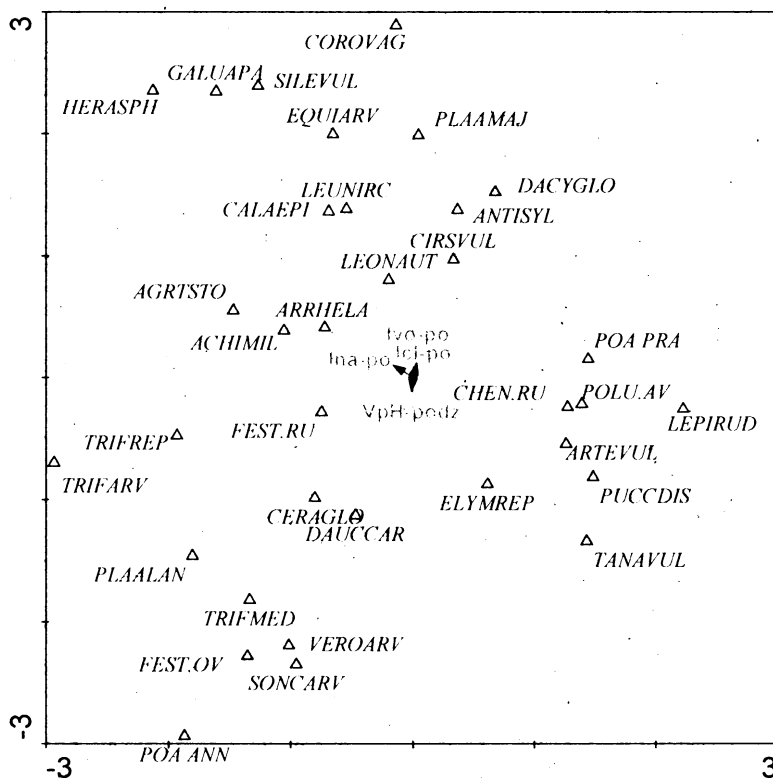
4.2. Gradient vegetace



Obr. č. 8: Grafický výstup DCA analýzy – zobrazeny pouze druhy, jejichž procento vysvětlené variability pomocí kanonických os je větší než 5% (z celkového počtu 88 druhů zobrazeno 19).

Délka gradientu prostředí na základě vegetačního složení je 6.132, první kanonická osa vysvětluje 8.5% variability, všechny osy 23.2% (analýza 3z, obr. č. 8). Na jednom konci gradientu určeném první kanonickou osou se vyskytují druhy jako *Digitaria sanguinalis*, *Echinochloa crus-galli*, *Puccinellia distans*, *Polygonum aviculare* či *Plantago major*, na opačném konci gradientu se rozmístily druhy jako *Urtica dioica*, *Cirsium vulgare*, *Arrhenatherum elatius* nebo *Festuca rubra*, navíc zde získala na významu i druhá kanonická osa.

4.3. Závislost gradientu vegetace na gradientu zasolení



Obr. č. 9: Grafický výstup CCA analýzy 3c – zobrazeny pouze vybrané druhy, jejichž procento vysvětlené variability pomocí kanonických os je větší než 1% (z celkového počtu 88 druhů zobrazeno 34).

Výsledky mnohorozměrných statistických analýz závislosti vegetace na proměnných prostředí (procenta vysvětlené variability, F-statistiky, p-hodnoty i vstupní proměnné) v tabulce č. 10.

analýza	environmental variable (vysvětlující proměnná prostředí)	covariable (kovariáta)	1. osa (F, p)	všechny osy (F, p)
3z – DCA	-	-	8.5	23.2
3a – CCA	OdmVzdal, lokality, způsob vedení komunikace, rok, lna, lcl, lvo a VpH	-	6.7 (11.624, 0.002)	16.4 (4.244, 0.002)
3b – CCA	lna, lcl, lvo a VpH	-	3.0 (5.343, 0.002)	7.1 (3.308, 0.002)
3c – CCA (obr č.9)	lna, lcl, lvo a VpH	OdmVzdal, lokality, způsob vedení komunikace, rok	1.8 (3.02, 0.002)	4.6 (1.95, 0.002)
3d – CCA	lna	lokality, způsob vedení komunikace, rok, OdmVzdal, lcl, lvo a VpH	1.9 (3.076, 0.002)	-
3e – CCA	lcl	lokality, způsob vedení komunikace, rok, OdmVzdal, lna, lvo a VpH	1.1 (1.738, 0.02)	-
3f – CCA	lvo	lokality, způsob vedení komunikace, rok, OdmVzdal, lna, lcl a VpH	1.1 (1.847, 0.014)	-
3g – CCA	VpH	lokality, způsob vedení komunikace, rok, OdmVzdal, lna, lcl a lvo	1.1 (1.751, 0.016)	-
3h – CCA	OdmVzdal	lokality, způsob vedení komunikace, rok, lna, lcl, lvo a VpH	5.0 (8.551, 0.002)	-

Tabulka č. 10: Přehled výsledků mnohorozměrných analýz, zkoumajících závislost gradientu vegetace na zasolení.

Jelikož se hodnoty lna, pH a lvo liší v různých hloubkách (viz model analýzy variance v bodě 3.2.1.), byly provedeny analýzy závislosti vegetace na půdních proměnných prostředí v jednotlivých hloubkách zvlášť a jejich výsledky byly porovnány (viz tabulka č. 11). Na rozdíl od obou hloubek dohromady nebyly jako vysvětlující proměnné pomocí FS (Monte-Carlo) vybrány všechny lokality, ale pouze některé, stejně tak byly vybrány jako vysvětlující proměnné různé půdní proměnné prostředí. V celkovém modelu FS (Monte-Carlo) byl gradient vegetace pro obě hloubky závislý na lna, lcl, lvo a VpH, pro hloubku při povrchu (0–5 cm) pouze na lvo a lna a v hloubce 25–30 cm žádná půdní proměnná prostředí dokonce vybrána nebyla.

analýza	obě hloubky dohromady	hloubka 0-5cm	hloubka 25-30cm
DCA (délka gradientu, % vysvětlené variability 1. a všemi osami)	6.132, 8.5%, 23.2%	5.875, 8.8%, 22.3%	5.928, 8.3%, 23.3%
CCA (FS, Monte-Carlo: vybrané proměnné prostředí ze všech zjišťovaných; % vysvětlené variability 1. a všemi osami).	OdmVzdal, lokality, způsob vedení komunikace, rok, Ina, lcl, lvo a VpH; 6.7%, 16.4%	OdmVzdal, lokality NI-III, ZI, lvo, lna, rok, způsob vedení komunikace; 7.1%, 16.8%	OdmVzdal, lokality NI-III, ZI, rok, způsob vedení komunikace; 5.8%, 15.4%
CCA (FS, Monte-Carlo: vybrané půdní proměnné prostředí; % vysvětlené variability 1. a všemi osami)	Ina, lcl, lvo a VpH; 3.0%, 7.1%	VpH, lvo, lna; 4.6%, 8.7%	Ina, lcl, pH; 3.7%, 7.4%
CCA (env var: vybrané půdní proměnné prostředí ze všech; cov: ostatní vybrané proměnné prostředí ze všech; % vysvětlené variability 1. a všemi osami)	env var: lna, lcl, lvo a VpH cov: OdmVzdal, lokality, způsob vedení komunikace, rok; 1.8%, 4.6%	env var: lvo, lna cov: OdmVzdal, lokality NI-III, ZI, rok, způsob vedení komunikace; 3.2%, 4.7%	-

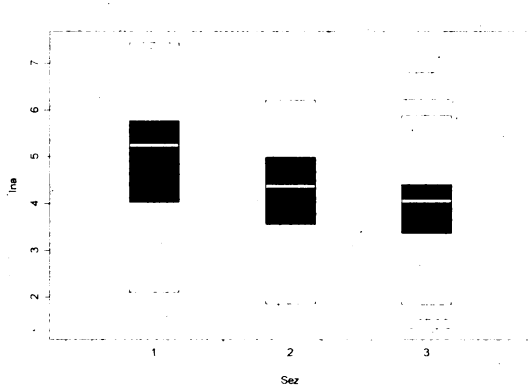
Tabulka č.11: Přehled výsledků mnohorozměrných analýz, zkoumajících závislost gradientu vegetace na zasolení s ohledem na hodnoty v různých hloubkách.

4.4. Dynamika zasolení během roku

gradient zasolení

obsah sodných iontů

Obsah sodných iontů se v jednotlivých obdobích roku liší: v jarním období jsou hodnoty obsahu sodných iontů průkazně vyšší oproti hodnotám v letním a podzimním období. Poslední dvě zmíněné se naopak mezi sebou průkazně neliší (viz obr č. 10).

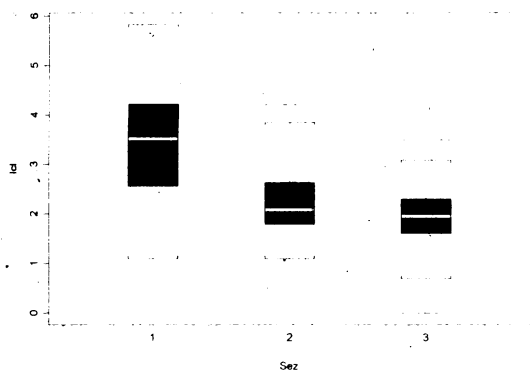


	Estimate	Std.Error	Lower Bound	Upper Bound	
1-2	1.000	0.133	0.689	1.320	****
1-3	1.190	0.133	0.880	1.510	****
2-3	0.191	0.133	-0.123	0.504	

Obr č. 10: Závislost obsahu sodných iontů na období odběru vzorku, Anova (S-plus, MathSoft, Inc., 1999), mnohonásobné srovnání – výstup vedle obrázku. Vysvětlivky: 1 – jarní odběr, 2 – letní odběr, 3 – podzimní odběr.

obsah chloridů

Obsah chloridů se v jednotlivých obdobích roku liší, a to všechna období od sebe navzájem, od jara do podzimu obsah chloridů průkazně klesá (viz obr č. 11).



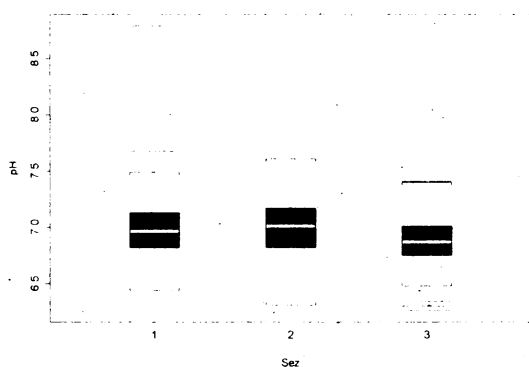
	Estimate	Std.Error	Lower Bound	Upper Bound	
1-2	1.920	0.115	1.6500	2.190	****
1-3	2.200	0.115	1.9300	2.470	****
2-3	0.286	0.115	0.0152	0.557	****

Obr č. 11: Závislost obsahu chloridů na období odběru vzorku, Anova (S-plus, MathSoft, Inc., 1999), mnohonásobné srovnání – výstup vedle obrázku.

Vysvětlivky: 1 – jarní odběr, 2 – letní odběr, 3 – podzimní odběr.

aktivní reakce

Aktivní reakce se v jednotlivých obdobích roku liší: průkazně se odlišují hodnoty v podzimním období, kdy je aktivní půdní reakce kyselější. Jarní a letní hodnoty pH se od sebe průkazně neliší (viz obr č. 12).



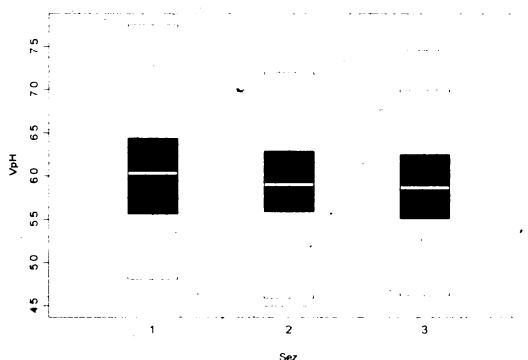
	Estimate	Std.Error	Lower Bound	Upper Bound	
1-2	-0.0141	0.0301	-0.0851	0.057	
1-3	0.1150	0.0301	0.0443	0.186	****
2-3	0.1290	0.0301	0.0584	0.200	****

Obr č. 12: Závislost aktivní reakce na období odběru vzorku, Anova (S-plus, MathSoft, Inc., 1999), mnohonásobné srovnání – výstup vedle obrázku.

Vysvětlivky: 1 – jarní odběr, 2 – letní odběr, 3 – podzimní odběr.

výměnná reakce (VpH)

Hodnoty pH pro výměnnou reakci půdy se v jednotlivých obdobích roku liší: průkazně se odlišují hodnoty mezi jarním a podzimním obdobím, výměnná reakce v letním období se neliší ani od jarních, ani od podzimních hodnot, a představuje tak plynulý pokles během roku (viz obr č. 13).



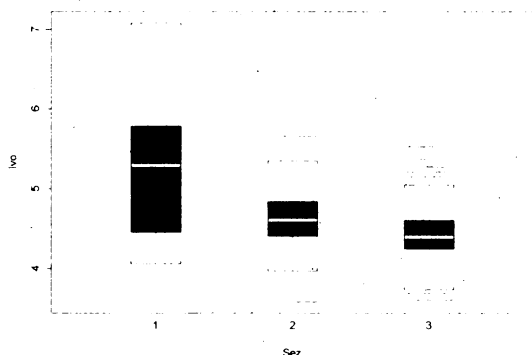
	Estimate	Std.Error	Lower Bound	Upper Bound
1-2	0.1730	0.0805	-0.0173	0.362
1-3	0.2330	0.0805	0.0435	0.423 ****
2-3	0.0607	0.0805	-0.1290	0.251

Obr č. 13: Závislost výměnné reakce na období odběru vzorku, Anova (S-plus, MathSoft, Inc., 1999), mnohonásobné srovnání – výstup vedle obrázku.

Vysvětlivky: 1 – jarní odběr, 2 – letní odběr, 3 – podzimní odběr.

celková vodivost

Vodivost se v jednotlivých obdobích roku liší: průkazně se odlišují hodnoty mezi jarním a podzimním obdobím. Hodnoty vodivosti v letním období se neliší ani od jarních, ani od podzimních hodnot, a představuje tak plynulý pokles během roku (viz obr č. 14).



	Estimate	Std.Error	Lower Bound	Upper Bound
1-2	1.030	0.0736	0.858	1.200 ****
1-3	1.340	0.0736	1.160	1.510 ****
2-3	0.305	0.0736	0.131	0.478 ****

Obr č. 14: Závislost celkové vodivosti na období odběru vzorku, Anova (S-plus, MathSoft, Inc., 1999), mnohonásobné srovnání – výstup vedle obrázku.

Vysvětlivky: 1 – jarní odběr, 2 – letní odběr, 3 – podzimní odběr.

Vzájemné vztahy měřených půdních proměnných ze všech období roku byly prozkoumány pomocí korelační tabulky (viz tabulka č.). Zdaleka nejtěsnější vztah byl zaznamenán mezi vzdáleností a jarními hodnotami lna ($r = -0.84$), ostatně pro všechny měřené půdní proměnné prostředí byly se vzdáleností nejlépe korelované právě ty jarní (s výjimkou aktivní reakce, kdy letní hodnoty korelovaly se vzdáleností lépe než jarní).

	vzdal	ÓdmVz	lvo. ja	lvo.l e	lvo. po	lcl.j a	lcl.l e	lcl.p o	pH. ja	pH. le	pH. po	VpH.j a	VpH.l e	VpH.p o	lna.j a	lna.l e
Ódm Vz	0.97*	1.00														
vo. ja	-0.78*	-0.85*	1.00													
vo. le	-0.59*	-0.57*	0.54*	1.00												
vo. po	-0.37*	-0.34*	0.37*	0.56*	1.00											
cl. ja	-0.79*	-0.84*	0.94*	0.52*	0.26°	1.00										
cl. le	-0.34*	-0.30*	0.28°	0.76*	0.50*	0.30*	1.00									
cl. po	-0.34*	-0.33*	0.34*	0.55*	0.65*	0.31*	0.48*	1.00								
H.j a	-0.40*	-0.40*	0.26°	0.15	0.02	0.25°	0.09	0.05	1.00							
H.l e	-0.60*	-0.62*	0.54*	0.54*	0.30*	0.55*	0.35*	0.22°	0.36*	1.00						
H.p o	-0.52*	-0.54*	0.49*	0.48*	0.19	0.52*	0.33*	0.41*	0.44*	0.55*	1.00					
pH. ja	-0.59*	-0.65*	0.63*	0.36*	0.23°	0.49*	0.09	0.18	0.63*	0.48*	0.48*	1.00				
pH. le	-0.52*	-0.58*	0.59*	0.52*	0.32*	0.45*	0.22°	0.21°	0.35*	0.60*	0.44*	0.80*	1.00			
pH. po	-0.51*	-0.58*	0.61*	0.48*	0.32*	0.52*	0.17	0.24°	0.39*	0.57*	0.56*	0.81*	0.85*	1.00		
na. ja	-0.84*	-0.86*	0.88*	0.61*	0.42*	0.84*	0.35*	0.41*	0.37*	0.55*	0.58*	0.64*	0.55*	0.59*	1.00	
na. le	-0.80*	-0.76*	0.67*	0.81*	0.52*	0.66*	0.62*	0.54*	0.36*	0.61*	0.58*	0.51*	0.51*	0.51*	0.77*	1.00
na. po	-0.76*	-0.69*	0.55*	0.71*	0.61*	0.54*	0.56*	0.50*	0.33*	0.55*	0.48*	0.45*	0.43*	0.42*	0.71*	0.82*

Korelační matice jako výstup z programu S-plus (MathSoft, 1999) korelační koeficienty průkazné na hladině 0.005 označeny *, korelační koeficienty průkazné na hladině 0.05 označeny °.

závislost vegetace na gradientu zasolení v různých obdobích roku

Výsledky mnohorozměrných statistických analýz závislosti vegetace na proměnných prostředí v různých obdobích roku (procenta vysvětlené variability, F-statistiky, p-hodnoty i vstupní proměnné) v tabulce č. 12.

