

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta lesnická a dřevařská

VLIV CHEMICKÉHO POSYPU SILNIC NA ZDRAVOTNÍ STAV PŘILEHLÝCH
LESNÍCH POROSTŮ A NÁVRH NA ZMĚNU ZIMNÍHO MANAGEMENTU
KOMUNIKACÍ V OBLASTI KRNAP

DIPLOMOVÁ PRÁCE

PRAHA, 2011

Bc. ANTONÍN BLOMER

Česká zemědělská univerzita v Praze
Katedra: Ochrany lesů a myslivosti

Fakulta lesnická a dřevařská
Akademický rok: 2010/2011

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE (PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

pro: Antonína Blomera

obor: DLES

Název tématu: "Vliv chemického posypu silnic na zdravotní stav přilehlých lesních porostů a návrh na změnu zimního managementu komunikací v oblasti KRNP"

Název tématu v anglickém jazyce: The road spreading by salts in the KRNP national park and health state of neighbouring forest stands with the proposal of the new system of winter management of the roads.

Zásady pro vypracování:

1. Úvod
2. Poměry v oblasti Krkonoš
3. Problematika zatížení porostů solemi
4. Metodika
5. Výsledky
6. Diskuse
7. Závěr

Rozsah grafických prací: Podle potřeby

Rozsah průvodní zprávy: 60 – 100 stran

Seznam odborné literatury:

- Burket L. (1905): Ochrana lesů. Písek, pp. 1-259
Nechleba A. (1923): Ochrana lesů. Díl II, ochrana proti přírodě ústrojně. Praha, pp. 1-362
Novák R. (1997): Výpočet výše škod na lesních porostech. Myslivost s.r.o., Praha pp. 1-82
Pfeffer A. (1961): Ochrana lesů. Praha, SZN

Vedoucí diplomové práce: doc. Ing. Petr Šrůtka, Ph.D.

Konzultant diplomové práce:

Datum zadání diplomové práce: 1. 6. 2010

Termín odevzdání diplomové práce: 30. 4. 2011




.....
Vedoucí katedry


.....

Děkan

V Praze dne

Prohlašuji, že jsem předloženou diplomovou prací na téma: **Vliv chemického posypu silnic na zdravotní stav přilehlých lesních porostů a návrh na změnu zimního managementu komunikací v oblasti KRNAP** vypracoval sám a uvedl všechny použité prameny. Souhlasím, aby moje diplomová práce byla zveřejněna v souladu s §47b Zákona č.111/1998 Sb. o vysokých školách.

V Praze dne 15.4.2011

Jméno posluchače: Bc. Antonín Blomer

Název diplomové práce: Vliv chemického posypu silnic na zdravotní stav přilehlých lesních porostů a návrh na změnu zimního managementu komunikací v oblasti KRNAP.

Name of diploma work: The road spreading by salts in the KRNAP national park and health state of neighbouring forest stands with the proposal of the new system of winter management of the roads.

Abstrakt:

Práce se zabývá vlivem aplikací rozmrazovacích chemikálií na přilehlé lesní porosty vybraných úseků silnic I. třídy na území KRNAP, kde je pro zimní údržbu udělena výjimka ze zákona, porovnáním s úseky kde je chemický posyp zakázán a vyšetření množství obsahu Na, Cl, Ca a pH v půdě i asimilačních orgánech. Dalším předmětem této práce je navrhnout a posoudit jiné, šetrnější způsoby zimní údržby komunikací.

Abstract:

The thesis deals with an effect of de-icing chemicals on the forests contiguous to chosen passages of 1st category roads in KRNAP. It is exceptionally allowed to use it there. It compares these areas and the areas, where it is banned to use the chemical. The thesis also examines amount of Na, Cl, Ca and pH in the soil and in assimilatory organs. Another aim of this work is to propose and judge different ways of winter maintenance.

Klíčová slova: chlorid sodný, zimní údržba, KRNAP, posypový materiál, komunikace, asimilační aparát, půda, kontaminace,

Děkuji Doc. Ing. Petru Štůtkovi Ph.D. za obětavou pomoc, cenné připomínky a odborné vedení. Dále bych chtěl poděkovat všem, kteří mi umožnili získat materiál a poznatky pro vypracování této diplomové práce.

Obsah

1.	Úvod.....	1
2.	Zhodnocení přírodních poměrů v oblasti Krkonoš.....	4
3.	Literární přehled.....	7
3.1.	Udržování sjízdnosti komunikací v zimním období.....	7
3.2.	Používané posypové materiály pro zimní údržbu silnic.....	8
3.2.1.	Inertní posypové materiály.....	9
3.2.1.1.	Nevýhody a negativní účinky inertních materiálů.....	10
3.2.2.	Chemické rozmrazovací prostředky určené k údržbě silnic.....	10
3.2.2.1.	Chlorid sodný (NaCl).....	11
3.2.2.2.	Chlorid vápenatý (CaCl ₂).....	12
3.2.2.3.	Chlorid hořečnatý (MgCl ₂).....	13
3.2.2.4.	Močovina (CO(NH ₂) ₂).....	13
3.2.2.5.	Alkoholy a glykoly.....	13
3.2.2.6.	CMA (Calcium Magnesium Acetate).....	14
3.2.3.	Negativní účinky chemických prostředků v zimní údržbě silnic.....	14
3.3.	Množství obsahu NaCl u zasolených a zdravých půd.....	15
3.4.	Množství obsahu NaCl u zdravého a odumřelého jehličí.....	16
4.	Metodika.....	18
4.1.	Výběr lokalit.....	18
4.2.	Optické hodnocení stavu porostů.....	18
4.3.	Kontaminace půdy.....	19
4.4.	Kontaminace asimilačního aparátu.....	24
4.5.	Laboratorní zpracování vzorků.....	26
4.5.1.	Půda.....	26
4.5.2.	Asimilační aparát.....	29

5.	Výsledky	30
5.1.	Půda	30
5.1.1.	Zhodnocení výsledků rozborů půdy dle transektů	35
5.1.1.1.	Transekt č.1	35
5.1.1.2.	Transekt č.2	36
5.1.1.3.	Transekt č.3	36
5.1.1.4.	Transekt č.4	37
5.1.2.	Celkové zhodnocení výsledků analýzy půd	38
5.2.	Asimilační aparát	39
5.2.1.	Zhodnocení výsledků analýzy jehličí dle transektů a lokalit	40
5.2.1.1.	Transekt č.5	40
5.2.1.2.	Kontrolní lokality	40
5.2.2.	Celkové zhodnocení výsledků analýzy asimilačního aparátu	41
6.	Negativní účinky chemických prostředků na vegetaci v okolí silnic	42
6.1.	Způsoby ochrany proti negativním účinkům na vegetaci	43
7.	Návrh na změnu managementu	45
8.	Diskuse	49
9.	Závěr	55
10.	Souhrn	57
11.	Literatura	58
12.	Přílohy	60

1. Úvod

Téměř všechna odvětví lidské činnosti přicházejí do styku s životním prostředím a jeho ochrana tedy zaujímá čelní místo. Vzhledem k vysoké úrovni využití krajiny, průmyslové i jiné výroby, je nezbytné zajistit dodržování určitých norem, které umožní využívání životního prostředí v takové míře, aby nedocházelo k jeho poškozování a udržitelnému rozvoji pro další generace.

Věda i praxe dokazují zejména v poslední době, že otázky ochrany životního prostředí je možno řešit jenom na základě komplexního přístupu. Takový přístup předpokládá, že pro daný cíl budou využívány nejen technické a technologické vymoženosti, nýbrž i určité vlastnosti lesních ekosystémů, které mohou pomoci stabilizovat i zlepšovat životní prostředí člověka. Les v krajině je tedy nejen zdrojem dřevní hmoty – nezbytné suroviny; může plnit celý soubor užitečných funkcí. Nejdůležitější mezi nimi jsou funkce v ochraně půdních zdrojů a v regulaci vodního režimu, funkce protierozní a klimatická. Další neméně závažný význam má les jako činitel zdravotně hygienický; připomeňme jeho význam pro rekreaci.

Není možné ovšem opomenout, že lesy mohou projevovat své užitečné vlastnosti a lesní ekosystémy plnit své funkce, pakliže zaujímají v krajině dostatečnou rozlohu a mají dostatečnou stabilitu. Je možné říci, že čím větší plochu v krajině zaujímají lesní ekosystémy, tím odolnější je také její ekologická rovnováha. Se zmenšením plochy lesů na určitém území dochází k oslabování jejich vlivu na prostředí a narušuje se i ekologická rovnováha, jak se vytvořila dlouhodobým vývojem přírodním komplexů. Zachování ekologické rovnováhy a přecházením mnohých negativních následků v krajině závisí ve značné míře na tom, jak se přistupuje k praktické činnosti v lesním hospodářství. Úkoly lesního hospodářství se mohou místo od místa lišit, avšak základním hlediskem vždy zůstává vědecky podložený systém těžby a obnovy lesa i opatření, zaměřená k zabezpečení odolnosti lesních ekosystémů proti antropogenní zátěži.

Mezi příčinami poškození lesních porostů zaviněných lidskou činností zaujímá významné místo i negativní vliv posypových solí užívaných k údržbě silnic v zimním období a tento faktor je v posledních letech neprávem opomíjený. Posypové soli působí jednak primárně, bezprostředně přímým kontaktem s dřevinami rozstříkem solné břečky či vířením solného aerosolu projíždějícími vozidly, nebo sekundárně, nepřímo přes půdu a

k poškození nemusí dojít pouze v úzkém pruhu porostu těsně přiléhajícího k solené komunikaci. Přímořské ekosystémy jsou dobře přizpůsobeny působení solí, včetně těch, které jsou napojeny na stará solná ložiska. Ale střední Evropa a Krkonoše nepatří ani k jedné z obou variant. Naše ekosystémy jsou dokonce na soli extrémně chudé. Z oblohy prší téměř destilovaná voda, a zatímco jinde se rychle obohatí různými solemi, v Krkonoších, díky chudým horninám se neobohatí téměř vůbec. A tak půdní organismy nebo rostliny krkonošského světa prožívají skutečný šok, setkají-li se se solí, kterou my běžně používáme v kuchyni. Chlorid sodný je biogenní látkou, která je přítomna v buňkách všech organismů, rizikem tedy není samotná chemická podstata látky, ale nebezpečí „předávkování“ organismů v důsledku vysokých nepřirozených koncentrací NaCl v některé ze složek životního prostředí. A pokud je soli více, šok se mění ve smrt. Viditelným důkazem jsou chřadnoucí, místy až odumírající dřeviny kolem silnic. Problém je jednoduchý: sůl v nepřiměřených dávkách nad únosnou mez škodí přírodě. Toxické jsou pro lesní dřeviny zejména chloridové a sodné ionty, ovšem nadbytek dalších prvků obsažených v posypových solích (např. Ca, K), přesto že jde o živiny, může způsobit nerovnováhu ve výživě dřevin, a tím také přispět k jejich chřadnutí.

A tak chemie, má-li opravdu sloužit lidem a neničit jejich zdraví a celé životní prostředí, vyžaduje nepoměrně přísnější zákonné normy – především pak nepoměrně přísnější kontrolu výroby a hlavně používání, včetně proškolení lidí pracujících s chemickými látkami.

Dle § 16 odst.1, písm.l zákona č.114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny v platném znění je na celém území národních parků zakázáno provádět chemický posyp cest. Na žádost Ředitelství silnic a dálnic České republiky, Správy Liberec o povolení výjimky ze základních ochranných podmínek KRNAP je tato výjimka usnesením Vlády České republiky č.1232 ze dne 21.9.2005 udělena na období od r. 2005-2010 a dne 7.12.2010 byla prodloužena do roku 2013 za určitých podmínek.

Cílem této práce je vyšetřit poškození lesů aplikací rozmrazovacích chemikálií na vybraných úsecích silnic I. třídy na území KRNAP, porovnání s úseky kde je chemický posyp zakázán a vyšetření obsahu hlavně Na a Cl v půdě a asimilačním aparátu dřevin. Dalším cílem této práce je posoudit a navrhnout jiné, šetrnější způsoby zimní údržby komunikací v oblasti KRNAP i s absencí chemizace, protože o vhodnosti používaných

technologií zimní údržby se u nás i ve světě diskutuje několik desetiletí, a to jak z hlediska silničního provozu, tak z hlediska ochrany přírody.

2. Zhodnocení přírodních poměrů v oblasti Krkonoš

Krkonošský národní park (KRNAP) byl vyhlášen v roce 1963 a je naším nejstarším národním parkem, který se zároveň rozkládá v nejvyšší nadmořské výšce. Území parku a jeho ochranné zóny se rozprostírají na ploše 55 tisíc hektarů. Lesní ekosystémy pokrývají 83 % plochy KRNAP a 35 % plochy ochranného pásma a zasahují od nejnižších poloh okolo 450 m n. m. po klečové porosty v nadmořských výškách vyšších než 1300 m n. m.

Krkonoše patří k hercynským pohořím vyvrásněným v prvohorách a jsou nejvyšší horskou oblastí Západních Sudet (Krkonošsko - jesenické subprovincie) i celé České vysočiny. Na jejich utváření se výraznou měrou podílelo pleistocenní zalednění. Na západ odděluje Krkonoše Novosvětské sedlo (889 mnm) od Jizerských hor. Severní svahy spadají příkřeji do kotliny Jeleniogórské, jižní jsou mírnější. Mají charakteristický reliéf kerné hornatiny se zbytky zarovnaného povrchu na temenech pohoří. Svahy jsou rozčleněny hlubokými erozními údolními. Na náhorní plošině vystupují místy drobné skalní útvary a balvanová moře z odolných hornin. Zvětralin na plošinách nesou stopy mrazového třídění (polygonální půdy). Nejnižším bodem je údolí Jizery – 420 m, nejvyšším Sněžka –1602 m.

Sledované území náleží k Přírodní lesní oblasti č.22 – Krkonoše, LHC Harrachov, západní části Krkonoš. Přírodní lesní oblasti jsou územní celky s rozdíly v půdotvorných matečných horninách, mají odlišnou konfiguraci terénu danou vyhraněným geomorfologickým celkem a Přírodní lesní oblast č. 22 – Krkonoše je na LHC Harrachov zastoupena 9218,23 ha porostní půdy (91,45 %) a č. 23 – Podkrkonoší 861,61 ha porostní půdy (8,55 %).

Geomorfologie oblasti:

Typ oblasti: nejvyšší horská oblast České vysočiny; část západní Krkonoše

Členění: IV. Krkonošsko-jesenická soustava (Sudetská soustava)
IVA. Krkonošská podsoustava (Západní Sudety)
IVA-7. Krkonoše
IVA-7A. Krkonošské hřbety
IVA-7B. Krkonošské rozsochy
IVA-7C. Vrchlabská vrchovina

Geologické poměry: Oblast má poměrně pestrou geologickou stavbu, uspořádanou v pruzích směru západ - východ. Vývoj krystalinika Krkonoš ukazuje různě intenzívně zvrásněné a regionálně přeměněné komplexy krystalických břidlic starohorního stáří. Ty vytvářejí rozsáhlou klenbu, do jejíhož jádra pronikla později krkonošská žula. Starohorní komplex tvoří horskou část při styku s krkonošsko - jizerským plutonem; skládá se převážně ze svorů a fylitů, s četnými vložkami kvarcitů, erlanů, krystalických vápenců, amfibolitů a zelených břidlic. V pohraničním hřbetu vystupuje žulový masív (součást krkonošsko - jizerského plutonu) - většinou hrubozrnné žuly . Silněji metamorfované horniny – svorové ruly až svory – budují Sněžku a obecně převažují na východě. Na jihu jsou lemované krkonošskými ortorulami blízkými žulám a kvarcity, a to v oblasti Zadní Žalý – Černá hora; kvarcity budují též Kozí hřbety. V přechodných zónách se vyvinuly svorům podobné migmatitické ruly (např. Herlíkovský Žalý). Odlišné složení a stavbu má prvohorní komplex s horninami méně intenzívně regionálně metamorfovanými. Spolu se starohorním komplexem byly tyto horniny na konci siluru znovu zvrásněny a regionálně přeměněny. Vznikly tak na západních nižších jižních rozsochách různé fylity, sericitické kvarcity, metadiabasy a krystalické vápence. Tyto horniny potom lemují celé pohoří z jihu a zasahují až do oblasti Rýchor, kde se významně uplatňují zvláště vápence.

Pedologické poměry: Krystalinikum je podložím poměrně kyselým, takže půdy jsou většinou minerálně dosti chudé, avšak díky srážkovým poměrům vlhkostně příznivé. V těchto geologických, klimatických a terénních podmínkách se vyvinuly půdy typu kambizem a ranker, kde ve vyšších polohách přecházejí do kryptopodzolů a podzolů a v místech plošin s trvale zvýšenou hladinou podzemní vody do glejů nebo organozemí.

Hydrologické poměry: Krkonoše jsou bohatou pramennou oblastí Jizery, Labe a Úpy. Hlavními prameništi vodních toků jsou většinou rašeliniště, vzniklá na místech v subalpinském i v montánním stupni v terénních depresích nebo na výronech podzemních vod. Zájmové území je součástí povodí Labe (Severní moře) 1-05-01 Jizera, horní tok.

Klimatická oblast: -chladná oblast - převládají okrsky:

C1 - mírně chladný (červencová teplota 12-15°C)

C2 - chladný, horský (červencová teplota 10-12°C)

C3 - studený, horský (hřeben-červencová teplota pod 10°C)

Typická nadmořská výška oblasti je 650 – 1500 m, zájmové oblasti 540 – 820 m

Průměrná roční teplota: v nejspodnějších částech až 6 °C a v nejvyšších polohách až 0 °C.

Průměrné roční srážky: na spodním (J) okraji 900 mm, na hřebenech 1200 až 1600 mm. Srážkově mají Krkonoše pro svou výšku a návětrnou polohu oceánský ráz.

Délka vegetační doby je ve výšce 500 m n m. průměrně 143 dnů, v 700 m 120 dnů (od 21.5. do 17.9.), v 1000 m 102 dnů (1.6. - 10.9.), v 1500 m 15 dnů.

Lesní vegetační stupeň: 3 – 9

Hlavním cílem péče o lesní ekosystémy je záchrana a obnova biodiverzity lesních ekosystémů, obnova stability lesních porostů a postupné omezování zásahů člověka. (NEHYBA J. 2003)

3. Literární přehled

K výraznému nárůstu automobilizmu dochází od roku 1960. Dosud používané pouze inertní posypové materiály již nestačí k bezpečnému zajištění sjízdnosti vozovek a začínají se používat ve větší míře chemická tavidla, především chlorid sodný. V souvislosti s růstem automobilismu dochází k znečišťování ovzduší. Názory na narušování životního prostředí dopravou jsou rozdílné. Odumírání vegetace podél silnic je často vysvětlováno pouze používáním posypových solí.

Částice, které vznikají vlivem automobilového provozu lze rozdělit do těchto skupin:

- Automobilové emise (výfukové plyny a výpary pohonných hmot)
- Opad při opotřebenosti různých automobilových částí
- Opotřebené částice z vozovek
- Přepřavovaný materiál padající, resp. unikající z automobilů (kromě pevných částí i tekutiny a plyny)
- Materiál umístěný člověkem na cestu (posypové soli, štěrk, písek, škvára)

(MAŇKOVSKÁ 1984)

3.1. Udržování sjízdnosti komunikací v zimním období

Zimní údržba se provádí podle plánu zimní údržby, který legislativně vychází ze:

- zákona č.406/2010 Sb., kterým se mění zákon č.347/2009 Sb., kterým se mění zákon č.13/1997 Sb., o pozemních komunikacích,
- vyhlášky č.104/1997 Sb., kterou se provádí zákon o pozemních komunikacích.

Od 1.12.2009 se výjimky podle § 43 zákona č. 114/1992 Sb., v platném znění, ze zákazů uvedených v § 16 odst. 1 písm. l) - v národních parcích a v § 26 odst. 1 písm. h) - chráněných krajinných oblastech, pro použití chemických prostředků při zimní údržbě komunikací, povolují příslušnými Správami národních parků a chráněných oblastí, nikoliv již vládou ČR.

Zimní údržba silnic a stupňující se nároky na její provádění, které jsou vyvolány stále intenzivnější dopravou, klade zvýšené nároky na správce komunikací, kteří musí operativně a systematicky zajistit její provádění a to za dodržení všech předpisů a požadavků na životní prostředí. Je možné konstatovat, že tato obtížnost i náročnost neustále vzrůstá, přesto, že se v zimní údržbě používají stále modernější technologie i mechanizační prostředky. Tento jev je způsoben v podstatě rychlejším zvyšováním intenzity dopravy než je modernizována vybavenost správ silnic a zlepšována kvalita vozovek. Rozvoj automobilové dopravy působí značně negativně na životní prostředí a proto i adekvátní zajištění sjízdnosti silnic v zimním období nemůže být zcela bez vlivu. Náročné a obtížné úkoly je třeba zabezpečit a zejména z celospolečenského hlediska udržet alespoň vyhovující sjízdnost, nebo v kalamitních situacích a živelných pohromách sjízdnost obnovit v době pokud možno co nejkratší, a to samozřejmě i se zřetelem na respektování zásad hospodárnosti a efektivity.

Na dopravně důležitých silnicích, zejména na dálnicích, rychlostních komunikacích a silnicích I. třídy, se pro zajištění sjízdnosti provádí posyp chemikáliemi v celé jejich délce a sněhové vrstvy se odstraňují z celé volné šířky silnice. Tyto silnice jsou udržovány v prvním pořadí důležitosti.

Na ostatních silnicích se provádí posyp chemickými i inertními materiály podle potřeby zabezpečení sjízdnosti, hlavně na dopravně nebezpečných místech předem vyznačených na operačních plánech, případně se zřídí v těchto místech samostatné skládky inertních materiálů.

3.2. Používané posypové materiály pro zimní údržbu silnic

Posypové materiály používané v ČR pro zimní údržbu silnic dělíme na dva základní druhy:

- Inertní (zdrsňovací) posypové materiály
- Chemické rozmrazovací materiály

U volby druhu a používání posypových materiálů, zejména chemických se stále vede poměrně živá diskuse o vhodnosti či nevhodnosti, výhodách či nevýhodách.

3.2.1. Inertní posypové materiály

Použití inertních zdrsňujících materiálů je nejstarší způsob zimního ošetření silnic pro zvýšení adheze mezi pneumatikou a vozovkou. Jako posypový materiál zdrsňující povrch silnic se používají většinou hmoty z místních zdrojů a můžeme je rozdělit na:

- přírodní materiály – písek, štěrk, štěrkopísek
- materiály vzniklé jako vedlejší produkty výroby či spalování – popel, struska, škvára (mnohde zakázáno)
- materiály přímo vyráběné pro posyp vozovek

Důležitou vlastností inertních materiálů je velikost jejich zrn, vhodná je mezi 1-5 mm (maximálně do 8 mm). Zrna mají být ostrá a kubická, nikoliv plochá, obsah jemných zrn se doporučuje pod jedno váhové procento (WAGNER 1990). Hmoty používané pro posyp mají být bez hlinitých nebo jiných, příliš jemných prašných částí. Písek má být ostrý, tvrdý, bez kamenů. Velikost zrna posypu se volí podle účelu, k jakému je ho potřeba. Hrubým materiálem se sype uježděný sníh, jemnější se používá na náledí. Při sypání městských komunikací se nedoporučuje sypat hrubším materiálem většího průměru než je 8 mm, protože velká zrna by provozem mohla zasáhnout chodce nebo poškodit okna sklepů, suterénů a parkující automobily. Na městských komunikacích se nedoporučuje sypat škváru ani popel a v mnohých městech i obcích je to zakázáno.

