

Sezónní monitoring obsahu chloridů v půdní vodě ve vybrané lokalitě města Zlína

Jarmila Nováková

Bakalářská práce
2011



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická
Ústav inženýrství ochrany živ. prostředí
akademický rok: 2010/2011

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Jarmila NOVÁKOVÁ**
Osobní číslo: **T080166**
Studijní program: **B 2808 Chemie a technologie materiálů**
Studijní obor: **Inženýrství ochrany životního prostředí**

Téma práce: **Sezónní monitoring obsahu chloridů v půdní vodě ve
vybrané lokalitě města Zlína**

Zásady pro vypracování:

1. **Prostudujte dostupnou literaturu a informační zdroje vztahující se k zadanému tématu.**
2. **Provedte pravidelné odběry půdní vody ve vybrané zájmové lokalitě a ve vzorcích stanovte obsah chloridů.**
3. **Provedte vizualizaci obsahu chloridů v půdní vodě pomocí GIS.**
4. **Situaci v zájmové lokalitě kriticky zhodnoťte a formulujte závěry.**

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Roman Slavík, Ph.D.

Ústav inženýrství ochrany živ. prostředí

Datum zadání bakalářské práce:

14. února 2011

Termín odevzdání bakalářské práce:

27. května 2011

Ve Zlíně dne 14. února 2011



doc. Ing. Petr Hlaváček, CSc.
děkan



doc. RNDr. Jan Růžička, Ph.D.
ředitel ústavu



Příjmení a jméno: JARMI A NOVÁKOVÁ

Obor: ČM-102P

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby¹⁾;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen na příslušném ústavu Fakulty technologické UTB ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3²⁾;
- beru na vědomí, že podle § 60³⁾ odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60³⁾ odst. 2 a 3 mohu užit své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Ve Zlíně 12. 5. 2011

Jarmila Nováková

¹⁾ zákon č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, § 47 Zveřejňování závěrečných prací:

(1) Vysoká škola nevýdělečně zveřejňuje disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce, u kterých proběhla obhajoba, včetně posudků oponentů a výsledku obhajoby prostřednictvím databáze kvalifikačních prací, kterou spravuje. Způsob zveřejnění stanoví vnitřní předpis vysoké školy.

(2) Disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce odevzdané uchazečem k obhajobě musí být též nejméně pět pracovních dnů před konáním obhajoby zveřejněny k nahlížení veřejnosti v místě určeném vnitřním předpisem vysoké školy nebo není-li tak určeno, v místě pracoviště vysoké školy, kde se má konat obhajoba práce. Každý si může ze zveřejněné práce pořizovat na své náklady výpisy, opisy nebo rozmnoženiny.

(3) Platí, že odevzdáním práce autor souhlasí se zveřejněním své práce podle tohoto zákona, bez ohledu na výsledek obhajoby.

²⁾ zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 35 odst. 3:

(3) Do práva autorského také nezasahuje škola nebo školské či vzdělávací zařízení, užije-li nikoli za účelem přímého nebo nepřímého hospodářského nebo obchodního prospěchu k výuce nebo k vlastní potřebě dílo vytvořené žákem nebo studentem ke splnění školních nebo studijních povinností vyplývajících z jeho právního vztahu ke škole nebo školskému či vzdělávacímu zařízení (školní dílo).

³⁾ zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 60 Školní dílo:

(1) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení mají za obvyklých podmínek právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla (§ 35 odst. 3). Odpírá-li autor takového díla udělit svolení bez vážného důvodu, mohou se tyto osoby domáhat nahrazení chybějícího projevu jeho vůle u soudu. Ustanovení § 35 odst. 3 zůstává nedotčeno.

(2) Není-li sjednáno jinak, může autor školního díla své dílo užít či poskytnout jinému licenci, není-li to v rozporu s oprávněnými zájmy školy nebo školského či vzdělávacího zařízení.

(3) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení jsou oprávněny požadovat, aby jim autor školního díla z výdělku jím dosaženého v souvislosti s užitím díla či poskytnutím licence podle odstavce 2 přiměřeně přispěl na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložily, a to podle okolností až do jejich skutečné výše; přitom se přihlídí k vyšší výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

ABSTRAKT

Půdní voda se získávala lysimetry umístěnými ve vybrané zájmové lokalitě města Zlína na březích Dřevnice po dobu šesti měsíců. Další obsahy chloridů byly získány z povrchu silnice po dešťových srážkách a z řeky Dřevnice. Obsah chloridů stanoven pomocí konduktometrické titrace v laboratoři.

Na základě množství chloridů se zjišťovalo, jak posypové soli působí na životní prostředí v zájmové lokalitě během podzimního, zimního a jarního období. Bylo zjištěno, že v zimním období se chloridy zvyšují a ovlivňují zejména pozemní komunikace, v jarním období působením tání sněhu a dešťových srážek se množství chloridů snižuje.

Klíčová slova: půda, půdní voda, chloridy, sůl, posyp silnic, GIS

ABSTRACT

Soil water was obtained from lysimeters placed in a selected area of interest in the city Zlín at the riversides Drevnice during six months. Additional chloride content was obtained from the road surface after rainfall and from the river Drevnice. The chloride content has been determined by conductometric titration in the laboratory.

On the basis of chloride content, it was studied, how the gritter salt affects the environment in the area of interests during autumn, winter and spring season. In winter, the chloride content has increased and affect mainly roads, in the spring term were affected parts of riversides because of melting snow and decreasing of rainfall.

Keywords: land, soil water, chlorides, salt, gritting roads, GIS

Motto:

Není důležitá kvantita ale kvalita vědomostí. Je možné mít více množství vědomostí, ale neznat to nejdůležitější.

Tolstoj Lev Nikolajevič

Poděkování:

Chtěla bych poděkovat svému vedoucímu panu Ing. Romanu Slavíkovi, Ph.D., za odborné vedení a cenné připomínky, které mi poskytl při vypracování této bakalářské práce. Zároveň děkuji své rodině za trpělivost a velkou podporu v celém průběhu mého studia.

Prohlášení:

Prohlašuji, že odevzdaná verze bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

OBSAH

ÚVOD.....	9
I TEORETICKÁ ČÁST.....	10
1 PŮDA.....	11
2 VODA	12
3 ANORGANICKÉ POLUTANTY	13
3.1 CHLORIDY V ŽIVOTNÍM PROSTŘEDÍ	14
4 GEOGRAFICKÝ INFORMAČNÍ SYSTÉM.....	18
II PRAKTICKÁ ČÁST	20
5 MATERIÁLY A METODIKA.....	21
5.1 POUŽITÉ PŘÍSTROJE A CHEMIKÁLIE.....	21
5.2 ODBĚRY VZORKŮ V ZÁJMOVÉ LOKALITĚ	21
5.3 STANOVENÍ CHLORIDŮ	24
5.3.1 Standardizace roztoku AgNO ₃	24
5.3.2 Stanovení chloridů v neznámém vzorku	24
6 VÝSLEDKY A DISKUSE	25
6.1 SEZÓNÍ OBSAH CHLORIDŮ V ZÁJMOVÉ LOKALITĚ	25
ZÁVĚR	31
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	32
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	34
SEZNAM OBRÁZKŮ	35
SEZNAM TABULEK.....	36

ÚVOD

Půda je přírodní útvar, který se v přírodě po dlouhou dobu vyvíjel nezávisle na působení člověka. Vznik půdy ovlivňuje řada činitelů, jako jsou srážky, teplota, georeliéf, voda podzemní i podpovrchová a mikroorganismy. Vody se dostávají do země již znečištěny nejen minerálními látkami, ale i organickými látkami. Anorganické polutanty vstupují do půdy z antropogenních zdrojů. Mezi přírodní polutanty se zejména zahrnují kovy: kadmium, olovo a rtuť. V půdě můžeme nalézt další látky jako Cr, Co, Cu, Mo, Ni, V, Zn. Znečištění různými škodlivými látkami může působit na přítomné půdní mikroorganismy a vést k narušení jejich přirozené funkce. Tento faktor může narušit rovnováhu celého ekosystému.