č. analýzy	environmental variable (vysvětlující proměnná prostředí)	covariable (kovariáta)	1. osa (F, p)	všechny osy (F, p)
3z-05	-	-	10.2	26.1
3a-05	OdmVzdal, lokality, způsob vedení komunikace, Ina-le a pH-po	-	8.4 (6.958, 0.002)	25.1 (4.484, 0.002)
3b-05	lcl-ja, VpH-ja, lvo-po, pH-po, pH-le a lcl-le	-	6.4 (5.548, 0.002)	16.2 (2.937, 0.002)
3c-05	Ina-le a pH-po	OdmVzdal, lokality, způsob vedení komunikace	2.9 (2.277, 0.01)	5.1 (2.034, 0.002)
3h-05	OdmVzdal	lokality, způsob vedení komunikace, Ina-le a pH-po	6.8 (5.531, 0.002)	-

Tabulka č. 12: Přehled výsledků mnohorozměrných analýz, zkoumajících závislost gradientu vegetace na zasolení v různých obdobích roku.

4.5. Porovnání gradientů mezi násepem, zářezem a rovinou

gradient zasolení v závislosti na způsobu vedení komunikace

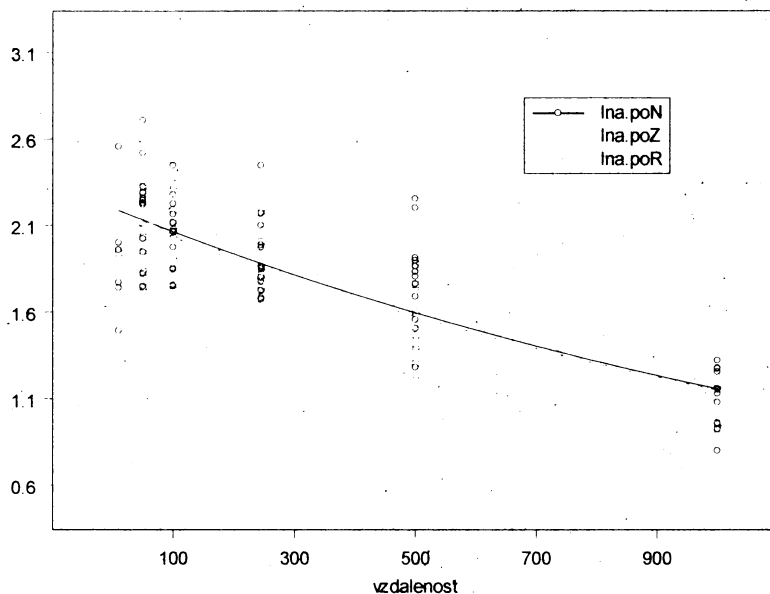
V souhrnném modelu analýzy variance z bodu 3.2.1. vyšel způsob vedení komunikace jako průkazná vysvětlující proměnná prostředí pouze pro výměnnou reakci, přesto při porovnání jednotlivých dvojic byl výsledkem i průkazný rozdíl pro aktivní reakci a p-hodnota pro Ina se pohybovala také na hranici 5%. Následující analýzy mnohonásobného srovnání ukazují, které způsoby vedení komunikace se mezi sebou liší a jak.

obsah sodných iontů

Ačkoli se pokles obsahu sodných iontů v zářezu jeví jako nemarkantnější, p-hodnota vyšla těsně (0.051) nad nejnižší statistický limit průkaznosti 5% a pokles obsahu sodných iontů se vzdáleností se mezi jednotlivými způsoby vedení komunikace tedy průkazně neliší (obr č. 15).

	p-value	p-valueKor
Z-N	0.0169	0.0507
N-R	0.9935	2.9805
Z-R	0.0746	0.2240

P-hodnoty z Anovy závislosti obsahu sodných iontů na vzdálenosti pro různé způsoby vedení komunikace před a po Bonferonniho korekci, Z – zářez, N – násep, R – rovina.



$$\ln a. po \sim b_0 * \exp(b_1 * \text{vzdalenost})$$

	b0	b1
Z	2.24776	-0.00090
N	2.18575	-0.00058
R	2.15683	-0.00056

Obr. č. 15: Závislost obsahu sodných iontů na vzdálenosti pro různé způsoby vedení komunikace: nelineární regrese – výstup vedle obrázku (S-plus, MathSoft, Inc., 1999), Vysvětlivky: Z – zářez, N – násep, R – rovina.

obsah chloridů

Pokles obsahu chloridů se vzdáleností se podle způsobu vedení sledovaných komunikací průkazně neliší.

	p-value	p-valueKor
Z-N	0.1456	0.4380
N-R	0.6809	2.0427
Z-R	0.4097	1.2292

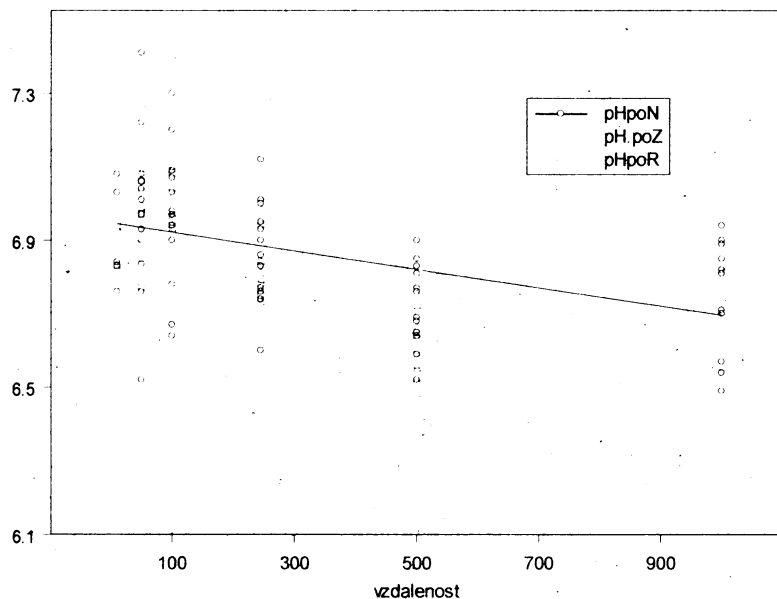
P-hodnoty z Anovy závislosti obsahu chloridů na vzdálenosti pro různé způsoby vedení komunikace před a po Bonferonniho korekci, Z – zářez, N – násep, R – rovina.

aktivní reakce

Gradient poklesu aktivní reakce se vzdáleností se pro dvojici násep – rovina průkazně liší, pro zbylé dvě dvojice způsobů vedení komunikace (násep – zářez a rovina – zářez) se gradient poklesu průkazně neliší (obr. č. 16).

	p-value	p-valueKor
Z-N	0.2252	0.6755
N-R	0.0065	0.0196 ****
Z-R	0.0938	0.2815

P-hodnoty z Anovy závislosti aktivní reakce na vzdálenosti pro různé způsoby vedení komunikace před a po Bonferonniho korekci, Z – zářez, N – násep, R – rovina, průkazný rozdíl mezi dvojicemi označen ****



```

pHpo ~ b0 * exp(b1 *
vzdálenost)
      b0      b1
Z  7.00796  -0.00005
N  6.95115  -0.00004
R  6.92764  -0.00008

```

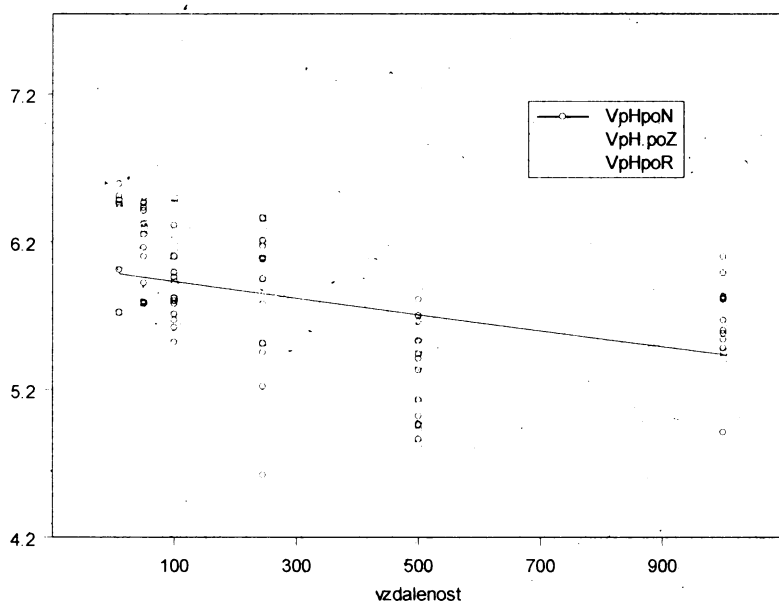
Obr. č. 16: Závislost aktivní reakce na vzdálenosti pro různé způsoby vedení komunikace: nelineární regrese – výstup vedle obrázku (S-plus, MathSoft, Inc., 1999), Vysvětlivky: Z – zářez, N – násep, R – rovina.

výměnná reakce

Gradient poklesu výměnné reakce se vzdáleností se mezi různými způsoby vedení komunikace průkazně liší: gradient na rovině se odlišuje od gradientu na náspu a v zářezu, zatímco mezi posledními dvěma zmíněnými rozdíl průkazný není (obr. č. 17):

	p-value	p-valueKor
Z-N	0.7902	2.3707
N-R	0.0036	0.0108 ****
Z-R	0.0080	0.0239 ****

P-hodnoty z Anovy závislosti výměnné reakce na vzdálenosti pro různé způsoby vedení komunikace před a po Bonferonniho korekci, Z – zářez, N – násep, R – rovina, průkazný rozdíl mezi dvojicemi označen ****.



$$VpH.po \sim b0 * \exp(b1 * vzdálenost)$$

	b0	b1
Z	6.31405	-0.00011
N	6.01402	-0.00010
R	6.26048	-0.00025

Obr. č. 17: Závislost výměnné rekace na vzdálenosti pro různé způsoby vedení komunikace: nelineární regrese – výstup vedle obrázku (S-plus, MathSoft, Inc., 1999), Vysvětlivky: Z – zářez, N – násep, R – rovina.

celková vodivost

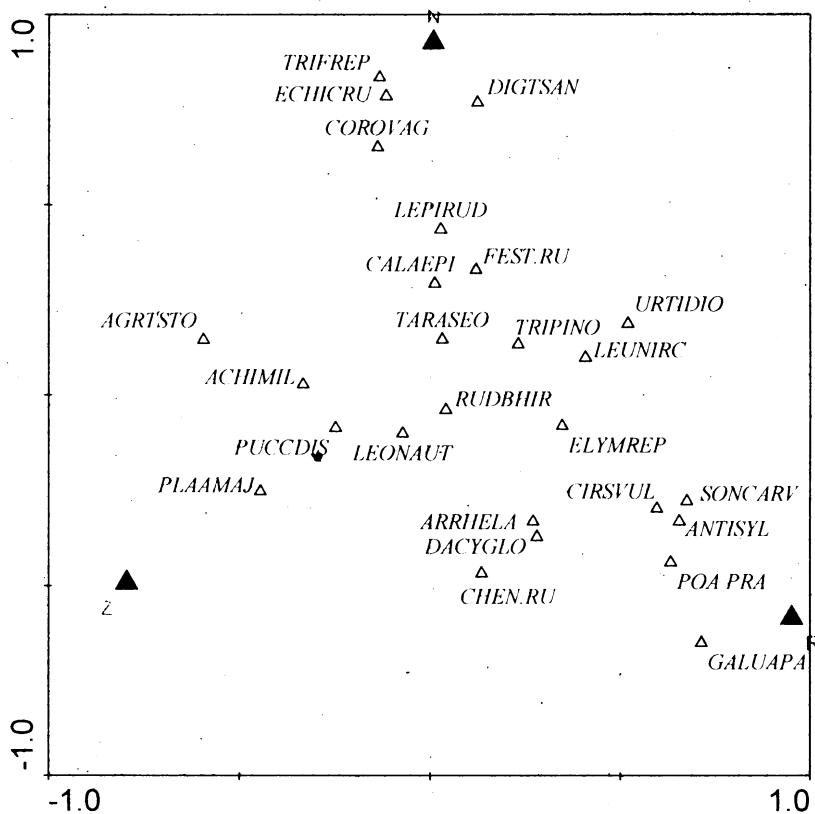
Pokles vodivosti se vzdáleností se podle způsobu vedení komunikace neliší.

	p-value	p-valueKor
Z-N	0.1346	0.4037
N-R	0.3496	1.0489
Z-R	0.7807	2.3422

P-hodnoty z Anovy závislosti vodivosti na vzdálenosti pro různé způsoby vedení komunikace před a po Bonferonniho korekci, Z – zářez, N – násep, R – rovina.

gradient vegetace v závislosti na způsobu vedení komunikace

Doprovodná vegetace v bezprostředním okolí komunikace vypadá jinak v závislosti na způsobu vedení komunikace. Ten jako vysvětlující proměnná prostředí vysvětlil dohromady 4.6% variability (druhá, poslední kanonická osa; $F=4.042$, $p=0.002$) v CCA analýze (viz obr. č. 18).



Obr. č. 18: Grafický výstup CCA analýzy (vysvětlující proměnná prostředí: způsob vedení komunikace, kovariáty: rok, OdmVzdal, lcl, lna, lvo a VpH, 1. osa 2.3%. 2. poslední 4.6%, $F=4.042$, $p=0.002$) – zobrazeno 26 vybraných druhů.

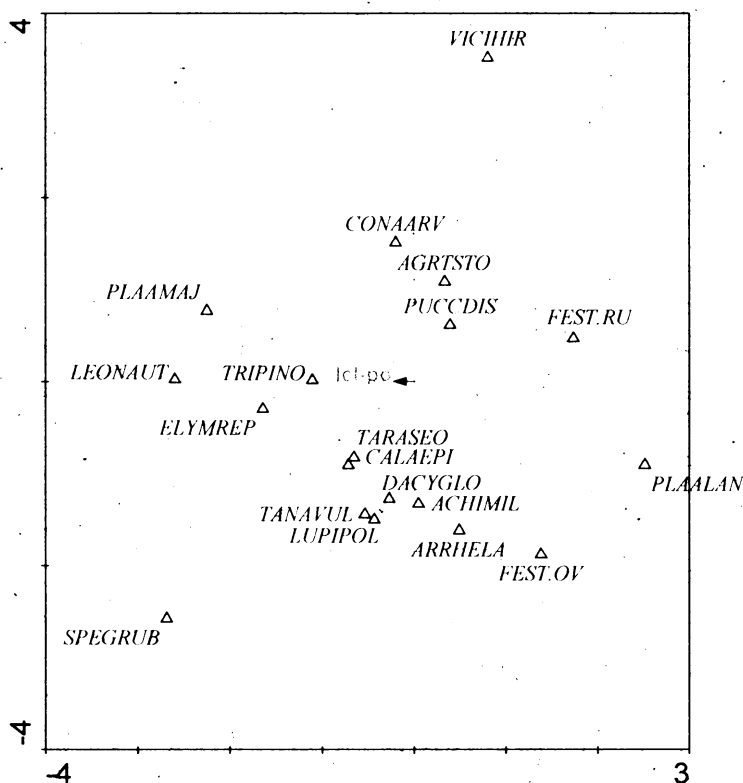
Jelikož se v závislosti na způsobu vedení komunikace liší i gradienty půdních proměnných prostředí i gradient vegetace, lze předpokládat, že se budou lišit i závislosti těchto gradientů. Rozdíly mezi závislostmi gradientů podle způsobu vedení komunikace ukázaly následující analýzy.

zářez

Výsledky mnohorozměrných statistických analýz závislosti vegetace na proměnných prostředí v zářezu (procenta vysvětlené variability, F-statistiky, p-hodnoty i vstupní proměnné) v tabulce č. 13. Gradient druhů znázorňuje obr. č. 19.

