

**Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích**  
**Zemědělská fakulta**

**Studijní obor: Agroekologie**  
**DIPLOMOVÁ PRÁCE**

**Chemické a fyzikální vlastnosti srážkových vod**  
**na Stropnicku**

Autor:

**Bc. Iveta Morbicerová**

Vedoucí diplomové práce:

**Ing. Lubomír Bodlák, Ph.D.**

**České Budějovice**

Duben 2013

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že svoji diplomovou práci jsem vypracovala samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své diplomové práce, a to v nezkrácené podobě (v úpravě vzniklé vypuštěním vyznačených částí archivovaných Zemědělskou fakultou JU) elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejich internetových stránkách.

V Českých Budějovicích dne: 26. 4. 2013

.....  
Bc. Iveta Morbicerová

## **Poděkování**

Děkuji Ing. Lubomíru Bodlákovi, Ph.D. za odborné vedení této diplomové práce, čas se mnou strávený při konzultaci výsledků a poskytnutí literatury.

## **Anotace**

Tato práce si kladla za cíl vyhodnotit dlouhodobé změny vybraných chemických a fyzikálních parametrů srážkových vod z vlastních srážkoměrných stanic na Stropnicku.

Chemické a fyzikální parametry ovlivňují míru látkových ztrát v krajině prostřednictvím půdního prostředí. Jedná se zejména o množství a koncentraci rozpuštěných síranů a dusičnanů, ovlivňující hodnotu aktuálního pH.

Vzorky byly odebrány z vlastních srážkoměrných stanic na Stropnicku. Názvy stanic, ze kterých byly vzorky odebrány jsou Horní Stropnice, Nakolice, Paseky a Nové Hrady. Srážky byly naměřeny v rozmezí let 2005 až 2011 a byla u nich provedena chemická analýza.

### **Klíčová slova:**

Stropnicko, srážky, srážkoměrné stanice, dusičnany, sírany, pH

### **Annotation**

This work aimed to evaluate long-term changes of selected chemical and physical parameters of rainwater from their own rain gauge stations Stropnicko.

Chemical and physical parameters influence the rate of loss of substance in the landscape through the soil environment. In particular, the amount and concentration of dissolved sulphates and nitrates, affecting the value of the current pH.

Samples were taken from their own rain gauge stations Stropnicko. Names of stations from which samples were taken are Horní Stropnice, Nakolice, Paseky and Nové Hrady.

Rainfall were measured between the years 2005-2011 and were subjected to chemical analysis.

### **Key words:**

Stropincko, rainfall, rain guage station, nitrates, sulphates, pH

## Obsah

1. Úvod.....	5
2. Literární přehled.....	7
2.1 Voda na Zemi .....	7
2.2 Koloběh vody .....	8
2.3 Atmosférické srážky .....	9
2.3.1 Charakteristické veličiny srážek .....	11
2.3.2 Srážkoměrné stanice .....	12
2.3.3 Základní přístroje pro měření srážek .....	13
2.4 Chemické a fyzikální vlastnosti srážek .....	15
2.4.1 Rozdělení látek .....	16
2.4.2 Elektrolytická konduktivita .....	17
2.4.3 pH.....	17
2.4.4 Kyselé srážky .....	19
3. Charakteristika zájmového území .....	27
3.1 Novohradské hory .....	27
3.2 Geomorfologické poměry.....	27
3.3 Klimatické poměry .....	28
3.4 Zájmové oblasti .....	28
4. Metodika .....	30
5. Výsledky .....	35
6. Diskuse.....	51
7. Závěr .....	56
8. Použitá literatura .....	57
9. Přílohy.....	60

## 1. Úvod

Znečištění ovzduší patří k základním ekologickým problémům na celé Zemi a významně ovlivňuje zdraví a životy lidí. Množství škodlivin, které se v ovzduší nachází, je zapříčiněno činností člověka. Znečištění ovzduší dosáhlo nejhoršího stavu v období průmyslové revoluce, a to v důsledku rozsáhlé těžby uhlí a jeho následného spalování, které způsobilo zvýšený výskyt oxidu siřičitého ve vzduchu. Vysoká koncentrace polutantů v ovzduší spolu se srážkami vytvářela kyselé atmosférické depozice. Kyselé depozice je jeden z nejdůležitějších ekologických problémů ve světě.

Kyselý déšť je typ srážek, kdy je hodnota pH nižší než 5,6. Vznik kyselých dešťů je způsoben spalováním fosilních paliv a uvolňováním škodlivých látek z výfukových plynů z automobilů. Do ovzduší se těmito procesy uvolňuje síra a dusík. Tyto látky se pak dostávají do atmosféry, kde reagují s vodou a za vzniku kyseliny sírové a kyseliny dusičné, dopadají na zemský povrch ve formě kyselých srážek. Poté kyselé deště okyselují vodu, půdu a následně ničí vegetaci.

Střední Evropa a zejména oblast „Černého trojúhelníku“ (hranice, ČR, Polsko a Německo) se díky rozsáhlému chemickému a těžebnímu průmyslu, stala jednou z nejpostiženějších oblastí 90. let 20. století ve světě. Vzhledem k velkému problému s kyselými dešti na našem území, docházelo na počátku 90. let k výraznému odsiřování elektráren. Lze tedy předpokládat, že obsah škodlivých látek v ovzduší a následně ve srážkách, bude značně snížen.

Diplomová práce si kládla za cíl vyhodnotit dlouhodobé změny vybraných chemických a fyzikálních parametrů srážkových vod z vlastních srážkoměrných stanic na Stropnicku.

Cíl práce vychází z této pracovní hypotézy:

1. Masivní odsiřování elektráren na našem území, bude mít vliv na postupné snížení koncentrace síranů ve srážkách a na následné zvýšení pH.