Přestože se v přírodě chloridy vyskytují v přirozených akumulacích (solná ložiska, jezera, moře, atd.), v současnosti se zvyšuje jejich množství v životním prostředí především díky antropogenním činnostem. Chloridy se dostávají do životního prostředí spalováním uhlí, průmyslovými procesy, z potravinářského průmyslu, špatným zajištěním skládek odpadů a zejména z posypu silnic.

Nejčastěji se chloridy do půdy dostávají v zimním období, kdy dochází k chemickému ošetřování silnic. Mají negativní vliv na vegetaci, korozi stavebních konstrukcí a dopravních prostředků. Soli jsou stabilizovány tající vodou po zimním období a dešťovými srážkami, které vstupují do povrchových toků a následně do podzemní vody.

Cílem této bakalářské práce je sezónní monitorování obsahu chloridů v půdní vodě ve vybrané zájmové lokalitě města Zlína.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 PŮDA

Půda vznikla z povrchových zvětralin za spoluúčinkování klimatu, organismů a jiných půdotvorných činitelů. Její složení závisí na prostředí, v němž vznikla. Na složení půdy se podílejí neživé a živé složky. Mezi neživé složky patří jíla, hlína, úlomky hornin → minerální složka, voda, vzduch, odumřelé zbytky organismů → rozklad → humus. Mezi živé složky patří kořeny rostlin, mikroorganismy, drobní živočichové. Edafon = živé organismy v půdě [1].

Půda jako přírodní útvar se vyvíjí v přírodě nezávisle na lidském vlivu, pod účinkem půdotvorných přírodních činitelů. Hlavní činitelé, kteří při vzniku půd působí, jsou podnebí (teploty a srážky), georeliéf (sklon svahů a nadmořská výška), voda (podzemní i podpovrchová), mikroorganismy, rostlinstvo, živočichové, zvětrávání. K těmto činitelům patří ještě zásah člověka [1].

Pórovitost je určována volnými prostory mezi tuhými částicemi. Póry jsou vyplněny půdními roztoky a půdním vzduchem. Pórovitost do hloubky ubývá [1].

Půdní struktura je vzájemné seskupení půdních částic. Pokud drobná zrna vyplňují mezery mezi většími zrny co nejdokonaleji, jedná se o strukturu prašnou neboli slitou. Jestliže se půdní částice spojují ve shluky, mezi nimiž zůstávají větší prostory, jedná se o strukturu drobovitou [1].

Půdní voda je půdní roztok s rozpuštěnými minerálními i organickými látkami. Půdní vzduch je složený z dusíku (N), kyslíku (O), oxidu uhličitého (CO₂) a z některých dalších plynů [1].

Barva půdy závisí na obsahu některých barevných půdních složek, např. jílu, vápence, solí železa a manganu, humusu (soubor organických látek rozkládajících se z těl živočichů a rostlin; neživá organická složka půdy) [1].

Chemická reakce půdy může být kyselá, neutrální nebo zásaditá. Závisí na stupni koncentrace volných vodíkových iontů. Půdní reakce ovlivňují mikrobiální činnosti v půdě, s kyselostí klesá. Nejlepší půdy jsou s reakcí neutrální pH = 7 nebo slabě zásaditou pH > 7. Vyskytují se v oblastech sušších. Nevhodné jsou půdy kyselé pH < 7, které se vyskytují ve vlhčích oblastech [1].

2 VODA

Voda na zemském povrchu je jeden z nejvýznamnějších geologických činitelů. Z vody, která spadne na zemský povrch v podobě dešťových srážek, část steče po povrchu do vodních toků, část se vsákne do země a část se opět vypaří do ovzduší. Voda prosakuje propustnými vrstvami, dokud nenarazí na nepropustné horniny, tam se zastaví. Nad těmito horninami se voda hromadí, vyplňuje všechny otvory a póry. Hladina podzemní vody není stálá, kolísá během roku i dne. Závisí na srážkách, teplotě, výparu, rostlinstvu [1].

Vody prosakující do země bývají v jisté míře znečištěny nejen minerálními látkami rozpuštěnými a mechanicky přimíšenými, ale i ústrojnými látkami. Prosakováním do země se většinou zbavuje přimíšených látek, zato látky rozpuštěné si ponechává, případně nové látky rozpouští a jimi se obohacuje. Takto získávají podzemní vody určité fyzikální a chemické vlastnosti a podle nich se pak zjišťuje jejich použitelnost [2].

Podle vazby vody v půdě se rozeznávají tři základní kategorie:

- Voda adsorpční, která je pevně vázaná půdními částicemi. V přírodě hlavně ve formě vodní páry. Patří k ní voda hyroskopická, jejíž původ je v pohlcování vodních par atmosférou. Voda obalová, která vytváří obal kolem půdních částic s vazbou 5 MPa – 0,1MPa. Voda vázaná, která je pevně vázaná molekulárními silami povrchu pevné fáze zeminy, a tedy v kapalném stavu prakticky nepohyblivá [2].
- Voda kapilární je část půdní vody, jejíž stav v půdě závisí na kapilárních silách, které na ni působí vazbou pod 0,1 MPa. Zvyšováním vlhkosti půdy se zvětšuje obsah této vody do té míry, že se stále více uplatňuje vliv zemské tíže [2].
- Gravitační voda je část vody v půdním nebo horninovém prostředí, jejíž pohyb a hydromechanické účinky jsou určovány převážně působením zemské tíže [2].

3 ANORGANICKÉ POLUTANTY

Chemické látky (polutanty) se mohou dostávat do vody z různých zdrojů. V současnosti je významný vstup především z antropogenních zdrojů, ale lze sem zařadit i jiné látky pocházející ze zdrojů přírodních, např. sulfan z geotermálních zdrojů anebo těžké kovy jako olovo, které se uvolňuje z minerálů [3].

K přírodním polutantům patří neodmyslitelně kovy, které jsou běžnou složkou minerálů a součástí zemského povrchu. Nejsledovanějšími těžkými kovy jsou kadmium, olovo a rtuť. Arzén, který je metaloidem, zahrnuje v sobě vlastnosti kovů i nekovů. Z hlediska toxicity běžně klasifikovaný jako těžký kov. V prostředí se často vyskytuje i zinek, který se hromadí v čistírenských kalech a na polích, kde dochází v důsledku akumulace zinku v plodinách ke snížení úrody. Pro rostliny může být toxická i měď. Hliník, přírodní složka půdy, z níž se může vyplavovat prostřednictvím kyselých dešťů a dosahovat hladiny, která je pro rostliny toxická. Z důvodu toxicity je pozornost věnována i chromu, kobaltu, železu, niklu a vanadu [3].

Při chemických procesech v půdě se uplatňuje rozpouštění a vymývání solí vlivem hydrolyzy a oxidace. Na nich závisí acidita půdy, přeměna železa, sloučenin manganu a hliníku, tvorba a pohyb půdních koloidů. Velmi pohyblivé jsou v půdě soli kyseliny uhličitě, sírové a solné. Jedná se především o sloučeniny draslíku, sodíku a vápníku, které se vodou snadno vyplavují. Hydrolytickému štěpení podléhají hlavně silikáty. Jsou to amfoterní krystalické a nespodně rozpustné sloučeniny hliníku, s kationty vápníku, hořčíku a draslíku, sodíku a železa, které se působením disociace vody štěpí na ionty H^+ a OH^- nahrazující v silikátech velmi zvolna ionty kovů. Čím větší je obsah kyselin v půdě, tím rychlejší bývá výměna kationtů, a také se oživuje oxidace a tvorba jílových minerálů [4].

Hlavní biogenní prvky jsou H, C, N, O, P, S, Ca, o jejichž biogeochemickém koloběhu je k dispozici nejvíce údajů. Všimneme si ostatních prvků, ze kterých je hlavně vybudováno naše prostředí. Hlavními prvky litosféry jsou mimo kyslík též křemík, hliník a železo. Významnou skupinou prvků jsou i alkalické zeminy a alkalické kovy. Mezi ně patří Mg, Na, K, Fluór a Chlór [5].