Předpokladem pro správnou zimní údržbu posypy je včasné a dostatečné předzásobení posypovými materiály. Skládky materiálů je třeba volit dle možností v optimálních vzdálenostech. Zásoby posypových materiálů mají odpovídat místním poměrům, s určitou rezervou pro kalamitní případy. Je rovněž vhodné vybudovat tak zvané pohotovostní skládky na zvlášť nebezpečných, exponovaných nebo zimní kluzkostí často ohrožovaných úsecích (velká stoupání, ostré směrové oblouky, zastávky atd.), někde jsou určeny přímo pro řidiče či jiné uživatele komunikace, kteří mohou v případě potřeby provést posyp sami.

Výhodou inertních materiálů může být šetrnost vůči životnímu prostředí, ale v případě materiálů vzniklých jako vedlejší produkt je třeba mít na paměti možný obsah toxických příměsí nebo jinak škodlivých látek. Použití je vhodné při velmi nízkých teplotách, kdy

chemické látky jsou již neúčinné, a na exponovaných místech komunikací, kde se kombinací s posypovou solí značně zvyšuje adheze vozovky.

3.2.1.1. Nevýhody a negativní účinky inertních materiálů

Řada kalamitních situací zaviněných náledím dokazuje neefektivnost a co mnohem horší, neúčinnost posypu inertními materiály. Vlivem neustálého růstu provozu i jeho rychlosti dochází k odmetení posypu v neúměrně krátké době, nebo je zatlačen tlakem kol do vrstvy sněhu a tudíž k nutnosti jeho obnovení i několikrát za den (HOŠEK, KAUFMAN 1992) uvádějí pro rovné úseky silnic dávku 70-100g/m², pro dopravně nebezpečná místa 300-500 g/m². Negativně hodnotíme i řadu dalších, většinou následných vlivů:

- materiál, odhozený při průjezdu vozidel na okraj vozovky způsobuje narůstání krajnic a zabraňuje plynulému odtoku vody při tání
- při prudkých deštích se tak posypový materiál dostává do kanalizace, kterou zanáší, nebo může i ucpat a svým pohybem poškozují kanalizační potrubí
- posypový materiál z posezónního úklidu je bez pročištění a dalších úprav nevhodný
- po vyschnutí je materiál zdrojem nadměrné prašnosti a naopak může snižovat adhezi vozovky
- používání inertních materiálů je finančně nákladnější a odklizení zbytků posypových hmot v jarním období z krajnic a příkopů váže jak finanční prostředky, tak i pracovní síly

3.2.2. Chemické rozmrazovací prostředky určené k údržbě silnic

Nízká účinnost inertních posypových materiálů a jejich některé další nepříznivé vlivy vedou k použití chemických posypů. Pouze těmito lze v současné době a stávající úrovni poznání nejúčinněji zabezpečit odstranění náledí a sněhové vrstvy a vytvářet preventivní opatření před jejich vznikem. Aplikací těchto materiálů se snižuje bod mrazu pod 0°C a představuje vyšší formu zimní údržby vozovek, především zvýšením bezpečnosti a plynulosti provozu. Chemické posypové hmoty zvyšují adhezi vozovky tím, že umožní rozpuštění ledu nebo sněhu na vozovce a její povrch má pak charakter mokré vozovky

v letním období. Rozpouštění sněhu, náledí či ledu se řeší na základě znalostí a využití některých fyzikálně-chemických pochodů a zákonů, jako je např. Raoultův zákon. Tento zákon udává velikost parciálních tlaků složek rozpustidla za dané teploty vzhledem k tlaku par čistých složek. Znamená to, že parciální tlak libovolné prchavé složky (např. vody) se rovná tlaku par čisté složky násobené jejím molovým zlomkem v roztoku. Když se přidá k nějaké kapalině nějaká jiná složka, tak tlak par nad roztokem se sníží. Pro dvousložkové a vícesložkové směsi platí stejné pravidlo. Lidově řečeno, roztok má v tomto případě nižší tlak par než čisté rozpouštědlo a to má za následek zvýšení bodu varu a hlavně snížení bodu mrazu. Znamená to, že např. 30% roztok chloridu vápenatého má bod tuhnutí -55°C (nejoptimálnější koncentrace), u chloridu sodného se dosáhne největšího snížení bodu tuhnutí $-21,1^{\circ}\text{C}$ pro koncentraci v roztoku 23% NaCl. Nejnižší teplota, při které se látka ještě může rozpustit ve vodě se nazývá eutektický bod a je důležitým fyzikálním ukazatelem účinnosti různých solí. S ohledem na maximální efektivitu, úsporu a lepší účinnost se tyto posypy aplikují technologií zvlhčování suchých solí, což dále zlepšuje i samotnou aplikaci přímo na komunikaci. Tekutá složka solankového roztoku tvoří až 30% hmotnostního podílu aplikované dávky. Takto aplikovaný posyp je mnohem účinnější, protože proces tání začíná mnohem rychleji, ale je i mnohem levnější díky úspoře sypkých složek tohoto posypu.

V ČR se pro zimní údržbu používají zejména chlorid sodný, chlorid vápenatý, chlorid hořečnatý, močovina, alkoholy, glykoly a CMA. Ze všech jmenovaných materiálů se běžně používá chlorid sodný, méně chlorid vápenatý a ostatní většinou jen zřídka, nebo při různých pokusných zkouškách a testech.

3.2.2.1. Chlorid sodný (NaCl)

Posypová sůl je technický chlorid sodný vysoké čistoty (cca 99,5%). Chlorid sodný je biogenní látkou, volné kationty sodíku a anionty chloridů jsou přítomny v protoplazmě buněk všech organismů. Je zatím nejrozšířenějším posypovým materiálem u nás, i když má řadu nedostatků. Je totiž účinný optimálně do -5°C max. do -7°C . Při nižších teplotách se značně zpomaluje jeho tavící schopnost, při teplotách pod -11°C se stává neúčinným a zimní posyp je nutné doplnit aplikací solanky, roztoku v optimální koncentraci 18-21%

(eutektický bod má $-21,1^{\circ}\text{C}$). Chlorid sodný používaný k zimní údržbě je dostupný ve třech formách a získává se třemi způsoby:

- mořská sůl – odpařováním vody za působení sluneční energie a větru
- kamenná sůl – těžbou v solných dolech
- vakuová sůl – extrakční metodou ve vodě rozpuštěné kamenné soli, která znovu krystalizuje v malých, pravidelných kulatých zrnkách

Velikost zrn soli má velký význam pro účinné provedení posypu. Jemná zrna způsobují rychlé tání v povrchové vrstvě sněhu, ale mohou být snadno odváta větrem. Větší zrna pronikají povrchem a způsobují tání ve spodních vrstvách sněhu nebo ledu. Sůl pro zimní posyp by měla obsahovat v převaze zrna velikosti 0,16-3 mm s malou asi 5% příměsí drobných zrn (pod 0,16 mm) a velkých (tj. 3-5 mm). Výhodou chloridu sodného je jeho cena, nevýhodou značné korozivní účinky.

3.2.2.2. Chlorid vápenatý (CaCl_2)

Tato látka je mnohem účinnější než NaCl, působí i při velmi nízkých teplotách, uvádí se až do -30°C (Šír 1965), její eutektický bod je $-51,6^{\circ}\text{C}$. Spolehlivě se používá na rozpouštění náledí při vysokých mrazech. Je bohužel několikanásobně dražší než NaCl a díky značné hygroskopičnosti jsou kladeny zvláštní nároky na její skladování a manipulaci. Dodává se v dokonale utěsněných pytlích o váze 50 kg. Díky velké hygroskopicitě získává podstatně dříve vlhkost ze vzduchu, sněhu nebo ledu a proces rozmrazování začíná rychleji. Aplikuje se v pevném stavu, nebo častěji jako solankový roztok v koncentraci okolo 26%. Rozpouštěcí proces je pro CaCl_2 exotermní, to znamená, že se při tání uvolňuje tepelná energie a tím se zvyšuje účinnost a rychlost procesu, u NaCl je to naopak, je endotermní, energie se při něm spotřebovává, a proto proces probíhá pomaleji a méně efektivně. V ČR se používá omezeně, ale velmi často se pro zimní údržbu silnic používá jako směs s chloridem sodným. Má vynikající rozmrazovací schopnosti, vůbec nepráší a lze ho použít především na preventivní posyp. Nedostatkem je jeho vysoká cena.

3.2.2.3. Chlorid hořečnatý (MgCl₂)

Je účinný až do teplot -20°C, používá se buď v pevné formě, nebo častěji ve formě solného roztoku, který na led a sníh působí okamžitě. Je více hygroskopický než CaCl₂ a v zimní údržbě se v zásadě používá při likvidačním posypu. Eutektický bod při koncentraci 21% má -33°C. Uvádí se, že jeho škodlivost na městskou zeleň je větší, než škodlivost NaCl (BROD 1988). Má obzvláště vysoké korozivní účinky a v našich podmínkách se MgCl₂ používá pro jeho nedostatek a vysokou cenu zcela ojediněle.

3.2.2.4. Močovina (CO(NH₂)₂)

Rozmrazovací schopnosti jsou srovnatelné s NaCl, ale pod -7°C prudce klesají (eutektický bod je -12°C), což omezuje její použití při nižších teplotách. Močovina je netoxická krystalická látka dodávaná v sypké formě s velikostí zrn do 2 mm a aplikuje se pouze ve formě roztoku s vodou. Není žíravá a má tedy minimální korozivní účinek na dotčené materiály, naopak má negativní vliv na půdu, vodu i rostliny, protože způsobuje přehnojení a je také až 8 krát dražší než chlorid sodný. Používá se většinou jako alternativa NaCl pro ošetření velkých zpevněných letištních ploch, kde je minimalizován efekt hnojení a splňuje přísné antikorozi požadavky.

3.2.2.5. Alkoholy a glykoly

Tyto chemikálie jsou používány hlavně na letištních plochách pro jejich antikorozi vlastnosti. Používáním těchto produktů dochází k velmi intenzivnímu "vypařování" a jejich bod vzplanutí je nízký. Izopropylalkohol je bezbarvá hořlavá kapalina, která snižuje povrchové napětí rozpouštěné vody a ta se pak snadněji dostává do trhlin povrchu vozovky. Po odpaření alkoholu vlivem zamrznutí vody dochází k destrukci povrchu. Účinek této rozmrazovací tekutiny působí zpočátku optimálněji než chlorid sodný. Proces tání ledu však potřebuje daleko větší množství rozmrazovacích chemikálií a mnohem více času. Alkoholy a glykoly při smíšení s vodou také spotřebovávají extrémní množství kyslíku, a proto ani velmi zředěné roztoky nesmí uniknout do povrchových vod. Pro svou vysokou pořizovací cenu, obtížnou manipulaci, slabou účinnost a především negativní

účinky na životní prostředí je není možné považovat za vhodné prostředky a prakticky se nikde ani nepoužívají při zimní údržbě silnic.

3.2.2.6. CMA (Calcium Magnesium Acetate)

První testy byly prováděny v USA ve snaze nalézt nějaké nové chemické výrobky schopné nahradit běžně užívané chloridy, které svým účinkem při zimním posypu přece jen mají určitý negativní vliv na silniční povrchy, kovy a životní prostředí. CMA, neboli octan hořečnatovápennatý nemá významné škodlivé účinky, protože neobsahuje chlor a hořčík a vápník působí na půdu spíše příznivě. S CMA byly v několika zemích provedeny rozsáhlé zkoušky, při nichž se došlo k následujícím poznatkům a závěrům:

- nepoškozuje strukturu půdy a působí jako hnojivo, je snadno biologicky odbouratelný, avšak při biologickém rozkladu spotřebovává z půdy kyslík
- má nepatrné korozivní účinky
- zvyšuje pH ,
- má nízkou hustotu a je velmi jemný, což způsobuje určité problémy při běžné manipulaci a také při vlastním posypu vozovek (hromadění prachu), může vyvolat kožní vyrážky a dýchací problémy
- tavící efekt není tak dobrý jako u NaCl, pro stejný výsledek je zapotřebí dvojnásobné množství materiálu
- ve srovnání s NaCl je neúměrně drahý, k dosažení ekvivalentního rozmrazovacího účinku jsou náklady 10 – 20 násobně vyšší

Z těchto uvedených skutečností vyplývá, že v nějaké krátké době nemůže být se širším používáním CMA uvažováno ve všeobecné rovině. V komplexním pohledu jsou výhody chloridů značně větší, cena tohoto materiálu je vysoká a proto by měl být použit hospodárně pouze v lokalitách, které nesnesou použití běžných chloridů.

3.2.3. Negativní účinky chemických prostředků v zimní údržbě silnic

V dnešní době si již prakticky nedovedeme představit zvládnutí alespoň minimálně bezpečné sjízdnosti silnic v zimním období bez použití chemických prostředků, které však

mimo své přednosti mají také celou řadu závažných nedostatků, které je možné shrnout do následujících bodů:

- Používání chloridů může způsobit poškození konstrukcí vozovek, zejména těch, jejichž kryt není uzavřen
- Předávkování chloridů působí škodlivě na vegetaci i půdní organismy; někteří dodavatelé chemických posypových prostředků dávají ke svým výrobkům již prohlášení, že jde o výrobky nejedovaté a vegetaci podél silnic neohrožující
- Roztoky chloridů jsou poměrně silnými elektrolyty a způsobují zvýšenou korozi kovových částí, se kterými přijdou do styku.

3.3. Množství obsahu NaCl u zasolených a zdravých půd

Hlavními škodlivinami v posypových silničních solích je sodík Na_2O (při stanovování hmotnostních obsahů některých prvků se používají jejich oxidy jako např. Na_2O , K_2O , CaO , P_2O_5 apod.) a chloridy, které způsobují nerovnováhu ve výživě lesních porostů a tím dochází k jejich chřadnutí.

Poškozováním lesních porostů solemi se jako jeden z prvních zabýval prof. Pelíšek z lesnické fakulty v Brně. Obsahy přístupného sodíku Na_2O , který působí ve zvýšeném množství škodlivě až jedovatě na lesní porosty, byly stanovovány v půdách zdravých a zasolených (PELIŠEK 1982). Získané výsledky v laboratořích ukazují, že pod zdravými lesními porosty v druhotně vrchních půdních vrstvách je obsah sodíku Na_2O v rozmezí 30 – 110 mg/kg, ve spodních v rozmezí 20 - 90 mg/kg. Pod odumřelými lesními porosty v druhotně zasolených půdách byl zvýšený obsah sodíku Na_2O ve vrchních půdních vrstvách v rozmezí 350 - 1340 mg/kg, ve spodních v rozmezí 250 - 1700mg/kg. Nahromadění sodíku tedy bylo v druhotně zasolených půdách podél silnic, a to ve svrchních vrstvách v rozmezí 600-4630%, ve spodinách v rozmezí 600-8400%.

Vysoké obsahy sodíku Na_2O v půdách pod odumřelými lesními porosty podél silnic jsou podmíněny roztoky z používaných posypových silničních solí, které zasakují do lesních půd, způsobují druhotné zasolení, a tím i odumírání lesních porostů. (PELIŠEK 1982)

Druhou škodlivou látkou je chlor Cl^- , kterému byla věnována zvláštní pozornost, protože je to důležitý ukazatel pro posouzení škodlivých vlivů posypových silničních solí na lesní půdy a porosty. Ve studovaných oblastech ČR byly zjištěny pod zdravými lesními porosty ve svrchních půdních vrstvách obsahy chloru jen v rozmezí 10 - 90mg/kg. V zasolených půdách pod odumřelými lesními porosty podél silnic byl zjištěn obsah chloru v horním horizontu v rozmezí 200 - 1080 mg/kg, ve spodním 60 - 660mg/kg. Nahromadění chlóru ukázalo se tedy ve vrchních vrstvách zasolených půd pod odumřelými lesními porosty v rozmezí 750-1425% a ve spodních 325-3650%. Opět důkaz vlivu silničních posypových solí (PELÍŠEK 1982). V půdách pod odumřelými lesními porosty se objevilo zvýšení vedlejších složek, jako vápníku CaO, draslíku K_2O a kyseliny fosforečné P_2O_5 . Tento jev je podmíněn tím, že odumřelé lesní porosty neodebírají již z půdního prostředí tyto složky pro své fyziologické funkce (PELÍŠEK 1982)

Jiné odborné publikace a studie uvádějí přirozené obsahy samotného Na^+ v půdách neovlivněných solemi maximálně do 50mg/kg (SEMORÁDOVÁ 2003) u obsahu Cl^- se údaje rozcházejí, NOVOTNÝ (2004) uvádí za normální hladinu chloridů v půdě v rozmezí 30 – 50 mg/kg, BRANIŠ (2005) píše, že obvykle je kontaminace považována za zřetelnou, pokud hodnoty koncentrace chloridových iontů převažuje přes 25 mg/kg.

3.4. Množství obsahu NaCl u zdravého a odumřelého jehličí

Pro bližší poznání příčin odumírání lesních porostů jediné chemická analýza asimilačních orgánů jednoznačně prokáže toxické nahromadění chloridů ve vzorcích.

Ve studovaných oblastech prof. Pelíška se obsahy sodíku Na_2O ve zdravých jehlicích SM pohybovaly v rozmezí 90-380 mg/kg. V jehlicích z odumřelých lesních porostů podél silnic byl obsah sodíku proti jehličí ve zdravých a nepoškozených porostech vyšší v rozmezí 580-1620 mg/kg tj. 265-650% (v sušině).

Obsahy chloru Cl v jehličí byly zjišťovány vždy z odebraných vzorků jehličí (spolu se sodíkem) na stejných místech původních sond pod zdravými a odumřelými lesními porosty. Ve studovaných oblastech ČR byly nalezeny obsahy chloru v jehličí zdravých lesních porostů v rozmezí 30-220 mg/kg, v jehličí odumřelých SM porostů ve zvýšeném množství v rozmezí 250-750 mg/kg. V jehličí odumřelých lesních porostů, je tedy

nahromadění chloru v rozmezí 320-1600%. Vysoké obsahy chloru a sodíku v odumřelých jehlicích jsou v úzké souvislosti se zasolením půd roztoky silničních posypových solí (PELÍŠEK 1982).

Během dalších pěti let profesor Pelíšek odebral vzorky půdy a jehličí na několika stejných lokalitách s poškozenými a zdravými lesními porosty a stejným způsobem byly tyto vzorky zpracovány a vyhodnoceny. Tím bylo možno stanovit rozdíly a zvýšení intenzity dalšího zasolování během posledních pěti let a tím i do určité míry posoudit pravděpodobný vývoj a intenzitu dalšího zasolování s následným odumíráním porostů v dalších letech, za předpokladu stejného způsobu solení silnic v zimním období.

Srovnávací výsledky ukázaly, že v období posledních pěti let došlo ve vrchních již dříve zasolených půdních vrstvách k celkovému zvýšení obsahu chloru v rozmezí o 194-293% ve spodinách o 140-300%. Roční průměrné zvýšení obsahu chloru bylo tedy ve svrchních půdních vrstvách v rozmezí 20-58%, ve spodinách 30-60%. U sodíku Na₂O ukázalo se průměrné roční zvýšení ve vrchních půdních vrstvách v rozmezí 15-26% a ve spodinách 26-58%. Za celé období pěti let bylo pak ve vrchních půdních vrstvách zvýšení sodíku v rozmezí 75-129% a ve spodinách 132-287%.

V odumřelém jehličí lesních porostů bylo nalezeno také zvýšení obsahu chloru v rozmezí 100-190% (v sušině), takže roční přírůstek obsahu chloru se pohyboval v rozmezí 20-38%. Množství sodíku Na₂O se za období pěti let celkově zvýšilo o 75-100% (PELÍŠEK 1982).

Tyto výsledky ukazují, že odumírání lesních porostů podél silnic bylo a je podmíněno druhotným zasolením půd silničními posypovými solemi, což podmiňuje vážné poruchy ve výživě lesních porostů a nakonec způsobuje jejich chřadnutí až odumření.

Současné zdroje uvádějí, že hlavním a v podstatě jediným indikátorem zasolení je pouze obsah chloru v asimilačním aparátu a to v přirozeném obsahu do 50 mg/kg, příznaky poškození se objevují při obsahu od 50 – 800 mg/kg a celkové poškození (odumírání) se projevuje při obsahu nad 800 mg Cl/kg jehličí (SEMORÁDOVÁ 2003), naopak NOVOTNÝ (2005) uvádí prahové hodnoty pro vznik viditelných symptomů poškození a zvýšené mortality SM při obsahu kolem hodnoty 300 mg/kg, UHLÍŘOVÁ ET AL.(2004) uvádí toxické hodnoty nad 700 mg/kg.

4. Metodika

4.1. Výběr lokalit

Předmětem výzkumu byly lokality u frekventovaných silnic první třídy v západní části KRNAP přibližně ve stejné vzdálenosti (viz. příloha č.1, a 3-8). U první lokality T1 před státní hranicí je v textové části lesního hospodářského plánu psáno „skupiny podél komunikace Harrachov – hraniční přechod poškozeny solením vozovky“, u lokality T2 jsou symptomy poškození místy vizuálně patrné. Lokalita T4 byla volena jako kontrolní v místě, kde chemický posyp není umožněn. Výzkum u transektů byl zaměřen na nejdůležitější indikátory zasolení v půdně (T1-T4) a asimilačním aparátu smrku (T2 a T5).

4.2. Optické hodnocení stavu porostů

Prohlídka porostů byla zaměřena na hodnocení defoliace a změn zbarvení asimilačních orgánů s přihlédnutím na možnost poškození působením jiných vlivů. Příznakem poškození solemi u jehličnanů bývají změny v barvě a délce jehlic, po opadu starších ročníků řídnutí koruny. Červenohnědé nekrózy obvykle nezávislé na stáří jehličí se vyvíjejí v částech koruny přivrácených směrem k vozovce (u mladších jedinců může být postižena celá koruna). Symptomy jsou zaměnitelné se zimním fyziologickým vysycháním jehličí v osluněných porostních stěnách.

Mimo transektu 2. u hodnocených jedinců smrku rostoucích při krajnici vozovky v porovnání s jedinci rostoucích dále od vozovky (min.100 m) na alespoň přibližně stejných porostních a stanovištních podmínkách byla relativní ztráta asimilačního aparátu v rozpětí 10-25%. Budeme-li vycházet z toho, že zdravé nepoškozené smrkové porosty v podmínkách KRNAP v pásmu ohrožení D mají v průměru 7-9 ročníků jehličí, pak každý sledovaný jedinec měl zachován alespoň pátý ročník, což by odpovídalo slabému až střednímu poškození. Mimo ztráty sytě zelené barvy jsou změny v zbarvení téměř nezatelné, většinou jen při spodku koruny, její části nebo jednotlivých větví. Jiné skutečnosti byly zjištěny u transektu 2., kde redukce asimilačního aparátu u některých jedinců při krajnici vozovky činila až 50%, ztráta sytě zelené barvy je výrazná, často je mírně prorezlá celá koruna. Další vizuální změny jsou znatelné u stromů přibližně 200 m

pod transektem 2. směrem k Mýtu na úzkém pásu mezi silnicí I/10 a řekou Mumlavou, kde se projevuje silné poškození až odumírání některých jedinců. Tito jedinci bývají druhotně napadeni kůrovci nebo houbovými patogeny.

4.3. Kontaminace půdy

Půda je základní složkou životního prostředí, ve které se kumulují toxikanty jak z ovzduší, tak z vod z tajícího sněhu, ze srážkových vod, ale i vod odpadních. Jedná se o dynamický systém, kdy se látky v půdě zachycují, ale současně i z půdy vyplavují.