Dílčí cíle práce jsou:

1. Vypracování literární rešerše
2. Seznámení s problematikou chemizmu srážkových vod
3. Analýza získaných dat
4. Zpracování zjištěných výsledků, prognózy vývoje

## 2. Literární přehled

### 2.1 Voda na Zemi

Voda patří k základním zdrojům přírody. Spolu s půdou a ovzduším je součástí veškerého života, je složkou výživy lidí i všech živočichů, prostředkem pro uchování čistoty a zdraví. Využívá se v zemědělské a lesní výrobě. Je velmi důležitou a cennou surovinou v průmyslu i významným prostředkem energetickým, dopravním a také krajinným a rekreačním. (Jůva a kol., 1984)

Voda je nenahraditelná a existenčně nezbytná složka pro život všech organismů a v neposlední řadě i pro člověka. Vodní hospodářství se dostává do velmi složité situace tím, že jako základní přírodní zdroj je voda využívána i v dalších oblastech, jako jsou zemědělství a lesní hospodářství. Tím pádem dochází k jejímu znehodnocování, a to nezávisle na vodním hospodářství. Proto musíme vodu velmi racionálně využívat a přísně ji chránit. (Tlapák, 1992)

Význam vody na Zemi spočívá v jejím množství, jakosti a hlavně v přenosu energie a látek v jejím oběhovém cyklu. Voda se v přírodě účastní všech důležitých biologických, fyzikálních a chemických pochodů a v neposlední řadě i tvorby klimatu. Charakteristika vody je dána její pohyblivostí a oběhem. Oběh vody spočívá ve dvou hlavních oblastech a to v oběhu vody v přírodním prostředí a v oběhu vody v uživatelských systémech. Mezníkem mezi oběma systémy tvoří odběry vody a vypouštění odpadních vod. (Kvítek, 2005)

V poslední době se stále poukazuje na větší význam vody jako na přírodní bohatství Země. Dostatečné množství kvalitní vody je důležitým předpokladem pro rozvoj lidské civilizace. Je základní složkou přírodního a životního prostředí. Zajištění dostatečného množství vody a její kvality je v současné době stále obtížnější. Růstem lidské populace dochází k mnohým změnám. Nároky společnosti, obyvatel i průmyslu jsou tak vysoké, že přirozené zdroje vody nejsou schopny vysoké požadavky krýt. Jelikož se voda na Zemi vyskytuje jen v omezeném množství, není prostorově ani časově rozložena rovnoměrně, je zapotřebí s ní velmi dobře hospodařit. (Kemel, 1994)



## 2.2 Koloběh vody

Atmosféru zásobuje vodní pára z povrchu oceánů, moří, jezer, rybníků, řek a z půdy. Voda se do atmosféry dostává transpirací rostlinných organismů a v menší míře i respirací živočichů. Vodní pára obsažená v atmosféře se kondenzací dostává zpět na povrch zemský ve formě vertikálních atmosférických srážek v kapalném i pevném skupenství jako je déšť, kroupy a sníh. Horizontální srážky se tvoří na aktivním povrchu ve formě rosy, jinovatky či námrazy. (Kříž, 1988)

Veškerou vodu v atmosféře a na Zemi nazýváme hydrosféra. Vyrovnaný stav vody v přírodě řídí její oběh. Voda se do ovzduší jako vodní pára dostává díky působení tepla na vodu. V ovzduší vodní páry kondenzují a vznikají srážky různých skupenství (déšť, sníh, kroupy, rosa), srážky poté dopadnou zpět do oceánů, moří a na pevninu. Voda se vypaří nebo vsákne do půdy a část odteče po povrchu. Voda, která se vsákne do půdy, využije rostlinstvo, další část vytváří podpovrchové vody a zbytek odteče jako povrchová voda, která se soustředí v bystřinách, potocích a řekách a dále odteče zpět do moří. Tím se oběh vody uzavírá. (Kvítek, 2006)

Na Zemi stále probíhá hydrologický cyklus. Z řek se voda slévá do oceánů, ta se dále vypařuje a sráží, a v podobě deště padá na zemský povrch. Hydrologické cykly rozeznáváme dva, velký a malý tzv. koloběh vody. Velký probíhá mezi oceány a pevninou. Odpařená voda z oceánu putuje v podobě mraků nad pevninou, kde vypadává jako déšť, který odteče zpět do oceánu v korytech řek. (Červinka, 2005)

Část vody, která dopadne na zemský povrch v podobě srážek, se odpaří a vrací se zpět do atmosféry. Nepatrné množství stéká po zemském povrchu do potoků, řek a postupně se dostane do moře. Zbytek, a ten nejdůležitější, se vsákne do půdy, kde slouží jako výživa rostlin a napájení pramenů. (Střeščík, 2002)

Vsakování vody do půdy probíhá zpočátku infiltrací preferenčními cestami, což je v podstatě narušení povrchu půdy, které umožňuje snadnější a rychlejší proudění vody do půdy. Toto narušení způsobují živočichové žijící v půdě, kteří si vytváří chodby, nebo půdní povrch narušuje kořenový systém rostlin. (Daňhelka, 2007)

Z vody, která spadne na zemský povrch jako srážky, se značná část vrátí do ovzduší jako pára, a to kombinovaným působením výparu, transpirace a sublimace. Jsou to tři obdoby jediného pochodu v důsledku působení sluneční energie, která umožňuje hydrologický cyklus. Výpar je pochod, při kterém molekuly vody získávají energii slunečním zářením a přecházejí z tekutého do plynného skupenství. Sublimace se liší jen tím, že molekuly přecházejí z pevného skupenství přímo do plynného, aniž procházejí kapalným skupenstvím. Pochod, při kterém rostliny uvolňují vodu do atmosféry, nazýváme transpirace. Většinou výpar nelze měřit odděleně od transpirace, proto oba tyto pochody značíme též jako evapotranspirace. (Šilar, 1996)

Kalač (2010) uvádí, že na celé Zemi se průměrné roční srážky pohybují kolem 700 mm. 1000 mm se za stejnou dobu odpaří z povrchu oceánů, ale tento výpar je nerovnoměrný. Kolem rovníku je výpar asi 4 krát větší než v polárních mořích. Vodní páry setrvávají v atmosféře jen krátce a v určitém okamžiku odpovídají 3 mm srážek. Asi třetina vody se vrací řekami do moří, jelikož srážky nad pevninou jsou vyšší než evapotranspirace.