č. analýzy	env var	cov	1. osa (F, p)	všechny osy (F, p)
3z-Z	-	-	11.6	28.6
3a-Z	OdmVzdal, lokality, rok a lcl	-	8.8 (5.767, 0.002)	24.4 (4.347, 0.002)
3b-Z	lcl, lvo a lna	-	6.7 (4.421, 0.002)	13.3 (3.179, 0.002)
3d-Z	lcl	lokality, rok, OdmVzdal	3.2 (1.98, 0.006)	-
3f-Z (obr)	lcl	lokality, rok, OdmVzdal, lvo a lna	3.9 (2.363, 0.006)	-
3e-Z	lna	lokality, rok, OdmVzdal, lvo a lcl	2.8 (1.684, 0.034)	-
3h-Z	OdmVzdal	lokality, rok, lcl	7.7 (5.038, 0.002)	-

Tabulka č. 13: Přehled výsledků mnohorozměrných analýz, zkoumajících závislost gradientu vegetace na zasolení v zářezu.



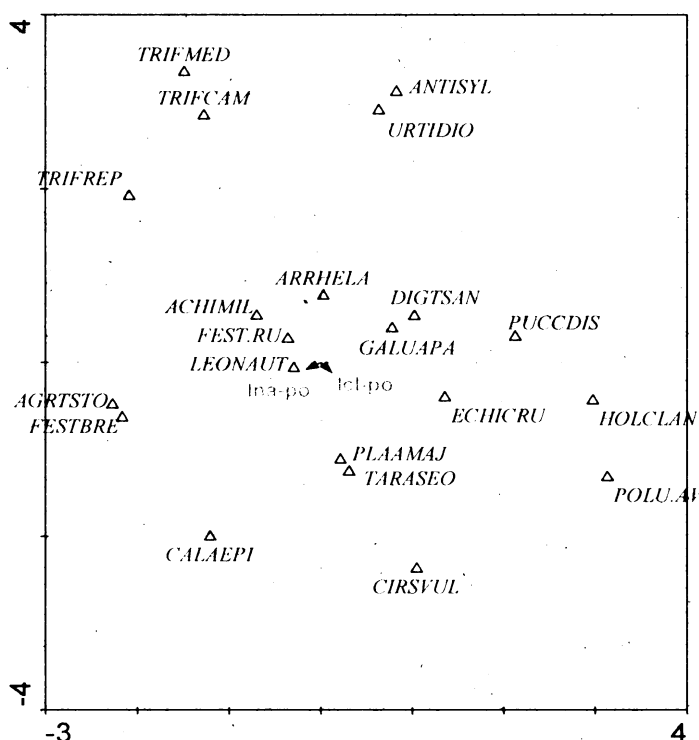
Obr č. 19: Grafický výstup CCA analýzy (3f-Z – viz tabulka) – zobrazeno 19 vybraných druhů.

násep

Výsledky mnohorozměrných statistických analýz závislosti vegetace na proměnných prostředí na náspu (procenta vysvětlené variability, F-statistiky, p-hodnoty i vstupní proměnné) v tabulce č. 14. Gradient druhů znázorňuje obr. č. 20.

č. analýzy	env var	COV	1. osa (F, p)	všechny osy (F, p)
3z-N	-	-	15.5	32.3
3a-N	OdmVzdal, lokality, rok, lna a lcl	-	13.2 (8.678, 0.002)	32.7 (5.345, 0.002)
3b-N	lna, lvo, VpH a lcl	-	9.4 (6.094, 0.002)	18.7 (3.399, 0.002)
3c-N (obr)	lna, lcl	lokality, rok, OdmVzdal	5.7 (3.467, 0.002)	7.1 (2.181, 0.002)
3d-Na	lna	lokality, rok, OdmVzdal, lcl	5.0 (2.975, 0.002)	-
3d-Nb	lcl	lokality, rok, OdmVzdal, lna	3.4 (2.032, 0.02)	-
3h-N	OdmVzdal	lokality, rok, lna a lcl	10.8 (6.934, 0.002)	-

Tabulka č. 14: Přehled výsledků mnohorozměrných analýz, zkoumajících závislost gradientu vegetace na zasolení na náspu



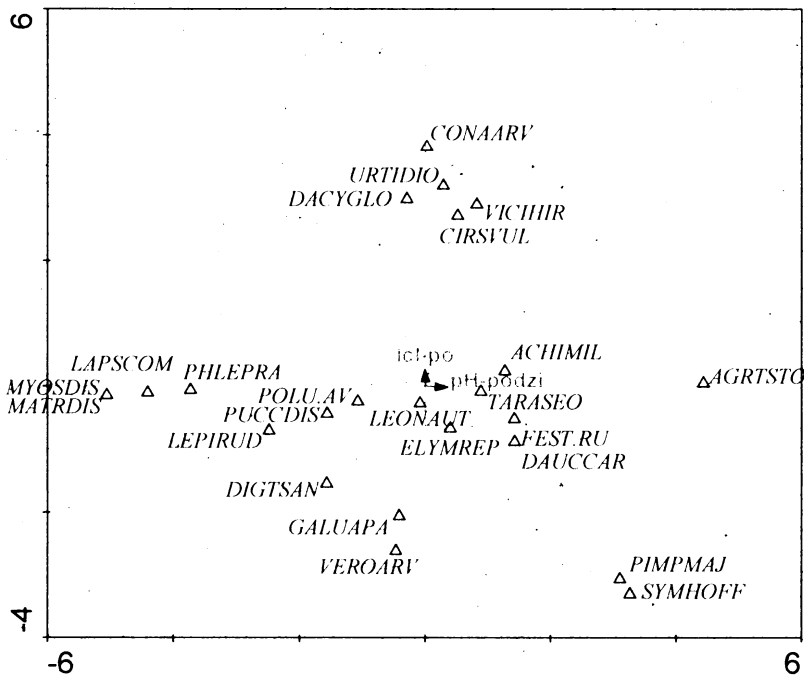
Obr. č. 20: Grafický výstup CCA analýzy (3c-N – viz tabulka) – zobrazeno 21 vybraných druhů.

rovina

Výsledky mnohorozměrných statistických analýz závislosti vegetace na proměnných prostředí na rovině (procenta vysvětlené variability, F-statistiky, p-hodnoty i vstupní proměnné) v tabulce č. 15. Gradient druhů znázorňuje obr č. 21.

č. analýzy	env var	COV	1. osa (F, p)	všechny osy (F, p)
3z-R	-	-	16.5	32.5
3a-R	OdmVzdal, lokality, rok, pH a lcl	-	14.5 (6.926, 0.002)	32.2 (4.248, 0.002)
3b-R	pH, lcl a VpH	-	6.5 (3.036, 0.002)	14.6 (2.500, 0.002)
3c-R (obr)	pH, lcl	lokality, rok, OdmVzdal	8.0 (3.545, 0.002)	13.2 (3.119), 0.002)
3d-Ra	pH	lokality, rok, OdmVzdal, lcl	8.4 (3.758, 0.002)	-
3d-Rb	lcl	lokality, rok, OdmVzdal, pH	5.7 (2.483, 0.006)	-
3h-R	OdmVzdal	lokality, rok, pH a lcl	15.7 (7.626, 0.002)	-

Tabulka č. 15: Přehled výsledků mnohorozměrných analýz, zkoumajících závislost gradientu vegetace na zasolení rovině.



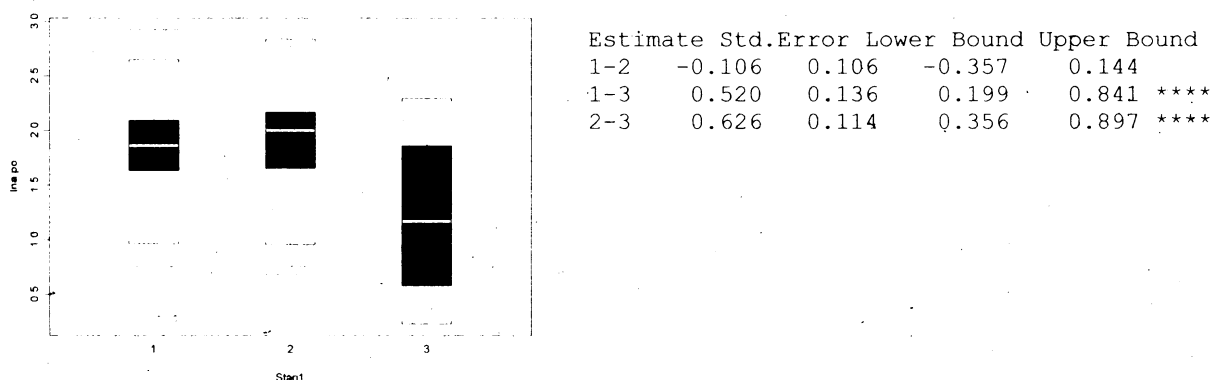
Obř. č. 21: Grafický výřtup CCA analýzy (3c-R – viz tabulka) – zobrazeno 24 vybraných druhů.

4.6. Porovnání gradientů mezi různou měrou solenými komunikacemi

gradient zasolení v okolí různou měrou solených komunikací

obsah sodných iontů

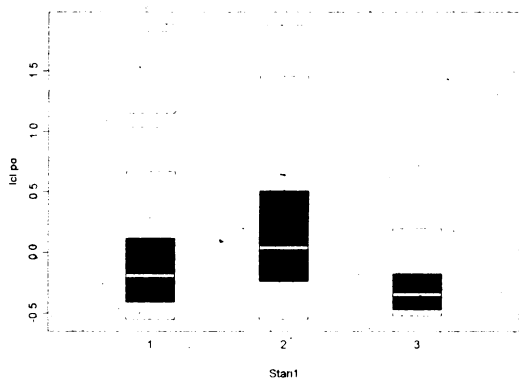
Průměrný obsah sodných iontů se v okolí různou měrou solených komunikací liší. Nová, jednu sezónu solená a dlouhodobě solená komunikace se co do množství sodných iontů v bezprostředním okolí neliší, průkazně nižší obsah však byl zaznamenán u staré, již nesolené komunikace (viz obr č. 22).



Obr č.22: Obsah sodných iontů v okolí různou měrou solených komunikací, mnohonásobné srovnání, Anova (S-plus, MathSoft, Inc., 1999) – výstup vedle obrázku. Vysvětlivky: 1 – NoNo, nová, jednu sezónu solená; 2 – StNo, dlouhodobě solená; 3 – StSt, stará, již nesolená komunikace.

obsah chloridů

Průměrný obsah chloridů se v okolí různou měrou solených komunikací liší. Nová, jednu sezónu solená a dlouhodobě solená komunikace se co do množství chloridů v bezprostředním okolí neliší, průkazně nižší obsah však byl zaznamenán u staré, již nesolené komunikace (viz obr č. 23).

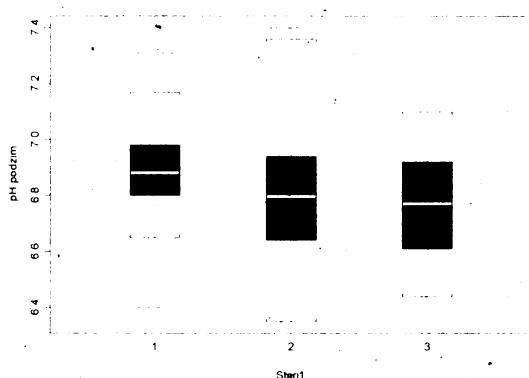


	Estimate	Std.Error	Lower Bound	Upper Bound	
1-2	-0.149	0.104	-0.39500	0.0966	
1-3	0.322	0.133	0.00642	0.6370	****
2-3	0.471	0.112	0.20600	0.7370	****

Obr. č. 23: Obsah chloridů v okolí různou měrou solených komunikací, mnohonásobné srovnání, Anova (S-plus, MathSoft, Inc., 1999) – výstup vedle obrázku. Vysvětlivky: 1 – NoNo, nová, jednu sezónu solená; 2 – StNo, dlouhodobě solená; 3 – StSt, stará, již nesolená komunikace.

aktivní reakce

Průměrná hodnota aktivní reakce se v bezprostředním okolí různou měrou solených komunikací neliší (viz obr. č. 24).

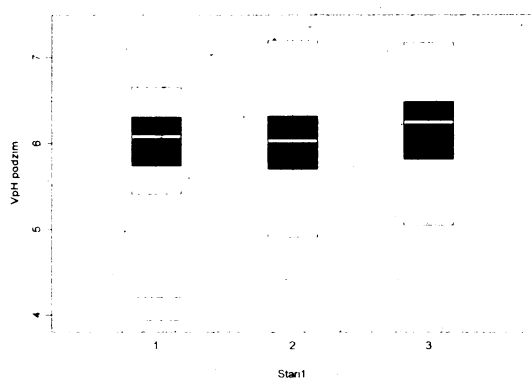


	Estimate	Std.Error	Lower Bound	Upper Bound	
1-2	0.0819	0.0422	-0.01790	0.182	
1-3	0.1220	0.0541	-0.00589	0.250	
2-3	0.0402	0.0455	-0.06750	0.148	

Obr. č. 24: Aktivní reakce v okolí různou měrou solených komunikací, mnohonásobné srovnání, Anova (S-plus, MathSoft, Inc., 1999) – výstup vedle obrázku. Vysvětlivky: 1 – NoNo, nová, jednu sezónu solená; 2 – StNo, dlouhodobě solená; 3 – StSt, stará, již nesolená komunikace.

výměnná reakce

Průměrné hodnoty výměnné reakce (ve všech vzdálenostech dohromady) se v bezprostředním okolí různou měrou solených komunikací neliší (obr. č. 25).

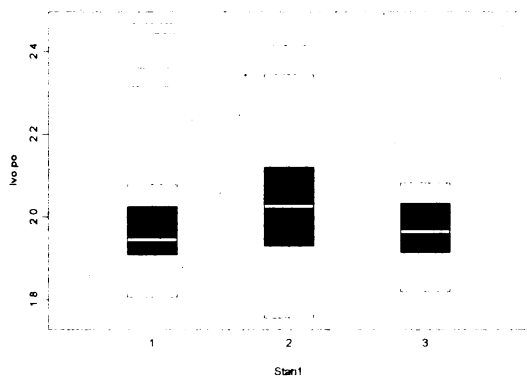


	Estimate	Std. Error	Lower Bound	Upper Bound
1-2	-0.0858	0.103	-0.329	0.1580
1-3	-0.2470	0.132	-0.559	0.0655
2-3	-0.1610	0.111	-0.424	0.1020

Obr. č. 25: Výměnná reakce v okolí různou měrou solených komunikací, mnohonásobné srovnání, Anova (S-plus, MathSoft, Inc., 1999) – výstup vedle obrázku. Vysvětlivky: 1 – NoNo, nová, jednu sezónu solená; 2 – StNo, dlouhodobě solená; 3 – StSt, stará, již nesolená komunikace.

celková vodivost

Průměrné hodnoty vodivosti se v bezprostředním okolí různou měrou solených komunikací neliší (viz obr. č. 26).



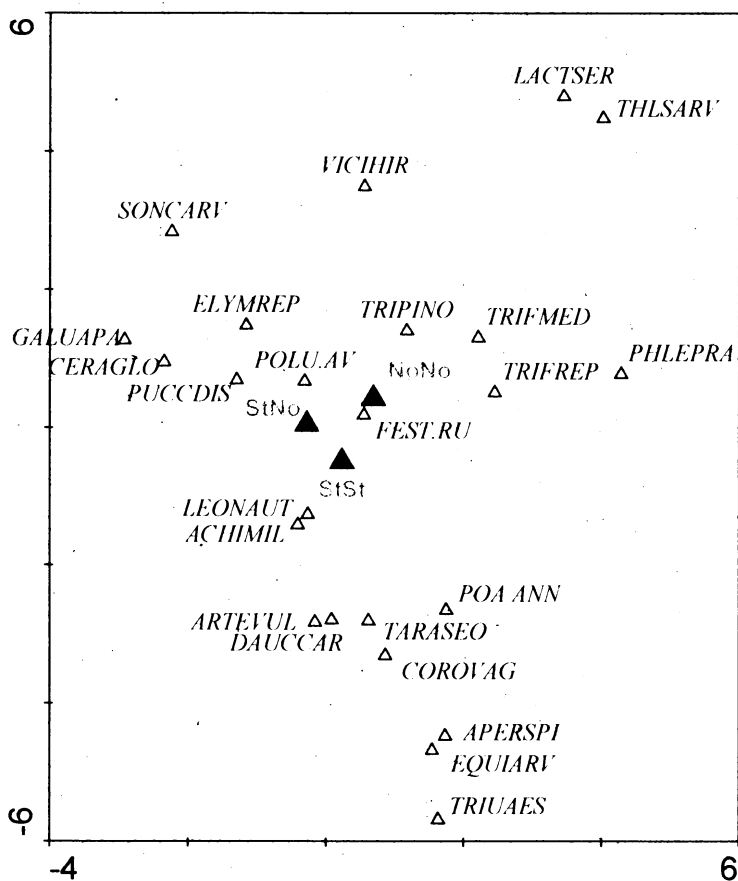
	Estimate	Std. Error	Lower Bound	Upper Bound
1-2	-0.0337	0.0278	-0.09950	0.032
1-3	0.0323	0.0356	-0.05200	0.117
2-3	0.0660	0.0300	-0.00492	0.137

Obr. č. 26: Celková vodivost v okolí různou měrou solených komunikací, mnohonásobné srovnání, Anova (S-plus, MathSoft, Inc., 1999) – výstup vedle obrázku. Vysvětlivky: 1 – NoNo, nová, jednu sezónu solená; 2 – StNo, dlouhodobě solená; 3 – StSt, stará, již nesolená komunikace.

gradient vegetace v okolí různou měrou solených komunikací

Doprovodná vegetace v bezprostředním okolí komunikace vypadá jinak v závislosti na míře solení (neboli „stáří“ komunikace). Ta jako samotná vysvětlující

proměnná prostředí vysvětlila dohromady 4.6% variability (druhá, poslední kanonická osa; $F=3.481$, $p=0.002$) v CCA analýze (viz obr. č. 27).