Chlór je prvek vázaný především na hydrosféru. Je nejhojnější rozpuštěnou složkou mořské vody a vedle karbonátů a sulfátů nejčastější aniontovou složkou všech typů vod. Tato skutečnost je dána velmi snadnou rozpustností jeho solí ve vodě. V horninách zemské kůry je jeho obsah poměrně nízký; rovněž netvoří významné plynné složky. V živých

organismech je důležitou složkou fyziologických roztoků. Jeho geochemické chování je dosud zřejmě nedokonale známo. Chlór je transportován řekami z pevnin do moře. Zdrojem na pevninách je zvětrávání, srážky a pevný spad aerosolových částic obsahujících chlór z moře a antropogenní činnost [5].

Obecně jsou chloridy uvolňovány do životního prostředí jednak přirozenými cestami a jednak v rámci lidské činnosti. Mezi přirozené zdroje můžeme zařadit: přirozené vymývání chloridů obsažených v horninách; přirozená rozsáhlá naleziště chloridu sodného v relativně čistém stavu; moře a oceány přirozeně obsahující obrovské množství rozpuštěných chloridů. Chloridy se tak dostávají do atmosféry unášením kapiček slané vody z mořské hladiny větry. Chloridy se dostávají do atmosféry z vulkanické činnosti i z přirozených lesních požárů [6].

Přirozené zdroje chloridů fungují v jisté rovnováze a bez vnějších zásahů nepředstavují pro životní prostředí ani člověka žádná významnější rizika. Lidstvo však v rámci svých činností uvolňuje do životního prostředí další významné množství chloridů. Nejdůležitější antropogenní emise: spalování uhlí; průmyslové procesy (chemický průmysl, výroba chlorovaných plastických hmot – například PVC); průmyslové procesy (metalurgie, pokovování nebo elektrotechnika); potravinářský průmysl (solné roztoky, zbytky potravin); špatně zajištěné skládky odpadů a elektrárenských popílků; chlorid sodný z posypu silnic [6].

3.1 Chloridy v životním prostředí

Většina rostlin i živočichů má značnou toleranci k jejich vyšším koncentracím. Tato tolerance má ovšem svou mez, která je u různých druhů různá. Po jejím překročení dochází k úhynům rostlin z důvodu vysoké salinity. Názorný příklad představuje solení povrchu vozovek. Chlorid sodný využívaný k tomuto účelu se časem z vozovky smyje do okolní půdy, kde zvýší její salinitu. Přirozeně rostoucí rostliny s nízkou mírou tolerance vůči solím mohou tedy uhynout, ale když jsou na tato místa nasazeny druhy rostlin žijící v bažinách a rašeliništích, které jsou na vyšší koncentrace solí v půdě adaptované, velmi dobře prospívají. Zasolování půd a vod je proto problémem, kterému je věnována velká pozornost. Může vést k úhynu živočichů a rostlin a ke změnám ve druhovém složení ekosystému [6].

Fyziologický účinek zasolení je ve svých konečných důsledcích totožný s vlivem sucha. Pro obsah celkových chloridů v půdách nebyla definována žádná limitní hodnota. Teprve v roce 2007 připravilo Ministerstvo životního prostředí Britské Kolumbie návrh limitní hodnoty pro obsah chloridů v půdách (zemědělské, městské parky, komerční zóny, průmyslové oblasti). Obsah chloridů by neměl být vyšší než 1000 mg.l^{-1} . Limitní hodnota vychází jednak z fytotoxických účinků, ale také respektuje limity pro obsah chloridů ve vodách, které vychází ze stanovení partičního koeficientu [7].

Ve vodném prostředí dochází k disociaci NaCl na anionty Cl^- a kationty Na^+ . Kationty Na^+ se v půdním profilu vážou na záporně nabitě částice a vytěsňují ostatní dvojmocné kationty, zejména Ca^{2+} a Mg^{2+} . Anionty Cl^- jsou málo reaktivní a jsou transportovány půdním profilem do podzemní vody. Chemické ošetřování silnic solí je významným zdrojem kontaminace vodního prostředí a stále roste [8].

V současnosti je významným antropogenním zdrojem chloridů v půdní vodě chemické ošetřování silnic, je metoda zajištění sjízdnosti v zimním období. Pro posyp je nejčastěji používán chlorid sodný (min. 97,5 %) s přísadou ferrokyanidu draselného proti spékavosti. Jsou známy negativní vlivy solení na vegetaci, korozi stavebních konstrukcí a dopravních prostředků. Soli jsou rozpouštěny dešťovými srážkami a tající vodou, vstupující do povrchových toků, horninového prostředí a následně do podzemní vody [8].

Zvyšující se koncentrace chloridů v povrchové vodě mohou negativně působit na pitnou vodu, vodní druhy a na fungování ekosystémů. Přestože rostoucí slanost v povrchových vodách může být způsobena použitím posypových solí na silnice, existují i jiné potenciální chloridové zdroje včetně soli použité v domácnosti: změkčovací systémy; septiky; oblasti vypouštění; čistírny odpadních vod a přírodní nálevy. Hlavním zdrojem se zdá být posypová sůl, která se aplikuje na silnice a parkoviště v zimním období v tunách na jízdní pruh [9].

Studovaným územím bylo Fishkill Creek (stát New York, USA), které je asi 50 km dlouhé a kanalizace je jihozápadním směrem k řece Hudson. V roce 2008 ústav zjistil, že chloridové koncentrace v povodí na některých místech se přiblížily ke 250 mg.l^{-1} , což může ovlivňovat lidské zdraví a mít vliv na životní prostředí [9].

Zdroje chloridů v povodí Fiskill Creek jsou přírodní atmosférické depozice, zimní posypové aplikace solí a použití změkčovačů vod. V New Yorku byly roční chloridové depozice $4,13 \text{ kg.ha}^{-1}.\text{rok}^{-1}$ [9].

V New Yorku státní oddělení dopravy uvedlo, že se používá v průměru 16,6 tun posypové soli na míli jízdniho pruhu každý rok. Za předpokladu, že zima trvá od poloviny listopadu dokonce března (127 dní) [9].

Chloridové koncentrace naměřené v průběhu roku 2009 v Fishkill Creek byly v rozmezí 36 - 102 mg.l⁻¹. Hlavním zdrojem byly posypové soli. Na základě odhadu a výpočtu posypové soli představují primární zdroj chloridu (87 %), zatímco použitý chlorid z domova jako změkčovač vody je druhým největším zdrojem (12 %). Přírodní srážky jsou uloženy v malém množství chloridu do povodí pouze 1 % [9].

Výsledky naznačují, že snížení posypové soli o 100 % by mohlo vést k poklesu koncentrace chloridů v průměru o 7 % u potoka. Zdvojnásobením posypové soli by se mohla zvýšit koncentrace chloridů v řece o 13 %. V delším časovém horizontu, za podobných meteorologických a hydrologických podmínek, roční průměr chloridových koncentrací bude nadále růst, pokud nebude přijato žádné opatření. V případě, že aplikace solí ihned skončí, bude trvat 10 let, než se koncentrace chloridů sníží přibližně o jednu třetinu [9].

Chloridy lze obecně považovat z hydrologického hlediska za konzervativní sloučeniny, protože se v současnosti běžně používají při hydrologickém výzkumu a biogeochemickém modelování. Základním předpokladem modelu je, že výstup chloridu je roven vstupu do povodí. Chloridy se podílí na komplexním biogeochemickém cyklu, který zahrnuje vstup suché i mokré depozice, výstup vyluhování a odpařování a transformace prostřednictvím tvorby a mineralizace organických chloridů [10].

Ekologické studie prokázaly nežádoucí účinky silniční soli (obsahující především NaCl) na kvalitu vody, flóry a fauny. Kvantifikovaly se změny v iontovém složení a rozpustnosti látek v povodí Mohawk (9103 km²). Pomocí různých statistických, grafických a modelových ukazatelů bylo zjištěno, že koncentrace Cl⁻ se zvýšila o 130 % a 243 %, zatímco jiné složky se snižovaly nebo zůstaly konstantní. Použití posypových solí na silnice se odhaduje na 39 kg.km⁻².den⁻¹, což je hlavní mechanismus odpovědný za zvýšení koncentrací chloridu. Navíc i přes pokles počtu obyvatel v této venkovské lokalitě a zvýšení péče o životní prostředí se koncentrace Cl⁻ ještě zvýšily v průběhu roku 1990 [11].