Voda se vypařuje z povrchu oceánů, jezer, řek a z mokré půdy. Dále z oblačných a dešťových kapek, které často ani nestihnou dopadnout na zemský povrch. Z vodní páry obsažené ve vzduchu vznikají oblaka. Tvoří se kondenzací do malých kapek nebo zmrznutím do ledových krystalků. Studené oblaky vysokých výšek se skládají z ledových krystalků, teplé oblaky nižších výšek z vodních kapek a smíšené oblaky z obojího. Oblaky mají různý vzhled a vznikají v různé výšce. Howard navrhl v roce 1803 klasifikaci názvů oblaků na kombinaci mezi cirrus, stratus, nimbus a cumulus. Současná klasifikace dělí oblaky na oblaka vysokého, středního a nízkého patra. (Luhr, 2004)

### **2.3 Atmosférické srážky**

Vodní páry, které kondenzují kolem kondenzačních jader, kterými jsou prachové částice různého původu (částice horninotvorných minerálů, saze, částice soli z mořské vody, spóry, pyl apod.) vytvoří kapky o průměru setin mm. Ty se zprvu

udržují v ovzduší jakožto oblaka. S pokračující kondenzací narůstají a padají jako déšť k zemi. (Šilar, 1996)

Deštěm nebo mrholením nazýváme vodu, která dopadá na zemský povrch ve formě kapek. Při mrholení je průměr hustě padajících kapek menší než 0,5 mm. Větší kapky tvoří déšť. Velikost dešťových kapek může být různá, ale jen do jisté míry. Čím je kapka menší, tím pomaleji padá a tím déle vypařuje. Aby kapka dopadla na zem, musí mít průměr minimálně 0,5 mm. Průměr většiny dešťových kapek se pohybuje v rozmezí 2 až 5 mm. Velké kapky nad 5 mm se třením o vzduch tříští. Dešťové kapky padají rychlostí 23 až 33 km/h. (Luhr, 2004)

Srážky jsou nejdříve zachycovány vegetací, kde zůstávají akumulovány a nedopadnou až na povrch. Tento jev označujeme jako intercepci. Není to pouze jev zachycení vody v korunách stromů, ale také na listech travního porostu, mechu a ve vrstvě odumřelé biomasy, která se nachází na povrchu půdy (hrabanka). Právě hrabanka v listnatých lesích má potenciál zadržet až kolem 15 mm srážek. Intercepce se projevuje zejména na počátku deště a při srážkách menších celkových úhrnů. (Daňhelka, 2007)

Atmosférické srážky jsou výsledkem kondenzace vodních par v ovzduší nebo na různých površích. Rozeznávají se srážky kapalné (déšť, mrholení, mlha, rosa) a srážky tuhé (sníh, kroupy, námraza, jinovatka). Déšť je nejvydatnějším druhem srážek. Obvykle se atmosférickými srážkami rozumí voda dopadající na otevřenou plochu. (Pitter, 2009)

Atmosférické srážky rozlišujeme podle skupenství na kapalné (např. déšť) a pevné (např. kroupy). Podle způsobu a místa vzniku lze srážky rozdělit na vertikální, vznikající ve volné atmosféře (déšť, kroupy, sníh), a na horizontální, které se tvoří kondenzací vodních par na povrchu země (rosa, jinovatka). (Kemel, 1994)

Podle příčin vzniku můžeme rozlišit tři druhy srážek. Cyklonální srážky vznikají na styku oblastí nízkého tlaku (cyklon) a oblastmi vysokého tlaku (anticyklon). Na styku cyklony a anticyklony vzniká fronta se vzdušnými proudy z oblastí vysokého tlaku do oblastí nízkého tlaku, nastává ochlazení vlhkého vzduchu,

kondenzace a vznikají cyklonální srážky. Tyto srážky jsou nejčastějším typem srážek mírného pásma. (Kemel, 1994)

Konvekční neboli termické srážky vznikají z vlhkého vzduchu, který vystupuje zahřátý od zemského povrchu. S výstupem se vzduch rozpíná, ochlazuje a vodní pára z něho kondenzuje jako srážky. Vznikají prudké deště spojené s bouřkami. Orografické deště vznikají mechanickým účinkem pohoří, která zdvihají proudy vlhkého vzduchu do výše, kde nastává rozpínání, ochlazení, kondenzace a vznikají srážky. Srážky spadnou na návětrnou stranu pohoří a závětrná strana zůstává v dešťovém stínu. (Šilar, 1996)

### 2.3.1 Charakteristické veličiny srážek

K charakteristikám srážkového režimu řadíme zejména dobu trvání srážek, popř. jejich začátek a konec značené v minutách či hodinách, nadále jejich celkové množství v mm nebo litrech na  $m^2$ , vodní hodnotu tuhých srážek v mm, intenzitu srážek v  $mm \cdot min^{-1}$  nebo  $mm \cdot h^{-1}$  a časové a prostorové rozložení srážek. (Kříž, 1988)

Nejdůležitějším parametrem charakterizující srážky je jejich množství vyjádřené výškou vodní vrstvy. U deště dále měříme dobu trvání a intenzitu, u sněhu výšku jeho pokrývky a vodní hodnotu. Ve srážkách měříme množství vody jako výšku vodní vrstvy, která by se ze srážek vytvořila na vodorovném povrchu, kdyby nebylo odtoku ani výparu. Mluvíme tedy o výšce srážek. Výšku srážek spadlých na území můžeme převést na objemové množství a vyjádřit v litrech, krychlových metrech apod. Výška srážek vyjádřená v milimetrech udává současně množství v litrech, které spadlo na  $1 m^2$  plochy zemského povrchu. (Šilar, 1996)

Je nutné srážky pozorovat a měřit, proto sledujeme všechny potřebné parametry. Množství srážek vyjadřujeme jako srážkovou výšku v mm; je to tloušťka vrstvy vody, která by se vytvořila z deště na dané ploše bez odtoku, výparu či vsaku. Množství horizontálních srážek je v porovnání s množstvím srážek vertikálním za období hydrologického roku malé. Přesto však hrají významnou roli v zemědělství, neboť jsou schopny mnohdy pokrýt minimální potřebu vody

pro zachování života rostlin v období, kdy je vertikálních srážek málo. (Kemel, 1994)

Intenzitou srážek se rozumí množství srážek v mm, které za určitý časový úsek dopadnou na povrch. Dále je velmi důležité znát časové a prostorové rozložení srážek. Obvykle se vypočítává – dlouhodobé průměrné množství srážek pro jednotlivé časové úseky (měsíc, rok, někdy i pentáda, dekáda, den), počet srážkových dní, proměnlivost srážek, extrémní úhrny, pravděpodobnost výskytu daných úhrnů srážek apod. (Kříž, 1988)

Srážkovým úhrnem označujeme množství srážek naměřených za určitý časový úsek - den, měsíc, rok apod. Množství srážek naměřené za 24 hodin, vždy od 7 do 7 hodin, nazýváme denním úhrnem srážek. (Rožnovský, 1999)

### **2.3.2 Srážkoměrné stanice**

Ve srážkoměrných stanicích, které jsou nainstalovány po celém území České republiky, měříme úhrn srážek pomocí srážkoměrů, popř. zapisujících dešťoměrů. Na těžko dostupných místech využíváme totalizátorů. (Kemel, 1994)