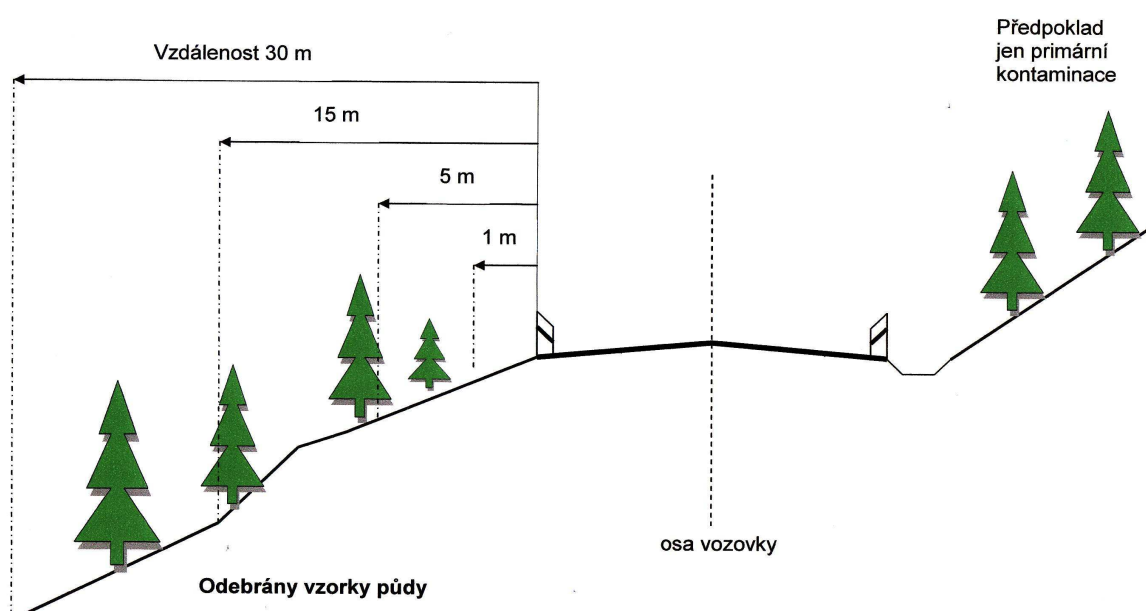
Posypová sůl vyvolává v půdě řadu fyzikálních i chemických změn. Hodnoty pH v zasolených půdách blíže ke komunikaci jsou většinou nejvyšší, dále pozvolna klesají na hodnoty normální pro dané stanoviště. Obsah Na a chloridů v půdě má podobný trend jako pH. Hodnoty při okraji komunikace u obou prvků mohou být velmi vysoké, někde až nad 1000 mg/kg a se vzdáleností výrazně klesají (NOVOTNÝ 2004).

Lokality k odběru půdních vzorků označené T1 až T4 byly vždy voleny po svahu při pravém okraji vozovky od státní hranice s Polskem směrem k Rokytnici nad Jizerou a Rezku. Kontaminace půd solemi ve svahu nad vozovkou je možná pouze vířením slaného aerosolu projíždějícími vozidly nebo odhozem solné břečky do porostu hlavně vozidly údržby silnic a to do menší vzdálenosti, než v porostech pod vozovkou. Z tohoto důvodu byly voleny lokality při levé straně, protože pravděpodobnost kontaminace půd pod vozovkou je díky odtoku slaného roztoku z vozovky po spádnicí do porostu mnohem vyšší.

Transekty označené T1 až T3 jsou umístěny ve vzdálenosti od sebe přibližně 4 až 5 km, u silnic první třídy I/10 (Praha-Harrachov /E65/) a I/14 (Liberec-Náchod), kde je chemický posyp vozovek povolen. Transekt 4 je umístěn jako kontrolní na silnici třetí třídy č.294, kde není udělena výjimka, chemický posyp není umožněn a je tedy i ze zákona zakázán.

Odběr půdních vzorků všech transektů se uskutečnil dne 17.10.2010 ještě před prvním podzimním chemickým ošetřením sledovaných silnic. Půdní sondy každého transektu o rozměru 25x25x30 cm byly vždy umístěny kolmo od osy vozovky směrem do porostu ve vzdálenosti 1m, 5m, 15m a 30m od krajnice (obr.č.1) a v porostu pevně označeny pro další případný výzkum. Vzorky půd o hmotnosti přibližně 300g byly uloženy

do předem popsanych papírových sáčků zvlášť z horního horizontu z hloubky 5-10 cm a spodního horizontu z hloubky 20-25 cm. Po předběžném vysušení byly odeslány dne 5.11.2010 do Výzkumného ústavu meliorací a ochrany půdy Praha, se sídlem Žabovřeská 250, Praha 5 – Zbraslav. Vzhledem k podzimnímu období odběru vzorků půdy lze očekávat nižší koncentrace sledovaných látek než by byly zjištěny například ihned po sejití sněhu, protože chloridy a sodíkové ionty jsou během roku díky dešťovým srážkám z půd vyluhovány.



Obr.č.1: Schéma transektu pro odběr půdy

Vliv posypových solí na půdu se projevuje nejen ve změnách koncentrací dominantních složek (sodíkových a chloridových iontů), ale i změnou pH půdy. Ta je důsledkem penetrací sodíkových iontů půdním horizontem. Ionty Na^+ vytěsňují ionty Ca^{2+} , K^+ a Mg^{2+} ale i ionty H^+ a Al^{3+} ze sorpčního komplexu a pH půd se zvyšuje. (ANDĚL ET AL. 2010) Předmětem analýzy půdních vzorků byly tedy prvky Na, Cl, Ca a hodnoty pH.

Transekt č.1 (T1)

Obr.č. 2: Transekt č. 1



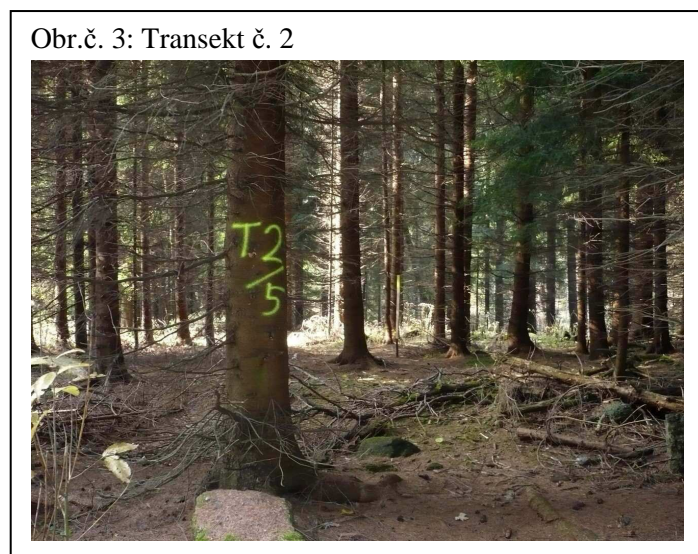
Nachází se kolmo k ose mezinárodní silnice první třídy č. I/10 přibližně 500m před Státní hranicí s Polskem v porostu 217 A 04 (obr.č.2 a příl.č.9). Jedná se o vzrostlý smíšený les s převahou smrku s příměsí buku téměř bez bylinného či křovinného patra. Souřadnice této lokality, měřeno na okraji vozovky v místě kolmice

transektu jsou $50^{\circ}48'01.94''\text{N}$, $15^{\circ}25'17.01''\text{E}$. Nadmořská výška je 820 m.n.m; kategorie lesa 32c – příměstské lesy v JZ kamenitém svahu, lesní typ 6N1; hospodářský soubor 501; věk 47 let; zastoupení dřevin SM 98%, BK2%; zakmenění 10. V textovém popisu porostní skupiny LHP je uvedeno poškození skupiny podél komunikace solemi.

První vzorek byl odebrán 1m od krajnice, na svahu směrem dolů do porostu. Na první pohled šlo o antropozem typickou pro krajnice pozemních komunikací s pozůstatky inertních posypových materiálů s homogenní strukturou až do hloubky 30cm. Další vzorky ve vzdálenosti 5, 15 a 30 m měřeno vzdušnou čarou od krajnice byly odebrány již v lesním porostu a jednalo se o typickou lesní půdu se stratifikací pro půdní typ podzol s mocným horizontem O1 a Of a velmi mělkým horizontem Oh.

Transekt č.2 (T2)

Byl zvolen také u silnice první třídy č. I/10 pod Harrachovem směrem na křižovatku Mýto, 50 m pod silničním mostem přes řeku Mumlavu v porostu 410 A 05. Porost je věkově a vzrůstově značně diferencovaný s převahou smrku také bez bylinného či křovinného patra (obr.č.3 a příl.č.10). Souřadnice této lokality, měřeno na okraji vozovky



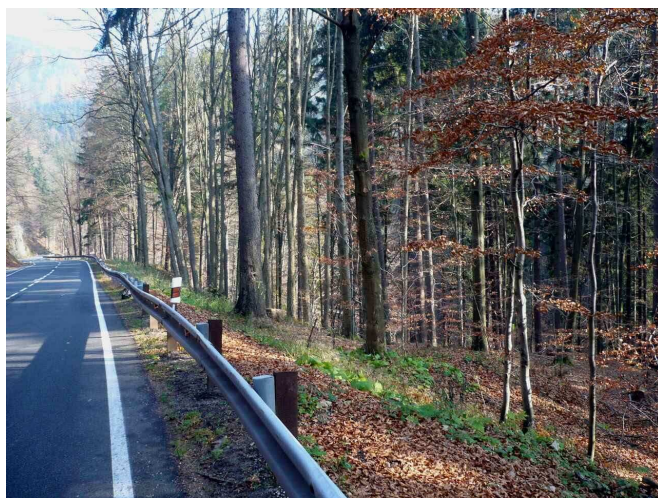
v místě kolmice transektu jsou $50^{\circ}46'22.14''N$, $15^{\circ}24'20.70''E$. Nadmořská výška je 620 m.n.m; kategorie lesa 32c – příměstské lesy v mírném SZ svahu, lesní typ 6V8; hospodářský soubor 581; věk 49 let; zastoupení dřevin SM 70%, JIV 30%, zakmenění 8. U transektu 2 při levé straně není násep vozovky ani podélné odvodnění a první vzorek byl

odebrán ve stejné rovině 1 m od krajnice. Vzorek byl odebrán z drnové vrstvy po odstranění nadzemní části rostlin do hloubky 10 cm. Ve spodních vrstvách pod 15 cm se jednalo o těžkou jílovitou půdu. Další vzorky byly odebrány obdobně jako u předchozího transektu v porostu a jednalo se o glejovou až pseudoglejovou lesní půdu. U okrajových stromů porostu přivrácených k vozovce se projevují symptomy poškození.

Transekt č.3 (T3)

Je umístěn kolmo k ose silnice první třídy č. I/14 přibližně 2,5 km pod křižovatkou Mýto směrem k Rokytnici nad Jizerou do porostu 414 D 14/01. Porost na prudkém svahu mezi silnicí a řekou Jizerou s převahou BK je vzrůstově diferencovaný v dolní etáži zmlazený bukem (obr.č.4 a příl.č.11). Souřadnice této lokality, měřeno na okraji vozovky v místě kolmice transektu jsou $50^{\circ}44'42.80''N$, $15^{\circ}24'54.23''E$. Nadmořská výška je 540 m.n.m; kategorie lesa 21a – mimořádně nepříznivá stanoviště, lesní typ 5A1; hospodářský soubor 016; věk 139 a 17 let zastoupení dřevin BK 60%, SM 30%, KL 10%, zakmenění 9

Obr.č.4: Transekt č.3



v horní etáži, ve spodní etáži zastoupení BK 95%, SM 5%. Porost náleží do genové základny BK.

Na odběrových plochách se jednalo většinou o rankerovou kambizem u krajnice o antopozem se zbytky inertního materiálu.

Transekt č.4 (T4)

Obr.č.5: Transekt č.4



Zde není povolen chemický posyp vozovek a transekt č.4 je umístěn u silnice třetí třídy č.294 přibližně 400m za městskou částí Františkov v Krkonoších směrem k Rezku v porostu 327 A 08b (obr.č.5 a příl.č.12). Jedná se o vzrostlý les s převahou smrku a příměsí břízy bez bylinného či křovinného patra. Souřadnice této lokality, měřeno na okraji vozovky

v místě kolmice transektu jsou 50°42'48.53"N, 15°29'43.91"E . Nadmořská výška je 820 m.n.m; kategorie lesa 31c – území národních parků, JZ expozice, lesní typ 6K4; hospodářský soubor 521; věk 84 let; zastoupení dřevin SM 95%, BR 5%, zakmenění 9. Typické půdy pro tuto lokalitu jsou kryptopodzoly.

4.4. Kontaminace asimilačního aparátu

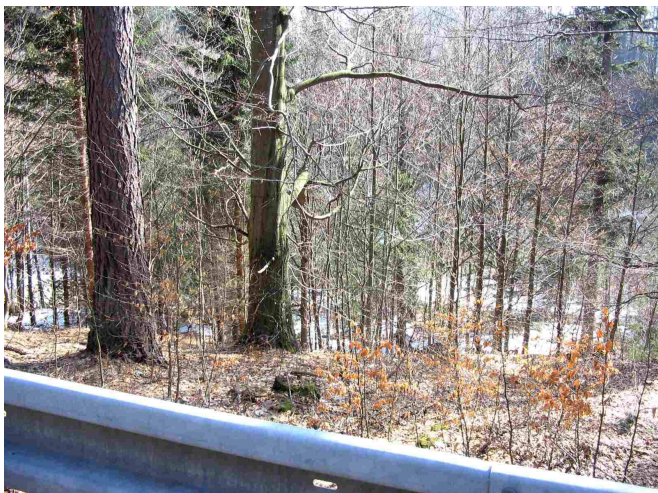
V řetězci solení – sníh – voda – půda – biota jsou živé organismy konečným zájmovým příjemcem látek z chemické údržby silnic a pro hodnocení vlivu na lesní ekosystémy jsou dopady na živé organismy klíčové (ANDĚL ET AL.2010). Jednoznačné prokázání negativního účinku posypových solí je možné na základě chemické analýzy asimilačního aparátu chřadnoucích porostů. Smrkové porosty pokrývají většinu rozlohy národního parku, proto byl smrk ztepilý zvolen jako modelová dřevina. Stanoveny byly koncentrace chloridů a sodíku ve vzorcích druhého ročníku jehličí. Prahové hodnoty pro vznik viditelných symptomů poškození a zvýšené mortality u jehličí smrku se pohybují od 300 mg/kg a toxická mez nahromadění chloridů v jehličí je uváděna nad 700mg/kg (UHLÍŘOVÁ ET AL.2004). Listnaté dřeviny díky schopnosti každoroční výměny asimilačního aparátu a tedy menší možnosti toxického nahromadění chloridů nebyly předmětem zájmu.

Vzorky druhého ročníku jehličí byly odebírány dne 28.1.2011 v transektu kolmém na silnici první třídy I/14 (Liberec-Náchod) ve vzdálenostech 5, 50 a 100 m od krajnice, dále byl odebrán vzorek jehličí u stromů, kde se objevují symptomy poškození a kontrolní vzorek z porostu, kde není předpoklad ovlivnění solemi. Vzorky byly odebírány přibližně z výšky 1 – 3 m nad zemí vždy z alespoň třech stromů a rovnoměrně ze všech světových stran. Pro snadný odběr jehličí byly voleny mladé porosty mimo T2. Po předběžném vysušení byly vzorky odeslány také do Výzkumného ústavu meliorací a ochrany půdy v Praze.

Transekt č. 5 (T5)

Tato lokalita odběru jehličí byla zvolena u silnice první třídy I/14 přibližně 500 m před Vilémovem (obr.č.6 a příl.č.13). Je umístěna kolmo k ose silnice do mlaziny v porostu 415 G 17/02c a 415 G 02a. V obou mladých porostech protáhlého tvaru mezi

Obr.č.6: Transekt č.5



silnicí a řekou Jizerou na prudkém svahu se SZ-JZ expozicí převládá buk. Souřadnice této lokality, měřeno na okraji vozovky v místě kolmice transektu jsou $50^{\circ}44'12.12''\text{N}$, $15^{\circ}25'07.87''\text{E}$. Nadmořská výška je 520 m.n.m; kategorie lesa 21a – mimořádně nepříznivá stanoviště, lesní typ 5S1; hospodářský soubor 016; věk 19 let.

Kontrolní lokality

Byly voleny v místech viditelného poškození, zde bohužel nebylo možné provést porovnání se vzdáleností od krajnice a v místech, kde není předpoklad poškození solemi.

Lokalita odběru vzorku jehličí, kde se objevují symptomy poškození je totožná s lokalitou T2, kde byl prováděn také odběr půdy. Porost je věkově i vzrůstově diferencovaný a z důvodu nemožnosti odběru vzorků jehličí z horní třetiny koruny, aniž by byl vzorník pokácen (věk 49 let), byly vzorky odebrány ze spodních přeslenů při krajnici.

Kontrolní lokalita, kde není předpoklad ovlivnění solemi (příloha č.14) byla zvolena na mírném svahu se západní expozicí nad silnicí I/14 ve vzdálenosti 700 m od T5 v porostu 416 C 02b se souřadnicemi $50^{\circ}44'10.08''\text{N}$, $15^{\circ}25'50.21''\text{E}$. Nadmořská výška je 680 m.n.m; kategorie lesa 31c – území národních parků, lesní typ 5N3; hospodářský soubor 501; věk 25 let; zastoupení dřevin SM 80%, BR 15%, MD 5%.

Všechny odebrané vzorky druhého ročníku jehličí byly odeslány k analýze dne 3.2.2011

4.5. Laboratorní zpracování vzorků

4.5.1. Půda

Tab.č.1:Metody použité pro stanovení jednotlivých ukazatelů vzorků

Stanovovaný ukazatel	Princip metody	Identifikace metody
pH _{H2O} - aktivní	stanovení v roztoku dest. vody , poměr vzorek:voda 1:2,5 (m/V)	ČSN ISO 10390
chloridy – H ₂ O výluh	Vodní výluh: Extrakce 10 minut	Argentometrická titrace ČSN ISO 9297
Na – H ₂ O výluh	Poměr vzorek voda	FAAS – Varian AA -240
Ca– H ₂ O výluh	1:5 (m/V)	FAAS – Varian AA -240

FAAS – plamenová atomová absorpce

(ČSN ISO) – modifikace normy se srovnatelnými výsledky s normovanou metodou

Vodní výluh:

50g vzorku se přelije 250 ml destilované vody a třepe se ve 500ml PE lahvi po dobu 10 minut. Po částečné sedimentaci se vzorek zfiltruje přes filtr (modrá páska). Ve vodním výluhu se měří Na a Ca standardním způsobem na plamenové AAS, sodík při 589,6 nm a vápník při 422.7 nm za pomoci lathanu jako uvolňovacího činidla. Chloridy jsou stanoveny argentometrickou titrací.

Metoda AAS je založena na absorpci rezonančního záření atomy analyzovaného vzorku. Vzorek v kapalném stavu se v plameni vypaří a zatomizuje. Plynné plazma je pak vystaveno interakci s emisním zářením analyzovaného prvku vysílaného lampou s dutou katodou (vyrobenou ze stanovovaného prvku). Detektorem je pak indikován tok

monochromatického záření, který je zeslabený absorpcí atomy daného prvku. Tento tok měřený v příslušné vlnové délce je úměrný koncentraci analyzovaného prvku.

Při měření plamenovou technikou je vzorek zmlžován přímo do plamene acetylén-vzduch (teplota 2100-2400°C)

Chloridy reagují po přidání stříbrných iontů tvorbou nerozpustného chloridu stříbrného, který se kvantitativně sráží. Malý přebytek stříbrných iontů dává s chromanovými ionty, které jsou přidávány jako indikátor, červenohnědé zbarvení chromanu stříbrného. Reakce se používá k indikaci bodu ekvivalence. Na podporu srážení se hodnota pH v průběhu reakce udržuje v rozmezí 5-9,5.

Chemikálie:

- 2.1 Laboratorní voda – destilovaná nebo demineralizovaná voda mající specifickou konduktivitu $< 0,2 \text{ mS/m}$ při 25°C
- 2.2 Dusičnan stříbrný, odměrný roztok, $c(\text{AgNO}_3) = 0,02 \text{ mol/l}$. V odměrné baňce na 1000 ml se rozpustí ve vodě (2.1) 3,397g dusičnanu stříbrného předem vysušeného minimálně 2 hodiny při 105°C a objem se doplní po rysku. Standardizace roztoku se provádí chloridem sodným (2.3). Roztok uchovávaný v hnědé zábrusové lahvi je stálý několik měsíců.
- 2.3 Chlorid sodný, standardní srovnávací roztok, $c(\text{NaCl}) = 0,02 \text{ mol/l}$. V odměrné baňce na 1000 ml se ve vodě (2.1) rozpustí 1,168 g chloridu sodného předem vysušeného minimálně 2 hodiny při 105°C a objem se doplní po rysku.
- 2.4 Chroman draselný, roztok indikátoru, $100 \text{g KCrO}_4 / \text{l}$. Ve vodě (2.1) se rozpustí 10g chromanu draselného a objem se doplní na 100 ml.
- 2.5 Kyselina dusičná $c(\text{HNO}_3) = \text{cca } 0,1 \text{ mol/l}$ – 6,5 ml konc. HNO_3 ($\rho = 1,4 \text{ g/cm}^3$) se zředí vodou (2.1) a doplní do 1000 ml.
- 2.6 Hydroxid sodný – roztok, $c(\text{NaOH}) = 0,1 \text{ mol/l}$ – 4,0g NaOH se rozpustí a po ochlazení doplní vodou (2.1) do 1000 ml
- 2.7 Činidlo na zvýšení tlumivé kapacity – práškový uhličitan vápenatý (CaCO_3) nebo hydrogenuhličitan sodný (NaHCO_3)
- 2.8 Základní standardní roztok chloridu s certifikátem o koncentraci $1000 \pm 2 \text{ mg.Cl}^- \cdot \text{l}^{-1}$
- 2.9 Kontrolní roztok chloridů – odpipetovat 50 ml roztoku (2.8) a doplnit vodou (2.1) do 1000 ml

5. Postup zkoušky

5.1 Titrace

Do titrační baňky se odpipetuje 100 ml vzorku. Pokud není pH mezi 5-9,5, upraví se kyselinou dusičnou (2.5) nebo louhem (2.6). Je-li hodnota pH nižší než 5, je lépe upravovat uhličitánem vápenatým nebo hydrogenuhličitánem sodným (2.7). Přidá se 1 ml chromanového indikátoru (2.4). Roztok se titruje po kapkách roztokem dusičnanu stříbrného (2.2) do první změny barvy (odstín červenohnědé). Zbarvení by mělo zmizet po přidání 1 kapky chloridu sodného (2.3).

Překročí-li spotřeba 25 ml, stanovení se opakuje s menším objemem vzorku.

Pro titraci slepého stanovení se užije 100 ml vody (2.1). Spotřeba by neměla přesáhnout 0,2 ml, jinak je potřeba zkontrolovat kvalitu vody.