Chloridy jsou široce používány na odstraňování sněhu a ledu ve Spojených státech od roku 1950. V současné době New York použije přibližně 9,36 tun.pruh⁻¹.km⁻¹.den⁻¹, což v ročním průměru je 454 tisíc tun silniční soli. Posypy silnic vedou obvykle ke snížení

nehodovosti, snížení zpoždění a lepší dostupnost. Například jedna ze studií nehodovosti vozidel ve čtyřech státech (New York, Illinois, Minnesota, Wisconsin), oznámila, že používání rozmrazovacích solí sníží nehodovost na dálnicích o 88 %. Další studie ukazuje hodnotu NaCl prostřednictvím použití lidských exkretů a komunálního odpadu ve výši $12,4 \text{ kg Cl}^- \cdot \text{osoba}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$ [11].

Výsledky regresivní analýzy koncentračních iontů s datem vypouštění naznačují, že většina koncentračních iontů se nezvýšila od roku 1990 do 1998. Ionty Na^+ Cl^- ukázaly statisticky významný růst v tomto období s rychlostí $0,0017 - 0,0027 \text{ mg.l}^{-1} \cdot \text{den}^{-1}$. Předkládané zvýšení koncentrace bylo přibližně $5 - 8 \text{ mg.l}^{-1}$ [11].

Průměrná roční míra zatížení silnice solí je $14 \text{ tun NaCl.km}^{-2} \cdot \text{rok}^{-1}$ nebo $39 \text{ kg NaCl.km}^{-2} \cdot \text{den}^{-1}$. Antropogenní zatížení před exkrety a komunální odpad se odhaduje $2,0 \text{ kg NaCl.km}^{-2} \cdot \text{den}^{-1}$. Sanace kontaminace NaCl byla odhadnuta ve výši 10 miliónů dolarů (USA) každoročně v severovýchodní a severní Midwest [11].

Posypové soli byly používány v Severní Americe mnoho let k odstraňování sněhu a ledu. Během roku 1980 bylo 10 miliónů tun kamenné soli použito každoročně na posyp komunikací ve Spojených státech. Během těchto let se rozšířilo použití posypových solí a s tím bylo spojeno mnoho nepřímých nákladů včetně škod na automobilech a životním prostředí. Tlaky populace, migrace z měst na předměstí a zvýšení dojíždějících ukazují, že se zvyšují nároky na posypovou sůl. Zvýšení užívání posypové soli, kontaminace povrchových a podzemních vod se stala jedním z hlavních problémů vozovka. Vysoké procento rozmrazovacích solí může být odstraněno z povrchového odtoku a následně dodáno do řek a potoků [12].

Vysoké vstupy Cl^- ze sněhového tání a silnice během jara může ohrožovat nejenom povrchovou i podpovrchovou vodu, ale i citlivá embryonální a larvální stádia obojživelníků. V létě byly obsahy koncentrací nižší kvůli nedostatku solí a zředění na jaře a počátkem letního deště. Sůl je konzervativní ve vodním prostředí a nepodléhá rychlé ztrátě nebo biologickému využití [13].

Koncentrace vyšší než 220 mg.l^{-1} může změnit společenskou strukturu, narušovat potravní síť a společenstva bezobratlých. Jakost vod na Cl^- podle US Environmental Protection Agency by neměla přesahovat hodnotu 230 mg.l^{-1} . Nedávné studie prokázaly, že mnoho měst přesahuje hodnotu 250 mg.l^{-1} [13].

4 GEOGRAFICKÝ INFORMAČNÍ SYSTÉM

Pojem geografický informační systém (GIS = Geographical Information System) je běžně používán pro označení počítačových systémů orientovaných na zpracování geografických dat, prezentovaných především v podobě různých map. Klasické analogové mapy plní současně funkci ukládací i prezentační. Pro životní prostředí se jedná o historicky první oblast užití geografických informačních systémů. GISy jsou používány pro potřeby inventarizace přírodních zdrojů, pro potřeby modelování přírodních procesů jako je eroze půd, šíření znečištění nebo modelování šíření povodňové vlny v povodí řeky při náhlém přívalu dešťových srážek [14].

Vývoj geografických informačních systémů začal na počátku 60. let, kdy se formovaly první skupiny nadšenců z různých vědních oborů, snažících se využít výpočetní techniku k integraci dat z rozličných zdrojů, k jejich společné analýze a k prezentaci výsledků v takové podobě, aby je bylo možné použít jako podklad k rozhodování. Za první skutečné funkční GIS je považován The Canadian Geographic Information System, implementovaný v roce 1966 a uvedený do plného provozu v roce 1971. Dodnes se jedná o jednu z největších aplikací geografických informačních systémů, žádná jiná zatím nepokryla obdobně rozsáhlou oblast na tak detailní úrovni [14].

Počátek vývoje GISu u nás se datuje zhruba od počátku sedmdesátých let, kdy byly zahájeny práce na vývoji informačních systémů o území. Jednalo se v první řadě o Integrovaný informační systém o území – ISÚ, vyvíjený od roku 1970 Státním ústavem pro územní plánování – TERPLANem Praha a Slovenským výzkumným a vývojovým centrem urbanizmu a architektury – CUA Bratislava [14].

GIS je funkční celek vytvořený integrací technických a programových prostředků, dat, pracovních postupů, obsluhy, uživatelů a organizačního kontextu, zaměřený na sběr, ukládání, správu, analýzu, syntézu a prezentaci prostorových dat pro potřeby popisu, analýzy, modelování a simulace okolního světa s cílem získat nové informace potřebné pro racionální správu a využívání tohoto světa [14].

Geoinformatika je vědecký a technický interdisciplinární obor, zabývající se získáváním, ukládáním, integrací, analýzou, interpretací, distribucí, vizualizací a užíváním geodat a geoinformací pro potřeby rozhodování, plánování a správy zdrojů. Geoinformačními technologiemi mohou být geografické informační systémy, digitální

modely terénu, dálkový průzkum Země, prostorové databáze, digitální fotogrammetrie, družicové polohové systémy, prostorové značkovací jazyky, geoweb [14].

Vztahovat data nebo informace o aktivitách a zdrojích k místům v prostoru a monitorovat, případně i předpovídat vývoj v čase je pro moderní společnost nezbytné. Správní orgány nejrůznějších úrovní a stupňů používají geografická data v široké škále aplikací sahající od obrany přes regionální plánování strategické studie obnovitelných zdrojů energie, správu životního prostředí až po aktivity typu evidence nemovitostí, vyměřování některých typů daní nebo řízení dopravy [14].

Geometrická složky popisu prvku geoprvků je z hlediska geografických informačních systémů velice důležitá a nemůže být nikdy opomenuta, musí být vždy definována na požadované úrovni rozlišení. Je s ní svázáno pět okruhů problémů: prostor; stanovení polohy geoprvků v prostoru; měření vzdáleností; vzájemné prostorové vztahy geoprvků – topologie; prostorové vlastnosti geoprvků [14].