Na jeden srážkoměr v ČR odpovídá plocha do 100 km<sup>2</sup>, síť srážkoměrů je tedy poměrně hustá. Princip měření spočívá v odečtení spadlého množství srážek dobrovolným pozorovatelem jednou denně, nejlépe v 7 hodin ráno. (Daňhelka, 2007)

Musíme vycházet z toho, že srážky jsou prvek místně silně proměnlivý a obzvláště v denních úhrnech se mohou vyskytovat velké rozdíly i na malé vzdálenosti. (Rožnovský, 1999)

Při měření dochází ke ztrátám, které jsou způsobeny především větrem. Velikost ztráty ovlivňuje tvar srážkoměru, jak je přístroj chráněn a charakter srážek. (Daňhelka, 2007)

Pro získání správných informací o časovém a plošném rozdělení srážek je zapotřebí, aby byla síť srážkoměrných stanic dostatečně hustá a správně navržena. Měla by být

vybavena stejnými a standardními přístroji, pozorování a vyhodnocování se doporučuje provádět podle jednotné metodiky. (Kemel, 1994)

V základních dešťoměrných stanicích se srážky měří jednou za 24 hodin, obvykle v 7 hodin ráno, takže každé měření udává úhrn srážek z předcházejícího dne. (Šilar, 1996)

Pokud je síť dostatečně hustá, můžeme údaje využít pro zpracování dat, ve kterém znázorníme množství vody spadlé na určité území a jeho regionální a časové rozvržení. Mezi stanicemi lze interpolací sestavit izohyety, neboli linie spojující místa ve stejné výšce srážek za určité období. Při sestavování izohyet je třeba zohlednit vliv přírodních činitelů, které mohou ovlivnit výšku srážek. (Šilar, 1996)

Síť srážkoměrných stanic zřizuje Český hydrometeorologický ústav. Vládním nařízením Československé republiky č. 96/1953 Sb. s platností od 1. 1. 1954 vznikl dnešní hydrometeorologický ústav, a to spojením původního meteorologického ústavu v Praze s hydrologií. (ČHMÚ) Stanice jsou zakresleny ve speciálních mapách, jsou označeny názvy a zeměpisnými souřadnicemi. Každá stanice má svůj podrobný náčrt se svojí polohou a umístěním přístrojů. (Kemel, 1994)

### **2.3.3 Základní přístroje pro měření srážek**

#### *Staniční srážkoměr*

Základním přístrojem pro měření množství srážek je staniční srážkoměr. Skládá se ze dvou stejných srážkoměřených nádob, nálevky a konvice. Součástí jsou obvykle zhotovené z pozinkovaného plechu. Dále srážkoměrnou soupravu doplňuje skleněná odměrka kalibrovaná v desetinách milimetrů množství srážek. (Kříž, 1988)

V České republice se používá srážkoměrů se zachytnou plochou nálevky 500 cm<sup>2</sup>. Horní hrana nálevky je ve výšce 1 m nad terénem. Srážky měříme každé ráno. Výsledky množství srážek se zaznamenávají do deníku s přesností na desetiny milimetru jako úhrn z předchozího dne. Dále zaznamenáváme začátek a konec a výšku mimořádně prudkých dešťů. (Šilar, 1996)

### *Totalizátor*

Tam, kde není možné obsluhovat přístroje, instalujeme totalizátory. Ty se využívají pro měření v dlouhých intervalech, a to jednou, dvakrát až čtyřikrát do roka. Tyto přístroje zachycují atmosférické srážky všeho druhu. Je to válcová nádoba s dolním a horním dílem kónickým, záchytný otvor je chráněn Nipherovým kuzelem, který omezuje účinky větru. (Kemel, 1994)

Totalizátory používáme na odlehlých, těžko dostupných místech (např. v horách). Mají malou záchytnou plochu a přiměřeně velkou sběrnou nádobu, která by měla odpovídat očekávaným srážkám v období mezi dvěma měřicími termíny. V zimě se do nádoby přidávají látky zabraňující mrznutí vody. K zabránění výparu vody se přidává 0,5 – 1 litr vazelinového oleje. Umisťují se na konstrukce 2,5 – 3 m nad zemí nebo se zavěšují na třech tyčích s kladkami a protizávažím a zvedají se podle výšky sněhu. (Kříž, 1988)

### *Ombrograf*

Zapisující dešťoměr (ombrograf) je přístroj, kterým určujeme obraz o časovém průběhu kapalných srážek. Hlavními prvky přístroje jsou plováková komora s plovákem, registrační zařízení je ukryto ve válcovém pouzdře, do něhož je zapuštěna nálevka a záchytné ploše 250 cm<sup>2</sup>. (Kemel, 1994)

Z nálevky voda stéká do plovákové komory. V plováku se nachází táhlo, které prochází víkem komory a na jeho horním konci, do něhož je umístěno raménko s pérkem, které na registračním papírku zaznamenává polohu plováku. Na straně komory vyčnívá skleněná násoska, jejíž druhý konec zasahuje pod dno plovákové komory do sběrné nádoby. Je-li voda v takové výši, kdy může přetékat násosku, obsah vody se vyprázdní do sběrné nádoby a plovák klesne na nejnižší hladinu. Komora se pak případně dále naplňuje a děj se opakuje. (Kříž, 1988)

Ombrografy se využívají k plynulému měření srážek a zajištění intenzity deště. Výsledkem je graf, který se skládá ze šikmých stoupajících čar v době srážek a svislých čar v okamžicích vyprázdňování z měřicí nádoby. Záznam ombrografu je součtovou čarou spadlých srážek. (Šilar, 1996)

### *Další metody měření srážek*

Automatické srážkoměry spočívají v měření zachycené vody a poskytují informaci rozdělenou v čase a dál informaci automaticky přenášejí do operativních databází. Nejrozšířenější konstrukce automatického srážkoměru je člunkový srážkoměr (tipping bucket). Měření je řešeno překlápěním člunku, který je sestaven z dvou malých odměrných nádobek. Při intenzivních srážkách voda odkapává mimo člunek. (Daňhelka, 2007)

K detekci srážkové oblačnosti na velké ploše v okruhu od 100 až 300 km využíváme meteorologických radiolokátorů. Radar funguje na principu vysílání elektromagnetických pulzů o vlnové délce  $\lambda = 3$  až 10 cm. Radar rotuje a snímá v různých výškách. (Daňhelka, 2007)