Obr. č. 27: Grafický výstup CCA analýzy (vysvětlující proměnná prostředí: stáří, kovariáty: způsob vedení komunikace, OdmVzdal, lcl-po, 1. osa 2.7%, 2. poslední 4.6%, $F=3.481$, $p=0.002$) – zobrazeno 24 vybraných druhů.

4.7. Význam vybraných druhů jako indikátorů gradientu zasolení

Četnosti více než 10 záznamů na všech lokalitách dohromady dosáhlo 64 druhů, jejich průměrné hodnoty měřených půdních proměnných prostředí najdete v tabulce č. 16.

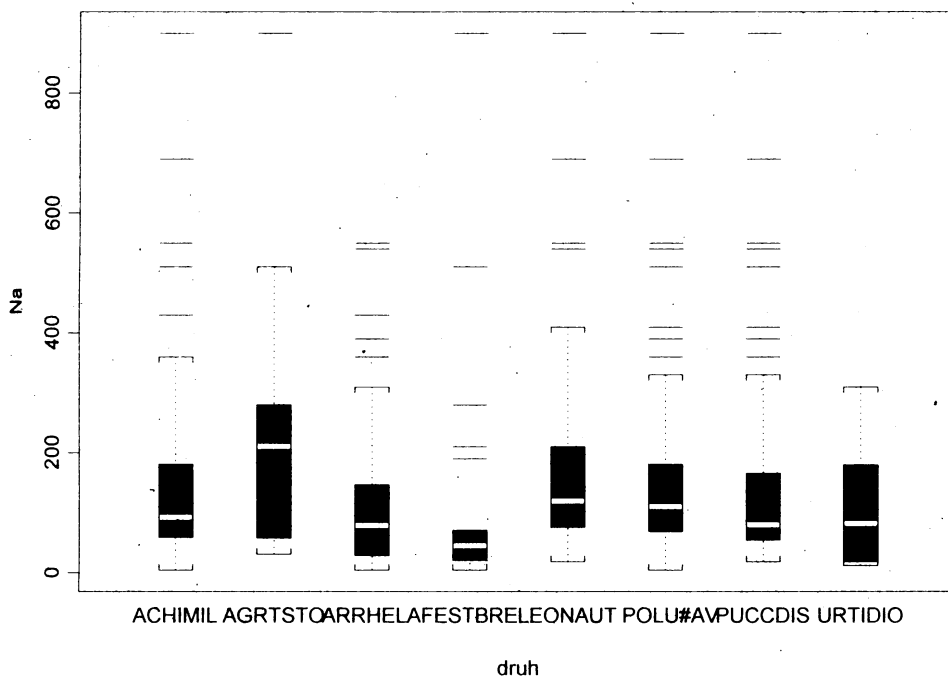
druh	n	Na		Cl		pH		VpH		vodivost	
		Mean	StDev	Mean	StDev	Mean	StDev	Mean	StDev	Mean	StDev
AGRTSTO	775	267.78	276.24	11.13	3.97	7.02	0.15	6.31	0.28	116.32	37.29
ACHIMIL	1474	124.28	98.54	5.83	8.09	6.92	0.20	5.96	0.50	97.00	36.72
ALOPPRA	20	104.28	66.95	9.29	5.94	6.79	0.02	6.13	0.24	130.30	48.32
ANAGARV	57	132.07	77.41	11.09	3.74	7.11	0.05	6.03	0.33	65.45	24.39
ANTISYL	199	101.32	97.42	7.32	7.25	6.68	0.19	5.71	0.46	124.82	50.97
ARABTHA	42	12.12	3.81	1.67	1.00	6.48	0.18	5.71	0.30	45.45	4.48
ARRHELA	3198	97.30	90.52	4.98	7.51	6.76	0.21	5.79	0.57	105.39	42.89
ARTEVUL	233	68.40	72.20	4.06	3.87	6.82	0.18	5.82	0.43	84.20	21.20
CALAEPI	1297	158.89	113.57	8.76	7.95	6.90	0.16	5.91	0.37	122.53	35.40
CARE#VU	193	104.43	10.97	4.01	2.44	6.71	0.15	5.75	0.13	123.26	12.67
CARUACA	75	52.32	56.07	3.71	4.56	6.68	0.09	5.46	0.38	81.70	27.31
CERAGLO	106	90.04	71.50	5.49	4.53	6.87	0.23	5.98	0.47	88.43	28.69
CIRSVUL	388	114.48	80.30	6.63	5.67	6.77	0.18	6.01	0.39	121.63	41.96
CONAARV	37	60.68	65.12	4.17	3.44	6.70	0.17	5.78	0.42	93.08	43.97
CONYCAN	42	28.49	22.93	0.76	0.71	6.64	0.09	5.69	0.25	84.31	12.68
COROVAR	264	47.80	18.16	8.23	4.76	6.79	0.13	5.14	0.45	74.08	13.28
DACYGLO	340	91.41	66.58	6.75	5.82	6.82	0.19	6.02	0.58	114.98	45.74
DAUCCAR	41	89.26	73.48	4.51	5.17	6.89	0.17	6.04	0.55	105.81	34.30
DIGTSAN	332	95.01	56.73	5.19	4.04	6.97	0.22	6.02	0.34	95.46	20.25
ECHICRU	553	115.12	119.33	7.24	5.32	7.01	0.22	5.99	0.28	94.49	20.29
ELYMREP	2347	136.82	122.50	6.31	10.09	6.89	0.23	6.17	0.49	115.73	43.11
EPIOCIL	235	27.55	15.28	1.86	2.62	6.66	0.13	5.56	0.23	79.02	13.18
FEST#OV	672	73.74	37.79	0.80	0.38	6.90	0.24	6.54	0.54	119.43	29.29
FEST#RU	5760	84.50	95.20	3.98	4.49	6.82	0.20	5.75	0.61	92.17	33.13
FESTBRE	1572	74.50	103.75	7.42	5.49	6.86	0.28	5.87	0.44	79.94	43.20
FESTRUI	121	17.88	26.27	6.16	0.76	6.72	0.05	5.65	0.29	68.73	7.84
GALUAPA	361	71.80	54.85	2.62	3.82	6.60	0.12	5.20	0.41	80.61	32.89
GALUVEU	249	148.13	95.63	7.97	4.59	6.83	0.16	5.81	0.27	126.38	40.36
HOLCLAN	39	123.86	88.56	5.14	1.27	6.83	0.07	5.95	0.16	82.25	9.33
HYPCRAD	135	39.03	25.27	4.08	1.81	6.86	0.14	5.81	0.24	75.25	12.20
HYPERPER	142	22.98	16.64	6.46	3.22	6.74	0.10	5.32	0.39	69.70	8.67
CHEN#RU	112	152.80	163.43	4.95	4.50	6.89	0.23	6.18	0.62	123.73	45.86
LEONAUT	758	185.92	176.81	10.68	17.45	6.94	0.18	6.12	0.35	113.72	49.30
LEPIRUD	35	76.66	58.37	7.34	3.11	7.03	0.19	6.05	0.31	88.69	20.28
LEUNIRC	255	72.13	60.83	5.32	1.44	6.83	0.14	5.51	0.47	77.83	21.78
LUPIPOL	214	35.66	25.44	3.06	3.42	6.74	0.13	5.74	0.43	84.03	12.76
LYSINUM	23	131.04	55.54	5.58	4.63	6.78	0.13	5.86	0.30	113.00	25.89
MATRDIS	121	14.27	12.72	5.04	1.36	6.73	0.07	5.55	0.37	59.28	20.28
MEDILUP	24	66.63	32.45	9.63	4.89	7.14	0.12	6.03	0.37	86.83	31.56
PHLEPRA	328	57.88	60.43	9.65	1.28	6.44	0.22	5.29	0.41	153.48	73.64
PIMPMAJ	182	177.75	105.81	1.11	1.18	7.12	0.19	6.73	0.51	129.16	24.67
PLAALAN	231	104.48	110.92	3.03	2.33	6.95	0.17	6.15	0.62	99.43	39.56
PLAAMAJ	735	250.89	252.74	12.94	18.88	6.96	0.19	6.29	0.35	128.64	51.80
POA_ANN	276	38.77	63.45	3.36	3.29	6.56	0.24	5.77	0.34	59.63	29.02
POA_PRA	526	85.16	63.92	8.60	2.32	6.91	0.15	5.80	0.36	97.96	23.33
POLU#AV	1710	169.26	169.05	6.43	8.62	6.91	0.18	6.32	0.29	124.55	41.68
POTEANS	26	46.50	17.16	5.25	1.79	6.85	0.05	5.21	0.35	68.81	17.82

druh	n	Na		Cl		pH		VpH		vodivost	
		Mean	StDev	Mean	StDev	Mean	StDev	Mean	StDev	Mean	StDev
POTEREP	34	27.62	8.82	0.56	0.15	6.73	0.15	5.99	0.29	84.71	11.16
PUCCDIS	3943	146.80	168.53	7.72	7.26	6.94	0.18	6.32	0.31	112.51	39.45
RUDBHIR	39	93.28	44.74	2.12	1.75	6.77	0.16	5.88	0.36	103.40	22.15
SILEVUL	47	71.77	48.66	5.73	5.58	6.69	0.15	5.25	0.57	83.72	36.93
SONCARV	84	117.21	65.46	4.28	2.17	6.92	0.12	6.07	0.31	89.50	28.61
SPEGRUB	248	207.93	143.88	7.84	6.13	6.95	0.36	6.01	0.40	122.23	30.23
SYMHOFF	20	226.50	75.41	1.04	0.60	7.21	0.11	6.93	0.45	138.00	15.39
TANAVUL	223	49.23	57.58	3.95	4.70	6.81	0.18	5.97	0.34	101.53	32.69
TARASEO	448	122.05	85.54	9.72	12.26	6.98	0.18	6.06	0.35	98.85	36.70
TRIFCAM	87	65.37	22.22	3.38	3.15	6.92	0.15	5.62	0.62	83.94	16.29
TRIFMED	37	81.58	42.64	2.31	2.58	6.90	0.20	5.89	0.50	91.45	28.00
TRIFREP	207	110.36	31.17	1.17	0.60	6.84	0.18	5.78	0.31	89.95	10.42
TRIPINO	370	152.10	134.62	5.55	6.59	6.87	0.20	6.07	0.39	106.54	40.13
URTIDIO	550	115.75	96.17	9.88	8.08	6.76	0.14	5.95	0.25	131.96	42.36
VERBDEN	197	27.56	22.34	3.82	2.88	6.61	0.11	5.53	0.36	77.97	6.65
VEROARV	20	42.34	28.86	1.77	3.70	6.63	0.12	5.70	0.26	80.21	15.80
VICHIR	33	77.73	69.12	5.34	4.12	6.83	0.19	5.70	0.41	94.31	35.98

Tabulka č. 16: Průměrné hodnoty a směrodatné odchylky jednotlivých půdních proměnných prostředí pro jednotlivé druhy.

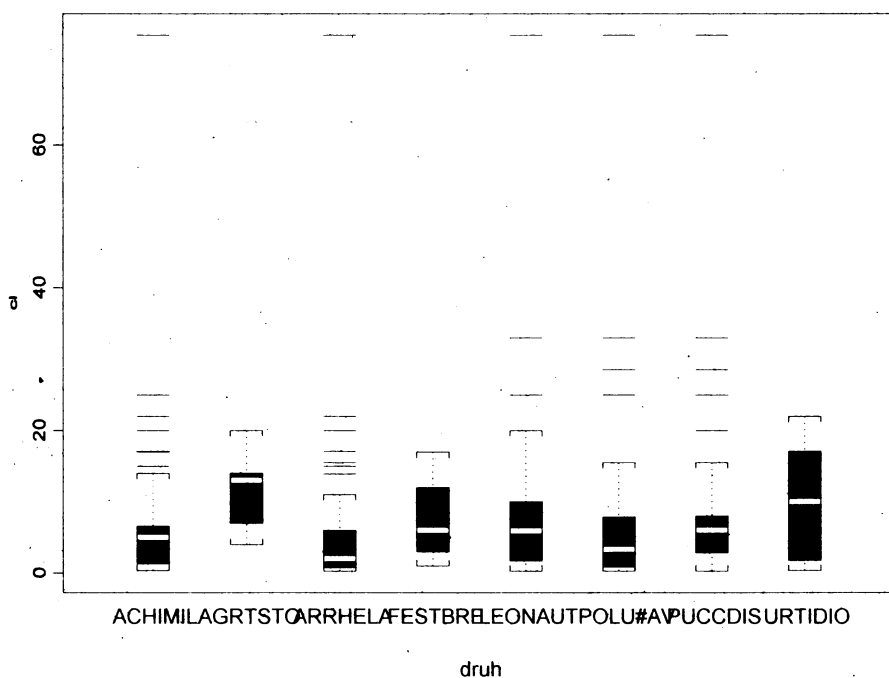
Pro porovnání citlivosti k měřeným půdním proměnným prostředí jako indikátorů zasolení byly vybrány následující druhy: *Achillea millefolium* (ACHIMIL, n=737), *Agrostis stolonifera* (AGRTSTO, n=388), *Arrhenatherum elatior* (ARRHELA, n=1600), *Festuca brevipila* (FESTBRE, n=786), *Leontodon autumnalis* (LEONAUT, n=379), *Polygonum aviculare* (POLU#AV, n=855), *Puccinellia distans* (PUCCDIS, n=1971) a *Urtica dioica* (URTIDIO, n=275).

Co se týče obsahu sodných iontů, relativně nižší hodnoty jsou zřejmě optimální pro *Festuca brevipila* (průměr 74 mg/kg) či *Arrhenatherum elatior* (průměr 97 mg/kg), relativně vyšší pak pro *Leontodon autumnalis* (186) nebo *Agrostis stolonifera* (287), což jsou také druhy s nejvyšší amplitudou (177, resp. 276) tolerance výše obsahu sodných iontů (viz obr č. 28).



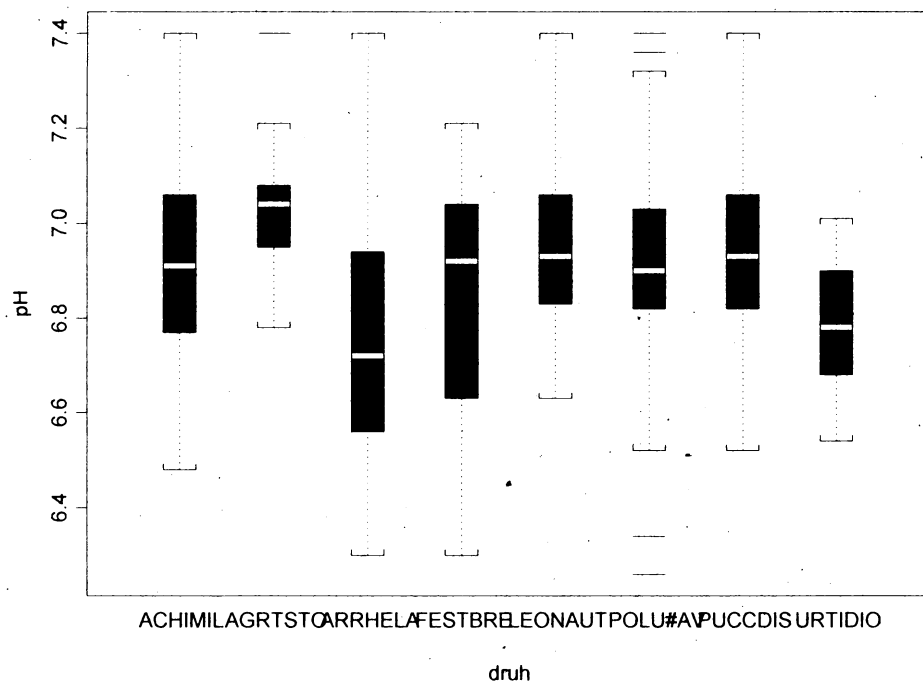
Obr. č. 28: Boxploty pro obsah sodných iontů a 8 vybraných druhů: rozdíl průkazný (mnohonásobné srovnání Tukeyho metodou, Anova) mezi všemi dvojicemi kromě: LEONAUT-POLU#AV, ARRHELAF-URTIDIO, ACHIMIL-URTIDIO

Co se týče obsahu chloridů, relativně nižší hodnoty jsou zřejmě optimální pro *Arrhenatherum elatior* (průměr 5.0 mg/kg), relativně méně citlivé druhy na zvýšený obsah chloridů jsou pak *Urtica dioica* (9.9), *Leontodon autumnalis* (10.7) nebo *Agrostis stolonifera* (11.1), z nichž *Leontodon* je vysoce Cl-tolerantní (odchylka 17.5) a naopak *Agrostis* s nízkou odchylkou (3.9) spíše vyšší obsah chloridů preferuje (viz obr. č. 29).