II. PRAKTICKÁ ČÁST

5 MATERIÁLY A METODIKA

5.1 Použité přístroje a chemikálie

1. GPS navigace – HTC HD2
2. Chladicí box - Sencor
3. Nerezová lopatka
4. Infuzní láhve, zátky s pryžovým těsněním
5. Vakuová pumpa – Hand-Held HS998
6. Silikonové hadičky
7. Spojky
8. Filtrační frita
9. Titrační přístroj – automatický titrační přístroj METTLER TOLEDO T50
10. 0,01M KCl
11. Destilovaná voda
12. Běžné laboratorní sklo a pomůcky (pipeta, titrační nádoby, navážky)

5.2 Odběry vzorků v zájmové lokalitě

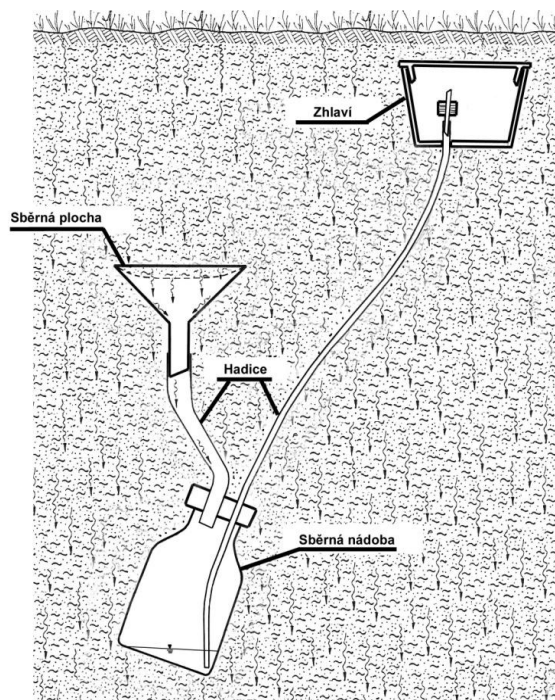
Na **obr. 1.** je zobrazeno umístění odběrových zařízení (**obr. 2.**) ve vybrané zájmové lokalitě města Zlína. Zájmová lokalita se nachází na březích řeky Dřevnice, na jejíž březích jsou jednosměrné komunikace. Na mapě jsou vyznačena odběrová místa a v **tab. 1.** jsou uvedeny souřadnice veškerých odběrových míst.

Od počátku listopadu 2010 do poloviny dubna 2011 byly prováděny dvakrát za měsíc pravidelné odběry půdní vody z lysimetrů, které byly uloženy na pravé a levé straně břehu Dřevnice. Při vhodných meteorologických podmínkách byly odebírány vzorky i z povrchu vozovky, a to vždy dva vzorky z pravé strany silnice a dva vzorky z levé strany silnice. Rovněž byly odebírány vzorky vody z řeky Dřevnice.



Obr. 1. Zobrazení souřadnic odebíraných vzorků chloridů pomocí GIS

Odběry probíhaly tak, že se nejprve lopatkou odstranila půda překrývající záhlaví lysimetru. Pak se spojila silikonová hadice se spojkou v lysimetru a infuzní lahví, do které se čerpal vzorek vody z lysimetru. Druhá hadice byla napojena z infuzní láhve do vakuové pumpy, kterou byl zajišťován podtlak, čímž byla čerpána půdní voda z lysimetru. Po odběru se infuzní láhev řádně uzavřela a řádně popsala. Tímto způsobem byly odebírány jak vzorky půdní vody, tak vzorky z řeky Dřevnice i z povrchu silnice, kde se však nenasazovala silikonová hadička do lysimetru, ale na konec silikonové hadičky se napojila filtrační fritka, která byla ponořena do vody a opět se pod tlakem odebíraly vzorky vody nebo vzorky ze silnice do infuzní láhve. Odebrané vzorky byly v chladičím boxu transportovány do laboratoře, kde bylo provedeno stanovení chloridů pomocí automatického titračního přístroje METTLER TOLEDO T50.



Obr. 2. Schematické znázornění konstrukce odběrového zařízení (tzv. Lysimetr)

Tab. 1. GPS souřadnice odběrových míst

Vzorek/Souřadnice	N:	E:
1. Lysimetr - P. břeh	49° 13.673	017° 39.733
2. Lysimetr - P. břeh	49° 13.714	017° 39.864
3. Lysimetr - P. břeh	49° 13.780	017° 40.075
4. Lysimetr - L. břeh	49° 13.808	017° 40.148
5. Lysimetr - L. břeh	49° 13.778	017° 39.954
6. Lysimetr - L. břeh	49° 13.706	017° 39.800
7. Silnice I - P. břeh	49° 13.697	017° 39.852
8. Silnice II - P. břeh	49° 13.780	017° 40.075
9. Silnice I - L. břeh	49° 13.795	017° 40.073
10. Silnice II - L. břeh	49° 13.706	017° 39.800
11. Dřevnice I	49° 13.728	017° 39.860
12. Dřevnice II	49° 13.781	017° 39.051
13. Dřevnice III	49° 13.692	017° 39.793

5.3 Stanovení chloridů

5.3.1 Standardizace roztoku AgNO_3

Nejprve bylo připraveno 100 ml standardu KCl o koncentraci $0,01 \text{ mol.l}^{-1}$. Do tří titračních nádob bylo nadávkováno 5 ml připraveného roztoku $0,01 \text{ mol.l}^{-1}$ KCl a přidáno přibližně 40 ml destilované vody. Poté byla postupně provedena titrace všech připravených vzorků standardu pomocí automatického titrátoru. Po skončení analýz program titrátoru vypočetl průměrnou koncentraci roztoku AgNO_3 dle následující rovnice:

$$c_{\text{AgNO}_3} = \frac{c_{\text{KCl}} \cdot V_{\text{KCl}}}{V_{\text{AgNO}_3}} \quad (1)$$

kde:

$V(\text{AgNO}_3)$ – spotřeba AgNO_3 v bodě ekvivalence, [ml]

$V(\text{KCl})$ – objem připraveného standardu použitého při titraci, [ml]

$c(\text{KCl})$ – aktuální koncentrace připraveného standardu KCl, [mol.l^{-1}]

$c(\text{AgNO}_3)$ – koncentrace titračního činidla, [mol.l^{-1}]

5.3.2 Stanovení chloridů v neznámém vzorku

Do titrační nádoby byl odpipetován vzorek vody pro stanovení chloridů. Titrační nádoba byla umístěna do titrátoru a následně byla spuštěna automatická titrace roztokem standardizovaného AgNO_3 . Po jejím ukončení program titrátoru vypočítá obsah chloridů v neznámém vzorku dle rovnice:

$$m_{\text{Cl}^-} = \frac{1000 \cdot V_{\text{AgNO}_3} \cdot c_{\text{AgNO}_3} \cdot M_{\text{Cl}^-}}{V_{\text{vzorek}}} \quad (2)$$

kde:

$V(\text{AgNO}_3)$ – spotřeba AgNO_3 v bodě ekvivalence, [ml]

$M(\text{Cl}^-)$ – molekulová hmotnost Cl, [g.mol^{-1}]

$c(\text{AgNO}_3)$ – standardizovaná koncentrace titračního činidla, [mol.l^{-1}]

V_{vzorek} – objem vzorku, [ml]

$m(\text{Cl}^-)$ – hmotnost chloridů ve vzorku, [mg.l^{-1}]