Znázorněný přepočítání stupnice na intenzitu srážek [mm/h] je pouze přibližný. Stupnice je znázorněna pro zdůraznění exponenciální závislosti intenzity srážek na hodnotách radarové odrazivosti. Při nízké intenzitě srážek (cca 0.1 mm/h a méně) se často nejedná o srážky dopadající na zem. Naopak při vysokých intenzitách nad cca 100 mm/h se často nejedná o tak silné srážky, ale spíše se jedná o kroupy, které odráží radarové vlny nejsilněji. (ČHMÚ)

Pro odhad srážek jsou využívány i družicové produkty a informace. Družice jsou schopny poskytnout informaci o celkovém množství vody v atmosférickém sloupci. (Daňhelka, 2007)

## **2.4 Chemické a fyzikální vlastnosti srážek**

Chemické složení srážek ovlivňuje složení a znečištění ovzduší. Dále úhrn srážek, jejich trvání a intenzita srážek. Srážkové vody v okolí velkých průmyslových aglomerací a lidských sídel jsou nejvíce znečištěny. Nejvyšší jsou vody z horských oblastí, pokud ovzduší není znečištěno dálkovým přenosem. (Pitter, 2009)

Látky, které znečišťují ovzduší, nazýváme zdroje znečištění. Ty dělíme na zdroje znečištění přírodní nebo antropogenní. (Rožnovský, 1999) Zdroje přírodní



jsou: vulkanické exhalace, exhalace z rozkladu živočišných a rostlinných zbytků, částice z půdy, minerálů, pylu, živočišného a rostlinného detritu a mořské vody vynášené větrem. Ke zdrojům antropogenním řadíme: emise ze spalování fosilních paliv, výfukové plyny motorových vozidel, emise z průmyslových závodů, prach z rudných úprav, cementáren a výroby stavebních hmot. (Pitter, 2009) V současné době největší problém představují plynné látky obsahující sloučeniny síry a dusíku jako jsou například oxid siřičitý ( $\text{SO}_2$ ), oxid sírový ( $\text{SO}_3$ ), sirovodík ( $\text{H}_2\text{S}$ ), oxidy dusíku ( $\text{NO}_x$ ), dále oxidy uhlíku, ozon  $\text{O}_3$ , freony atd. (Rožnovský, 1999)

K chemickému složení srážek dochází vymýváním aerosolů a jiných látek v oblaku (rainout), znečišťující látky tvoří kondenzační jádra při vzniku srážek, a vymýváním pod oblakem (washout). Washout je závislý na úhrnu srážek, jejich intenzitě a trvání. (Pitter, 2009)

#### 2.4.1 Rozdělení látek

Látky obsažené ve srážkových vodách z chemického hlediska dělíme na anorganické a organické. Z hlediska fyzikálního jsou látky obsažené v pravých roztocích jako elektrolyty neboli iontově rozpuštěné látky, anebo jako neiontově rozpuštěné látky označované také jako neelektrolyty. (Pitter, 2009)

Ionty jsou elektricky nabitě částice, které označujeme podle polaritě nábojů na kationty a anionty. Kationty jsou ionty s kladným elektrickým nábojem a anionty se záporným. (Musilová, 2000)

Sírany a dusičnany řadíme mezi anionty a jsou to látky rozpuštěné, můžeme je tedy označit též jako elektrolyty. Anionty síranové ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) mají původ v síranech obsažených v půdě. Síranové anionty působí agresivně na betonové konstrukce. Anionty dusičnanové ( $\text{NO}_3^-$ ) jsou výsledným produktem mineralizace organické hmoty v půdním prostředí. (Tlapák, 1992)

Chemie atmosféry člení látky do několika skupin:

- Anorganické oxidy ( $\text{CO}$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{SO}_2$ ),
- Oxidující plyny ( $\text{O}_3$ )
- Redukující plyny ( $\text{CO}$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ )

- Organické plyny (metan, alkany, alkeny, areny)
- Fotochemicky aktivní složky (NO<sub>2</sub>, formaldehyd)
- Kyseliny (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>)
- Zásady (NH<sub>3</sub>)
- Soli (NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>, NH<sub>4</sub>HSO<sub>4</sub>)

(Kalač, 2010)

#### 2.4.2 Elektrolytická konduktivita

„Míra koncentrace ionizovatelných anorganických a organických součástí vody.“  
(Pitter, 2009)

V hydrochemii je konduktivita kritériem při posuzování množství elektrolytů obsažených ve vodě a také se používá ke kontrole výsledků chemického rozboru vody. Konduktivita elektrolytů je závislá na koncentraci iontů, na pohyblivosti v elektrickém poli a na teplotě roztoku. Měří se při teplotě 20 °C a vzrůst či pokles teploty o 1 °C působí změnu vodivosti asi o 2%. (Heteša, 1997)

Konduktivita je převrácenou hodnotou odporu roztoku obsaženého mezi dvěma elektrodami o ploše 1 m<sup>2</sup>, které jsou ve vzdálenosti 1 m. Jednotkou konduktivity je S.m<sup>-1</sup>, kdy (S) je siemens.

V hydrochemii se užívá jednotka μS.cm<sup>-1</sup> nebo mS.m<sup>-1</sup>. (Pitter, 2009)

#### 2.4.3 pH

pH (anglicky potential of hydrogen tj. potenciál vodíku nebo též vodíkový exponent) má velký vliv na fyzikálně-chemický režim vody. Ovlivňuje chemické a biochemické procesy ve vodách a je nezbytnou součástí každého chemického rozboru vody, aby se vyjádřila kyselá či alkalická (zásaditá) reakce vody. (Klasová, 2011)

Z hlediska vodohospodářského u atmosférických vod je tedy hodnota pH velmi důležitá. Je ovlivněna nejen oxidem uhličitým a jeho iontovými formami, ale i dalšími složkami jako jsou oxidy síry a dusíku, amoniakální dusík. (Pitter, 2009)

Hodnota pH je jedním faktorů, které ovlivňují složení vod a to zejména obsah stopových prvků ve vodách. Důvodem je přímá závislost sorpce, srážení i rozpouštění na koncentraci volných vodíkových iontů (pH je záporným dekadickým logaritmem jejich koncentrace – roste-li koncentrace  $H^+$ , klesá pH). Srážkové vody jsou hlavním zdrojem vodíkových iontů. pH může klesat až pod hodnotu <4 díky vlivu průmyslových exhalací (především  $SO_2$  a  $NO_x$ ). Příčinou klesání hodnot pH je přítomnost kyseliny sírové  $H_2SO_4$  a kyseliny dusičné  $HNO_3$  v atmosféře. (Hruška, 2006)