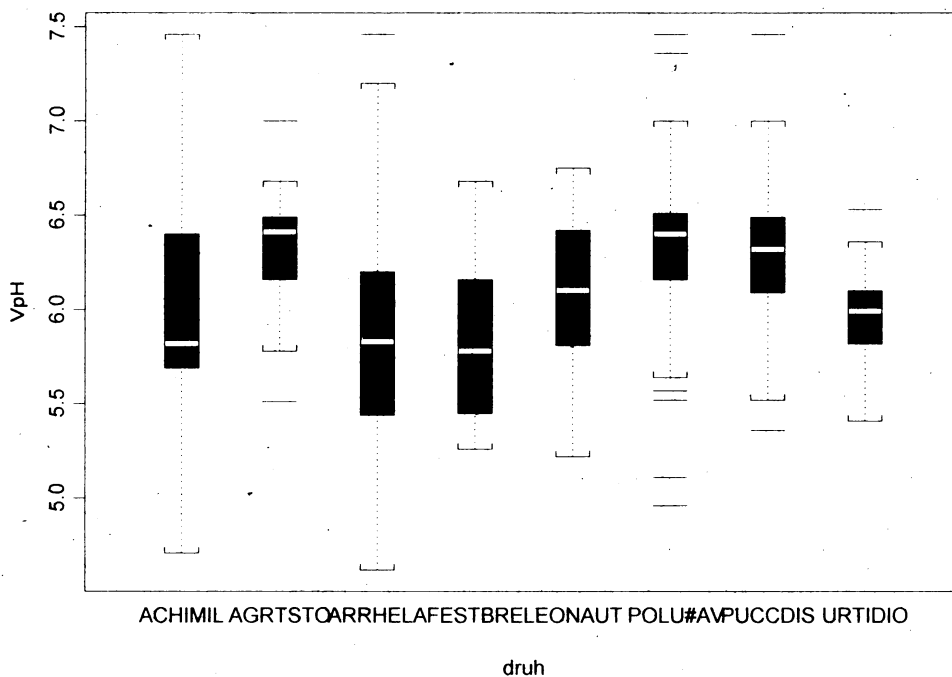
Obr. č. 29: Boxploty pro obsah chloridů a 8 vybraných druhů: rozdíl průkazný (mnohonásobné srovnání Tukeyho metodou, Anova) mezi všemi dvojicemi kromě: LEONAUT-URTIDIO, FESTBRE-PUCCDIS, AGRTSTO-URTIDIO, AGRTSTO-LEONAUT, ACHIMIL-POLU#AV

Co se týče aktivní reakce, relativně nižší hodnoty jsou zřejmě optimální pro *Arrhenatherum elatior* či *Urtica dioica* (shodný průměr 6.76), posun k vyšším hodnotám je charakteristický spíše pro *Leontodon autumnalis* (6.94), *Puccinellia distans* (6.94) nebo *Agrostis stolonifera* (7.02), viz obr č. 30.



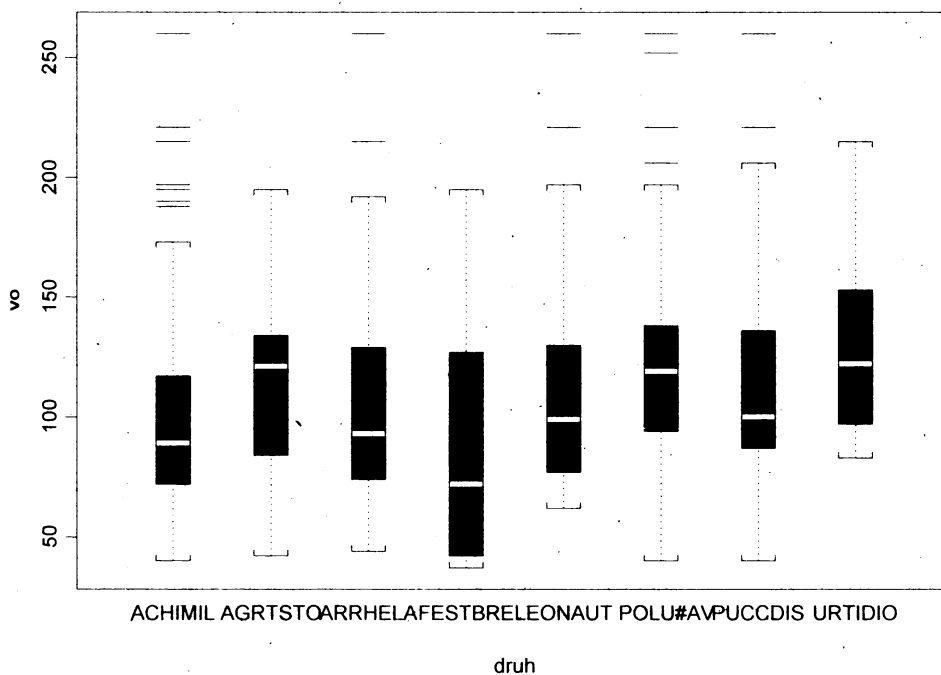
Obr č. 30: Boxploty pro aktivní reakci a 8 vybraných druhů: rozdíl průkazný (mnohonásobné srovnání Tukeyho metodou, Anova) mezi všemi dvojicemi kromě: LEONAUT-PUCCDIS, LEONAUT-POLU#AV, ARRHELA-URTIDIO, ACHIMIL-LEONAUT, ACHIMIL-POLU#AV

Co se týče výměnné reakce, relativně nižší hodnoty prospívají *Arrhenatherum elatior* (průměr 5.79) či *Festuca brevipila* (5.87), vyšší hodnoty výměnné reakce půd snáší dobře *Polygonum aviculare* (6.32), *Puccinellia distans* (6.31) nebo *Agrostis stolonifera* (6.31), viz obr č. 31.



Obr. č. 31: Boxploty pro výměnnou reakci a 8 vybraných druhů: rozdíl průkazný (mnohonásobné srovnání Tukeyho metodou, Anova) mezi všemi dvojicemi kromě: POLU#AV-PUCCDIS, AGRTSTO-PUCCDIS, AGRTSTO-POLU#AV, ACHIMIL-URTIDIO

Co se týče vodivosti výluhů půd, relativně nižší hodnoty vyhovují *Festuca brevipila* (80 mS/cm), vyšší hodnoty vodivosti snáší dobře *Polygonum aviculare* (125) nebo *Urtica dioica* (132), viz obr. č. 32.



Obr. č. 32: Boxploty pro vodivost a 8 vybraných druhů: rozdíl průkazný (mnohonásobné srovnání Tukeyho metodou, Anova) mezi všemi dvojicemi kromě: LEONAUT-URTIDIO, AGRTSTO-PUCCDIS, AGRTSTO-LEONAUT

DISKUSE

5.1. Sběr a zpracování dat

5.1.1. Výběr lokalit

Samotný výběr lokalit byl náhodný, a tak lze předpokládat, že výsledky práce nijak neovlivnil. Vliv na výsledky práce mohla mít volba oblasti, ve které práce probíhala – je otázkou, zda by v odlišné nadmořské výšce či klimatické oblasti vypadala vegetace v okolí komunikací odlišně. Druhové složení v jiných oblastech sice popsáno bylo (Dunnet et al., 1998; Beyschlag et al., 1992; Ullman et Heindl, 1989; Scott et Davison, 1982; Čechová, 1982) a od Písecka se prakticky neliší, ale odpověď vegetace na gradient zasolení žádná z prací nedokládá. Případný vliv mohla mít také volba komunikací 1. třídy, kdy se dá předpokládat, že vliv solení je nižší než na rychlostních komunikacích a dálnicích (Suchara, 1986). Omluvou budiž pracovní nebezpečnost tohoto prostředí.

5.1.2. Gradient zasolení

volba vzdáleností zkoumaného gradientu

Gradient zasolení byl zjišťován analýzou půdních vzorků, odebíraných v 6 vzdálenostech (10, 50, 100, 245, 500 a 1000 cm) až do 10 metrů od vnější hrany vozovky. Různé studie odebíraly vzorky v různých, většinou větších vzdálenostech (např. Braniš et al., 2005; Backstrom et al., 2004; Fakayode et Olu-Owolabi, 2003; Bryson et Barker, 2002; Blomquist et Johansson, 1999), přičemž jejich cílem ale bylo především zjišťování samotných koncentrací škodlivin a nikoli souvislost jejich gradientu s gradientem vegetace. Cilliers et Bredenkamp (2000) navíc konstatují, že území přímo přiléhající, náležící ke komunikaci bývá v rozmezí do 5–15 m od vnější hrany vozovky, což potvrzuje i moje zkušenost: Ve větších vzdálenostech než 10 metrů od vnější hrany vozovky byla již většinou jinak využívaná půda (převážně zemědělsky). Dalším důvodem volby kratšího gradientu bylo již obvykle se neměnicí druhové složení vegetace ve větších vzdálenostech, související s parametry zasolení

již na pozadových hodnotách (Backstrom et al., 2004; Forman et al., 2003; Bryson et Barker, 2002). Vzhledem k tomu, že největší změna v druhovém složení se podle Ullmana et Heindla (1989) odehrává na několika málo desítkách centimetrů od vnější hrany vozovky byly zvoleny jemnější intervaly právě v těchto vzdálenostech (10, 50, 100 cm). Jak upozorňuje Rentch et al. (2005), volba zkoumaného gradientu závisí především na otázce, kterou chceme jeho pomocí zodpovědět, a proto byl pro zkoumání závislosti doprovodné vegetace na zasolení zvolen právě takový gradient.

proměnné prostředí měřené v půdních vzorcích

Ve vzorcích půdy byl měřen obsah sodných iontů, chloridů, aktivní a výměnná reakce a celková vodivost. Tyto parametry udává Braniš et al. (2005) jako základní ukazatele hodnocení zátěže půd zasolením. Podle něj mohou na degradaci půd následkem solení komunikací ukazovat i další parametry (např. nasycení sorpčního komplexu, obsah uhlíku, dusíku, síranů či těžkých kovů), vzhledem k celkovému počtu vzorků (438), náročnosti analýz i časovým možnostem byla volba uvedených základních ukazatelů zasolení správná.

5.1.3. Gradient vegetace

Vzhledem k tomu, že gradient vegetace se v bezprostředním okolí komunikací mění řádově s desítkami centimetrů (Ullmann et Heindl, 1989), nebylo možné použít klasické fytoecologické metody (kvůli příliš velkému zrnu standardního snímkování). Jako použitelná a osvědčená metoda (Čechová, 1982; Lee, 1977) byla zvolena metoda point-kvadrátu. Metoda však byla upravena vzhledem k náročnosti použití klasické jehly v terénu. Zaznamenávání vegetace v pouze jedné výšce při povrchu země mělo především tu výhodu, že bylo snadno proveditelné (ve větších výškách se vlivem projíždějících vozidel rostliny téměř neustále pohybují) a pro zaznamenání gradientu vegetace se jevílo jako dostačující.

5.2. Výsledky

5.2.1. Gradient zasolení

obsah sodných iontů

Obsah sodných iontů se vzdáleností od vnější hrany vozovky klesá. Hodnota 25 mg/kg, která je považována za hranici zřetelné kontaminace (Braniš et al., 2005), byla překročena ve všech vzdálenostech až do 500 cm od vnější hrany vozovky, obsah ve vzdálenosti 1000 cm od vnější hrany vozovky již známky kontaminace sodnými ionty nejeví. Srovnání s jinými pracemi je poněkud problematické vzhledem k chybějícím údajům o období či vzdálenosti naměřených hodnot. Mirek et Trzcinska-Tacik (1981) například měřili v jarním, letním i podzimním období, ale neudávají vzdálenost, ve které vzorky odebírali. Přesto je jejich podzimní hodnota poměrně vysoká (32.0 mg Na⁺ na 100 g půdy). Backstrom et al. (2004) zjišťovali hodnoty obsahu sodných iontů ve vzdálenostech 3, 4, 5, 7 a 32 metrů. Pro porovnání lze uvažovat pouze vzdálenosti 3 a 5 metrů, ve kterých hodnoty dosáhly 322, respektive 219 mg/l. Bohužel však chybí informace o období odběru, a tím pádem není možné gradient obsahu sodných iontů porovnat. Podobně je tomu v práci Brysona et Barkera (2002), kteří ve vzdálenostech 5 stop (= 1.52 m) a 30 stop (= 9.14 m) naměřili 101, respektive 16 mg/kg. Přestože také chybí údaj o období odběrů, tento gradient se jeví jako podobný k podzimnímu gradientu zjištěnému v této práci.

Maximální hodnoty obsahu sodných iontů byly však naměřeny nikoli v těsné blízkosti krajnice (10 cm), ale ve vzdálenosti 50 cm od vnější hrany vozovky. Tuto jemnou nuanci v gradientu zasolení žádná z prací nezachytila, ačkoli pro gradient vegetace může být významná. Snížené množství sodných iontů v substrátu v těsné blízkosti komunikace si vysvětlují tím, že podél komunikací je přenášeno velké množství nejrůznějších částic, které jsou deponovány právě v těsné blízkosti vozovky (Forman et al., 2003). Odebrané vzorky půdy z těsné blízkosti krajnice jsou proto směsí substrátu „starého“, který byl vystaven vlivu solení, a „nového“, který byl navrstven až v průběhu roku a tedy solením neovlivněn.

obsah chloridů

Obsah chloridů se vzdáleností klesá. Na rozdíl od obsahu sodných iontů je pokles jejich obsahu mnohem pozvolnější (žádná ze sousedních dvojic vzdáleností se od sebe průkazně neliší) a ani v jedné ze vzdáleností nebyla překročena hranice zřetelné kontaminace 25 mg/kg (Braniš et al., 2005). Pravděpodobnou příčinou je vysoká mobilita chloridových iontů, které jsou v průběhu roku vymývány, a tedy v podzimním období nedosahují hodnot indikující zasolení (Braniš et al., 2000; Suchara, 1986).

Srovnání s jinými pracemi je však stejně problematické. Mirek et Trzcinska-Tacik (1981) naměřili v podzimním období 2.6 mg Cl⁻ na 100 g, což je sice zvýšená hodnota, ale opět bez údaje o vzdálenosti, ve které vzorky odebírali. Ve studii Backstroma et al. (2004) ve vzdálenostech 3 a 5 metrů byly zjištěny hodnoty koncentrace Cl⁻ (v půdním roztoku) 449, respektive 312 mg/l, opět bez informace o období odběru, a tím pádem není možné gradient obsahu chloridů porovnat. Bryson et Barker (2002) obsah chloridů nezjišťovali.

Podobný jev jako u sodných iontů byl patrný i u obsahu chloridů: maximální hodnoty byly naměřeny ve vzdálenosti 50 cm od vnější hrany vozovky. Také vysvětlení bude patrně shodné.

aktivní reakce

Aktivní reakce se vzdáleností průkazně klesá, což potvrzují i další studie: pokles z 7.2 ve vzdálenosti 0–1 m na 6.5 ve vzdálenosti 5–6 metrů zaznamenal Truscott et al. (2005); podobné hodnoty (6.53) v 5 m zjistili i Backstrom et al. (2004) oproti pH 7.04 ve vzdálenosti 3 metrů; markantnější pokles popsali Bryson et Barker (2002): ve vzdálenosti 5 stop dosáhlo pH hodnoty 7.6, ve 30 stopách potom 5.78. Zásadité hodnoty aktivní půdní reakce v bezprostředním okolí komunikací, především dálnic, potvrzují také Suchara (1986) či Braniš et al. (2005). Hodnoty aktivní reakce v mojí práci dosahují maximálně hodnot okolo 7.0 (ve vzdálenostech 50 a 100 cm od vnější hrany komunikace), což je „pouze“ na hranici zřetelné kontaminace zasolením (7.0, Braniš et al. 2005). Možným vysvětlením je měření u silnic „pouze“ 1. třídy.

výměnná reakce

Výměnná reakce je jedinou měřenou proměnnou prostředí, jejíž hodnoty klesají již od vnější hrany vozovky a nikoli od maxima v 50 cm. Zároveň je také proměnnou prostředí, kterou se mnoho studií nezabývala, protože jako základní informace o kontaminaci zasolením aktivní reakce stačí. Výměnná reakce a jeho rozdíl oproti aktivní rozšiřuje popis gradientu zasolení o informaci nasycení sorpčního komplexu a pufrční kapacity půdy (Braniš et al., 2005; Suchara, 1986), což jsou významné charakteristiky ovlivňující vegetaci (Larcher, 1988). Po srovnání průměrných hodnot aktivní a výměnné reakce vidíme, že jejich rozdíl (kromě 1000 cm) se vzdáleností od vnější hrany vozovky roste (díky klesajícímu podílu sorpčního nasycení půdy hlavní bázi Na^+). To značí pokles zasolení se vzdáleností, ačkoli samotná výměnná reakce hodnoty zřetelné kontaminace (7.0, Braniš et al., 2005) nepřesahuje.

celková vodivost

Vodivost se vzdáleností klesá, hodnoty překračující hranici zřetelné kontaminace (>100 mS/cm) byly zaznamenány až do vzdálenosti 245 cm od vnější hrany vozovky včetně (Braniš et al., 2005). Zvýšené hodnoty zaznamenali také Bryson et Barker (2002): ve vzdálenosti 5 stop 160 a ve 30 stopách 120 mS/cm, výrazně vyšší vodivost pak také Backstrom et al. (2004), jejichž měření ukázala přes 1000 mS/cm až do vzdálenosti 7 metrů. Také u vodivosti bylo naměřeno maximum až ve vzdálenosti 50 cm od vnější hrany vozovky. Vodivost je však úměrná celkovému množství rozpuštěných solí, nikoli jenom NaCl ze solení, a tak slouží pouze jako doplňující parametr zasolení (Braniš et al., 2005).