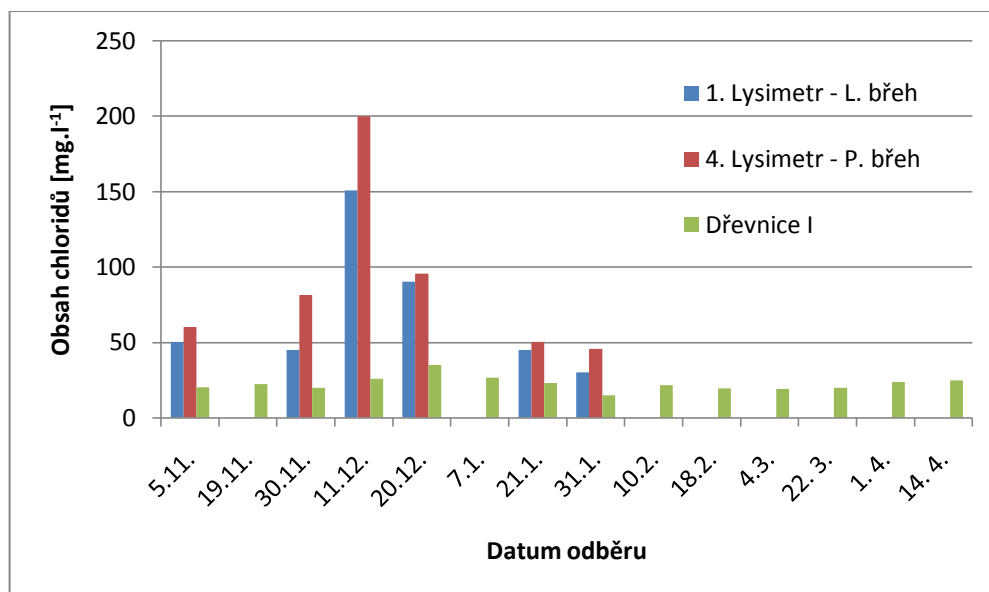
Začátek odběrů nastal 5. listopadu 2010, poslední odběr byl proveden 14. dubna 2011. V **tab. 2.** a **tab. 3.** jsou zaznamenány obsahy chloridů ve vzorcích, které byly odebrány ve sledovaném časovém horizontu. Pole obsahující (-) značí, že v daném termínu v lysimetru nebylo zachyceno dostatečné množství půdní vody umožňující odebrat vzorek. Jak lze vidět v **tab. 2.** a **tab. 3.**, obsahy Cl^- se během třech ročních období lišily. V listopadu obsahy chloridů ještě nebyly vysoké, v lysimetrech se pohybovaly průměrně kolem $53,83 \text{ mg.l}^{-1}$, na silnicích byly chloridy stanoveny až na konci listopadu, jejichž průměrná hodnota byla $129,78 \text{ mg.l}^{-1}$ a v Dřevnici se koncentrace pohybovaly průměrně kolem $21,11 \text{ mg.l}^{-1}$. V prosinci se obsah chloridů značně zvyšoval. Průměrná hodnota u silnice z pravé a levé strany byla $1198,3 \text{ mg.l}^{-1}$. Nejvyšší naměřená koncentrace byla 11. 12. 2010 až $2058,3 \text{ mg.l}^{-1}$. Tento naměřený obsah chloridů značně převyšoval nadlimitní hodnotu, která by neměla být vyšší jak 1000 mg.l^{-1} . Tento výsledek koresponduje se začátkem zimního období, se kterým je spojen i posyp silnic a chodníků. V lednu se koncentrace chloridů snížily, protože docházelo k tání sněhového pokryvu. V únoru hodnoty u lysimetrů a ze silnice byly nulové, protože v této době se teploty pohybovaly pod bodem mrazu a tudíž zde neprobíhalo tání sněhu. Rovněž v březnu byly hodnoty nulové. Zapříčinilo to postupné tání sněhu, kdy se půdní voda nevyluhovala do lysimetrů, ale ani případné srážky v jarním období se nezachytily na povrchu vozovky. V dubnu nebyla taktéž obsažena půdní voda v lysimetru. Na silnicích se srážková voda zachytila a její průměrná hodnota byla $85,92 \text{ mg.l}^{-1}$. Průměry ze vzorků silnice se hodně liší, v zimě byly tyto hodnoty čtrnáctkrát vyšší než hodnoty na jaře.

Vzorky byly odebírány neustále z Dřevnice, kdy se chloridy v řece téměř neměnily a zůstávaly konstantní, jejich průměrná koncentrace v celém období odběrů činila $22,77 \text{ mg.l}^{-1}$. Hodnoty vzorků ze silnice se postupně snižovaly za pomoci dešťových srážek a díky strojům, jež čistily vozovky.

V **tab. 4.** jsou naměřené hodnoty teploty, tlaku a vlhkosti ve všech dnech, kdy byly odběry provedeny. Teploty se během ročních období lišily. V zimním období se pohybovaly pod bodem mrazu, tudíž nedocházelo k žádnému zachycení půdní vody v lysimetrech. V jarním období nastávalo postupné zvyšování teploty, čímž se začala uvolňovat podzemní voda do lysimetrů. Tlak zůstal stejný a vlhkost se měnila vždy, když probíhaly dešťové srážky.

Tab. 4. Naměřené hodnoty s datem, kdyby byly odběry provedeny

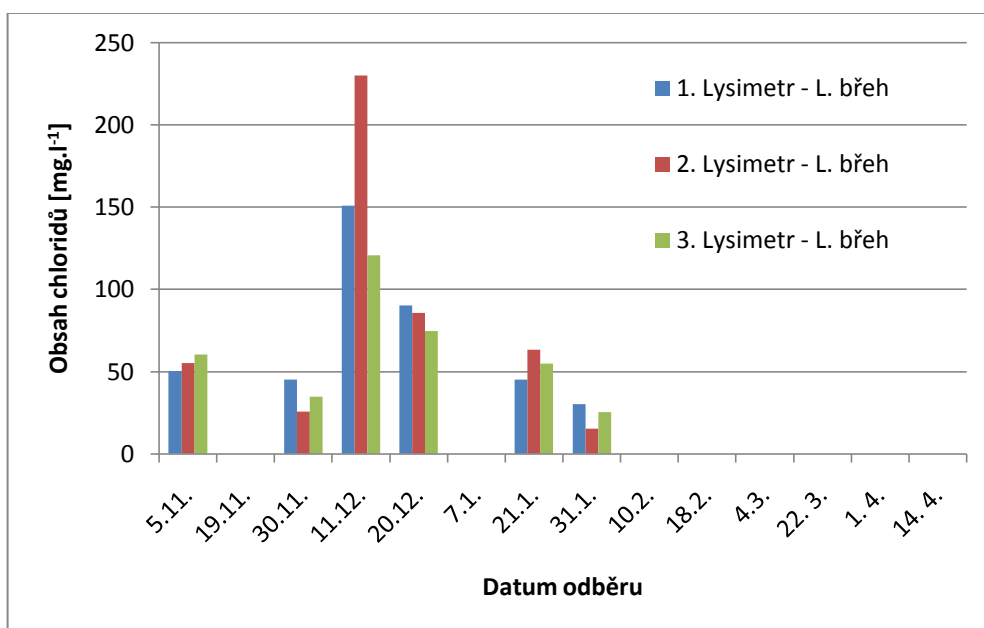
Datum	Teplota [°C]	Tlak [hPa]	Vlhkost [%]
5. 11. 2010	16,1	1019,9	67
19. 11. 2010	8	1015,5	88
30. 11. 2010	-2,7	1015,1	76
11. 12. 2010	-1,5	1011,1	92
20. 12. 2010	2,5	1004,6	79
7. 1. 2011	4,3	1016,5	84
21. 1. 2011	0,4	1027,3	74
31. 1. 2011	-8,6	1026,6	91
10. 2. 2011	3,6	1023,6	74
18. 2. 2011	2,7	1011,1	94
4. 3. 2011	6,3	1031	65
22. 3. 2011	13,6	1033,1	46
1. 4. 2011	16,1	1018,5	69
14. 4. 2011	5,4	1010,7	92



Obr. 3. Porovnání obsahu chloridů z různých odběrových míst

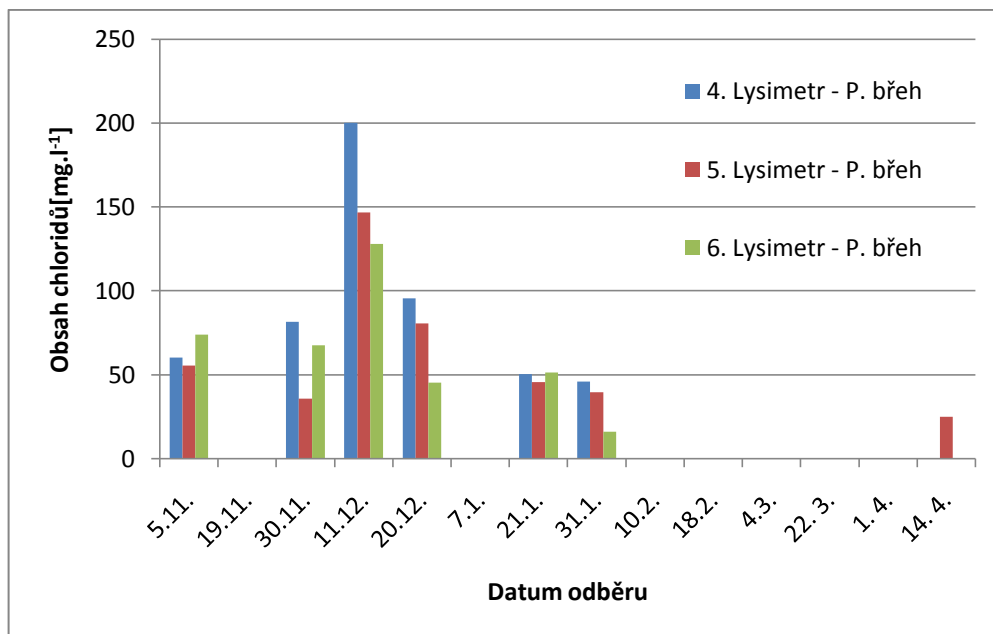
Na **obr. 3.** se porovnávaly obsahy chloridů z lysimetrů z pravého břehu, levého břehu a Dřevnice. Koncentrace chloridů se začaly zvyšovat v polovině prosince, kdy začaly posypy silnic a chodníků. Následně probíhalo i tání sněhu, tak se podzemní voda dostala do lysimetrů, z nichž se zjišťovaly potřebné informace. Nejvyšší koncentrace byla

naměřena 11. 12. 2010 u pravého břehu, která činila 200 mg.l^{-1} . Po této hodnotě se začaly obsahy chloridů značně snižovat. Koncentrace nebyly vyšší jak 50 mg.l^{-1} . Od 10. 2. 2011 již v lysimetrech nebyl zaznamenán výluh podzemní vody. Odebrané vzorky z Dřevnice se od sebe nijak nelišily, hodnoty zůstávaly po celých šest měsíců konstantní.