Nízká hodnota pH bývá nejčastěji ve vodách s nízkým obsahem vápníku a kde se rozkládají organické látky jako např. listí, jehličí nebo rašelina. V chemicky čisté vodě je reakce neutrální  $pH=7$ . (Klasová, 2011) V oblastech s neznečištěnou atmosférou se hodnota pH srážek pohybuje v rozmezí od 5,5 do 6. V 80. a v 90. letech se v důsledku spalování fosilních paliv, které obsahovaly oxidy síry a dusíku a byly oxidovány na kyselinu sírovou a dusičnou hodnoty pH pohybovaly v průměru od 4,0 do 4,5. (Pitter, 2009)

Děšť v rovnováze s oxidem uhličitým ve vzduchu má pH 5,6. (Krug, 1983)

### **Měření pH vodných roztoků**

Hodnota pH je definována jako záporně vzatý dekadický logaritmus aktivity oxoniových kationtů. Ve zředěných vodných roztocích lze hodnotu aktivity aproximovat hodnotou koncentrace a pak platí:

$$pH = -\log (c(H_3O^+))$$

Pro měření pH se používají indikátorové papírky. Jsou napuštěny různými chemickými látkami, tzv. indikátory, které při změně pH mění barvu v důsledku probíhajících chemických reakcí.

Další metoda měření pH, je založena na elektrochemickém principu. Používá se kombinace dvou elektrochemických článků, jejichž napětí se mění s hodnotou pH. Tyto články se umísťují společně do jedné, tzv. kombinované elektrody.  
([www.fbi.vsb.cz/miranda2/export/sites.../11NLOII\\_Mereni\\_pH.pdf](http://www.fbi.vsb.cz/miranda2/export/sites.../11NLOII_Mereni_pH.pdf))

V následující tabulce jsou zobrazeny hodnoty pH roztoku.

<b>Hodnocení</b>	<b>Hodnota pH</b>
Silně kyselý roztok	0,0 – 2,4
Středně kyselý roztok	2,5 – 4,5
Slabě kyselý roztok	4,6 – 6,7
Neutrální roztok	6,8 – 7,2
Slabě zásaditý roztok	7,3 – 8,5
Středně zásaditý roztok	8,6 – 12,0
Silně zásaditý roztok	12,0 – 14,0

Tabulka č. 1.

#### 2.4.4 Kyselé srážky

Pojem kyselý déšť poprvé použil před více jak 120-ti lety anglický chemik R. A. Smith v knize „Acid rain“, ve které poukazoval na skutečnost, že znečišťující látky ve vzduchu se rozpouštějí v atmosférických srážkách a tím je okyselují. (Hruška, 2002)

V Evropě se problém s kyselými srážkami objevil po prvé v šedesátých letech ve skandinávských zemích. V České republice byly nejvíce postiženy oblasti v Severních Čechách a oblasti velkých měst. V posledním desetiletí dochází k postupnému snižování kyselých srážek. (Pitter, 2009)

Jako kyselá deště se označují spád a srážky obsahující roztoky kyselin, kyselých plynů a kyselých solí. Kyselá deště vznikají vymýváním  $\text{H}_2\text{SO}_4$  a  $\text{HNO}_3$  spolu s kyselinou chlorovodíkovou z atmosféry. (Kalač, 2010)

Sloučeniny síry se s oxidy dusíku a vzdušnou vlhkostí slučují na kyselinu sírovou  $\text{H}_2\text{SO}_4$  a kyselinu dusičnou  $\text{HNO}_3$  a způsobují kyselé deště. Kyseliny se na zemský povrch z atmosféry dostávají dvěma mechanismy. První je vlastní kyselý déšť nebo-li mokrá depozice a druhým mechanismem je suchá depozice, kdy se plyny a aerosol z atmosféry zachycují na povrchu vegetace a tam se následnou reakcí přemění na kyseliny. Poté jsou při nejbližším dešti opláchnuty do půdy. (Hruška, 2005)

V současnosti je kyselost deště ovlivněna emisemi oxidu siřičitého a emisemi oxidů dusíku. Podíl emisí oxidu siřičitého zaujímá přibližně dvě třetiny a pochází z výroby elektrické energie, zbylá jedna třetina připadá emisím oxidů dusíku, které mohou být produktem spalování fosilních paliv a dopravy. (Rožnovský, 1999)

Kyselý déšť je považován za jeden z nejzávažnějších ekologických problémů.

### **Koloběh síry**

Koloběh síry zahrnuje chemické a biologické děje. Na těchto dějích se podílejí mikroorganismy, rostliny i živočichové, pochody v atmosféře a chemické a fyzikální děje v půdě a ve vodě.

#### *Zdroj síry*

Do atmosféry se síra uvolňuje při vytváření mořských aerosolů, při vulkanické činnosti (relativně málo) a při anaerobní respiraci bakterií redukujících sírany.

V podobě síranů se síra do půdy dostává prostřednictvím působením bakterií odumřelých organismů přes  $\text{H}_2\text{S}$  a oxidací  $\text{SO}_2$  z imisí (průmysl, spalovací procesy). Do ovzduší se nadměrné množství oxidu síry dostává při spalování fosilních paliv (uhlí, ropa, zemní plyn). (Ochodek, 2007)

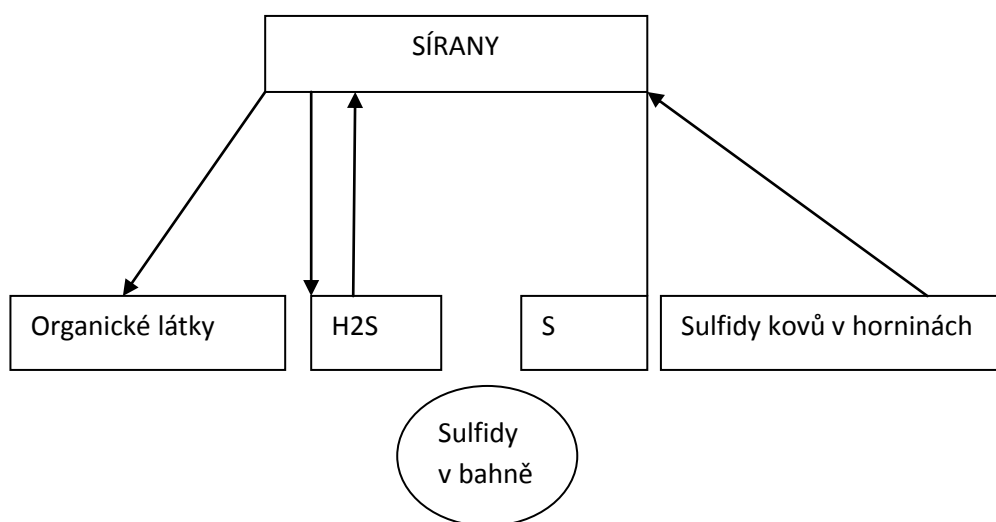
#### *Forma síry*

Síra se v přírodě vyskytuje v několika formách a to zejména jako čistá síra, ve formě síranů ( $\text{SO}_4$ ) a sulfidů (S)