Pozn.:

1- Pokud bylo měřeno pH elektrodou, je potřeba zaznamenat množství činidla na úpravu pH a stanovení provést v nově napipetovaném vzorku, neboť koncentrace chloridů je ovlivněna jejich migrací z elektrody

5.2 Stanovení faktoru dusičnanu stříbrného (2.2)

Odpipetuje se 10 ml chloridu sodného (2.3) a doplní do 100 ml vodou (2.1). Titruje se dle (5.1)

$$f_{\text{AgNO}_3} = \frac{10}{\text{spotřeba AgNO}_3}$$

5.3 Výpočet

Koncentrace chloridů X (mg/l) je dána vztahem

$$X = \frac{(a - b) \cdot f \cdot c \cdot 35453}{V}$$

a – spotřeba odměrného roztoku AgNO₃ při titraci vzorku (ml)

b – spotřeba odměrného roztoku AgNO₃ při titraci slepého pokusu (ml)

f – faktor odměrného roztoku AgNO₃ podle 5.2

c – koncentrace odměrného roztoku AgNO₃ (2.2) = 0,02 mol/l

V – objem vzorku (ml)

(MACUROVÁ, VÚMOP Praha, 2011)

4.5.2. Asimilační aparát

Hodnoty obsahu sodíku byly stanoveny z popela, jež byl rozpuštěn v HNO_3 a vyloužen vodou, na plamenovém absorpčním spektrometru Varian AA 240 podobně jako u vzorků půd. Metoda stanovení hodnot chloridů z popela se nezdařila a tedy bylo přistoupeno k jiné metodě, tj. chloridy se srazí v mineralizovaném vzorku (HNO_3) dusičnanem stříbrným a přebytek dusičnanu stříbrného se stanoví titračně rhodanidem. (Chemické rozbory v zemědělských laboratořích – vydané ministerstvem zemědělství a výživy ČSR 1982). (MACUROVÁ, VÚMOP Praha, 2011)

5. Výsledky

5.1. Půda

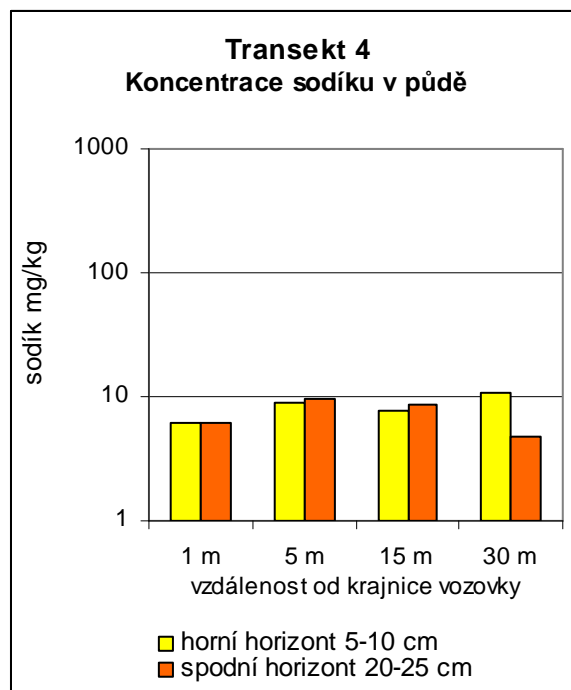
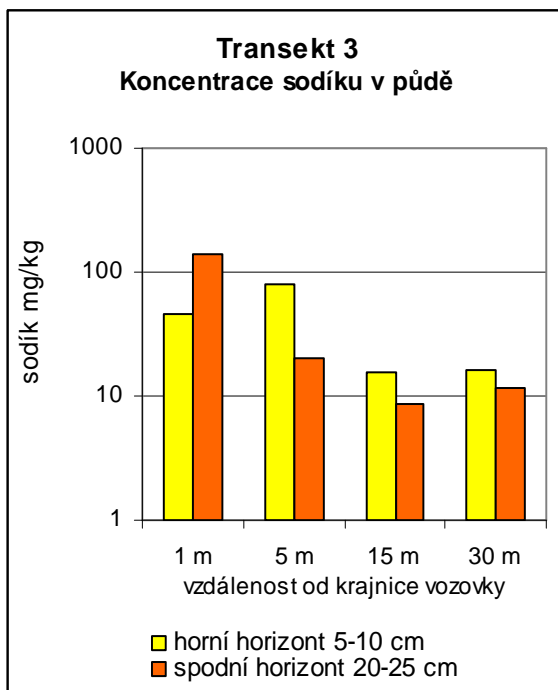
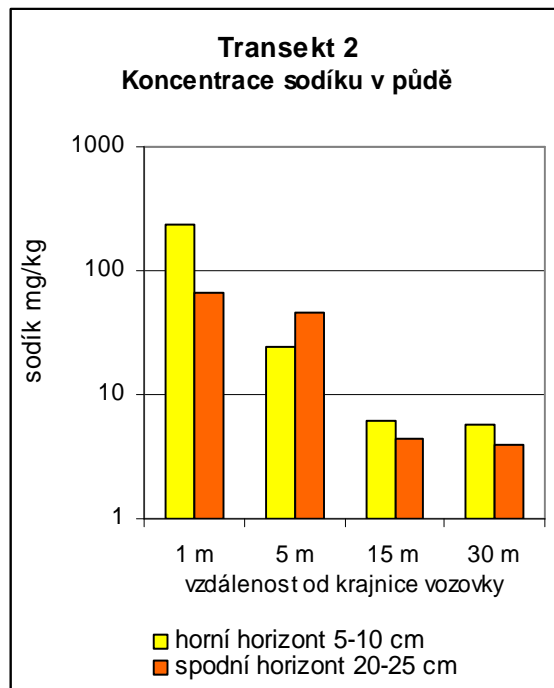
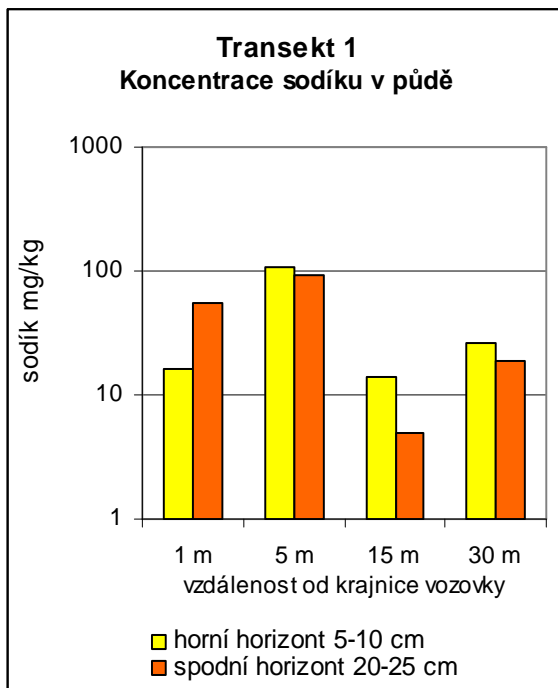
Zaslané výsledky z Výzkumného ústavu meliorací a ochrany půdy v Praze, jsou znázorněny dle transektů v jednoduchých grafech, obr.č.7 až obr.č.10. Obrázek č.7 znázorňuje porovnání obsah Na^+ , obr. č. 8 obsah Cl^- , obr. č. 9 obsah Ca^{2+} a obr.č. 10 hodnoty pH v půdě dle transektů a půdních horizontů.

Grafy byly sestaveny pomocí hodnot z tabulky č.2 a přílohy č.21

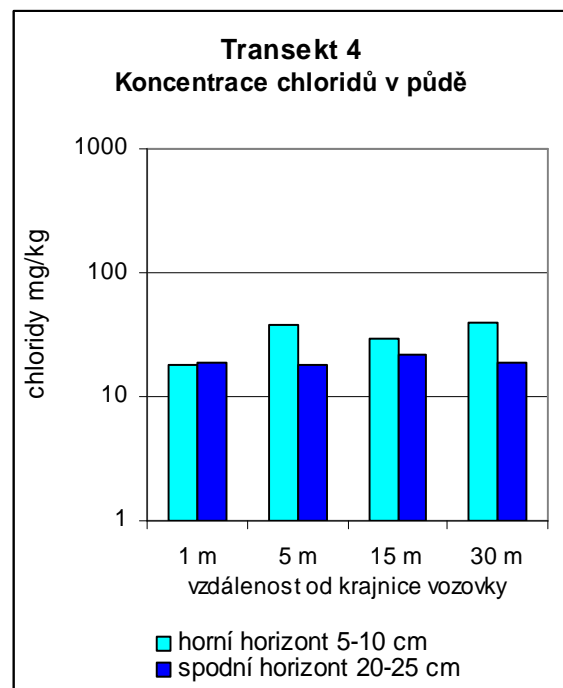
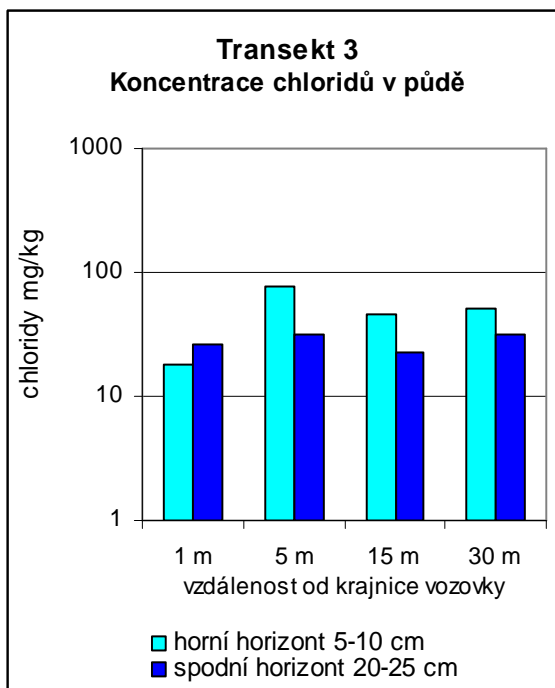
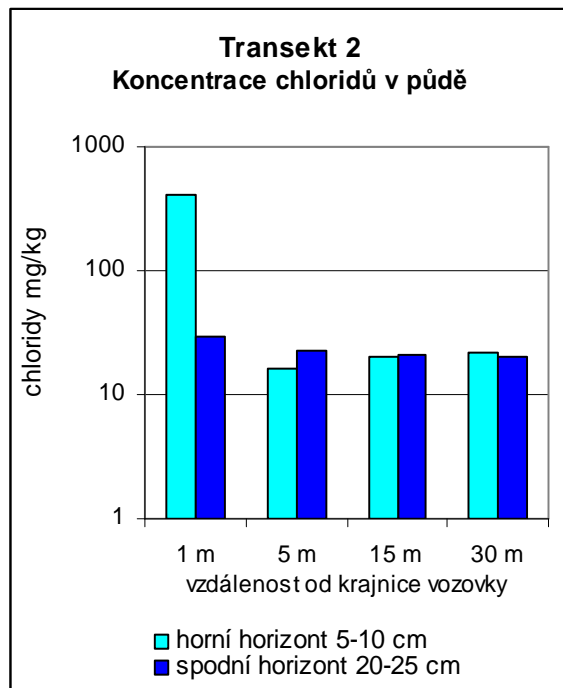
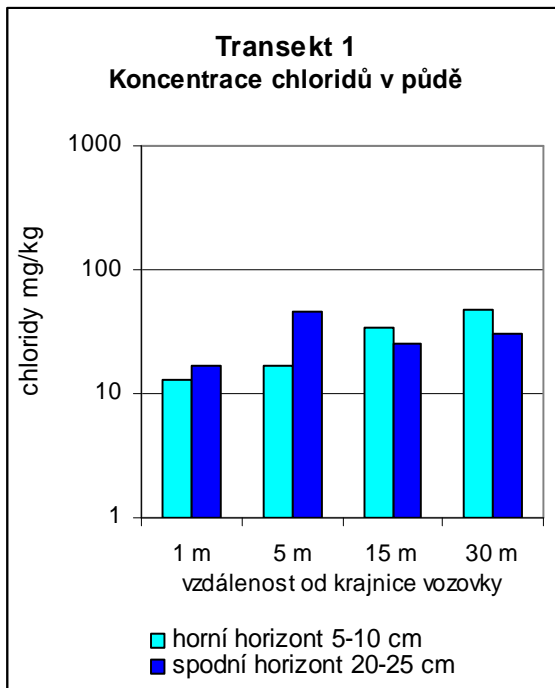
Tab.č.2: Výsledky obsahu sledovaných látek v půdě z VÚMOP, Praha (příloha č.21)

Hodnoty koncentrací analyzovaných látek v půdách.								
Transekt T	Hloubka odběru 5-10 cm				Hloubka odběru 20-25 cm (S)			
	Vzdálenost od krajnice vozovky				Vzdálenost od krajnice vozovky			
	1 m	5 m	15 m	30 m	1 m	5 m	15 m	30 m
Analyzovaná látka: pH								
T1	7,37	6,88	4,08	3,64	7,12	5,99	4,25	3,94
T2	6,61	5,65	4,82	4,81	7,30	6,72	4,75	5,84
T3	7,16	4,60	4,20	3,85	7,42	4,33	4,43	4,29
T4	6,78	4,09	3,85	3,41	6,71	4,15	4,15	3,99
Analyzovaná látka: Cl (mg/kg)								
T1	13	17	34	48	17	46	25	31
T2	417	16	20	22	29	23	21	20
T3	18	76	46	51	26	32	23	32
T4	18	38	29	39	19	18	22	19
Analyzovaná látka: Na (mg/kg)								
T1	16,3	105,8	13,9	25,9	54,6	94,0	5,0	18,8
T2	237,5	24,4	6,1	5,8	66,4	46,4	4,4	4,0
T3	46,3	81,5	15,8	16,1	141,2	20,5	8,5	11,5
T4	6,2	8,8	7,7	10,9	6,2	9,7	8,5	4,8
Analyzovaná látka: Ca (mg/kg)								
T1	17	2	2	2	1	2	3	3
T2	21	3	6	92	2	5	5	9
T3	5	8	3	4	20	5	3	2
T4	36	8	7	3	18	7	2	2

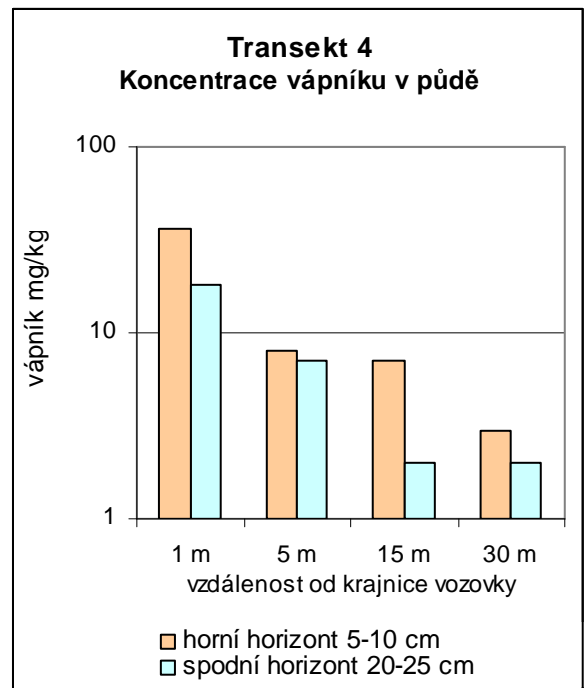
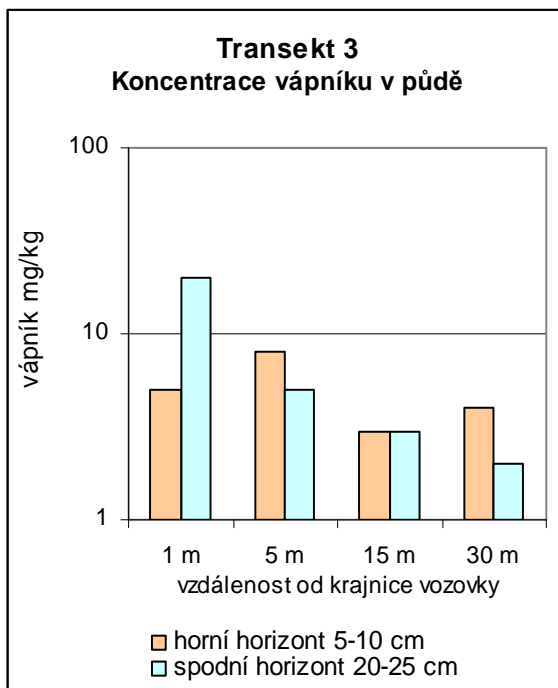
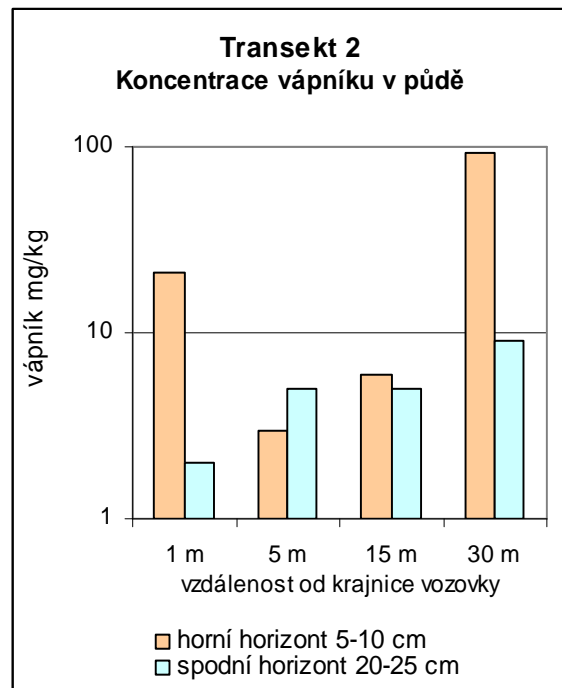
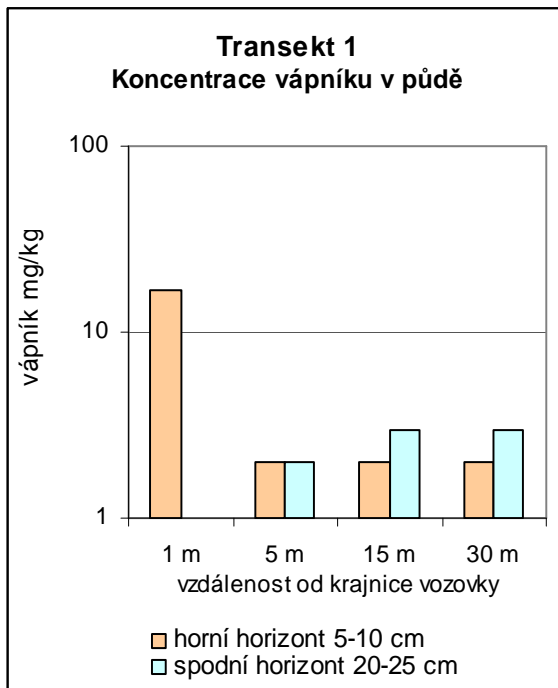
Pokud jsou vzorky označeny písmenem „S“, jedná se o odběr vzorků ze spodního horizontu, (př. T1/15S = transekt č.1, odběr 15m od krajnice, spodní horizont), vzorky neoznačené písm. „S“ jsou odebrány z horního horizontu (viz.příloha č.21)



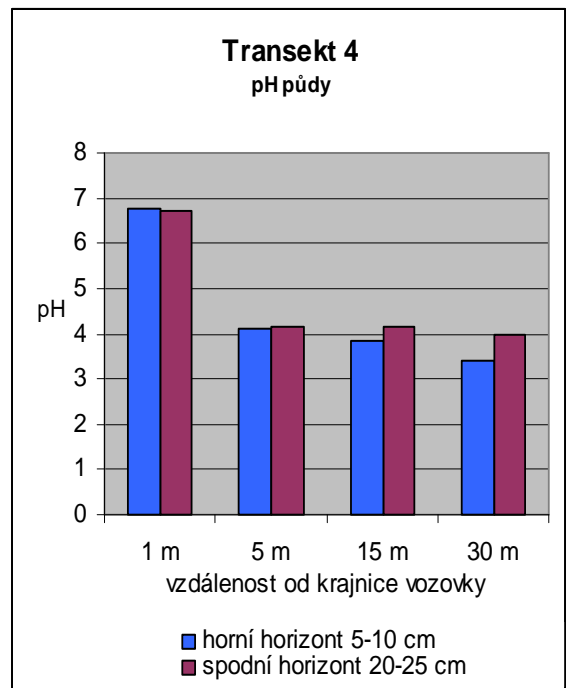
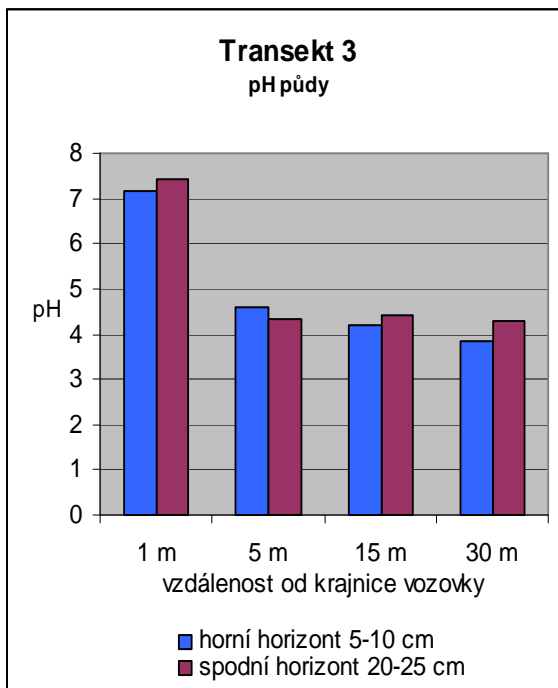
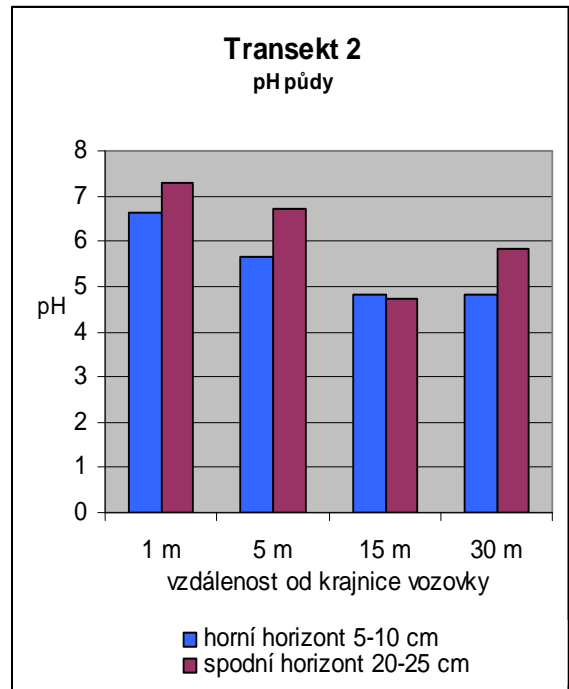
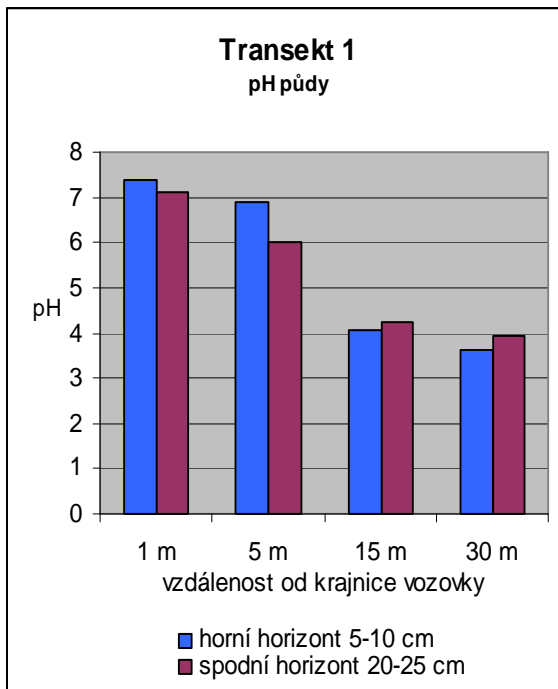
Obr.č.7: Porovnání koncentrace Na⁺ dle transektů



Obr.č.8: Porovnání koncentrace Cl^- dle transektů



Obr.č.9: Porovnání koncentrace Ca^{2+} dle transektů



Obr.č.10: Porovnání hodnot pH dle transektů

5.1.1. Zhodnocení výsledků rozborů půdy dle transektů

5.1.1.1. Transekt č.1

Obsah sodíku Na⁺:

- v horním horizontu byla nejvyšší hodnota ve vzdálenosti 5 m od krajnice (sonda T1/5) 105,8 mg/kg vzorku zeminy. Budeme-li vycházet že přirozený průměrný stav Na⁺ v půdě je max. do 50 mg/kg zeminy (SEMORÁDOVÁ 2003) tj. zvýšení o 112%
- ve spodním horizontu byla nejvyšší hodnota také ve vzdálenosti 5 m od krajnice (sonda T1/5S) 94 mg/kg vzorku, tj. zvýšení o 88%

Obsah chloru Cl⁻:

- v horním horizontu byla nejvyšší hodnota ve vzdálenosti 30 m od krajnice (sonda T1/30) 48 mg/kg vzorku zeminy. U chloridů se za normální hladinu v půdě považuje rozmezí 30-50 mg/kg (NOVOTNÝ 2004) tj. normální hodnota v toleranci.
- ve spodním horizontu byla nejvyšší hodnota ve vzdálenosti 5 m od krajnice (sonda T1/5S) 46 mg/kg vzorku, tj. také v toleranci.