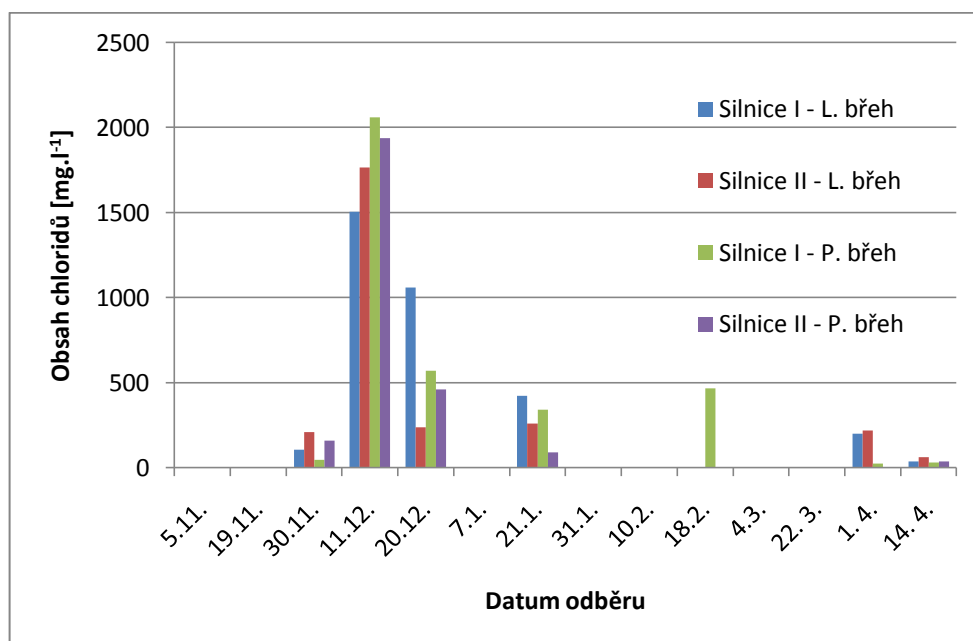
Obr. 4. Obsah chloridů odebraných z lysimetrů z levého břehu

Na **obr. 4.** jsou porovnány lysimetry, které byly uloženy na levém břehu řeky Dřevnice v zájmové lokalitě. V listopadu byly koncentrace téměř stejné, pohybovaly se průměrně kolem 50 mg.l^{-1} . V prosinci se začaly obsahy chloridů opět zvyšovat. Nejvyšší koncentrace je u druhého lysimetru a značně se liší od prvního a druhého. Zřejmě zde docházelo k vyšším posypům silnice, které se následně dostávaly do podzemní vody. Po prosinci se začaly koncentrace opět snižovat, jejich hodnoty se pohybovaly kolem $39,07 \text{ mg.l}^{-1}$. Snižování chloridů se děje hlavně mokrou depozicí, kdy tání sněhu a srážky v jarním období snižují obsahy chloridů v půdní vodě. Od února již v lysimetrech nebyly odebrány vzorky půdní vody.



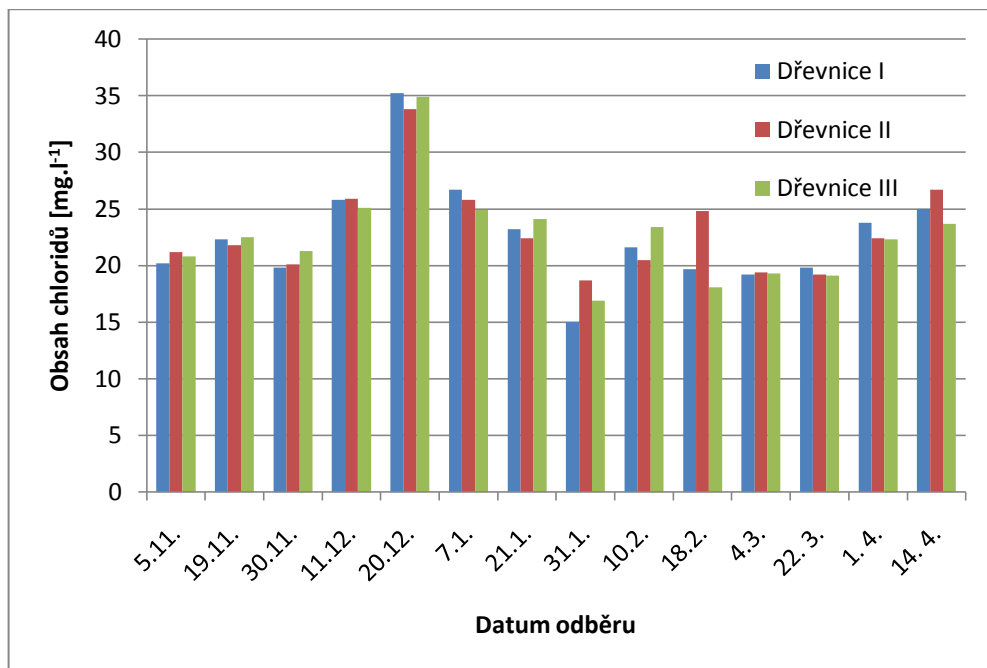
Obr. 5. Obsah chloridů odebraných z lysimetrů z pravého břehu

Na **obr. 5.** se porovnávají obsahy chloridů na pravém břehu řeky Dřevnice. Odebrané vzorky jsou velmi podobné s **obr. 4.** Opět se koncentrace chloridů začaly zvyšovat v zimním období a postupem času a působením počasí se snižovaly.



Obr. 6. Obsah chloridů odebraných ze silnice

Na **obr. 6.** se porovnávaly obsahy chloridů na silnici v zájmové lokalitě. Vzorky byly odebírány po dešťových srážkách, které zůstaly na vozovce. Na počátku listopadu nebyly žádné dešťové srážky až na konci listopadu, kdy obsahy chloridů byly velmi nízké. Následně v prosinci se koncentrace velmi zvýšily. Hodnoty převyšovaly 1500 mg.l^{-1} a dokonce i 2000 mg.l^{-1} . Tyto hodnoty byly opravdu vysoké. Nejvíce postihnuty byly silnice chloridem. Následný odběr měl už o mnoho méně chloridů kolem 500 mg.l^{-1} až na silnici pravého břehu, která měla obsah chloridu nad hodnotou 1000 mg.l^{-1} . U následujících odběrů se koncentrace začaly snižovat, což mělo za důsledek tání sněhu a dešťové srážky, které vymývají chloridy ze silnice a dostávají tak koncentrace do optimálních hodnot. Srážky nebyly vždy, a proto vzorky ze silnice získány nebyly.



Obr. 7. Obsah chloridů odebraných z Dřevnice

Na **obr. 7.** jsou zastoupeny odběry z Dřevnice. Odběry byly provedeny vždy. Jejich obsahy chloridů jsou konstantní a tudíž posypy silnic a chodníků nijak neovlivnily jejich hodnoty. Nějaké zvýšení proběhlo v prosinci, ale nebylo nijak výrazné. Průměrná hodnota byla $22,77 \text{ mg.l}^{-1}$.