Síra se ve srážkových vodách vyskytuje jak v anorganické formě tak i v organické. Mezi anorganické formy řadíme sulfany a jeho iontové formy, thiokyanatany, elementární síru, thiosírany, siřičitany a sírany. K organickým sloučeninám přiřazujeme některé bílkoviny, aminokyseliny, thioly a sulfosloučeniny. (Pitter, 2009)

Koloběh sloučenin síry je založen na jejich biochemickém rozkladu organických látek obsahujících síru a na asimilaci anorganicky vázané síry rostlinami a mikroorganismy. (Pitter, 2009)

Síra prochází složitým koloběhem. Za anaerobních podmínek mohou být sírany redukovány až na  $H_2S$  a to organickými látkami, bakteriemi rodu *Microspira*, *Desulfovibrio*. Při rozkladu těchto organických látek se uvolňuje síra v podobě sirovodíku, který může být znovu oxidován na sulfáty. Celý koloběh můžeme vyjádřit schématem znázorněný v obrázku č. 1.



Obrázek č. 1 (Heteša, 1997)

Rychlost chemické oxidace síry závisí na teplotě, hodnotě pH, počáteční koncentraci sulfidů a katalytickém účinku kovů.

K vylučování elementární síry dochází při úzkých hodnotách pH a oxidačně-redukčního potenciálu, obzvláště v kyselých až neutrálních podmínkách. V alkalickém prostředí elementární síra téměř vůbec nevzniká. Projevy vylučování

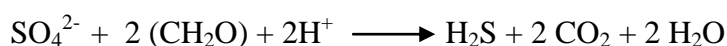
elementární síry je vizuální zákal, jelikož se síra vylučuje v koloidní disperzi. (Pitter, 2009)

Při mikrobiálním rozkladu síry je běžným produktem sulfan, elementární síru vytvářejí některé bakterie.

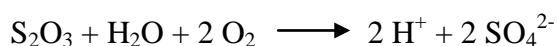
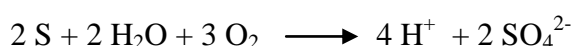
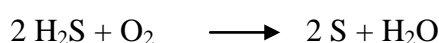
### *Sulfan*

Sulfan a jeho iontové formy podléhají za přítomnosti kyslíku biochemické a chemické oxidaci až na sírany. Biochemická oxidace na elementární síru až na sírany probíhá za přítomnosti siřných bakterií. Chemická oxidace sulfanů ve vodě je složitý proces a meziprodukty oxidace mohou být elementární síra, thiosírany a siřčitaný. (Pitter, 2009)

Bakterie rodu *Desulfovibrio* redukují sírany na sulfan a sírany jsou využívány jako příjemce elektronů při oxidaci organické hmoty:



Samotné bakterie rodu *Desulfovibrio* oxidují jen na kyselinu octovou, proto je zapotřebí přítomnost dalších bakterií oxidující organickou hmotu. Sulfany mohou oxidovat obligátně anaerobní purpurové a zelené siřné bakterie. K oxidaci sulfanu dokáže molekulární kyslík využít aerobní siřné bakterie *Thiobacillus thiooxidans*:



Sulfan vzniká rozkladem bílkovin v hydrosféře a dále je v atmosféře oxidován na oxid siřčitý  $\text{SO}_2$ , ten se díky atmosférickým srážkám dostává k povrchu zemskému. Přibližně 25% z celkového množství oxidu siřčitého pochází z průmyslových zdrojů. (Heteša, 1997) Do atmosféry se oxid siřčitý dostává antropogenní činností zejména spalováním fosilních paliv. Přeměny oxidu siřčitého v atmosféře závisejí na teplotě, vlhkosti a intenzitě světla.  $\text{SO}_2$  tvoří částičky

aerosolu a podílí se na vzniku mlh. (Kalač, 2010) Oxid siřičitý patří mezi hlavní znečišťující součásti ovzduší. Převážná většina přichází do ovzduší ze spalovacích procesů. Při spalování tuhých paliv asi 95% přítomné síry přechází na oxid siřičitý. U kapalných paliv je to prakticky 100%. Oxid siřičitý je ve spalinách částečně oxidován na oxid sírový. Oxidací atmosférického SO<sub>2</sub> vznikne aerosol kyseliny sírové. (Popl, 1999)

### *Sírany*

Koncentrace síranu ve vodách se obvykle vyjadřuje v mg SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> v 1 litru vody, nebo v mmol l<sup>-1</sup>. Je vhodné výsledky udávat jako prvek S nebo jako látkové množství a nikoli v iontové formě jako SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>. (Pitter, 2009)

$$1 \text{ mg SO}_4^{2-} = 0,333 \text{ 8 mg S} = 10 \text{ } \mu\text{mol}$$

$$1 \text{ mmol} = 96,064 \text{ mg SO}_4^{2-} = 32,066 \text{ mg S}$$

### **Koloběh dusíku**

Dusík patří mezi nejdůležitější makrobiogenní prvky a způsobuje jeden z největších problémů kontaminace vod. Patří do skupiny nutrietů a uplatňuje se ve všech biologických procesech probíhajících ve vodách. (Kvítek, 2006) Dusík je důležitý biogenní prvek a je součástí aminokyselin, bílkovin a nukleových kyselin. (Ochodek, 2007)