Základním předpokladem gradientu zasolení je jeho pokles se zvyšující se vzdáleností od vnější hrany vozovky. Správnost předpokladu dokládá korelační matice jednotlivých proměnných prostředí. Nejužší vztah se vzdáleností má obsah sodných iontů, a proto je považován za nejlepší indikátor dlouhodobého zasolení. Přestože aplikací soli se do půdy dostává stejné množství sodných iontů jako chloridových, indikační váha obsahu chloridů a jejich korelace se vzdáleností je vzhledem k jejich vysoké mobilitě mnohem menší a ukazuje hlavně na krátkodobé zasolení. Stejně tak vodivost koreluje se vzdáleností výrazně méně, poněvadž

vodivost určuje nejen chlorid sodný ze solení, ale i další soli. Vztah aktivní a výměnné reakce se vzdáleností také není tak úzký, pravděpodobným důvodem je závislost aktivní a výměnné reakce na dalších faktorech než je zasolení, např. vlhkost prostředí, hloubka půdy a kontakt s matečnou horninou, obsah živin, apod. (Truscott et al., 2005; Němeček et al., 1990; Larcher, 1988).

5.2.2. Gradient vegetace

V analýzách vegetace bylo pracováno s 88 druhy bylin, které se na zkoumaných lokalitách vyskytly. Jejich souhrnný přehled včetně použitých zkratk je v příloze č. 3. Velmi podobné druhové složení bylo zaznamenáno i jinými autory, jedná se o asociace tříd *Chenopodietea*, *Plantaginetea majoris*, *Artemisietea vulgaris* či *Galio-Urticetea* (např. Dettmar, 1993; Moravcová-Čechová, 1988; Hejný et al., 1979; Grull, 1973).

Rozložení druhů podél gradientu prvních dvou kanonických os má trojúhelníkový tvar. To naznačuje, že zatímco na jednom konci gradientu první kanonické osy gradient druhé osy nemá velký význam, na opačném konci první kanonické osy je tomu přesně naopak – tam tedy význam druhé kanonické osy výrazně narůstá. Srovnáním rozložení druhů v grafickém výstupu DCA analýzy (obr. č. 8) se zkušenostmi z terénu by se nabízela interpretace první kanonické osy jako vzdálenosti od vnější hrany vozovky a druhé kanonické osy jako vlhkosti či výšky hladiny půdní vody. Tuto interpretaci však není možné pomocí sebraných dat ověřit.

5.2.3. Závislost gradientu vegetace na gradientu zasolení

Maximální množství variability vysvětlené první kanonickou osou v souhrnných datech z obou roků je 8.5%, všemi osami 23.2% (výsledek DCA analýzy 3z). Míru závislosti gradientu vegetace na proměnných prostředí udává potom poměrná část vysvětlené variability proměnnými prostředí ve srovnání s těmito čísly (maximální vysvětlenou variabilitou).

Všechny zjišťované proměnné prostředí zahrnuté do modelu (FS, Monte-Carló, 3a) vysvětlily pomocí první kanonické osy poměrně neobvykle velkou část –

79% z veškeré variability (6.7 z 8.5). Vliv jednotlivých proměnných prostředí po odfiltrování vlivu všech ostatních byl nižší: čistý vliv vzdálenosti 5.0 z 8.5 (tj. 59%), obsahu sodných iontů 1.9 (22%), chloridů, vodivosti a výměnné reakce shodně 1.1 (13%) z maximálních 100% vysvětlené variability. Snížení vlivu vysvětlující proměnné způsobují kovariáty, které jsou s danými vysvětlujícími proměnnými korelované. Jejich odfiltrováním se eliminuje také vliv vysvětlující proměnné, která je s ní korelována, a to tím více, čím těsnější vztah mezi nimi je. Nejvýznamnější proměnnou prostředí je tedy vzdálenost, protože samotná vysvětluje největší část variability. Z proměnných prostředí je i po odfiltrování vlivu vzdálenosti nejvýznamnější obsah sodných iontů, a to i přesto, že je se vzdáleností nejvíce korelovaný. Čistý vliv půdních proměnných prostředí (vybraných FS, Monte-Carlo: lna, lcl, lvo a pH) dosahuje dohromady 54%, což je srovnatelné s 59% vysvětlenými vzdáleností. Na vegetaci je možné tedy pozorovat gradient změny druhového složení, který lze vysvětlit změnou obsahu sodných iontů, chloridů, vodivosti a výměnné reakce téměř stejně dobře jako změnou vzdálenosti od vnější hrany vozovky.

Přestože vegetace dobře odpovídá zasolení (54% veškeré variability vysvětlují měřené parametry zasolení) a určitou část variability vysvětlují také ostatní zjišťované proměnné prostředí (rozdíly mezi lokalitami, roky, hloubkami či způsobem vedení komunikace), 21% variability vegetace není možné vysvětlit sebranými daty. Může za ně pravděpodobně některý z dalších faktorů, kterými doprava na své bezprostřední okolí působí nebo kterými se zkoumané lokality dále vyznačují. Některé možné faktory uvádí Kollman et Fischer (2003): světlo, teplota, půdní vlhkost, úživnost či obsah těžkých kovů. Význam dostupnosti světelného záření pro druhy doprovodné vegetace zkoumal Beyschlag et al. (1992), ve své práci poukazuje na vliv kombinace světla a zasolení, kdy každý z faktorů může být pro různé druhy různě limitující. Teplotu a půdní vlhkost v různých obdobích jakožto klíčový faktor pro doprovodnou vegetaci zkoumal Dunnett et al. (1998). Obsahem živin se zabývala řada studií: Truscott et al. (2005) prokázal, že obsah dusíku se vzdáleností od vnější hrany vozovky také klesá. Bezprostřední okolí je však obohacené nejen dusíkem, ale i fosforem a organickými látkami (Rentch et al., 2005). Obohacení živinami je způsobeno nejen depozicí atmosférického znečištění, jehož majoritním původcem (z 83%) jsou emise z dopravy (Forman et al., 2003), ale i díky

managementu, kdy pokosená vegetace se nechává ležet (Schaffers et al., 1998). Podle Rentche et al. (2005) nejsou živiny pro doprovodnou vegetaci obvykle limitujícím faktorem a mohou se projevit další vlivy jako vlhkost, míra disturbance, textura substrátu, apod.

5.2.4. Dynamika zasolení během roku

Hodnoty všech měřených půdních proměnných prostředí během roku klesají. Pro všech pět proměnných byl průkazný rozdíl mezi jarními a podzimními hodnotami.

Obsah chloridů a vodivost průkazně poklesla během všech třech období, obsah sodných iontů průkazně poklesnul během jara, od léta do podzimu už se jejich obsah průkazně nezměnil. Aktivní reakce zaznamenala své snížení naopak až mezi létem a podzimem. Výměnná reakce se jeví jako během roku nejstabilnější, průkazný pokles nebyl zaznamenán ani mezi jarem a létem, ani mezi létem a podzimem. Její snížení probíhalo tedy postupně během roku pomalu tak, že její podzimní hodnoty se odlišují od jarních. Podobnou dynamiku zaznamenali ve své práci také Mirek et Trczinska-Tacik (1981) či Braniš et al. (2005).

Poněvadž průměrné hodnoty půdních proměnných prostředí dosahují nejvyšších hodnot na jaře, je v tomto období gradient zasolení nejostřejší a na vegetaci působí silněji. To dokládají i výsledky mnohorozměrných analýz, kdy všechny proměnné prostředí včetně půdních proměnných prostředí ze všech období vysvětlují 83% veškeré variability (což je o 4% více než v souhrnné analýze z obou roků, která zahrnovala pouze podzimní půdní proměnné prostředí). Do výsledků této analýzy (3a-05) však nebyly zahrnuty žádné jarní proměnné, což je dáno nejspíš vysokou mírou korelace se vzdáleností. Samotné půdní proměnné prostředí pak vysvětlují 63% veškeré variability (což je mnohem více ve srovnání s 35% ze stejné analýzy s pouhými podzimními prostředí).

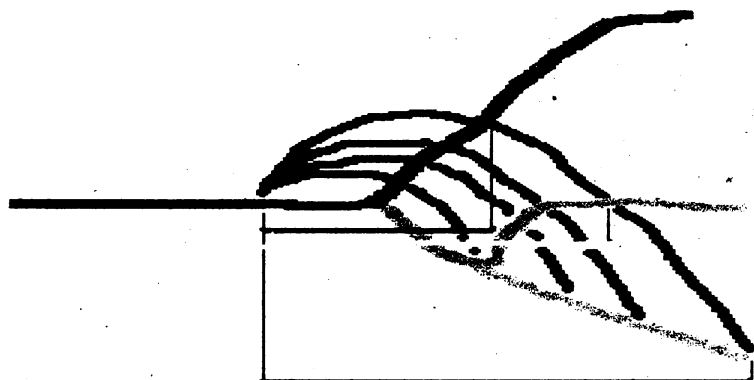
Hodnoty proměnných prostředí v jarním období jsou tedy pro vegetaci významnější než v ostatních obdobích roku. Ačkoli se jedná o pouze krátké období s maximálním zasolením, schopnost ho snášet určuje jakousi startovní čáru pro růst rostlin v celé nadcházející vegetační sezóně. Ne každý druh je totiž schopen v zasolených podmínkách klíčení nebo růstové aktivity, a tak časnější zahájení růstu

přináší tolerantním druhům náskok a tím i výhodu v konkurenci především o světlo (Beyschlag et al., 1992; Larcher, 1988; Dunnett et al., 1998; Keiffer et Ungar, 1997).

5.2.5. Porovnání gradientů mezi náspem, zářezem a rovinou

Rozdíl v gradientu zasolení mezi různými způsoby vedení komunikace byl potvrzen pro všechny proměnné prostředí kromě vodivosti: průkazně nejprudší pokles obsahu sodných iontů a chloridů byl v zářezu, aktivní a výměnná reakce klesala nejrychleji s rostoucí vzdáleností na rovině.

Možné vysvětlení naznačil ve své práci van Bohemen et Janssen van de Laak (2003), když diskutoval gradient škodlivin, šířících se do okolí různým způsobem: jemný aerosol (*spray*) se šíří na větší dálku než rozstřikováním do okolí projíždějícími vozidly (*splash*), a úplně nejmenší dosah má kontrolovaný odtok silniční kanalizací (*runoff*), odvíjející se od propustnosti asfaltu (van Bohemen et Janssen van de Laak, 2003). Když se zamyslíme nad samotným rozstřikováním solanky s ohledem na různý způsob vedení komunikace, ke kterému v zimním období dochází, dojdeme k vysvětlení rozdílu gradientů, které je patrné z obrázku č. 33. Dosah rozstřikování je určen především množstvím kapaliny na povrchu vozovky a rychlostí projíždějících vozidel (Forman et al., 2003).



Obr. č. 33: Schéma rozstřikování vody (modrá) z povrchu komunikace (černá) do okolí. Stejné množství vody je rozstřikováno v zářezu do menší vzdálenosti než na rovině a ještě menší než na náspu, což má za důsledek ostřejší gradient zasolení v zářezu než na rovině a ještě ostřejší než na náspu.

Co se týče aktivní a výměnné reakce, je nutné hledat jiné vysvětlení. Půdní reakce souvisí s humiditou, vodním režimem a typem substrátu (Ellenberg, 1986). To

je nutné si uvědomit, poněvadž rovina je způsob vedení komunikace, kde může být ve větší míře zachován původní substrát, a také vodní režim zde může být nejbližší přirozenému (je zde vybudován příkop, který odvádí vodu pouze nedokonale, na rozdíl od drenáží v zářezích a na náspech, Forman et al., 2003). Homogenní podmínky těchto dvou aspektů na náspu a na zářezu mohou ovlivňovat jinak přirozený gradient poklesu aktivní i výměnné reakce.

Také gradient vegetace se mezi různými způsoby vedení komunikace liší (čistý vliv způsobu vedení komunikace vysvětlil 54% veškeré variability). Některé druhy jsou charakteristické pro vlhčí roviny s hlubší půdou (např. *Galium aparine*, *Anthriscus sylvestris*, *Poa pratensis*), jiné dávají přednost svahům nebo štěrkovaným sušším okrajům náspů a zářezů (např. *Achillea millefolium*, *Echinochloa crus-galli*, *Coronilla varia*).

Vzhledem k rozdílnosti gradientu zasolení i gradientu vegetace je pochopitelné, že i jejich vzájemný vztah se liší. V každém ze způsobů vedení komunikace byla vybrána jako průkazně vysvětlující jiná kombinace půdních proměnných prostředí (v zářezu pouze lcl, na náspu lna a lcl, a na rovině pH a lcl), čistý vliv vzdálenosti se také lišil (od 95% na rovině, přes 70% na náspu, po 66% v zářezu). Ve všech případech však nejlépe vysvětlující půdní proměnnou prostředí je ta, která v daném způsobu vedení komunikace nejostřeji klesá: v zářezu je to obsah chloridů (čistý vliv vysvětluje 34% veškeré variability), na náspu obsah sodných iontů (čistý vliv vysvětluje 32% veškeré variability) a na rovině aktivní reakce (čistý vliv vysvětluje 51% veškeré variability).

5.2.6. Porovnání gradientů mezi různou měrou solenými komunikacemi

Hodnoty některých parametrů zasolení se liší v závislosti na míře solení komunikace. Jedná se o průměrný obsah sodných iontů a chloridů, které jsou průkazně nižší v okolí již nesolené komunikace oproti dlouhodobě i nově solené komunikaci. Z toho vyplývá, že jejich obsah narůstá velmi rychle, zvýšených hodnot dosahuje již po jedné zimě s aplikací soli, ale naopak po ukončení zimního solení se tyto ionty mohou částečně vyplavit a zátěž ze zasolení časem klesá. Ostatní

proměnné (lvo, aktivní a výměnná reakce) však zůstávají po dlouhou dobu stabilní, bez průkazného rozdílu.

Také gradient vegetace se mezi různou měrou solenými komunikacemi liší (čistý vliv stáří vysvětlil 39% veškeré variability). Některé druhy jsou charakteristické pro staré již nesolené komunikace (např. *Daucus carota*, *Taraxacum sect. Ruderalia*, *Equisetum arvense* či *Poa annua*), jiné převažovaly v okolí zcela nových komunikací (především vysévané druhy *Festuca rubra* či *Trifolium repens*), doprovodnou vegetaci dlouhodobě solených komunikací tvořily k zasolení tolerantní druhy (např. *Elymus repens* či *Puccinellia distans*).

5.2.7. Význam vybraných druhů jako indikátorů gradientu zasolení

Doprovodná vegetace pozemních komunikací je v rámci velkých regionů relativně uniformní (Rentch et al., 2005), přestože (nebo právě proto) je tvořena velkým podílem nepůvodních druhů (Johnson, 2000; Forman et al, 2003). Podle ekologických nároků se jedná o pár druhů, které dobře snáší zasolení a tvoří dominantu v nejvíce zasolené zóně, a řadu druhů s velmi širokou amplitudou (Moravcová-Čechová, 1988). Do první skupiny patří např. fakultativní halofyt *Puccinellia distans*, také *Agrostis stolonifera* se lépe uplatňuje v zónách s vyšším zasolením. Z druhé skupiny je možné vybrat např. *Calamagrostis epigejos*, *Elymus repens* či *Leontodon autumnalis*. K zasolení citlivější jsou potom druhy, které tvoří dominanty ve větších vzdálenostech od vnější hrany vozovky, např. *Arrhenaterum elatior*. Na každý ze zkoumaných druhů má každá jednotlivá půdní proměnná prostředí odlišný vliv. Například *Festuca brevipila* je nejcitlivější na obsah sodných iontů (a tedy na dlouhodobé zasolení), *Arrhenaterum elatior* je citlivý k obsahu chloridů (a tedy ke krátkodobému zasolení) a *Urtica dioica* se zase vyhýbá vyšším hodnotám půdní reakce. Některé druhy mají širokou amplitudu pro všechny půdní proměnné prostředí – např. *Leontodon autumnalis*.

Charakteristiky jednotlivých druhů ohledně tolerance k zasolení je možné srovnat s Ellenbergovými čísly pro salinitu (Ellenberg, 1986), které však pro některé druhy chybí nebo neodpovídají v této práci zjištěným výsledkům. Ellenbergovo číslo salinity pro *Puccinellia distans* je 7, což znamená, že druh snáší vysoké obsahy solí

v půdě. Druhy jako *Polygonum aviculare* či *Achillea millefolium* jsou ohodnoceny číslem 1, což znamená, že ačkoli sůl snášejí, většinou neindikují žádné nebo pouze nepatrné zasolení. Řadě druhů je však přiřazeno číslo 0, což znamená, že zasolení nesnášejí. Mezi tyto druhy je však řazen např. také *Leontodon autumnalis* či *Agrostis stolonifera*, které oba zjevně zasolení snášejí.