Obsah vápníku Ca²⁺:

- v horním horizontu byla nejvyšší hodnota ve vzdálenosti 1 m od krajnice (sonda T1/1) 17 mg/kg vzorku zeminy.
- ve spodním horizontu byla nejvyšší hodnota shodně ve vzdálenosti 15 m a 30 m od krajnice (sonda T1/15S a T1/30S) 3 mg/kg vzorku.

Hodnoty pH:

U obou horizontů byly nejvyšší hodnoty 1m od krajnice vozovky od pH 7,37 a následně se vzdáleností měly klesavou tendenci až po pH 3,64 ve vzdálenosti 30 m od krajnice.

5.1.1.2. Transekt č.2

Obsah sodíku Na⁺:

- v horním horizontu byla nejvyšší hodnota ve vzdálenosti 1 m od krajnice (sonda T2/1) 237,5 mg/kg vzorku zeminy tj. zvýšení o 375% a jedná se o nejvyšší zjištěnou hodnotu obsahu sodíku ve všech sledovaných transektech.
- ve spodním horizontu byla nejvyšší hodnota také ve vzdálenosti 1 m od krajnice (sonda T2/1S) 66,4 mg/kg vzorku, tj. zvýšení o 33%

Obsah chloru Cl⁻:

- v horním horizontu byla nejvyšší hodnota ve vzdálenosti 1 m od krajnice (sonda T2/1) 417 mg/kg vzorku zeminy a podobně jako u sodíku se jedná o nejvyšší zjištěné hodnoty obsahu Cl⁻ ve všech sledovaných transektech, kde zvýšení u tohoto bylo o 734%
- ve spodním horizontu byla nejvyšší hodnota také ve vzdálenosti 1 m od krajnice (sonda T2/1S) 29 mg/kg vzorku, odpovídá normálním hodnotám.

Obsah vápníku Ca²⁺:

- v horním horizontu byla nejvyšší hodnota ve vzdálenosti 30 m od krajnice (sonda T2/30S) 92 mg/kg vzorku zeminy.
- ve spodním horizontu byla nejvyšší hodnota také ve vzdálenosti 30 m od krajnice (sonda T2/30S) 9 mg/kg vzorku.

Hodnoty pH:

Podobně jako u T1 byly u obou horizontů nejvyšší hodnoty 1m od krajnice vozovky od pH 7,30 a následně se vzdáleností měly klesavou tendenci. Nejnižší hodnota 4,75 byla zjištěna 15 m od krajnice v s sondě T2/15S.

5.1.1.3. Transekt č.3

Obsah sodíku Na⁺:

- v horním horizontu byla nejvyšší hodnota ve vzdálenosti 5 m od krajnice (sonda T3/5) 81,5 mg/kg vzorku zeminy, tj. zvýšení o 63 %.
- ve spodním horizontu byla nejvyšší hodnota ve vzdálenosti 1 m od krajnice (sonda T3/1S) 141,2 mg/kg vzorku, tj. zvýšení o 182 %.

Obsah chloru Cl⁻:

- v horním horizontu byla nejvyšší hodnota ve také vzdálenosti 5 m od krajnice (sonda T3/5) 76 mg/kg vzorku zeminy, tj. zvýšení o 52 %.
- ve spodním horizontu byla nejvyšší hodnota shodně ve vzdálenosti 5 m a 30 m od krajnice (sonda T3/5S a T3/30S) 32 mg/kg vzorku, odpovídá normálním hodnotám.

Obsah vápníku Ca²⁺:

- v horním horizontu byla nejvyšší hodnota ve vzdálenosti 5 m od krajnice (sonda T3/5) 8 mg/kg vzorku zeminy.
- ve spodním horizontu byla nejvyšší hodnota ve vzdálenosti 1 m od krajnice (sonda T3/1S) 20 mg/kg vzorku.

Hodnoty pH:

U obou horizontů byly nejvyšší hodnoty 1m od krajnice vozovky od pH 7,42 a následně se vzdáleností měly klesavou tendenci až po pH 3,85 ve vzdálenosti 30 m od krajnice (sonda T3/30)

5.1.1.4. Transekt č.4

Obsah sodíku Na⁺:

- v horním horizontu byla nejvyšší hodnota ve vzdálenosti 30 m od krajnice (sonda T4/30) pouze 10,9 mg/kg vzorku zeminy, což odpovídá normálním hodnotám.
- ve spodním horizontu byla nejvyšší hodnota ve vzdálenosti 5 m od krajnice (sonda T4/5S) pouze 9,7 mg/kg vzorku, tj. také normální hodnoty.

Obsah chloru Cl⁻:

- v horním horizontu byla nejvyšší hodnota podobně jako u sodíku ve vzdálenosti 30 m od krajnice (sonda T4/30) 39 mg/kg vzorku zeminy
- ve spodním horizontu byla nejvyšší hodnota ve vzdálenosti 15 m od krajnice (sonda T4/15S) 22 mg/kg vzorku, odpovídá normálním hodnotám.

Obsah vápníku Ca²⁺:

- v horním horizontu byla nejvyšší hodnota ve vzdálenosti 1 m od krajnice (sonda T4/1) 36 mg/kg vzorku zeminy.

- ve spodním horizontu byla nejvyšší hodnota také ve vzdálenosti 1 m od krajnice (sonda T4/1S) 18 mg/kg ve vzorku zeminy.

Hodnoty pH:

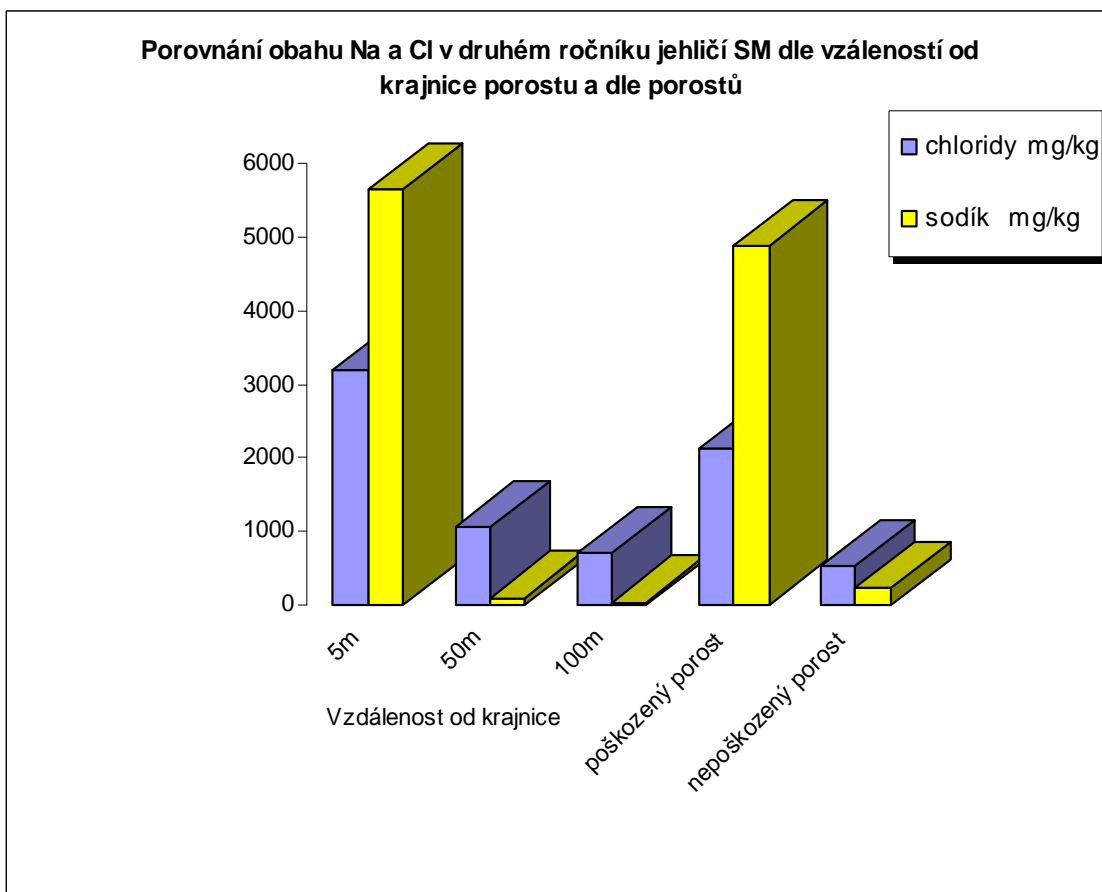
U tohoto transektu jako jediného sledovaného nebyly hodnoty pH nad 7, u obou horizontů nejvyšší hodnoty opět 1m od krajnice vozovky od pH 6,78 a následně se vzdáleností měly klesavou tendenci. Nejnižší hodnota pH 3,41 byla zjištěna 30 m od krajnice v s sondě T4/30.

5.1.2. Celkové zhodnocení výsledků analýzy půd

Zhodnocením všech uvedených případů se ukazuje, že nejvyšší hodnoty obsahu sodíku se vyskytují především ve stejné vzdálenosti 1–5 m od krajnice silničního tělesa. U chloridů není tato závislost úplně patrná a tento stav je zaviněn tím, že ionty Cl^- jsou z půdy snadněji vymývány, protože mají záporný náboj jako koloidní částice jílu. Sodíkové ionty jsou kladně nabitě, postupují iontovou výměnou s ostatními pozitivně nabitými částicemi půdy a to má za následek snížení rychlosti translokace sodíku v půdním profilu. Ve srovnání všech transektů byly zjištěny několikanásobně vyšší koncentrace Na^+ a Cl^- u T2/1 při krajnici. Jak bylo popsáno v kapitole 4.3., jedná se o těžkou půdu s vyšší sorpční kapacitou a tyto půdy mohou poutat mnohonásobně vyšší koncentrace sodíkových a chloridových iontů než lehké skeletové půdy, kde proces vymývání probíhá mnohem rychleji. U množství obsahu vápníku nelze určit jednoznačnou závislost na vzdálenosti od krajnice vozovky, nejvyšší zjištěná hodnota u sondy T2/30 byla 92 mg/kg. Sonda byla umístěna v členitém terénu 30 m od vozovky v mírné prohlubni, kde nejspíš dochází k jeho kumulaci. U transektu 4 je patrná klesající tendence obsahu vápníku se vzdáleností, což může být dáno nepůvodním vápencovým složením podloží cestního tělesa. Hodnoty pH vykazují jednoznačnou klesavou, téměř lineární závislost na vzdálenosti od krajnice vozovky, kde hodnoty při krajnici u všech transektů jsou nejvyšší v intervalu 7,42 – 6,61, ve vzdálenosti 5 m od krajnice v intervalu 6,88 – 4,09, ve vzdálenosti 15 m od krajnice v intervalu 4,82 – 3,85 a ve vzdálenosti 30 m od krajnice v intervalu 5,84 – 3,41

5.2. Asimilační aparát

Zaslané výsledky z Výzkumného ústavu meliorací a ochrany půdy v Praze, jsou graficky znázorněny v obr.č.11. Graf znázorňuje hodnoty obou sledovaných látek v druhém ročníku jehličí a byl sestaven pomocí tab.č.3. a přílohy č. 22



Obr.č.11: Obsahy sledovaných látek v jehličí

Tab.č.3: Výsledky obsahu sledovaných látek v jehličí z VÚMOP, Praha (příloha č.22)

Transek 5 (jehličí)	Vzdálenost od krajnice (m)			Kontrolní lokality	
	5	50	100	Poškozený porost (T2)	Nepoškozený porost(KL)
Chloridy (mg/kg)	3194	1064	709	2128	532
Sodík (mg/kg)	5636	101	44	4876	245

5.2.1. Zhodnocení výsledků analýzy jehličí dle transektů a lokalit

5.2.1.1. Transekt č.5

Obsah sodíku Na⁺:

Zjištěné hodnoty obsahu sodíku jsou nejvyšší ve vzorcích jehličí SM odebraných u stromů nejbliže k okraji vozovky, tj. ve vzdálenosti 5 m a dosáhly hodnoty až 5636 mg/kg. U vzorků odebraných ve vzdálenosti 50 m od krajnice vozovky dosahují hodnoty 101 mg/kg a u vzorků ze vzdálenosti 100 m byly hodnoty pouze 44 mg/kg. Dostupná literatura neuvádí optimální či toxické hodnoty obsahu sodíku v asimilačním aparátu smrku, ale zde je vidět zásadní rozdíl v naměřených hodnotách v závislosti na vzdálenost od krajnice vozovky odebraných vzorků, kde zjištěné hodnoty při krajnici jsou až 128 krát větší než ve vzdálenosti 100 m od krajnice

Obsah chloru Cl:

Hodnoty obsahu chloridů jsou opět nejvyšší ve vzorcích jehličí SM odebraných u stromů nejbliže k okraji vozovky, kde dosáhly hodnoty až 3191 mg/kg. U vzorků odebraných ve vzdálenosti 50 m od krajnice vozovky dosahují hodnoty 1064 mg/kg a u vzorků ze vzdálenosti 100 m jsou naměřené hodnoty 709 mg/kg. Ve smrkovém jehličí se za toxické nahromadění chloridů považuje hodnota nad 700 mg/kg (UHLÍŘOVÁ 2004). Ani jedna zjištěná hodnota chloridů u tohoto transektu není tedy v toleranci, se vzdáleností od krajnice je sice vidět klesavá tendence až na přípustnou hodnotu, ale chloridy při krajnici vozovky překračují toxickou mez 4 až 5 krát.

5.2.1.2. Kontrolní lokality

U kontrolní lokality, kde není předpoklad ovlivnění solemi jsou zjištěny hodnoty pod toxickou mezí s obsahem u chloridů 532 mg/kg a u sodíku hodnoty s obsahem 245 mg/kg.

V lokalitě odběru vzorků jehličí, kde se projevují symptomy poškození (shodná s T2), jsou u chloridů zjištěny hodnoty obsahu 2128 mg/kg a překračují tedy toxickou mez 3 krát, u sodíku je hodnota 4876 mg/kg.

5.2.2. Celkové zhodnocení výsledků analýzy asimilačního aparátu

Podobně jako u výsledků analýzy vzorků půdy se u jehličí ukazuje, že nejvyšší hodnoty obsahu sodíku a chloridů byly zjištěny u vzorků jehličí odebraných z okrajových stromů přilehlých nejbližší ke komunikaci. Zjištěné hodnoty sodíku i chloridů u transektu č.5 ve vzdálenosti 5 m od krajnice a kontrolní lokality transektu č.2 byly vysoké a nadlimitní. S největší pravděpodobností budou tyto enormní hodnoty vázány také k období odběru jehličí. Minimálně dva týdny před odběrem vzorků, který se uskutečnil 28.1.2011 bylo vlhké zimní počasí s nočními teplotami mírně pod bodem mrazu, silnice byly neustále mokré a průjezdem vozidel tedy docházelo k víření jemného solného aerosolu, který ulpíval ve velkém množství přímo na jehlicích přilehlých smrků. K objektivnějším hodnotám by se zřejmě došlo při odběru vzorků jehličí v různém ročním období a odběr by musel být zaměřen i na více lokalit. Bohužel ve sledovaném úseku silnic není dostatek mladých smrkových porostů, vhodných k uskutečnění odběru. Například u sodíku je podivuhodné, že hodnoty zjištěné v jehličí u stromů už 50 m od krajnice jsou 56 krát nižší než hodnoty zjištěné při krajnici a naopak jsou tyto hodnoty více jak 2 krát vyšší u kontrolního porostu, kde není předpoklad ovlivnění solemi. Toto samozřejmě může být dáno podloží a stanovištěm kontrolní lokality.

6. Negativní účinky chemických prostředků na vegetaci v okolí silnic

První škody na vegetaci v blízkosti komunikací byly zjištěny v době, kdy se chemické prostředky přidávaly v malém množství k inertním posypovým materiálům, aby se zabránilo jejich zmrznutí při skladování na volném prostranství v blízkosti stromů (MORAVEC 1990).

Od té doby se značně rozšířilo používání chemikálií a v některých oblastech jsou zjišťovány značné škody na vegetaci podél silnic. Analýza škod prokázala, že chemikálie napadají vegetaci jednak přímým dotykem se vzdušnými částmi rostlin a jednak pronikáním do kořenového systému prostřednictvím půdy. Škody na vegetaci se projevují zpomalením růstu výhonků, předčasným žloutnutím listů, které pak dříve opadávají a za zvláště nepříznivých okolností může dojít k uhynutí stromů a keřů. Ke škodám dochází zejména v místech, kde se v době oblevy nashromáždil sníh, obsahující chloridy, nebo v místech, kam se chloridy dostaly při posypu. Značnou škodu způsobuje také proud sněhu, který vrhají sněhomety bez usměrňovacího žlabu, nebo rozbředlý sníh a chloridy, který je do okolí silnic rozstříkovan rychle jedoucimi vozidly.

MORAVEC (1990) uvádí rozdělení rostlin dle jejich citlivosti vzhledem k účinkům solí do několika skupin:

A/ Rostliny odolné proti poškození solemi – ječmen, pšenice, oves, řepa cukrová, řepa vodnice, hrách, chřest, špenát, pýr, jílek, jírovec, akát, dub, kalina, růže.

B/ Rostliny středně odolné proti poškození solemi – žito, kukuřice, hořčice, řepka, tabák, brambor, mrkev, salát, cibule, vinná réva, vikev, jetel, slunečnice, len, jabloň, hrušeň, švestka, javor, jilm, olše, jasan, lípa, hloh, líska, ořešák

C/ Rostliny citlivé na poškození solemi – čočka, fazole, květák, tykev, ředkvička, hrachor, bojínek, psárka luční, jitrocel, mečík, meruňka, broskev, třešeň, angrešt, rybíz, ostružiník, bez, jedle, habr.

6.1. Způsoby ochrany proti negativním účinkům na vegetaci

V zájmu snížení negativního působení chloridů používaných při zimní údržbě komunikací na zeleň, doporučuje se postupovat v zimní údržbě podle následujících doporučení (MORAVEC 1990):

- Používat k posypu jen samotné chloridy
- Nepoužívat při jednom posypu vyšší dávku jak 20g/m^2
- Při slabších sněhových srážkách (do $1,5\text{ mm/hod.}$) nesypat chloridy v intervalech kratších než 5 hodin.
- Na dostatečně širokých vozovkách skladovat sněh uprostřed vozovky
- Při oblevách sněh splachovat do kanalizace pomocí kropících vozů nebo ho odvážet
- Při aplikaci chemických posypových prostředků dodržovat pouze technologicky nutné minimum při dávkování
- Používat pokud možno granulovaného materiálu, aby nedocházelo k odmetání chemikálií provozem
- Odstraňovat tající sněh dříve než se rozpustí a roztok odšťikují vozidla mimo vozovku
- Nepoužívat při odstraňování sněhu stroje, které odhazují slaný sněh do velké vzdálenosti od vozovky
- Vysazovat v blízkosti komunikací pouze odolné rostliny
- Kontrolovat správnou činnost odtokového systému vody

MAŇKOVSKÁ (1984), která vychází ze svých výzkumů na Slovensku navrhuje:

- Nahradit poškozené dřeviny méně citlivými a po obou stranách silnic vytvořit 10-20m široký lesní ochranný plášť na zachycení největších dopravou vylučovaných částic a tak zabránit znečišťování porostů a umožnit stromům optimální přísun živin
- Podél cest nevysazovat ovocné stromy a pěstovat pouze technické plodiny

Tato opatření mohou pouze zmírnit negativní následky rozvoje automobilismu. V současnosti je velmi těžké jednoznačně vyhlásit, která z mnohých dopravou vylučovaných látek má na odumírání dřevin podél silnic větší nebo menší vliv. Odumírání

lesních porostů podél silnic je nutno posuzovat v daleko širších souvislostech. Je především potřebné objasnit celou řadu otázek týkajících se účinku dopravou vzniklých částic jejich vlivu a míry škodlivosti na lesní porosty. Na základě získaných poznatků urychleně přijímat taková účinná opatření, která budou mít příznivý vliv na zachování zdravého životního prostředí i pro další generace. Je proto v zájmu lidské společnosti zaměřit se na eliminování škodlivých účinků alespoň těch látek, které jsou nám již známé a o kterých víme, že mají na životní prostředí nepříznivý vliv.

7. Návrh na změnu managementu

Problematikou se zajímalo množství odborníků různých profesí v mnoha zemích a mnohdy se jejich závěry liší. Chemické ošetřování komunikací je rozšířeno po celém světě. V drtivé většině se používá NaCl ve všech formách (pevná, vlhčená, roztoky) v posypových dávkách průměrně 10-15 g/m². Ostatní materiály, byť i v některých aspektech příznivější k životnímu prostředí, jsou neúměrně drahé a i tak mají některé negativní vedlejší účinky.

Změny v managementu zimní údržby komunikací se mohou týkat buď :

- technických a technologických opatření v ošetření vozovek, nebo
- biologických opatření věnované péči o přilehlé porosty či silniční stromořadí.

Z hlediska ochrany přírody je v případě ošetření vozovek samozřejmě nejúčinnějším opatřením nepoužívat chemické rozmrazovací prostředky vůbec, nebo omezení jednotlivých posypových dávek soli na nejnižší možné množství za současného zachování bezpečných jízdních podmínek pro účastníky silničního provozu. Podle dosavadních výzkumů a doporučení se má jednorázová dávka soli pohybovat mezi 5-20 g/m² a celoročně by průměrné množství nemělo překročit 1,5kg/m². Nejvíce soli se spotřebuje při silných a vytrvalých sněhových srážkách díky značně vyšší četnosti jízd vozidel údržby komunikací (viz.příloha č.2). V tomto období by bylo jistě stálo za úvahu zvážit možnost omezení nebo úplné uzavření silnice I/10 vedoucí ke státní hranici alespoň pro kamionovou dopravu, komunikaci udržovat sjízdnou pro ostatní vozidla pouze pluhováním a chemický posyp obnovit až po ustání sněhových srážek. Tato frekventovaná silnice první třídy s poměrně prudkým stoupáním od křižovatky Mýto směrem ke státní hranici není bohužel ani opatřena dopravní značkou „Povinná zimní výbava“. Jejím zavedením by řidičům osobních vozidel se zimní výbavou nemělo dělat problémy se sjízdností pouze pluhované vozovky, v případě porušení dopravní značky budou řidiči postižitelní a jistě by se částečně zamezilo i častým kolapsům, kdy kamion bez zimních pneumatik zablokuje provoz.