ZÁVĚR

Ve vybrané zájmové lokalitě města Zlína, která se nacházela na nábřeží řeky Dřevnice, a kde v zimním období byla sjízdnost komunikací udržována především posypem solí na silnice a chodníky, byl studován vývoj obsahu chloridů v půdní a povrchové vodě. Vzorky byly získávány jak z půdních lysimetrů, tak z povrchu vozovky a z řeky Dřevnice.

Odběry začaly v listopadu 2010, průměrná hodnota chloridů obsažených v lysimetrech byla $52,33 \text{ mg.l}^{-1}$, u silnice byla hodnota $129,78 \text{ mg.l}^{-1}$. V prosinci se již obsahy chloridů značně zvýšily, zapříčinily to nízké teploty a sněhový pokryv. V lysimetrech tato hodnota byla $120,7 \text{ mg.l}^{-1}$, obsah chloridů není příliš vysoký. U silnice činila $1198,29 \text{ mg.l}^{-1}$. Tato hodnota je skoro jedenáctkrát vyšší, jak hodnota v listopadu. Je tedy zřejmé, že posyp komunikací vede k vyššímu obsahu chloridů ve vodě. V lednu se hodnoty snížily, v tomto období probíhalo mírné tání sněhu, a proto se chloridy působením tání snižovaly, vymývaly se. Průměrná hodnota v lysimetrech byla $40,26 \text{ mg.l}^{-1}$, u silnic to bylo $277,5 \text{ mg.l}^{-1}$. Obsah chloridů se oproti prosinci značně snížil. V jarním období se v lysimetrech téměř žádná půdní voda nezachytila, a tudíž zde nemohlo být provedeno měření obsahů chloridů a na silnicích se voda z dešťových srážek zachytila až v dubnu, obsah činil $78,95 \text{ mg.l}^{-1}$. Obsahy chloridů z Dřevnice se během šesti měsíců nezměnily a zůstaly konstantní, průměrná hodnota byla $22,77 \text{ mg.l}^{-1}$.

V podzimním a jarním období jsou obsahy chloridů téměř stejné a nemění se. Jejich hodnoty nejsou vysoké a nijak neovlivňují povrchovou, podpovrchovou vodu a ani rostlinstvo. V zimním období kvůli posypům silnic a chodníků se obsahy chloridů odebrané ze silnice značně zvýšily a přesahovaly i limitní hodnotu 1000 mg.l^{-1} .

Závěrem lze říci, že ve vybrané zájmové lokalitě města Zlína množství chloridů v lysimetrech nevykazovalo překročení limitní hodnoty 1 g.l^{-1} , v řece Dřevnici byly hodnoty konstantní po celou dobu monitoringu. Avšak obsahy chloridů na povrchu vozovky, vykazovaly překročení limitní hodnoty v zimních měsících. Posyp silnic by tedy mohl mít významný vliv na životní prostředí v zájmové lokalitě.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] KOČÁREK, E. - NOVÁK, T. - RICHTEROVÁ, J. *Geologie všeobecná, historická a regionální*. Praha: Technická literatura, 1967. s. 432. ISBN 507-23-856.
- [2] CHMELOVÁ, P. *Podpovrchová voda* [online]. [2011-02-15]. Dostupný z: <http://geography.upol.cz/soubory/lide/chmelova/KGG_HYDR_5.ppt>.
- [3] FARGAŠOVÁ, A. *Environmentálna toxikológia a všeobecná ekotoxikológia*. 1. vyd. Bratislava: Orman, 2008. s. 350. ISBN 789-80-969675-68.
- [4] MEZERA, A., et al. *Tvorba a ochrana krajiny*. 1. vyd. Praha: Státní zemědělské nakladatelství, 1979. s. 476. ISBN 07-104-79.
- [5] MOLDAN, B. *Koloběh hmoty v přírodě: Cesta vědění č. 34*. 1. vyd. Praha: Československá akademie věd, 1983. s. 172. ISBN 510-21-826.
- [6] *Chloridy (jako celkové Cl) Základní charakteristika* [online]. [2011-02-19]. Dostupný z: <<http://www.irz.cz/repository/latky/chloridy.pdf>>.
- [7] PITTER, L., et al. *Integrovaný registr znečišťování* [online]. Praha: Ministerstvo životního prostředí, 2007. [2011-02-21]. Dostupný z: <http://www.irz.cz/dokumenty/irz/metody_mereni/voda/chloridy.pdf>.
- [8] ONDRÁČEK, P. *Vlivy chemického ošetřování vozovky na kvalitu podzemní vody* [online]. Publikováno 2006. [2011-02-21]. Dostupný z: <http://www.sci.muni.cz/gap/casop/r2006_w/aplik/ondracek.pdf>.
- [9] JIN, L., et al. *Environmental Pollution: Salting our landscape: An integrated catchment model using readily accessible data to assess emerging road salt contamination to streams* [online]. January 2011, vol. 159, s. 1257-1265. [cit. 2011-04-18]. Dostupný z: <<http://sciencedirect.com>>.
- [10] RODSTEDTH, M., et al. *Chemosphere, Chloride imbalances in soil lysimeters* [online]. July 2003, vol. 52, issue 2, s. 381-389. [cit. 2011-04-18]. Dostupný z: <<http://sciencedirect.com>>.
- [11] GODWIN, K. S., et al. *Environmental Pollution: Long-term trends in sodium and chloride in the Mohawk River, New York: the effect of fifty years of road-salt application* [online]. January 2003, vol. 124, s. 273-281. [cit. 2011-04-18]. Dostupný z: <<http://sciencedirect.com>>.

- [12] BLASIUS, B. J. – MERRITT, R. W. *Environmental Pollution: Field and laboratory investigations on the effects of road salt (NaCl) on stream macroinvertebrate communities* [online]. December 2002, vol. 120, issue 2, s. 219-231. [cit. 2011-04-18]. Dostupný z: <<http://sciencedirect.com>>.
- [13] COLLINS, S. J. – RUSSELL, R. W. *Environmental Pollution: Toxicity of road salt to Nova Scotia amphibians* [online]. January 2009, vol. 157, issue 1, s. 320-324. [cit. 2011-04-18]. Dostupný z: <<http://sciencedirect.com>>.
- [14] Vysoká škola Báňská – Technická univerzita Ostrava. *Úvod do geografických informačních systémů* [online]. [2011-02-15]. Dostupný z: <<http://gisak.vsb.cz/livecd/texty/UGIS.pdf>>.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

PVC	Polyvinylchlorid
NaCl	Chlorid sodný
Ca	Vápník
Mg	Hořčík
K	Draslík
Cl	Chlór
AgNO ₃	Dusičnan stříbrný
GIS	Geografický informační systém

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 1. Zobrazení souřadnic odebíraných vzorků chloridů pomocí GIS.....</i>	<i>22</i>
<i>Obr. 2. Schematické znázornění konstrukce odběrového zařízení (tzv. Lysimetr).....</i>	<i>23</i>
<i>Obr. 3. Porovnání obsahu chloridů z různých odběrových míst</i>	<i>27</i>
<i>Obr. 4. Obsah chloridů odebraných z lysimetrů z levého břehu</i>	<i>28</i>
<i>Obr. 5. Obsah chloridů odebraných z lysimetrů z pravého břehu.....</i>	<i>29</i>
<i>Obr. 6. Obsah chloridů odebraných ze silnice</i>	<i>29</i>
<i>Obr. 7. Obsah chloridů odebraných z Dřevnice.....</i>	<i>30</i>

SEZNAM TABULEK

<i>Tab. 1. GPS souřadnice odběrových míst.....</i>	<i>23</i>
<i>Tab. 2. Obsah Cl [mg.l⁻¹] ve vzorcích odebraných v období 5. 11. – 21. 1.....</i>	<i>25</i>
<i>Tab. 3. Obsah Cl [mg.l⁻¹] ve vzorcích odebraných v období 31. 1. – 14. 4.....</i>	<i>25</i>
<i>Tab. 4. Naměřené hodnoty s datem, kdyby byly odběry provedeny.....</i>	<i>27</i>