Zajímavé by bylo také srovnání s hodnotami zjištěnými Piernikovou (2003) pro druhy rostoucí na vnitrozemských slaniscích v Polsku. Ve své práci uvádí hodnoty pouze pro obligátní halofyty a zjištěné indikační hodnoty žádného druhu tak není bohužel možné porovnat. Kromě indikačních hodnot jednotlivých druhů diskutuje také indikační hodnotu celých společenstev, která je podle ní významnější, což je zároveň i logické, protože kombinace druhů znamená kombinaci nároků na jednotlivé parametry zasolení, a tím pádem lepší indikaci celkového zasolení. To bylo možné díky tomu, že Pierniková pracovala na rozsáhlých zasolených územích a mohla zaznamenávat klasické fytoocenologické snímky standardních velikostí. Na fyzicky malém prostoru v okolí komunikací nebylo možné tuto metodu a ani následnou analýzu celých společenstev udělat.

ZÁVĚR

V okolí pozemních komunikací první třídy na Písecku byl popsán gradient zasolení pomocí základních pěti půdních proměnných prostředí (obsah sodných iontů, obsah chloridů, aktivní a výměnné reakce, celková vodivost). V porovnání s jinými pracemi jde o detailnější zmapování gradientu, navíc také s ohledem na různý způsob vedení komunikace, míru údržby komunikace solením i dynamiku zasolení během roku.

Současně byla zaznamenána vegetace a popsána závislost druhového složení v různých vzdálenostech od vnější hrany vozovky na gradientu měřených proměnných prostředí. Zvýšené zasolení substrátu indikují druhy jako *Puccinellia distans*, *Agrostis stolonifera* nebo i v kombinaci s *Plantago major* a *Leontodon autumnalis*. Výskyt druhů *Matricaria discoidea*, *Arabidopsis thaliana*, *Verbascum densiflorum*, *Epilobium ciliatum* či *Hypericum perforatum* naopak žádnou kontaminaci neznají.

Pomocí druhového složení je tedy možné usuzovat na míru zátěže a degradace prostředí vlivem zimního solení komunikací.

LITERATURA

- Adolphi, K. (1975): Der Salzschwanden (*Puccinellia distans* (L.) parl.) auch in Westfalen an Strassenrändern. Götting. florist. Rundbr. 3.
- Akbar, K. F., Hale, W. H. G. et Headley, A. D. (2003): Assessment of scenic beauty of the roadside vegetation in northern England, *Landscape and Urban Planning* 63: 139–144.
- Arevalo, J. R., Delgado, J. D., Otto, R., Naranjo, A., Salas, M. et Fernandez-Palacios, J. M. (2005): Distribution of alien vs. native plant species in roadside communities along an altitudinal gradient in Tenerife and Gran Canaria (Canary Islands), *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics* 7: 185–202.
- Backstrom, M., Karlsson, S., Backman, L., Folkesson, L. et Lind, B. (2004): Mobilisation of heavy metals by deicing salts in a roadside environment, *Water Research* 38: 720–732.
- Bednářová E. (2003): Souhrnné výsledky studie stavu epikutikulárních vosků. – Lesnická práce č. 01/2003.
- Bensted, J. (1995): A Discussion of the Paper "CHEMICAL EFFECTS OF CEMENT MORTAR OF CALCIUM MAGNESIUM ACETATE AS A DEICING SALT" by O. Peterson, *Cement and Concrete Research* 26 (4).
- Beyschlag, W., Ryel, R.J. et Ullmann, I. (1992): Experimental and Modelling Studies of Competition for Light in Roadside Grasses. *Botanica Acta* 105: 285–291.
- Blažková M. (1982): Sezónní průběh depozice prašných částic u kukuřice (*Zea mays* L.), Ms Dipl. Pr. PŘF UK, Praha.
- Blomquist G. et Johansson E.-L. (1999): Airborne spreading and deposition of de-icing salt – a case study. *Science of the total environment* 235: 161–68.
- Booze-Daniels, J.N. et Schmidt, R.E. (1996): Evaluation and Management of Turfgrass on Virginia Roadsides. Annual report. Department of Crop & Soil Environmental Science Virginia Polytechnic Institute and State University, Blackburg, Virginia 24061-0404.
- Bowen H. J. M. et al. (1982): Environmental chemistry – Volume 2, The Royal Society of Chemistry.
- Braniš, M., Suchara, I. et Benešová, L. (2005): Zpráva o výsledcích monitoringu vlivu chemické údržby komunikací na okolní půdu, vodu a vegetaci v zájmových oblastech na území Krkonošského národního parku. Ústav pro životní prostředí a Katedra Botaniky, Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy v Praze.
- Brown, G. et Schoknecht, N. (2001): Off-road vehicles and vegetation patterning in a degraded desert ecosystem in Kuwait, *Journal of Arid Environments* 49: 413–427.

- Bryson, G. M. et Barker, A. V. (2002): Sodium accumulation in soils and plants along Massachusetts roadsides. *Commun. Soil Sci. Plant anal.* 33 (1&2): 67–78.
- Cackowski, J. M. et Nasar, J.L. (2003): The restorative effects of roadside vegetation - Implications for automobile driver anger, and frustration, *Environment and behavior* 35.
- Cilliers, S. S. et Bredenkamp, G. J. (2000): Vegetation of road verges on an urbanisation gradient in Potchefstroom, South Africa. *Landscape and urban planning* 46 (4): 217–239.
- Cuperus, R., Canters, K. J. et Piepers, A. A. G. (1996): Ecological compensation of the impacts of a road. Preliminary method for the A50 road link (Eindhoven-Oss, The Netherlands), *Ecological engineering* 7.
- Čechová L. (1982): Lemová společenstva komunikací jihozápadní části Prahy, Ms Dipl. Pr. PřF UK, Praha.
- ČSÚ – Český statistický úřad: <http://www.czso.cz/>
- Dettmar J. (1993): *Puccinellia distans* – Gesellschaften auf Industrieflächen im Ruhrgebiet – Vergesellschaftung von *Puccinellia distans* in Europa. – *Tuexenia* 13: 445–465.
- Dietl, C., Reifenhäuser, W. et Peichl, L. (1997): Association of antimony with traffic — occurrence in airborne dust, deposition and accumulation in standardized grass cultures, *Science of The Total Environment*, 205: 235–244.
- Diez, T. et Krauss, M. (1995): Příjem těžkých kovů plodinami z různě kontaminovaných půd. Sborník z česko-bavorského semináře "Těžké kovy v zemědělské půdě a rostlinách", konaného dne 18. října 1995 ve Výzkumném ústavu rostlinné výroby v Praze – Ruzyni.
- Dove, J. (1997): Investigating roadside verges, *Journal of biological education* 31 (3).
- Drahný, R. ed. (2006): Ročenka Správy Krkonošského národního parku 2005. Správa KRNAP, Vrchlabí.
- Dunnett, N.P., Willis, A.J., Hunt, R. et Grime, J.P. (1998): A 38-year study of relations between weather and vegetation dynamics in road verges near Bilbury, Gloucestershire. *Journal of Ecology* 86: 610–623.
- Dvořáček J. (1983): Vegetace silničních lemů v jihozápadní části Prahy, Ms Dipl. Pr. PřF UK, Praha.
- Ellenberg, H. (1986): *Vegetation Ecology of Central Europe*. Fourth edition, Cambridge University Press.
- Fakayode, S.O. et Olu-Owolabi, B.I. (2003): Heavy metal contamination of roadside topsoil in Osobo, Nigeria: its relationship to traffic density and proximity to highways. *Environmental geology* 44: 150–157.
- Farmer, M. A. (1993): The effects of dust on vegetation: a review. *Environmental Pollution* 79: 63–75.
- Forman, R. T. T. et Alexander, L. E. (1998): Roads and their major ecological effects, *Annual review of ecology and systematics* 29.

- Forman, R. T. T., Sperling, D. et al. (2003): Road ecology (Science and solutions), Island Press.
- Grull, F. (1973): Fytocenologická charakteristika a rozšíření ruderálních společenstev na území města Brna. BÚ AV ČR Průhonice.
- Heinrich, W. (1984): Bemerkungen zum binnenländischen Vorkommen des Salzschwadens (*Puccinellia distans* [JACQ.] PARL.). *Hausknechtia* 1.
- Hejný, S., Kopecký, K., Jehlík, V. et Krippelová, T. (1979): Přehled ruderálních rostlinných společenstev Československa. *Rozpr. ČSAV, Řada mat. a přír. věd* 89: 1–100.
- Hodkinson, D.J. et Thompson, K. (1997): Plant dispersal: the role of man. *Journal of Applied Ecology* 34.
- Hůnová, I. et Janoušková, S. (2004): Úvod do problematiky znečištění venkovního ovzduší. *Karolinum, Praha*.
- Johnson, A. (2000): Establishment, Protection, and Reestablishment of Urban Roadside Vegetation Against Salt and Ice. Final Report 2000-33. Minnesota Local Road Research Board.
- Kayama, M., Quoreshi, A. M., Kitaoka, S., Kitahashi, Y., Sakamoto, Y., Maruyama, Y., Kutal M. et Koike T. (2003): Effects of deicing salt on the vitality and health of two spruce species, *Picea abies* Karst., and *Picea glehnii* Masters planted along roadsides in northern Japan, *Environmental Pollution* 124.
- Keiffer, C.H. et Ungar, I.A. (1997): The effect of extended exposure to hypersaline conditions on the germination of five inland halophyte species. *American Journal of Botany* 84(1): 104–111.
- Keller, J. et Lamprecht, R. (1995): Road Dust as an Indicator for Air Pollution Transport and Deposition: An Application of SPOT Imagery. *Remote Sens. Environ.* 54:1–12.
- Kohoutek J., Holoubek I. (1996): Vývoj složení emisí z automobilové dopravy v závislosti na technickém pokroku v konstrukci vozidel. TOCOEN REPORT No. 116, TOCOEN s.r.o. Brno.
- Kollmann, J. et Fischer, A. (2003): Vegetation as indicator for habitat quality. *Basic and Applied Ecology* 4: 489–491.
- Larcher, W. (1988): Fyziologická ekologie rostlin, *Academia, Praha*.
- Lee, J.A. (1977): The vegetation of British inland salt marshes. *Journal of Ecology* 65: 673-698.
- Legret, M. et Pagotto, C. (1999): Evaluation of pollutant loadings in the runoff waters from a major rural highway, *The Science of the Total Environment* 235.
- Lehndorff, E. et Schwarz, L. (2004): Biomonitoring of air quality in the Cologne Conurbation using pine needles as a passive sampler—Part II: polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH), *Atmospheric Environment* 38.
- Lugo, A. E. et Gucinski, H. (2000): Function, effects, and management of forest roads, *Forest ecology and management* 133 (3).
- Luštinec, J et Žárský, V. (2003): Úvod do fyziologie vyšších rostlin. *Karolinum, Praha*.

- MathSoft, Inc. (1999): S-Plus 2000 Professional Release 2. Data Analysis Products Division. MathSoft. Seattle.
- Mirek, Z. et Trzcinska-Tacik, H. (1981): Spreading of *Puccinellia distans* (L.) Parl. along the roads in southern Poland. *Ekol. pol.* 29 (3).
- Mitra, A. P., Morawska, L., Sharma, C. et Zhang, J. (2002): Chapter two: methodologies for characterisation of combustion sources and for quantification of their emissions, *Chemosphere* 49.
- Moldan, B. (2001): *Ekologická dimenze udržitelného rozvoje*. Karolinum, Praha.
- Montaña, C. (1992): The colonization of bare areas in two-phase mosaics of an arid ecosystem. *Journal of Ecology* 80: 315–327.
- Moravcová-Čechová, L. (1988): The ruderal plant communities of roads and tracks with the dominant species *Puccinellia distans* /Jacq./Parl. in the territory of Prague, *Symposium Synanthropic Flora and Vegetation V*.
- Munch, D. (1993): Concentration profiles of arsenic, cadmium, chromium, copper, lead, mercury, nickel, zinc, vanadium and polynuclear aromatic hydrocarbons (PAH) in forest soil beside an urban road, *The Science of the Total Environment*, 138.
- Němeček, J., Smolíková, L. et Kutílek, M. (1990): *Pedologie a paleopedologie*, Academia, Praha.
- Olander, L. P., Scatena, F. N. et Silver, W. L. (1998): Impacts of disturbance initiated by road construction in a subtropical cloud forest in the Luquillo Experimental Forest, Puerto Rico, *Forest ecology and management* 109 (1).
- Othman, I., Al-Oudat, M. et A-Masri, M. S. (1997): Lead levels in roadside soils and vegetation of Damascus city, *The Science of the Total Environment* 207.
- Patrik, M. (2004): Účinky dopravy na životní prostředí a zdraví obyvatel v ČR. - <http://new.ecn.cz/doc/old/Enviro/doprava/Texts/vlivcrz.htm#t1>.
- Peterson, O. (1995): Chemical effects of cement Mostar of calcium magnesium acetate as a deicing salt, *Cement and Concrete Research* 25 (3).
- Piernik, A. (2003): Inland halophilous vegetation as indicator of soil salinity. *Basic and Applied Ecology* 4: 525-536.
- Pyšek P. (1996): *Synantropní vegetace*, BÚ AV ČR Průhonice.
- Rentch, J. S., Fortny, R. H., Stephenson, S. L., Adams, H. S., Grafton, W. N. et Anderson, J. T. (2005): Vegetation-site relationships of roadside plant communities in West Virginia, USA. *Journal of Applied Ecology* 42: 129–138.
- Rickard, C. A., McLachlan, A. et Kerley, G. I. H. (1994): The Effects of Vehicular and Pedestrian Traffic on Dune Vegetation in South Africa, *Ocean & Coastal Management* 23.
- Ročenka Ministerstva dopravy 2005: <http://www.sydos.cz/cs/rocenka-2005/index.html>
- Schaffers, A. P., Vesseur, M. C. et Sýkora, K. V. (1998): *Journal of Applied Ecology* 35: 349–364.

- Scott, N.E. et Davison, A.W. (1982): De-icing salt and the invasion of road verges by maritime plants. *Watsonia* 14.
- Semorádová E. (2003): Poškození lesních porostů posypovou solí. – Lesnická práce č.01/2003.
- Seybold, S. (1973): Der Salzschwanden (*Puccinellia distans* (Jacq.) Parl) an Bundesfernstrassen und Autobahnen. *Göttin. florist. Rundbr.* 7.
- Shejbal, F. et Mazánková, E. (2001): Interpretace výzkumu vlivu provozu na pozemky dálnic a silnic z hlediska životního prostředí, Semestrální práce, dopravní fakulta Jana Pernera, univerzita Pardubice.
- Slavíková, J. (1986): Ekologie rostlin. Státní pedagogické nakladatelství, Praha.
- Suchara, I. (1986): Účinky používání posypových solí na půdu a rostliny v okolí dálnice. Záv. zpr. VŠÚOZ Průhonice.
- Šolc, J. (1998): Praha – životní prostředí 1998. Institut městské informatiky hl. m. Prahy. http://www.monet.cz/zp/rocenk98/01_ovzdu.htm.
- Ter Braak, C. J. F., et Šmilauer, P. (1998): Canoco for Windows ver. 4.5. Centre for Biometry, Wageningen, CPRO-DLO, Wageningen, The Netherlands.
- Thunquist, E.-L. (2004): Regional increase of mean chloride concentration in water due to the application of deicing salt, *Science of the Total Environment* 325.
- Truscott, A. M., Palmer, S. C. F., McGowan, G. M., Cape, J. N. et Smart S. (2005): Vegetation composition of roadside verges in Scotland: the effects of nitrogen deposition, disturbance and management, *Environmental Pollution* 136.
- Ullman, I. et Heindl, B. (1989): Geographical and Ecological Differentiation of Roadside Vegetation in Temperate Europe. *Botanica Acta* 102: 261-269.
- Urbat, M., Lehndorff, E. et Schwarz, L. (2004): Biomonitoring of air quality in the Cologne Conurbation using pine needles as a passive sampler - Part I: magnetic properties, *Atmospheric Environment* 38.
- Van Bohemen, H. D. et Janssen van De Laak, W. H. (2003): The influence of road infrastructure and traffic on soil, water and air quality, *Environmental management* 31 (1).
- Vyhláška Ministerstva dopravy a spojů č. 104/1997 Sb., kterou se provádí zákon o pozemních komunikacích č.13/1997 Sb., v platném znění.
- Zákon č. 38/1995 Sb., o technických podmínkách provozu silničních vozidel na pozemních komunikacích
- Zákon č. 311/2006 Sb., o pohonných hmotách a čerpacích stanicích pohonných hmot a o změně některých souvisejících zákonů (zákon o pohonných hmotách).
- Zanders, J. M. (2005): Road sediment: characterization and implications for the performance of vegetated strips for treating road run-off, *Science of the Total Environment* 339.
- Zhang, J. et Morawska, L. (2002): Combustion sources of particles: 2. Emission factors and measurement methods, *Chemosphere* 49.