Pro Ředitelství silnic a dálnic ČR, správu Liberec zajišťuje údržbu této komunikace smluvně firma ADOS CZ a.s. Harrachov a zavedení tohoto opatření by přivítala. Dle osobního sdělení vedení společnosti při vydatných sněhových srážkách spotřebují

neúměrné množství soli za krátkou dobu, která je neustálým odstraňováním nové sněhové pokrývky v podobě solné břečky z vozovky odmetána na krajnici nebo přímo do lesních porostů. Snaha v tomto období za každou cenu udržet vozovku sjízdnou i pro kamiony je extrémně nákladná a k přírodě nešetrná. Díky zodpovědnosti některých řidičů je četnost jízd kamionů v období sněhových srážek nižší a bylo by jistě zajímavé vyčíslit náklady spojené se zimní údržbou na průjezd jednoho nákladního vozidla v tomto úseku. Například ve dnech z 15. 12. na 16. 12. 2010 napadlo přes 70 cm sněhu, náklady jen v tomto pětikilometrovém úseku byly astronomické a v prosinci 2010 bylo spotřebováno vůbec největší množství soli v jednom měsíci od roku 2005. Samozřejmě v případě ledovky nebo mrznoucích srážek na podchlazené vozovce je chemické ošetření nevyhnutelné.

Dalším vhodným opatřením k zimní údržbě vozovek na území KRNAP je použití ve větší míře CaCl_2 na místo NaCl , nebo jejich vzájemná kombinace a ve formě solanky. Chlorid vápenatý má vyšší účinnost, obsahem vápníku vhodným způsobem obohacuje půdu a potlačuje příjem sodíku (SUPUKA 1991).

Samozřejmě se pak nabízí ještě celá řada jiných vhodných doporučení:

- kombinovat chemické posypové látky s inertními
- používat pouze inertní posypové materiály, které ale mají také své nevýhody
- odvádět tající sněh do kanalizace a zabránit tak průsaku slané vody do půdy
- nepoužívat při odstraňování sněhu stroje, které odhazují slaný sněh do velké vzdálenosti od vozovky
- prosolený sněh odvážet a deponovat mimo vozovky, z dosahu kořenového systému dřevin
- odstraňovat tající sněh dříve než se rozpustí a roztok odstříkují vozidla mimo vozovku
- kontrolovat správnou činnost odtokového systému vody
- používat pokud možno co nejvíce solankové roztoky, aby provozem nedocházelo k odmetání pevných částic chemikálií ke krajnici nebo do porostu

V případě biologických opatření věnované péči o zeleň a lesní porosty přilehlé k soleným komunikacím je nejúčinnějším preventivním opatřením do budoucna vysazovat pouze solím odolné dřeviny (viz.tab.č.4 a 5) za dodržení minimální vzdálenosti od krajnice

vozovky a také aby zvolený druh obnovované dřeviny neodporoval § 16 odst.1 písmeno h) zákona č.114/1992 Sb. o ochraně přírody a krajiny (šíření nepůvodních dřevin). Sazenice by měly být alespoň 3-5 leté, nejméně jednou již přesazované a výsadba na stanoviště by měla proběhnout zásadně na jaře, aby se mohly do zimní sezony dostatečně aklimatizovat. Hustší výsadba stromků při krajnici může pak částečně chránit porost před negativním vlivem přímého rozstříku solného aerosolu. Půdu okolo stromů přihnojovat, kypřit, obohatit humusem a při výsadbě pamatovat na pískovou drenáž v hloubce asi 50 cm, která zajistí odvedení solí z dosahu kořenového systému.

Neméně důležité, ale bohužel v lesnictví člověkem málo ovlivnitelné je zajištění dostatku vláhy v okolí dřevin, zejména v jarních měsících, aby se urychlilo vyplavení iontů Na^+ a Cl^- . Toto opatření je možné uplatnit např. u vzácné ohrožené městské zeleně. Z lehkých písčitých a hlinitopísčitých půd se soli dešťovými srážkami snadno vymývají do spodních vod a tak se v relativně krátké době mohou dostat z dosahu kořenů hlavně mělce kořenících dřevin. U málo propustných jílových půd a půd ovlivněných vysokou hladinou spodní vody je situace mnohem horší, zde dochází ke kumulaci soli (viz.transekt č.2) a ta může postupně změnit půdní strukturu i mikroflóru.

Tab.č.4: Odolné druhy k působení solí (SUCHARA 1986)

Druhy odolné vůči kontaktnímu působení	Druhy odolné k zasolení půd
<i>Acer campestre</i>	<i>Acer campestre</i>
<i>Acer platanoides</i>	<i>Caragana arborescens</i>
<i>Acer pseudoplatanus</i>	<i>Elaeagnus angustifolia</i>
<i>Alnus glutinosa</i>	<i>Fraxinus excelsior</i>
<i>Elaeagnus angustifolia</i>	<i>Lonicera</i> spp.
<i>Fraxinus excelsior</i>	<i>Picea pungens</i>
<i>Juniperus</i> spp.	<i>Pinus mugo</i>
<i>Lonicera</i> spp.	<i>Pinus nigra</i>
<i>Picea pungens</i>	<i>Populus alba</i>
<i>Pinus nigra</i>	<i>Prunus spinosa</i>
<i>Populus nigra</i>	<i>Quercus rubra</i>
<i>Quercus rubra</i>	<i>Ribes alpinum</i>
<i>Ribes alpinum</i>	<i>Robinia pseudaccacia</i>
<i>Robinia pseudaccacia</i>	<i>Rosa rugosa</i>
<i>Rosa rugosa</i>	<i>Sophora japonica</i>
<i>Salix alba</i>	<i>Spiraea vanhouttei</i>
<i>Sorbus aucuparia</i>	<i>Symphoricarpos albus</i>
<i>Syringa vulgaris</i>	<i>Syringa vulgaris</i>
<i>Ulmus glabra</i>	<i>Viburnum lantana</i>

Tab.č.5: Druhy odolné a citlivé k působení soli dle autorů

Autor	SEMORÁDOVÁ (2003)	ZELLER (1984)
Odolné druhy vůči působení solí	<p><i>Ailanthus altissima</i> <i>Alnus alnobetula</i> <i>Alnus glutinosa</i> <i>Alnus incana</i> <i>Caragana arborescens</i> Walker <i>Colutea arborescens</i> <i>Elaeagnus angustifolia</i> <i>Fraxinus excelsior</i> <i>Hippophae rhamnoides</i> <i>Lycium barbarum</i> <i>Picea pungens</i> <i>Pinus mugo</i> <i>Pinus nigra</i> <i>Populus alba</i> <i>Populus tremula</i> <i>Populus x canescens</i> <i>Prunus spinosa</i> <i>Quercus</i> spp. <i>Ribes alpinum</i> <i>Ribes aureum</i> <i>Robinia pseudoacacia</i> <i>Rosa rugosa</i> <i>Salix</i> spp. <i>Symphoricarpos albus</i> <i>Tamarix Gallica</i> <i>Viburnum lantana</i></p>	<p><i>Ailanthus altissima</i> <i>Alnus glutinosa</i> <i>Colutea arborescens</i> <i>Crataegus monogyna</i> <i>Elaeagnus angustifolia</i> <i>Fraxinus excelsior</i> <i>Hippophae rhamnoides</i> <i>Larix decidua</i> <i>Lonicera xylosteum</i> <i>Lycium halimifolium</i> <i>Populus tremula</i> <i>Ribes alpinum</i> <i>Robinia pseudaccacia</i> <i>Salix caprea</i> <i>Salix cinerea</i> <i>Symphoricarpos albus</i> <i>Tamarix</i> spp. <i>Viburnum opulus</i></p>
Autor	SEMORÁDOVÁ (2003)	ZELLER (1984)
Citlivé druhy vůči působení solí	<p><i>Abies alba</i> <i>Acer platanoides</i> <i>Acer pseudoplatanus</i> <i>Carpinus betulus</i> <i>Cornus sanguinea</i> <i>Corylus avellana</i> <i>Fagus sylvatica</i> <i>Larix decidua</i> <i>Ligustrum vulgare</i> <i>Picea abies</i> <i>Pinus sylvestris</i> <i>Pseudotsuga menziesii</i> <i>Rosa canina</i> <i>Sorbus aucuparia</i> <i>Tilia</i> spp. <i>Ulmus</i></p>	<p><i>Alnus incana</i> <i>Berberis vulgaris</i> <i>Carpinus betulus</i> <i>Cornus mas</i> <i>Cornus sanguinea</i> <i>Corylus avellana</i> <i>Cotoneaster horizontalis</i> <i>Fagus sylvatica</i> <i>Picea abies</i> <i>Pinus sylvestris</i> <i>Prunus padus</i> <i>Pyracantha coccinea</i> <i>Quercus petraea</i> <i>Rhamnus cathartica</i> <i>Rosa canina</i> <i>Rosa rubiginosa</i> <i>Salix purpurea</i> <i>Sorbus aria</i> <i>Sorbus aucuparia</i> <i>Taxus baccata</i></p>

8. Diskuse

Existují tři základní zdroje, jak se do ekosystému chloridy a sodík dostávají: splaškové odpadní vody, přirozená suchá a mokrá depozice, zimní chemická údržba komunikací. Jako primární kontaminaci označujeme vstup a pohyb látek v prostředí realizovaný přímo zimní údržbou, to jsou: posyp, pluhování a frézování, rozstřík břečky vozidly a vozidly vířený aerosol. Posypové soli se dostávají z komunikací přímo do půdy, vody nebo na rostliny. Posyp vozovek je nejzávažnější zdroj, který aplikuje velké množství soli na relativně malou plochu, kde je tedy riziko vysokých nadměrných koncentrací.

Ze všech zjištěných skutečností v kap.5. vyplývá, že obsahy sledovaných látek jak v půdě, tak v asimilačním aparátu jsou na některých sledovaných úsecích značně variabilní. Pro získání objektivnějších hodnot by monitoring musel být dlouhodobější a proveden i v různém ročním období. V porovnání s podobnými studii byly v průměru zjištěny obdobné hodnoty u sledovaných látek, avšak nikdy nebyly naměřeny tak vysoké hodnoty koncentrace v půdě jako u Odborného posudku NOVOTNÉHO (2004), kde byly zjištěny hodnoty u chloridů až 1173mg/kg a u sodíku 1111mg/kg v FH půdním horizontu, u analýzy vzorků druhého ročníku jehličí byly zjištěny hodnoty u chloridů až 8709 mg/kg. Zmiňovaný posudek byl vypracován v roce 2004 v přibližně stejné lokalitě, kde je nyní umístěn transekt č.1. Může toto být známka určitého zlepšení současného stavu?

Základním ovlivňujícím faktorem zjištěného množství soli v půdě a biotě je průběh počasí a množství aplikované soli během zimy. Množství a intenzita srážek v době vegetace rozhoduje o vymývání solí z půdy a následně i o sekundární kontaminaci do širšího okolí solené vozovky. Projev negativních účinků posypových solí na vegetaci lze očekávat hlavně při teplém a srážkově deficitním průběhu počasí vegetační sezóny. Zvýšená dehydratace vegetačních orgánů a zvýšená absorpce solí kořenovým systémem se projevuje při vyšších teplotách a expozice na přímém světle tuto skutečnost umocňuje. Vyluhování chloridů z půdy probíhá rychleji než u sodíku a při intenzivních srážkách se koncentrace chloridů přiblíží normálním hodnotám velmi rychle, v řádech dnů (ANDĚL ET AL. 2010). Hlavně jarní období roku 2010 bylo srážkově nadprůměrné, zvýšená mortalita zeleně u solených vozovek v době vegetace nebyla pozorována a vzhledem k období odběru vzorků půdy (podzim 2010) byl předpoklad zjištění nižších koncentrací sledovaných látek, vlivem letního vyluhování NaCl.

Posypové soli se dostávají z tajícího sněhu nejprve do vody, následně do půdy a z té jsou konečným příjemcem také živé organismy. Soli mohou ovlivnit celou řadu dalších přírodních prostředí, např. povrchové vody a hydrofaunu, edafon, ale mohou to být i celé ekosystémy.

Povrchové vody jsou hlavním transportním médiem kontaminace v době tání. Sůl obsažená ve vodě z kontaminovaného tajícího sněhu odtéká odvodňovacím systémem komunikací společně s povrchovou vodou buď přímo do vodotečí, nebo prosakuje podloží do spodních vod a je zdrojem sekundární kontaminace. Dle Nařízení vlády č. 23/2011 Sb., o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových a odpadních vod je norma environmentální kvality těchto vod uvedena hodnota obsahu chloridů do 150 mg/l. Z dostupných výsledků analýzy vzorků vody z vodotečí prováděných opakovaně na území KRNAP byly zatím nejvyšší hodnoty zjištěny dne 5.1.2006 na řece Jizeře u chloridů 18 mg/l (ANDĚL ET AL. 2010), BRANIŠ ET AL.(2005) uvádí maximální naměřené hodnoty pouze 5 mg/l na řece Úpě ze dne 14.3.2005. Na řece Jizeře monitoring stále pokračuje a dlouhodobé výsledky ukazují, že koncentrace chloridů jsou velmi nízké a nemají žádný negativní vliv na povrchové vody podél silnic na území Krkonošského národního parku, protože ve vodních tocích dochází k rychlému ředění.

Výzkumy v Národním parku Šumava ukazují až 10 krát zvýšené koncentrace chloridů v rašeliništích a stojatých vodách i ve vzdálenosti 100 m od solené silnice a tyto koncentrace se během roku neměnily, naopak nejvyšší byly zjištěny v letních měsících (HUBENÝ 2006). Tato skutečnost bude pravděpodobně způsobena nepropustností podloží rašelinišť a tedy nemožností vyplavení chloridů, kdy odparem vody v letním období a nemožností ředění jako v tekoucích vodách dochází ke kumulaci Cl⁻.

Sledování vzestupu koncentrace solí v povrchových vodách v době tání sněhu je signalizováno jak z USA, tak i z mnoha evropských zemí. Podobně jako na Šumavě byly zjištěny zvýšené koncentrace chloridů v potocích pohoří Adirondack Mountains (USA), dokonce 31 krát vyšší po proudu pod solenou komunikací než proti proudu nad komunikací a ukázalo se, že v jezeře Rich Lake, které je zmíněnými potoky napájeno se zvýšená salinita projevuje i 6 měsíců po skončení solení (DEMERS, SAGE 1990). Všechna tato zjištění ale nemají zásadní vliv na hydrofaunu, pro sladkovodní organismy jsou zjištěny tyto toleranční limity:

- řasy a zooplankton	1000 mg Cl ⁻ /l
- fauna v larválním stadiu	1000 mg Cl ⁻ /l
- rybí potěr	3000 mg Cl ⁻ /l
- pstruh	6000 mg Cl ⁻ /l

(VYMĚTALOVÁ 1994)

Takto vysoké hodnoty nejsou v povrchových vodách běžně zaznamenávány a je tedy zřejmé, že negativní vliv aplikace posypové soli na sladkovodní živočichy se projeví až při obsahu několika gramů v litru. Pro porovnání, mořská voda obsahuje cca 19 000 mg Cl⁻/l.

Co se týká vlivu na rostliny v našich klimatických podmínkách, není většina rostlin přizpůsobena vyšším koncentracím soli v půdním roztoku a označujeme je jako glykofyty nebo též rostliny halofóbní. Rostliny, které zvýšené hladiny soli v půdě tolerují nebo vyžadují se označují jako halofyty a z celkového počtu druhů naší květeny jsou zastoupeny méně než 1%. K primárnímu (kontaktnímu) poškození jsou méně odolné stálezelené druhy rostlin, které se nemohou škodlivin zbavit jako listnaté druhy opadem listů, v němž se kumulují ionty Na⁺ a Cl⁻. Ty vyvolávají poškození pupenů, nedřevnatých výhonků a kůry. Typickým příznakem přímého poškození nadzemních orgánů jsou nekrotické skvrny začínající u špičky listového čepele a šíří se dále, žloutnutí až hnědnutí listů a jejich předčasný opad, někdy již v letních měsících. Škody způsobené přímým kontaktem jsou nižší než ty, které vznikají jako důsledek zvýšené koncentrace soli v půdě, protože nevedou k akumulaci chloridů v rostlinných tkáních (GIESA, GUMPRECHT 1990). Keře a nízké dřeviny jsou vzhledem ke svému habitu citlivější na primární poškození než vysokokmenné dřeviny. Sekundárním poškozením, kdy je rozpuštěná sůl v půdě přijímána kořenovým systémem rostlin, vzniká tzv. osmotický stres. Hromaděním iontů Na⁺ a Cl⁻ ve tkáních rostlin se projevuje sníženým příjmem vody, omezením příjmu důležitých živin a následným usycháním. Akumulace těchto látek je provázána sníženým obsahem vápníku, a proto přítomnost Ca v solících směsích např. CaCl₂ má zcela určitě pozitivní vliv, neboť omezuje hromadění Na a Cl a preferuje selektivní příjem draslíku před sodíkem (BROGEMANS ET AL. 1976).

Studii zabývajících se vlivem solení na faunu je málo. Z biologie je známo, že sůl (NaCl) je důležitá pro život některých rostlin a živočichů, ale organismy se liší tím, jaké množství soli svůj život potřebují. Např. solení komunikací v USA způsobilo vymizení citlivých obojživelníků (*Ambystoma maculatum*, *Rana sylvatica*) z nejvíce ovlivněných

rybníčků (KARRAKER ET AL. 2008). Ve sledované oblasti KRNAP se s mlokem skvrnitým v jeho lokalitách výskytu u solených vozovek stále běžně setkáváme.

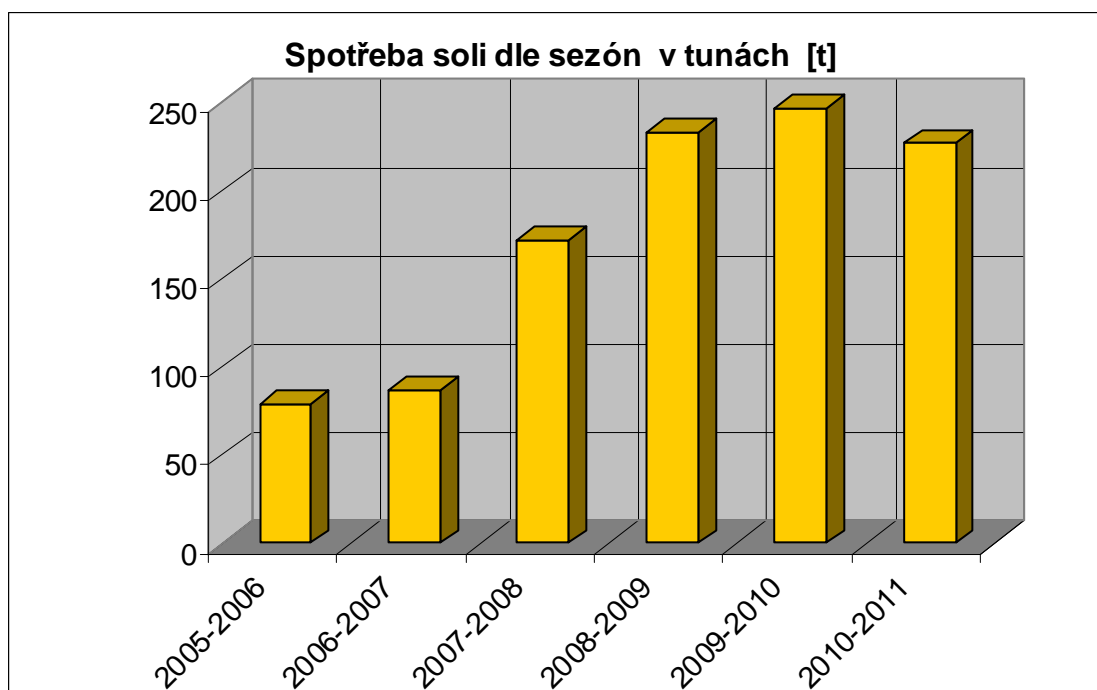
Údaje o množství spotřebované soli, počtu solených dní apod. k této práci poskytl ing. Petr Šén, provozní náměstek Krajské správy silnic Libereckého kraje. Z tabulky č.6, obr. č.12 a přílohy č.2 je zřejmé, že na ošetření vozovek I. třídy na úseku 8,25 km procházející III. zónou KRNAP bylo nejvíce soli aplikováno v zimní sezóně 2009-2010 v množství 246,7 tun. Dle jednotlivých měsíců, sledováno od roku 2005, bylo nejvíce soli spotřebováno na tomto úseku v prosinci 2010 v množství 85,7 tun. V tomto měsíci bylo díky průběhu počasí aplikováno enormní množství soli, při uvažované šířce ošetřené vozovky 7 m obou jízdních pruhů tj. téměř 1,5 kg soli na 1 m² za měsíc, přičemž by takováto dávka na m² měla odpovídat maximální celosezónní aplikaci.

Toto množství bylo dodrženo pouze v zimních sezónách 2005-2006 a 2006-2007 vlivem mírných zim. Celková spotřeba soli na tomto úseku za posledních 6 let činila téměř 1045 tun, což je 18kg/ m². Tato aplikovaná sůl je transportována do okolí komunikací (voda, půda, biota) a pro představu, pokud by se kumulovala pouze při jedné straně vozovky (např. jednostranným příčným sklonem) znamená to, jako bychom za 6 let vysypali na každý započatý 1 bm krajnice vozovky téměř 130 kg soli. Jen v uplynulé sezóně 2010-2011 tato představa činí 28 kg na každý započatý běžný metr jedné krajnice, nebo 14 kg soli na každý 1 metr krajnice obou směrů.

Je ale zřejmé, že toto obrovské množství soli dodávané na relativně malou plochu se dokáže z prostředí rychle vyplavit, protože hodnoty obsahu sodíku a chloridů zjištěné v půdě u solených komunikací jsou již na podzim, před nastávající solící sezónou srovnatelné s hodnotami zjištěnými u transektu č.4, kde je chemický posyp celoročně zakázán. Toto zjištění neplatí u koncentrace sledovaných látek v asimilačním aparátu smrku. Listnaté dřeviny se opadem listů částečně zbavují toxických látek, v jehličí dohází ke kumulaci. Zjištěné hodnoty jsou vysoké a silně nadlimitní, ale pouze u jedinců, přilehlých přímo k solené komunikaci, kde působí jak primární tak sekundární kontaminace.

U porostů dále od komunikace není předpoklad primárního ovlivnění solemi, ale je třeba mít na paměti, že sekundárně mohou být ovlivněny porosty i 200 m od krajnice, zejména u odvodňovacích kanálů solených vozovek (NOVOTNÝ 2006). Extrémní hodnoty

sledovaných látek zjištěné v druhém ročníku jehličí smrku u krajnice vozovky jsou zcela jistě důsledkem nadměrné aplikace chemických posypových materiálů na bázi chloridů v zimním období.



Obr.č.12: Spotřeba soli dle zimních sezón na sledovaném úseku III. zóny KRNAP

Tab.č.6: Celková spotřeba soli od roku 2005 na sledovaném území. (ŠÉN 2011, ANDĚL 2010)

Rok	Měsíc	Počet dní solení	Celková spotřeba soli [t]	Spotřeba na 1 m ² [g]	Maximum na 1 m ² za 1 den [g]
2005	říjen	0	0	0	0
	listopad	16	15,336	240	19
	prosinec	31	23,068	361	18
2006	leden	18	12,013	188	20
	únor	25	14,825	232	19
	březen	19	11,785	184	19
	duben	5	2,337	35	10
	spotřeba soli 2005-2006		79,364	1240	
	říjen	0	0	0	0
	listopad	8	11,502	180	45
prosinec	20	13,419	210	20	
2007	leden	20	22,046	345	45
	únor	25	17,892	280	30
	březen	19	17,573	275	55
	duben	7	4,473	70	10
	spotřeba soli 2006-2007		86,905	1360	
	říjen	0	0	0	0
	listopad	25	44,092	690	50
prosinec	28	37,382	585	55	
2008	leden	28	39,938	625	55
	únor	20	15,656	245	35
	březen	26	30,673	480	45
	duben	5	3,834	60	20
	spotřeba soli 2007-2008		171,575	2685	
	říjen	0	0	0	0
	listopad	14	21,407	335	50
prosinec	28	40,897	640	45	
2009	leden	26	64,54	595	40
	únor	20	65,499	325	40
	březen	16	40,897	345	30
	duben	0	0	0	0
	spotřeba soli 2008-2009		233,24	2240	
	říjen	9	16,295	255	55
	listopad	3	4,793	75	35
prosinec	27	60,706	950	55	
2010	leden	29	69,972	1095	50
	únor	27	57,191	895	60
	březen	19	37,702	590	50
	duben	0	0	0	0
	spotřeba soli 2009-2010		246,659	3860	
	říjen	2	2,309	40	20
	listopad	8	21,643	380	60
prosinec	30	85,708	1490	60	
2011	leden	29	70,124	1220	60
	únor	19	35,495	620	55
	březen	11	11,831	210	35
	duben		?		
	spotřeba soli 2010-2011		227,11	3960	

9. Závěr

Použití chemických rozmrazovacích prostředků je, vzhledem ke svým přednostem a výhodám, zatím nenahraditelným prostředkem v zimní údržbě komunikací. Z hlediska ochrany přírody je negativní vliv na životní prostředí těchto prostředků prokázán, ale z hlediska bezpečnosti silničního provozu mají mnohem lepší hodnocení než inertní posypové materiály. Chemické ošetřování vozovek je rozšířeno po celém světě a používá se převážně chlorid sodný ve všech formách (pevný, vlhčený, solanka) někde v kombinaci s chloridem vápenatým. Použití ostatních prostředků uvedených v kapitole 3.2.2. je zanedbatelné. Dosud nebyla nalezena jiná účinná látka k zimnímu ošetřování vozovek cenově srovnatelná s NaCl a bez jakýchkoli vedlejších vlivů na půdu, vodu či biotu.

Nejvíce je ohrožený pás od krajnice souběžně s vozovkou do porostu o průměrné šířce okolo 10 m, který je vystaven nejvyšší primární i sekundární kontaminaci. Hlavně první řady stromů jsou vystavovány mimo působení solí i vlivům emisí z dopravy a změně mikroklimatu na okraji porostu projíždějícími vozidly. Ionty NaCl se dostávají do tkání rostlin a změnou osmotického potenciálu mezi půdními částicemi a kořenovým systémem rostliny obtížně získávají vodu i živiny a jsou náchylnější na sekundární poškození např. hmyzem a houbami. Riziko negativních vlivů nastává v místech potencionálně vysokých koncentrací sodíkových a chloridových iontů. Může dojít k vytěšňování původních druhů rostlin jinými, což lze chápat zejména ve zvláště chráněných území jako negativní proces. Nemusí být však nevratný, neboť při zabrání zasoření půdy je předpoklad postupného obnovení původní druhové skladby.

Intenzita kontaminace prostředí je také závislá na bilanci srážek v daném vegetačním období. Vyším úhrnem srážek je zajištěn transport solí mimo lesní ekosystémy do vodotečí, ty jsou konečným příjemcem chloridu sodného aplikovaného při zimní údržbě a vodními toky je odnášen zpět do moře. Na rozdíl od inertních materiálů se tedy může jednat o recyklovatelný obnovitelný zdroj.

Poškození posypovou solí se projevuje pouze místy v úzkém pruhu porostů přilehlých k solené komunikaci a pokud bude v budoucnu chemická zimní údržba vozovek omezována na nezbytně nutné minimum při dodržení zásad uvedených v kap. 7., nebude mít použití solí zásadní a nezvratný vliv na lesní ekosystémy v KRNAP.

V současné době, kdy velice narůstá úloha lesů jakožto činitele ochrany životního prostředí, objevují se nesporně nové úkoly pro lesní hospodářství. Jedním z nich je vypracovat a uvést do praxe specifické techniky a technologie, které by vylučovaly nebo alespoň zmírňovaly poškození lesních ekosystémů.

10. Souhrn

Cílem mé práce bylo zjištění zdravotního stavu porostů v blízkosti silnic I. třídy v západní části KRNAP, míry zastoupení obsahů prvků (v půdě a v jehličí), které se nejvíce používají v chemických posypových materiálech k zimnímu ošetření vozovek.

Nejvíce jsou postiženy stromy okrajových porostů u solené komunikace a dále pak v blízkosti odvodních kanálů nebo při jejich vyústění. U odebraných vzorků půd i asimilačního aparátu byla zjištěna závislost výše obsahu prvků ve sledovaných sondách na vzdálenosti od krajnice silničního tělesa hlavně u sodíku. Nejvyšší obsahy prvků ve sledovaných sondách jsou ve vzdálenosti 1 – 5 m od krajnice vozovky v obou půdních horizontech. Místo extrémní zvýšení obsahu chloru je zaviněno tím, že chlor jako prvek je mikroelement, rostliny ho také ve větším množství nespotřebovávají a hlavně, je zde dodáván (ve formě NaCl) v obrovském množství.

Pokud bude v budoucnu chemická zimní údržba vozovek omezována na nezbytně nutné minimum a při dodržení zásad uvedených v kapitole 7., nebude mít použití solí zásadní a nezvratný vliv na lesní ekosystémy v KRNAP.

Summary:

The aim of my work was to find out the state of health of the brushwood nearby 1st category roads in western part of KRNAP, the representation of the elements (in soil and needles) which are most frequently used in spreadings used for maintenance of roads in winter.

The most affected are the trees nearby salted roads and also the trees close by exit sewers or their drain mouths. Dependency of amount of elements and the distance from the edge of the roads was discovered especially in case of sodium. The highest amount of the elements is 1 – 5 kilometers from the roadside in both layers of soil. Sporadically extreme amount of chlorine is caused by the fact that chlorine is data element chain, plants do not use it too much and most of all it is supplied (in form of NaCl) in huge amount.

If there is a chemical maintenance kept to minimum in the future and the policy mentioned in chapter 7 is applied, the usage of salt will not have a fatal influence on forest ecosystems in KRNAP.

11. Literatura

- Anděl P. et al., 2010: Monitoring vlivu chemického posypu silnic I/14 a I/10 na území KRNAP, Evernia, Liberec
- Braniš M. et al., 2005: Zpráva o výsledcích monitoringu vlivu chemické údržby komunikací na okolní půdu, vodu a vegetaci v zájmových oblastech na území KRNAP, Přírodovědecká fakulta UK, Praha
- Brod H.G.,1988: Vergleichene Betrachtungen über die Wirkungen verschiedener Auftausalze (NaCl, NaCl₂, und MgCl₂)
- Brogemas J. et al., 1976: Effect of deicing chloride salts on ion accumulation in spruce (*Picea abies* (L.)sp.) Can.J.Plant Sci.,56, s. 853-859
- Dermes C.L.,Sage R.W.,1990: Effects of road deicing salt on chloride levels in four Adirondack streams. Water, Air and Soil Poll., 369-373
- Giesa S.,Gumprecht G.,1990: Einfluss des Streusalzes auf die Lebensbedingungen der Gehölze an Ausserortsstrassen. Strasse und Autobahn 41, s.204-210
- Hošek J., Kaufman R., 1992: Vliv nákladní kamionové dopravy a zimní údržby silnice E-53 na přírodu Národního parku Šumava a na životní prostředí centrální části sídla Železná Ruda, Agnos, Praha 78 s.
- Hubený P., 2006: Solení? Proč ano?, časopis Šumava, Zima 2006, roč.11, str.26-27
- Karraker E. et al., 2008: Impacts of road deicing salt on the demography of vernal pool-breeding amphibians, Ecological application 18(3), New York, s.724-734
- Maňkovská B.,1984: Kontaminace porostních okrajů podél silnic, Lesnická práce 3/84, str.127-129
- Miko L. et al., 2005: Zákon o ochraně přírody a krajiny. Komentář, C.H.Beck, Praha, ISBN 80-7179-904-1, 526s.
- Moravec V., 1990: Negativní účinky chemických posypových materiálů, Ředitelství dálnic, nepublikováno, Dep.ŘSD Praha
- Nařízení vlády č.23/2011, kterým se mění nařízení vlády č. 61/2003 Sb., o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech, ve znění nařízení vlády č.229/2007 Sb.
- Nehyba J.,2003: LHP 2003-2012 LNC Harrachov, Lesprojekt s.r.o. Hradec Králové

- Novotný R., 2006: Poškození dřevin posypovými solemi, Lesnická práce 10/2006 s.31
- Novotný R., 2004: Odborné posouzení příčin poškození porostů na LS Harrachov, VÚLHM Jíloviště-Strnady, nepublikováno, Dep.Vrchlabí, KRNAP
- Pelíšek J., 1982: Odumírání lesních porostů podél solených silnic, Lesnická práce 8/82, s.373-375
- Semorádová E., 2003: Poškození lesních porostů posypovou solí, Lesnická práce 1/2003, s.26-28
- Suchara I., 1986: Účinky používání posypových solí na půdy a rostliny v okolí dálnic. Závěrečná zpráva. VŠÚOZ Průhonice, 76s.
- Supuka J., 1991: Vplyv posypových solí na rast a vývoj drevín. Zahradníctvo, 16, 37-40
- Šír J., 1965: Chemikálie v zimní údržbě silnic, Praha, 27s.
- Uhlířová et al., 2004: Poškození lesních dřevin, Lesnická práce, s.r.o., Praha, ISBN80-86386-56-2, 281s.
- Vymětalová B., 1994: Vliv chemického ošetření komunikací na přírodní prostředí – zhodnocení zahraničních zkušeností. Český ústav ochrany přírody, výzkumné a monitorovací pracoviště v Brně. Brno 33s.
- Wagner F.J., 1990: Požadavky jakosti na posypové látky pro potírání kluzkosti v silniční zimní službě, nepublikováno, Praha
- Zákon č.406/2010 Sb., kterým se mění zákon č.347/2009 Sb., kterým se mění zákon č.13/1997 Sb., o pozemních komunikacích
- Zeller W., 1984: Vliv posypových solí na dřeviny poblíž silnic.Route et trafic, 6, s.212-214

Další zdroje:

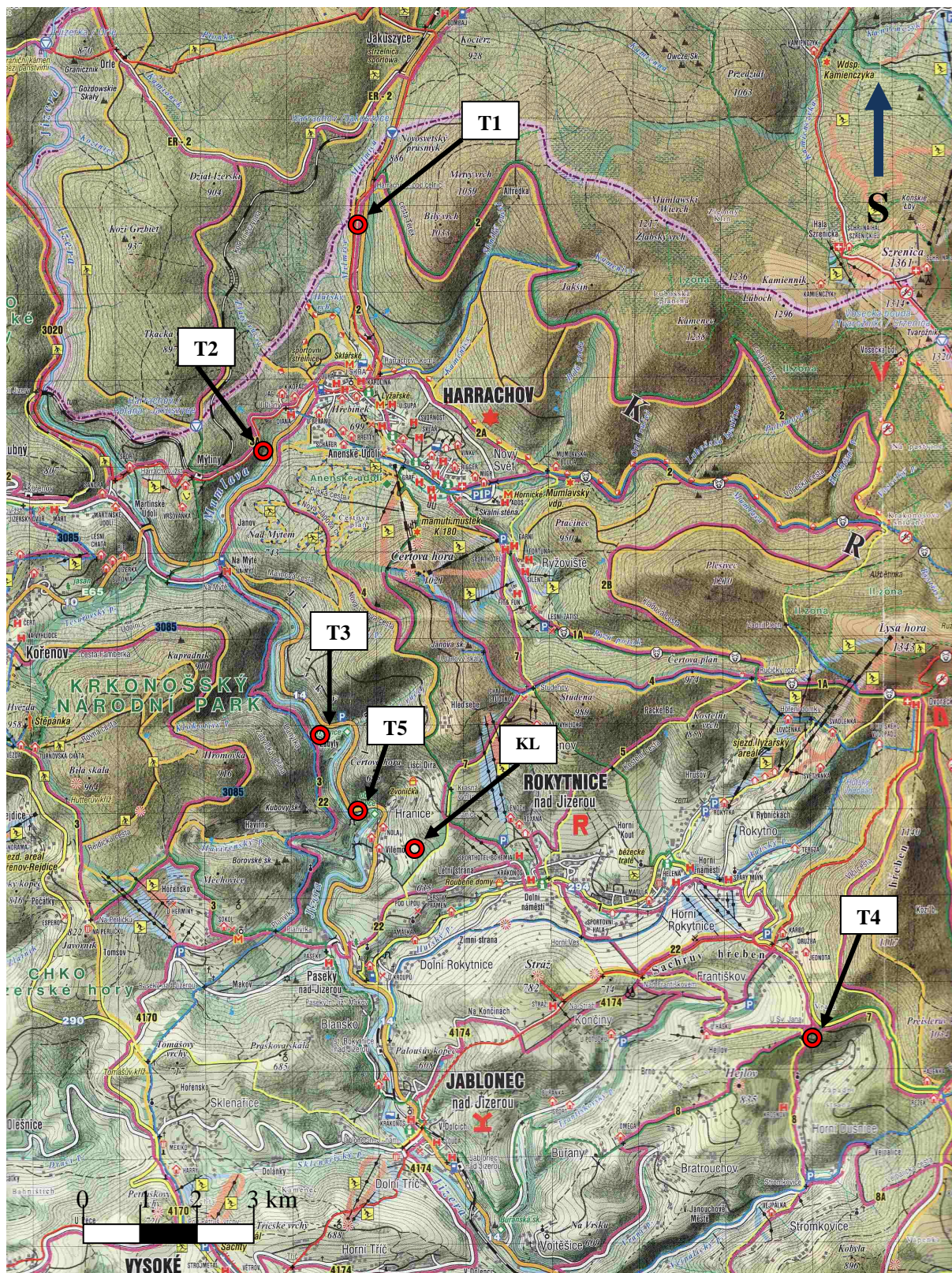
Ing. Macurová Hana, : Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy v Praze

Ing. Jan Lacina, : Ředitelství silnic a dálnic ČR

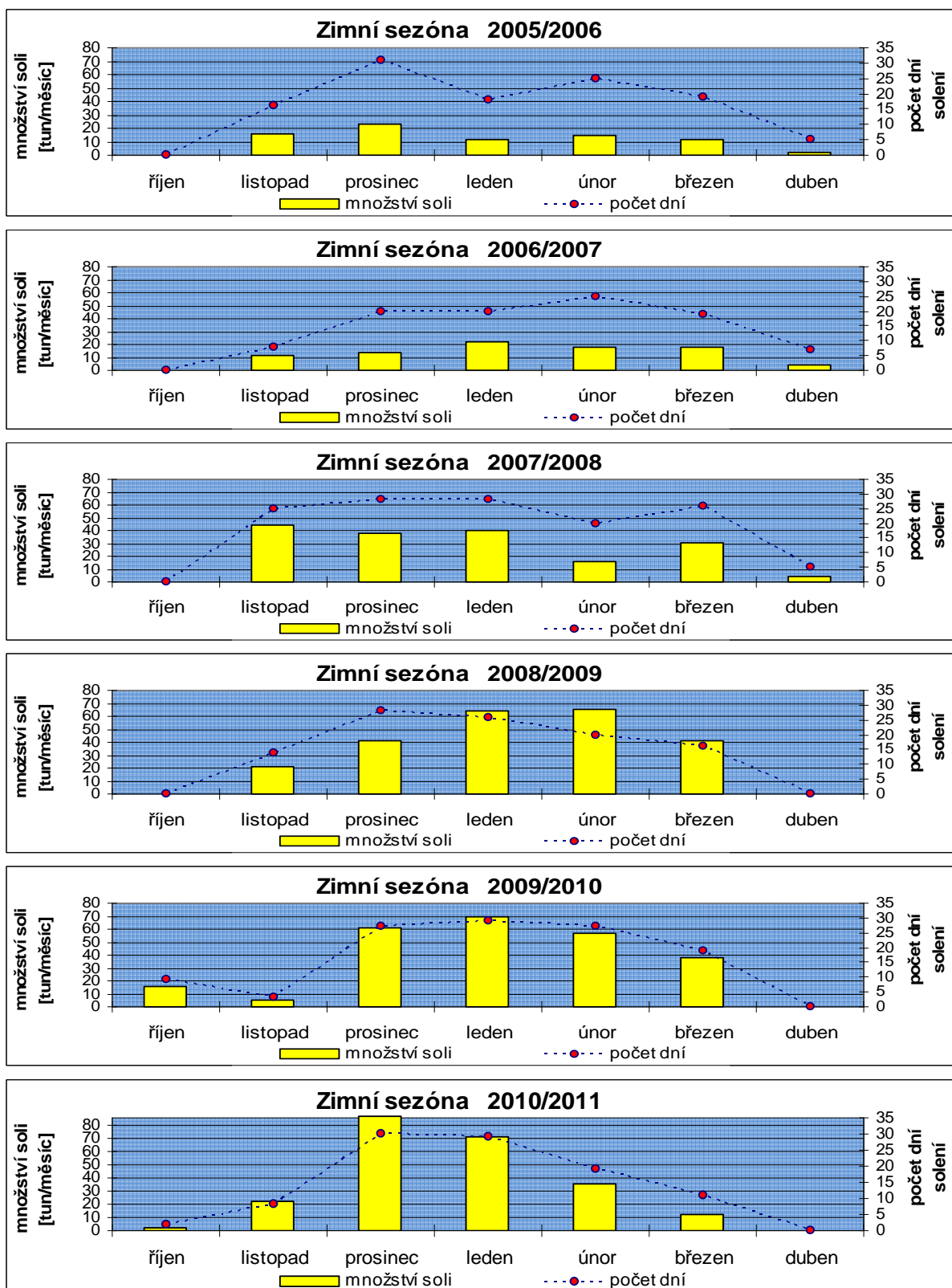
Ing. Petr Šén, : Krajská správa silnic Libereckého kraje

12. Přílohy

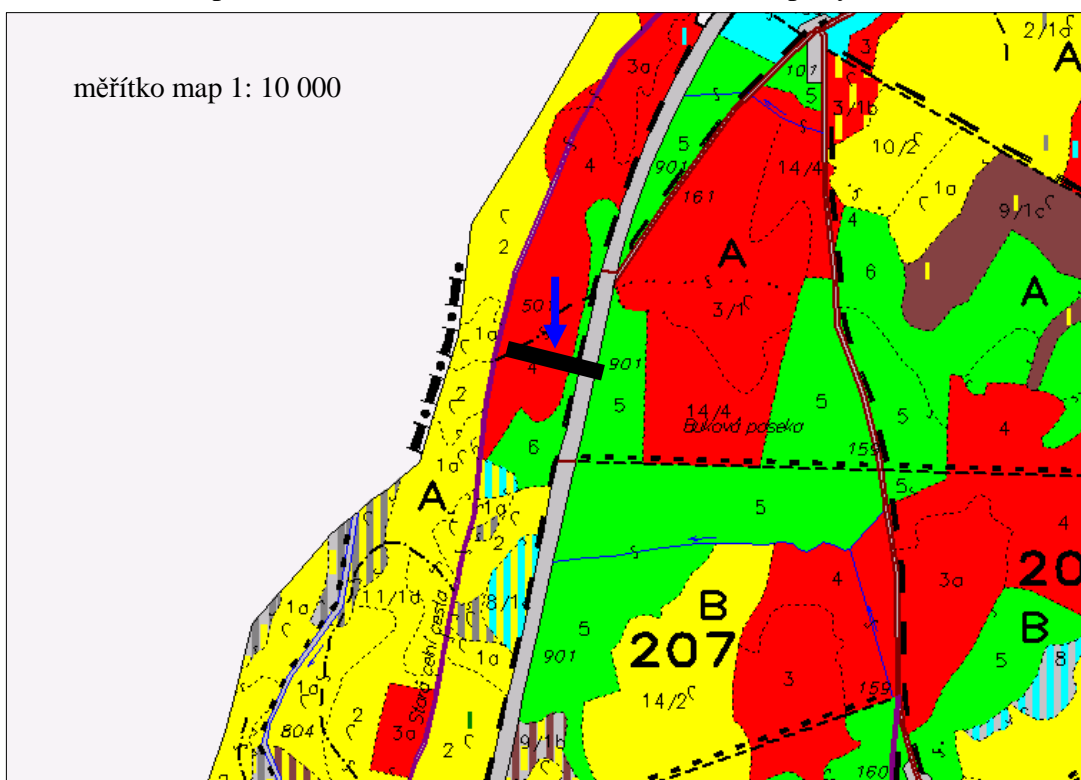
Příloha č.1: Mapa odběru vzorků dle transektů a kontrolních lokalit



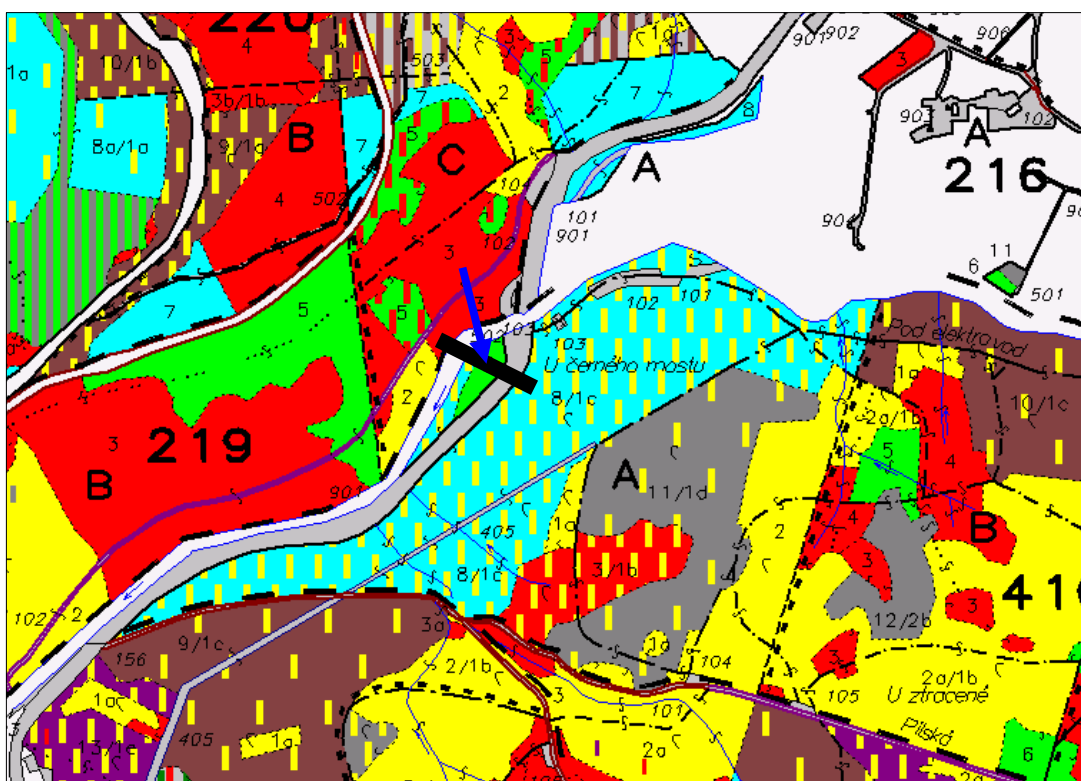
Příloha č.2: Spotřeba soli na sledovaném úseku a počtu solících dní v měsíci