PŘÍLOHY

8.1. Data o solení na lokalitách podle SÚS JČK, závod Písek

Pro jednotlivé lokality byly dohledány následující informace: číslo úseku komunikace, pořadí důležitosti při zimní údržbě, číslo trasy údržby a typ posypu (viz tabulka A).

lokality	úsek komunikace	pořadí důležitosti (limit zajištění sjezdnosti)	číslo trasy	typ údržby
ZI	I/20 (166.196 – 176.708 km)	1 (do 3 hod)	Ch4	chemický posyp + pluhování
ZII	I/20 (166.196 – 176.708 km)	1 (do 3 hod)	Ch4	chemický posyp + pluhování
ZIII	I/20 (166.196 – 176.708 km)	1 (do 3 hod)	Ch4	chemický posyp + pluhování
NI	I/20 (166.196 – 176.708 km)	1 (do 3 hod)	Ch4	chemický posyp + pluhování
NII	I/20 (166.196 – 176.708 km)	1 (do 3 hod)	Ch4	chemický posyp + pluhování
NIII	I/20 (166.196 – 176.708 km)	1 (do 3 hod)	Ch4	chemický posyp + pluhování
RI	I/20 (166.196 – 176.708 km)	1 (do 3 hod)	Ch4	chemický posyp + pluhování
RII	I/29 (1.748 – 10.546 km)	1 (do 3 hod)	Ch5	chemický posyp + pluhování
RIII	II/139 (0.000 – 10.680 km)	2 (do 6 hod)	Ch11	chemický posyp + pluhování
NZ	I/20 (158.268 – 166.170 km)	1 (do 3 hod)	Ch1	chemický posyp + pluhování
NN	I/20 (158.268 – 166.170 km)	1 (do 3 hod)	Ch1	chemický posyp + pluhování
NR	I/20 (158.268 – 166.170 km)	1 (do 3 hod)	Ch1	chemický posyp + pluhování
ST1	místní komunikace	-	-	-
ST2	místní komunikace	-	-	-
ST3	místní komunikace	-	-	-

Tabulka A: Přřazení lokalit diplomové práce k úsekům podle SÚS JČK, závod Písek

Vzhledem k odběru vzorků v sezónách 2005 a 2006 byly vyhledány údaje o solení v těchto úsecích během zimy 2004/2005 (dostupné pouze souhrnné údaje) a 2005/2006 (údaje souhrnné i pro jednotlivé úseky zvlášť), viz tabulka B.

2005/ 2006	úsek	počet posyp ových dní	počet ujetých km	množství spotřebované soli (posyp +solanka dohromady) (t)	kg posypu na 1 km silnice	2004/ 2005	počet posyp ových dní	počet ujetých km	množství spotřebované soli (posyp +solanka dohromady) (t)	kg posypu na 1 km silnice
listo pad	Ch4	8	183	24.84	105.92	listo pad	9	3816	226.6	59.382
	Ch5	8	57.6	5.3995						
	Ch11	8	72	12.096						
	Ch1	9	284	20.854						
prosi nec	Ch4	18	569.2	72.36	122.22	prosi nec	7	2615	247.3	94.57
	Ch5	19	303.2	34.236						
	Ch11	19	261	41.04						
	Ch1	18	834	92.83						
leden	Ch4	8	245	34.56	130.62	leden	19	6901	468	67.816
	Ch5	4	133.5	20.52						
	Ch11	9	118	21.06						
	Ch1	9	475	50.76						
únor	Ch4	17	527	71.604	135.3	únor	22	8162	504	61.75
	Ch5	13	187.5	32.292						
	Ch11	16	102	29.16						
	Ch1	14	582	56.16						
březen	Ch4	13	284	37.044	147.81	březen	9	2351	224.5	95.491
	Ch5	17	212.5	34.128						
	Ch11	11	104	28.08						
	Ch1	11	345	40.5						
duben	Ch4	2	34.5	4.32	113.19	duben	0	0	0	0
	Ch5	1	17	2.16						
	Ch11	0	0	0						
	Ch1	5	63	6.48						

Tabulka B: Dostupné údaje o zimním solení vybraných úseků, podle SÚS JČK, závod Písek

Z toho je možné vypočíst množství soli, které bylo v jednotlivých sezonách aplikováno na jednotlivých lokalitách, tabulka C.

lokalita	průměrně aplikované množství soli v sezoně 2004/2005 (průměr, g/m ²)	celkové množství soli za sezonu 2004/2005 (průměr, g/m ²)	průměrně aplikované množství soli v sezoně 2005/2006 (g/m ²)	celkové množství soli za sezonu 2005/2006 (g/m ²)
ZI	14.0	925	26.6	1753
ZII	14.0	925	26.6	1753
ZIII	14.0	925	26.6	1753
NI	14.0	925	26.6	1753
NII	14.0	925	26.6	1753
NIII	14.0	925	26.6	1753
RI	14.0	925	26.6	1753
RII	14.0	925	28.3	1752
RIII	14.0	925	40.0	2521
NZ	14.0	925	20.7	1367
NN	14.0	925	20.7	1367
NR	14.0	925	20.7	1367
ST1	0	0	0	0
ST2	0	0	0	0
ST3	0	0	0	0

Tabulka C: Množství soli aplikované na lokalitách v jednotlivých sezonách, vyplývající z dostupných údajů o zimním solení vybraných úseků, podle SÚS JČK, závod Písek

Podle vyhlášky 104/1997 Sb. ja základní množství aplikované soli 10 g/m², dávku je možné zvýšit v závislosti na intenzitě sněžení. Z uvedeného je patrné, že zima 2005/2006 byla náročnější, na sníh bohatší a na solení intenzivnější. Rozdíl mezi jednotlivými roky byl zjištěn i z hodnot naměřených v půdních vzorcích (viz výsledky analýzy variance v kapitole 4.1.). Množství soli aplikované a v substrátu obsažené (indikováno měřeními parametry zasolení) si tedy vzájemně dobře odpovídají.

8.2. Metody laboratorních analýz

obsah sodných iontů

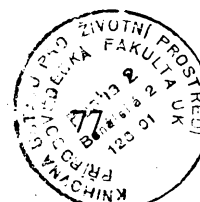
Obsah sodných iontů byl zjišťován pomocí atomového absorpčního spektrofotometru Perkin-Elmer, Model 306 (v plameni vzduch-acetylen, emisně, při 294 nm, kalibrace 0 a 0.5 mg/l).

Příprava vzorku: Do plastových uzvratelných nádob bylo naváženo 5 g suché jemnozeme a připipetováno 50 ml ultračisté deionizované vody, to bylo 20 minut při rychlosti (250x/min) třepáno. Poté necháno 10-20 minut sedimentovat, roztok odpipetován do plastových centrifugačních zkumavek. Pro odstranění jemných suspendovaných částic byl vzorek centrifugován 12 minut při otáčkách 2800/min. Poté bylo cca 5-10 ml vzorku odpipetováno do nové plastové nádoby a přidáno několik kapek ultračisté kyseliny dusičné pro stabilizaci. Takto připravený vzorek byl měřen atomovým absorpčním spektrometrem, v případě potřeby byl 10-100x ředěn. Detekční limit AAS-PF snatovení Na byl 0.001 mg/l, stanovované koncentrace byly u všech vzorků nad detekčními limity metod. Kontaminace byly kontrolovány souběžnými měřeními slepých vzorků.

obsah chloridů

Obsah chloridů byl měřen pomocí kombinované iontově selektivní elektrody chloridového typu THETA '90 – ISE 105 Cl a měřicího přístroje Laboratorního ionometru WTW (inolab pH/ion Level 2 s vestavěnou tiskárnou).

Příprava vzorku: Do plastových uzvratelných nádob bylo naváženo 5 g suché jemnozeme a připipetováno 50 ml destilované vody, to bylo 20 minut při rychlosti (250x/min) třepáno. Poté byl vzorek přefiltrován, do 25 ml filtrátu byly přidány 3 ml adjustačního roztoku (0.1M KNO₃) a poté měřen obsah chloridů. Standardizace stanovení byla provedena standardními kalibračními roztoky NaCl. Detekční limit metody stanovení koncentrace Cl⁻ nebyl stanoven, výrobce však garantuje měření elektrody do koncentrací do 10⁻⁶ M Cl. Stanovované koncentrace Cl⁻ byly nad detekčními limity metod.



aktivní reakce

Aktivní reakce byla měřena pomocí kombinované pH elektrody WTW (typ SenTix 41 s gelovým elektrolytem) a měřícího přístroje Laboratorního ionometru WTW (inolab pH/ion Level 2 s vestavěnou tiskárnou).

Příprava vzorku: Do plastových uzvratelných nádob bylo naváženo 5 g suché jemnozeme a připipetováno 50 ml destilované vody, to bylo 20 minut při rychlosti (250x/min) třepáno. Po několika minutách sedimentace byla měřena aktivní reakce. Kalibrace byla provedena standardními roztoky pufrů pH = 7.00 a 4.01 a teplotu 25 °C.

výměnná reakce

Výměnná reakce byla měřena pomocí kombinované pH elektrody WTW (typ SenTix 41 s gelovým elektrolytem) a měřícího přístroje Laboratorního ionometru WTW (inolab pH/ion Level 2 s vestavěnou tiskárnou).

Příprava vzorku: Do plastových uzvratelných nádob bylo naváženo 5 g suché jemnozeme a připipetováno 50 ml 0.1M roztoku KCl, to bylo 20 minut při rychlosti (250x/min) třepáno. Po několika minutách sedimentace byla měřena výměnná reakce. Kalibrace byla provedena standardními roztoky pufrů pH = 7.00 a 4.01 a teplotu 25 °C.

celková vodivost

Vodivost byla měřena pomocí Standardní vodivostní měřící cely WTW (typ TetraCon 325) a měřícího přístroje Laboratorního přístroje WTW (typ pH/cond 340i).

Příprava vzorku: Do plastových uzvratelných nádob bylo naváženo 5 g suché jemnozeme a připipetováno 50 ml destilované vody, to bylo 20 minut při rychlosti (250x/min) třepáno. Po několika minutách sedimentace byla měřena vodivost. Standardizace měření byla provedena na standardní roztok 0.1M KCl a 25 °C.

8.3. Seznam druhů a použitých zkratk

AGRTSTO	<i>Agrostis stolonifera</i>	LEPIRUD	<i>Lepidium ruderales</i>
ACHIMIL	<i>Achillea millefolium</i>	LEUNIRC	<i>Leucanthemum ircutianum</i>
ALOPPRA	<i>Alopecurus pratensis</i>	LOTUCOR	<i>Lotus corniculatus</i>
ANAGARV	<i>Anagallis arvensis</i>	LUPIPOL	<i>Lupinus polyphyllus</i>
ANTISYL	<i>Anthriscus sylvestris</i>	LYCSARV	<i>Lycopsis arvensis</i>
APERSPI	<i>Apera spica-venti</i>	LYSINUM	<i>Lysimachia nummularia</i>
ARABTHA	<i>Arabidopsis thaliana</i>	MATRDIS	<i>Matricaria discoidea</i>
ARCTTOM	<i>Arctium tomentosum</i>	MEDILUP	<i>Medicago lupulina</i>
ARRHELA	<i>Arrhenatherum elatius</i>	MYOSDIS	<i>Myosotis discolor</i>
ARTEVUL	<i>Artemisia vulgaris</i>	ONOPACA	<i>Onopordum acanthium</i>
BETUPUB	<i>Betula pubescens</i>	OXALDIL	<i>Oxalis dillenii</i>
BRASNAP	<i>Brassica napus</i>	PHLEPRA	<i>Phleum pratense</i>
CALAEPi	<i>Calamagrostis epigejos</i>	PIMPMAJ	<i>Pimpinella major</i>
CARE#VU	<i>Carex vulpina</i> agg.	PLAALAN	<i>Plantago lanceolata</i>
CARUACA	<i>Carduus acanthoides</i>	PLAAMAJ	<i>Plantago major</i>
CENTJAC	<i>Centaurea jacea</i>	POA ANN	<i>Poa annua</i>
CERAGLO	<i>Cerastium glomeratum</i>	POA PRA	<i>Poa pratensis</i>
CICHINT	<i>Cichorium intybus</i>	POLU#AV	<i>Polygonum aviculare</i> agg.
CIRSVUL	<i>Cirsium vulgare</i>	POTEANS	<i>Potentilla anserina</i>
CONAARV	<i>Convolvulus arvensis</i>	POTEREP	<i>Potentilla reptans</i>
CONYCAN	<i>Conyza canadensis</i>	PUCCDIS	<i>Puccinellia distans</i>
COROVAR	<i>Coronilla varia</i>	RANUREP	<i>Ranunculus repens</i>
DACYGLO	<i>Dactylis glomerata</i>	RUDBHIR	<i>Rudbeckia hirta</i>
DAUCCAR	<i>Daucus carota</i>	RUMEACT	<i>Rumex acetosella</i> s.lat.
DIGTSAN	<i>Digitaria sanguinalis</i>	SEDUACR	<i>Sedum acre</i>
ECHICRU	<i>Echinochloa crus-galli</i>	SILEVUL	<i>Silene vulgaris</i>
ELYMREP	<i>Elymus repens</i>	SONCARV	<i>Sonchus arvensis</i>
EPIOCIL	<i>Epilobium ciliatum</i>	SPEGRUB	<i>Spergularia rubra</i>
EQUIARV	<i>Equisetum arvense</i>	STELMED	<i>Stellaria media</i>
ERAGMIN	<i>Eragrostis minor</i>	SYMHOFF	<i>Symphytum officinale</i>
FEST#OV	<i>Festuca ovina</i> agg.	TANAVUL	<i>Tanacetum vulgare</i>
FEST#RU	<i>Festuca rubra</i> agg.	TARASEO	<i>Taraxacum sect. Ruderalia</i>
FESTBRE	<i>Festuca brevipila</i>	THLSARV	<i>Thlaspi arvense</i>
FESTRUI	<i>Festuca rupicola</i>	TORIARV	<i>Torilis arvensis</i>
GALIPAR	<i>Galinsoga parviflora</i>	TRIFARV	<i>Trifolium arvense</i>
GALUAPA	<i>Galium aparine</i>	TRIFCAM	<i>Trifolium campestre</i>
GALUVEU	<i>Galium verum</i>	TRIFDUB	<i>Trifolium dubium</i>
GERAROB	<i>Geranium robertianum</i>	TRIFMED	<i>Trifolium medium</i>
HERASPH	<i>Heracleum sphondylium</i>	TRIFREP	<i>Trifolium repens</i>
HOLCLAN	<i>Holcus lanatus</i>	TRIPINO	<i>Tripleurospermum inodorum</i>
HYPCRAD	<i>Hypochaeris radicata</i>	TRIUAES	<i>Triticum aestivum</i>
HYPEPER	<i>Hypericum perforatum</i>	TUSSFAR	<i>Tussilago farfara</i>
CHEN#RU	<i>Chenopod rubrum</i> agg.	URTIDIO	<i>Urtica dioica</i>
JUNCEFF	<i>Juncus effusus</i>	VERBDEN	<i>Verbascum densiflorum</i>
LACTSER	<i>Lactuca serriola</i>	VEROARV	<i>Veronica arvensis</i>
LAPSCOM	<i>Lapsana communis</i>	VICIHIR	<i>Vicia hirsuta</i>
LATYPRA	<i>Lathyrus pratensis</i>	VIOLTRI	<i>Viola tricolor</i>
LEONAUT	<i>Leontodon autumnalis</i>		

zkratky druhů podle Chytrý et Rafajová (2003): Česká národní fytoocenologická databáze (www.sci.muni.cz/botany/vegsci/dbase.php).

PODĚKOVÁNÍ.....

-Doc. Ivanu Sucharovi za cenné rady a připomínky
-panu inženýru Vařekovi za pomoc v laborce a ohromnou trpělivost se studentskou cháskou
-Dr. Hovorkovi za ochotu a čas věnovaný mně a atomáku
-panu inženýru Peštovi za vstřícné poskytnutí informací o zimní údržbě silnic na Písecku
-Tomáši Herbenovi za nastolený systém povinností, vedoucí k tomu, že se diplomanti hrouť každý rok trochu, ale ten poslední už s rutinním nadhledem
-Louskáčkovi za odhalení tajemství příkazového řádku a nejen to
-Štěpánce a ostatním spolužákům mimo jiné za vědomí toho, že jsme na tom stejně
-geobotanické pracovně a všem jejím minulým, současným a budoucím obyvatelům za vytvoření jedinečného prostředí
-mámě a Petrovi za oporu a zázemí
-tátovi, Janě, Lence i babičce za všechen čas, který jsem s nimi mohla tak příjemně strávit
-Honzovi a jeho mamince za společně prožitých pět let
-Ince i Zuzce za to, že mě vždycky vyslechly a nic mi nevyčítaly
-Jáně za shovívavost k mému ponocování a za všechny nanuky, džusy a čokolády, kterými mě při psaní zásobovala
-Fomasovi za kvanta hudby
-všem florbalovým nadšencům, které taky tak trochu mrzí, že se florbalem nedá žít
-ostatním, na které jsem zapoměla
-Martinovi, který si tuhle práci nikdy nepřečte, a ačkoli by ji vůbec neoceníl, měla by pro mě větší smysl.