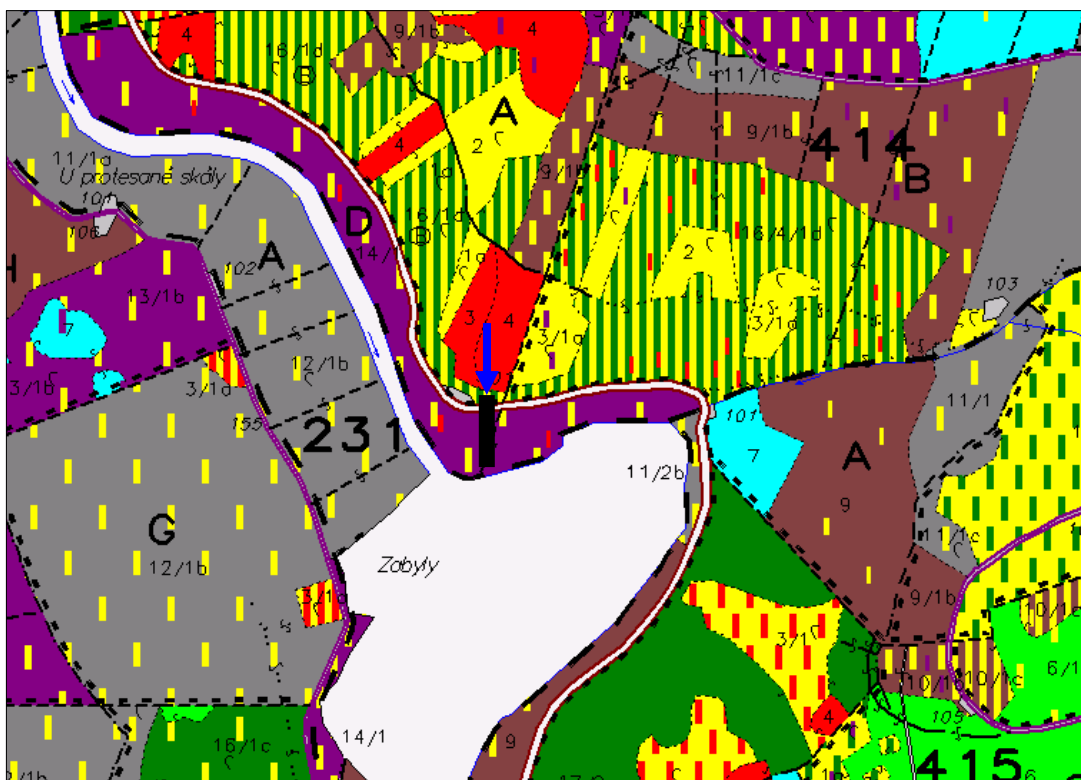
Příloha č.3 : Mapa umístění transektu č. 1 (T1, odběr vzorků půdy)



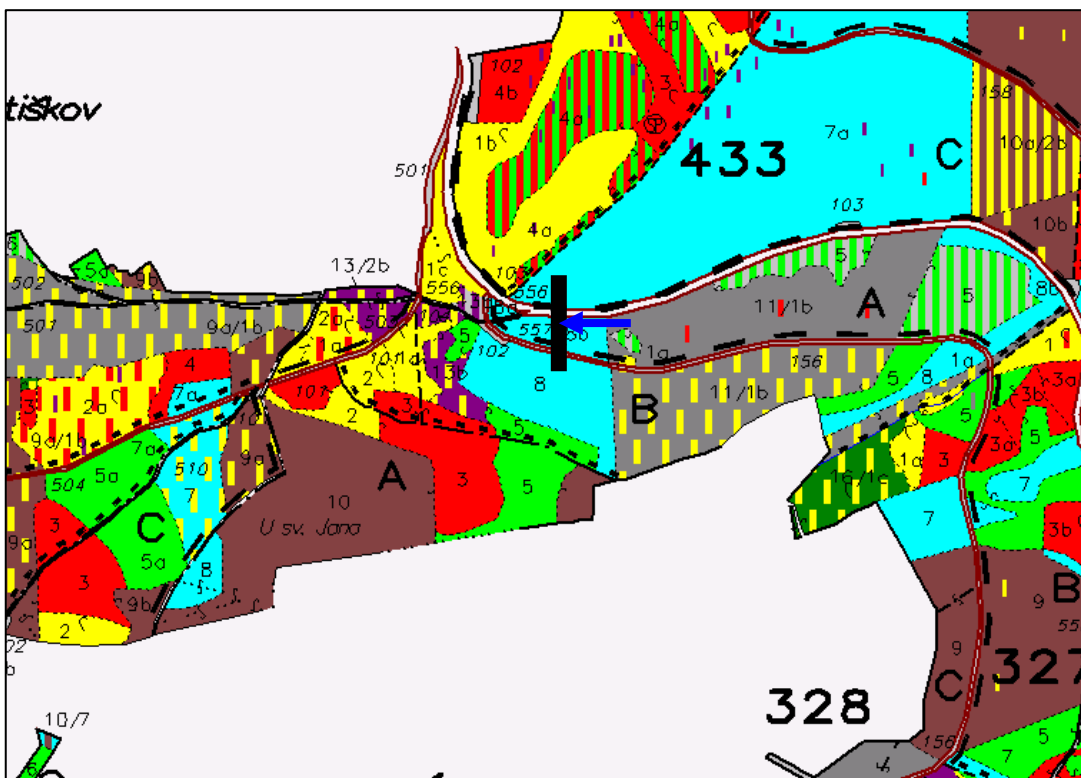
Příloha č.4: Mapa umístění transektu č. 2 (T2, odběr vzorků půdy a jehličí)



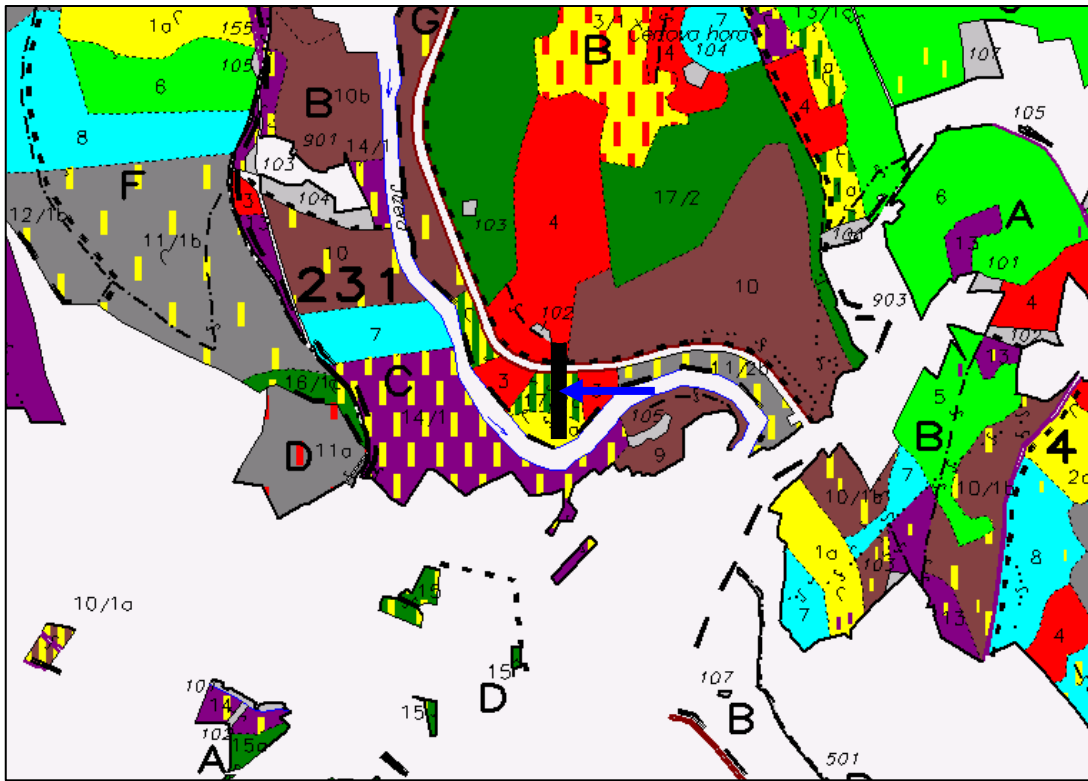
Příloha č.5: Mapa umístění transektu č. 3 (T3, odběr vzorků půdy)



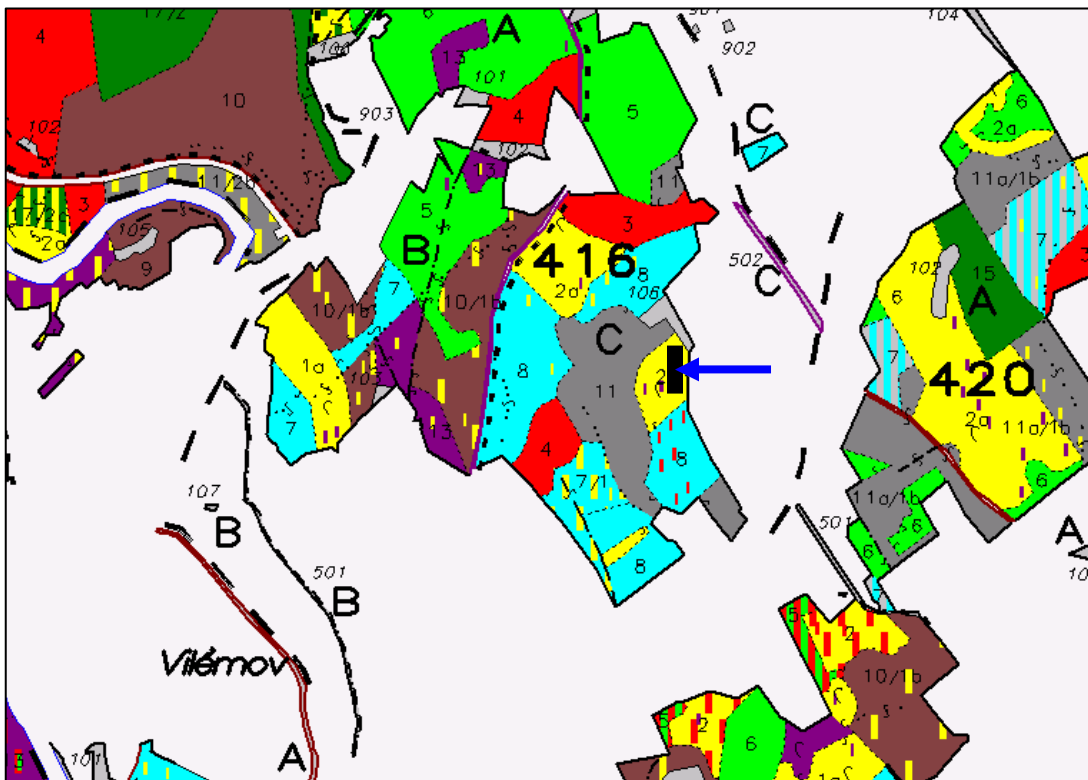
Příloha č.6: Mapa umístění transektu č. 4 (T4, odběr vzorků půdy)



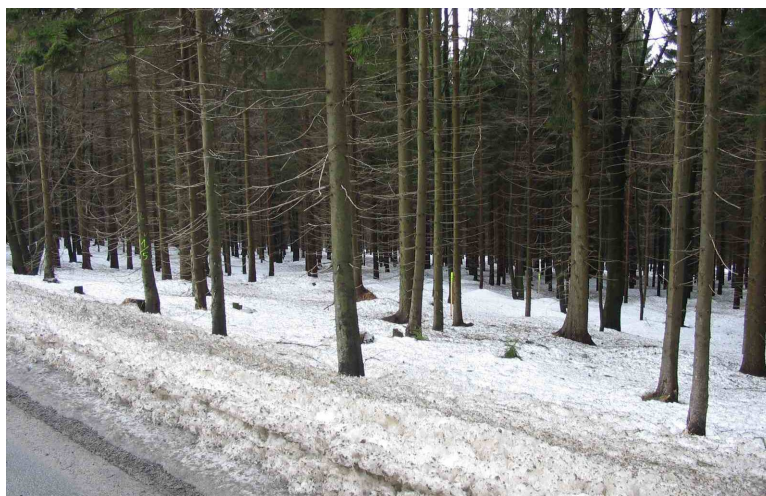
Příloha č.7: Mapa umístění transektu č. 5 (T5, odběr vzorků jehličí)



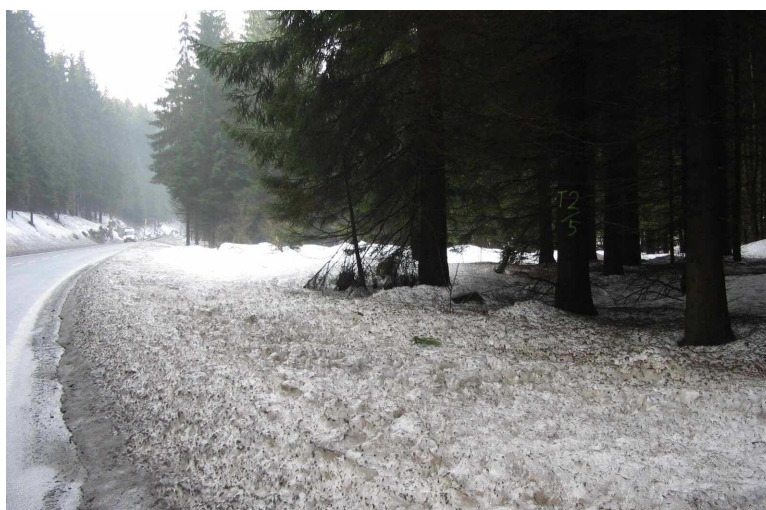
Příloha č.8: Mapa umístění kontrolní lokality (KL, odběr vzorků jehličí)



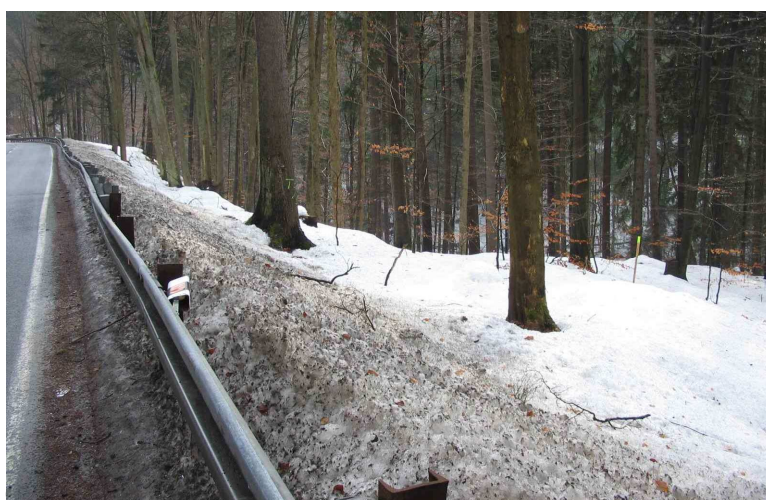
Příloha č.9: Transekt č.1 (žlutě označeny místa odběru půdy)



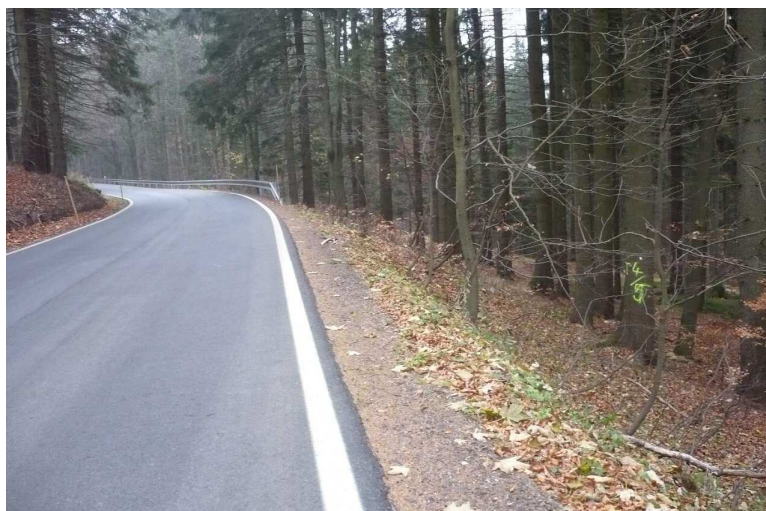
Příloha č.10: Transekt č.2



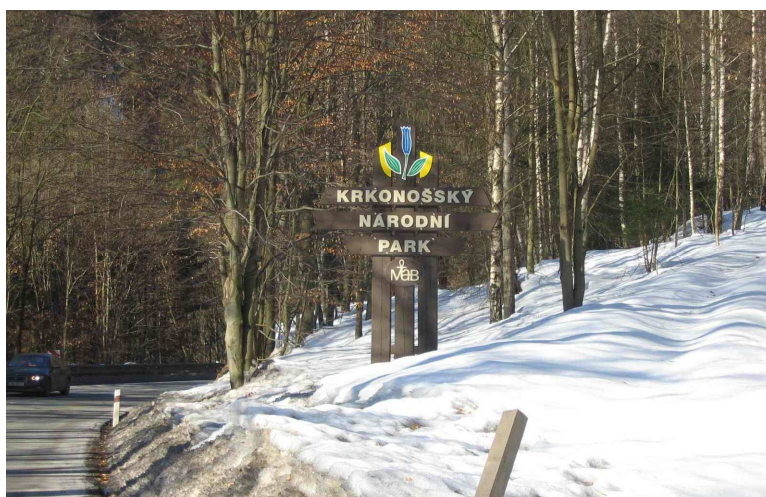
Příloha č.11: Transekt č.3



Příloha č.12: Transekt č.4 (silnice III.tř. zákaz solení, odběr půdy)



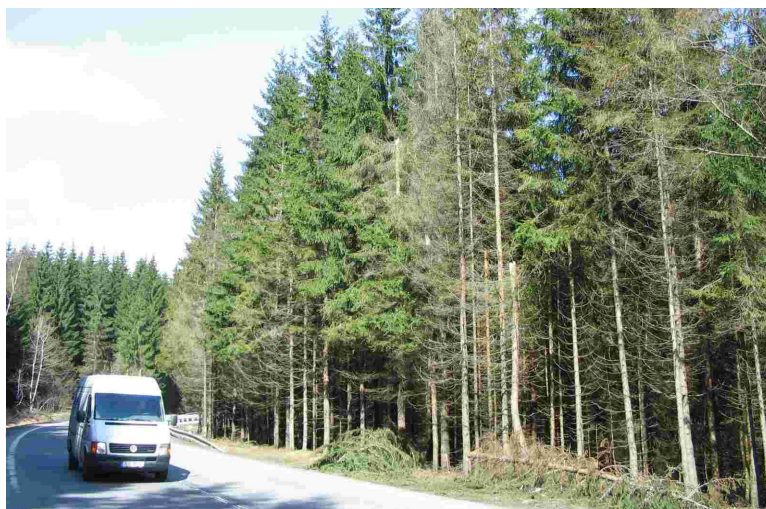
Příloha č.13: Transekt č.5 (odběr jehličí, v levo)



Příloha č.14: Kontrolní lokalita (KL) odběru jehličí



Příloha č.15: Poškozený porost u transektu č. 2



Příloha č.16: Poškozený porost u silnice I/10 pod Harrachovem



Příloha č.17: Poškozený porost u silnice I/10 nad Mýtem



Příloha č.18: Poškozený porost u silnice I/10



Příloha č.19: Sklad posypové soli u silnice I/10



Příloha č.20: Vozidlo údržby silnic



Příloha č.21: Výsledky analýzy půdy

Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v.v.i.
Centrální laboratoře

Žabovřeská 250 156 27 Praha 5 - Zbraslav

VÝSLEDKY ROZBORU PŮD

Zakázka: **194**
Zadavatel: **KRNAP Blomer**
Datum odběru: **15.11.10**
Lokalita: **Rokytnice nad Jizerou**
Datum uzavření: **13.12.10**

lab. číslo.	popis vzorku	SOP 02/2 pH H ₂ O	SOP 94/28 - celk Na-H ₂ O výluh mg/kg	SOP 94/28 - celk Cl-H ₂ O výluh mg/kg	SOP 94/28 - celk Ca-H ₂ O výluh mg/kg
2460	T1/1	7.37	16.3	13	17
2461	T1/5	6.88	105.8	17	2
2462	T1/15	4.08	13.9	34	2
2463	T1/30	3.64	25.9	48	2
2464	T1S/1	7.12	54.6	17	1
2465	T1S/5	5.99	94.0	46	2
2466	T1S/15	4.25	5.0	25	3
2467	T1S/30	3.94	18.8	31	3
2468	T2/1	6.61	237.5	417	21
2469	T2/5	5.65	24.4	16	3
2470	T2/15	4.82	6.1	20	6
2471	T2/30	4.81	5.8	22	92
2472	T2S/1	7.30	66.4	29	2
2473	T2S/5	6.72	46.4	23	5
2474	T2S/15	4.75	4.4	21	5
2475	T2S/30	5.84	4.0	20	9
2476	T3/1	7.16	46.3	18	5
2477	T3/5	4.60	81.5	76	8
2478	T3/15	4.20	15.8	46	3
2479	T3/30	3.85	16.1	51	4
2480	T3S/1	7.42	141.2	26	20
2481	T3S/5	4.33	20.5	32	5
2482	T3S/15	4.43	8.5	23	3
2483	T3S/30	4.29	11.5	32	2
2484	T4/1	6.78	6.2	18	36
2485	T4/5	4.09	8.8	38	8
2486	T4/15	3.85	7.7	29	7
2487	T4/30	3.41	10.9	39	3
2488	T4S/1	6.71	6.2	19	18
2489	T4S/5	4.15	9.7	18	7
2490	T4S/15	4.15	8.5	22	2
2491	T4S/30	3.99	4.8	19	2

VÝZKUMNÝ ÚSTAV MELIORACÍ
A OCHRANY PŮDY, v.v.i.
Žabovřeská 250
156 27 Praha 5 - Zbraslav

Příloha č.22: Výsledky analýzy jehličí


Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v.v.i.
Centrální laboratoře

Žabovřeská 250 156 27 Praha 5 - Zbraslav

VÝSLEDKY ROZBORU ROSTLIN

Zakázka: 7
Zadavatel: KRNAP Blomer
Datum odběru: 10.2.11
Lokalita: Rokytnice n. Jizerou
Datum uzavření: 9.3.11

lab. číslo	popis vzorku	lokalita	metodika ÚKZÚZ	výluh z popela
			R-chloridy mg/kg	R-sodík mg/kg
31	1	5 m od krajnice	3191	5636
32	2	50 m od krajnice	1064	101
33	3	100 m od krajnice	709	44
34	4	odumírající porost	2128	4876
35	5	nepoškozený porost	532	245


VÝZKUMNÝ ÚSTAV MELIORACÍ
A OCHRANY PŮDY, v.v.i.
Žabovřeská 250
156 27 Praha 5 - Zbraslav

Příloha č.23: Celková spotřeba posypové soli na silnicích I.tř. v ČR (LACINA, ŘSD 2011)

Silnice I. Třídy	materiál	Sezóna 05/06	Sezóna 06/07	Sezóna 07/08	Sezóna 08/09	Sezóna 09/10
Česká republika	solanka [l]	28 341 791	11 142 941	16 179 430	28 185 080	29 636 429
	sůl [t]	151 720	54 851	76 378	126 411	132 824
	inert [t]	23 614	6 358	10 425	13 003	12 090

Příloha č.24: Celková spotřeba soli v tunách, pouze dálnice ČR (LACINA, ŘSD 2011)

Sezóna	Celkem[t]	Km v provozu	Průměr [t] na 1km
2005/ 2006	34 660	599	57,863
2006/2007	14 697	701	20,966
2007/2008	19 393	715	27,123
2008/2009	33 464	766	43,687
2009/2010	41 468	773	53,646