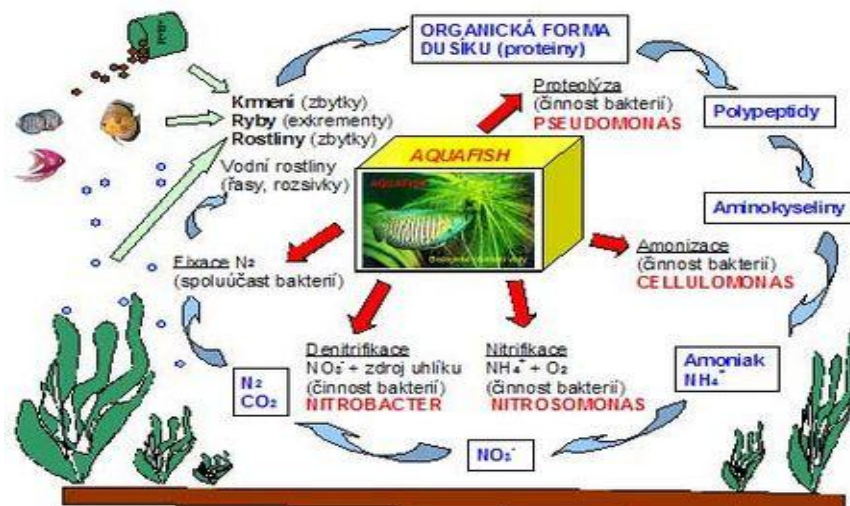
### *Zdroje dusíku*

Hlavním zdrojem dusíku je zemská atmosféra (78%), odkud se dostává do oběhu během bouřek a pomocí mikroorganismů. Některé bakterie a sinice jej z molekulární formy převedou na amoniak, ten je bakteriemi přeměněn na dusitany a dále na dusičnany. Volný dusík (N<sub>2</sub>) tvoří více než 75% objemu všech plynů v ovzduší. Velmi malé množství je obsaženo ve formě oxidu dusného (N<sub>2</sub>O), oxidu dusnatého (NO), oxidu dusičitého (NO<sub>2</sub>) a amoniaku (NH<sub>3</sub>). (Pitter, 2009) Hlavním zdrojem antropogenních emisí oxidů dusíku do ovzduší je spalování fosilních paliv ve stacionárních emisních zdrojích (při vytápění a v elektrárnách) a v motorových vozidlech (ve spalovacích motorech). Ve většině případů je emitován do ovzduší



oxid dusnatý (NO), který je transformován na oxid dusičitý. Další antropogenní zdroj dusíku může pocházet ze zemědělství (např. hnojení zemědělské půdy dusíkatými hnojivy). (Ochodek, 2007)

Koloběh dusíku je znázorněn v obrázku č. 2.



Obrázek č. 2: Koloběh dusíku (www.google.cz)

### Formy výskytu

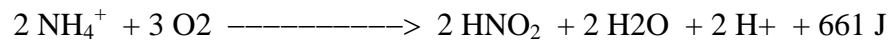
Stejně jako síra tak i dusík se ve vodách vyskytuje v různých oxidačních stupních:

- Amoniakální dusík, kyanatany, kyanidy
- Hydroxylamin
- Elementární dusík
- Oxid dusný
- Dusitanový dusík
- Dusičnanový dusík (Pitter, 2009)

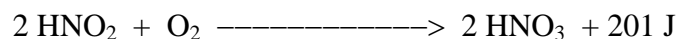
Na oxidaci amonných solí v půdě v 1. stupni se zúčastňují aerobní bakterie (*Nitrosomonas*, *Nitrosocystis*, *Nitrosospira* aj.), na oxidaci nitritů (2. stupeň nitrifikace) se podílejí bakterie rodu *Nitrobacter*. Při nitrifikaci uvolněné H<sup>+</sup> okyselují půdu. Vznikající kyselina dusičná je neutralizována bázemi sorpčního komplexu, nebo půdního roztoku. Při dostatečném provzdušení půdy, teplotě 15-30°C, vlhkosti

40-60% MVK a pH 6,2-9,2, probíhá nitrifikace velmi intenzivně. Při teplotě 5-10°C je velmi nízká a při teplotách < 5°C se prakticky zastavuje. (Richter, 2007)

1. stupeň - nitritace:



2. stupeň - nitratice:



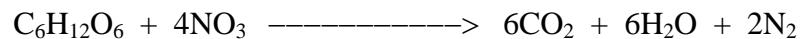
Autotrofní organismy se podílejí na nitrifikaci a využívají CO<sub>2</sub> jako zdroj uhlíku pro tvorbu biomasy a jako zdroj energie pro oxidaci amoniakálního dusíku. Množství získané energie je však malé pro tvorbu nové biomasy. (Heteša, 1997))

Nitrifikační bakterie jsou v přírodě velmi rozšířeny a hromadí se v dnových sedimentech, v půdě a nerozpuštěných látkách ve vodě, proto nitrifikace probíhá ve vodách velmi snadno. (Kvítek, 2006) Při nitrifikaci je velmi důležitá hodnota pH. Optimální hodnoty se pohybují v rozmezí 7 až 8,5. Při hodnotě pH pod 6,5 a nad 9,0 dochází k inhibici nitrifikace. Důležitou roli v tomto procesu hraje koncentrace rozpuštěného kyslíku, kdy k úplné nitrifikaci dochází při dostatečně vysoké koncentraci a při koncentraci pod 1 mg l<sup>-1</sup> může docházet k hromadění dusitanů ve vodě. (Pitter, 2009)

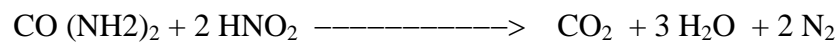
„Nitrifikace je v přírodě důležitá pro vytvoření základní formy, v níž rostliny přijímají dusík, tedy dusičnanů.“ (Kalač, 2010)

Nitrifikace hraje v hydrochemii a technologii vody mimořádně významnou roli. (Kvítek, 2006)

Ke ztrátám nitrátového dusíku za současné spotřeby organických látek dochází hlavně činností denitrifikačních bakterií (*Bact. denitrificans*) na oxidy dusíku (NO<sub>x</sub>) nebo až na elementární N<sub>2</sub>. Mikrobiální denitrifikace probíhá intenzivně v neutrálním až alkalickém prostředí při nedostatku vzduchu. Podmínkou je dostatek organické hmoty. Průběh reakce lze vyjádřit sumární rovnicí:



Na redukci  $\text{NO}_3^- \longrightarrow \text{NO}_2^-$  se podílí enzym nitrátreduktáza, na redukci  $\text{NO}_2^- \longrightarrow \text{N}_2$  nitritreduktáza. Vedle denitrifikace biologické probíhá i denitrifikace chemická. Při ní kyselina dusitá reaguje s aminokyselinami, aminy, amidy nebo močovinou až na elementární dusík. Chemická denitrifikace je intenzivnější v kyselém prostředí ( $\text{pH} < 5,5$ ). (Richter, 2007)



### *Dusičnany*

Konečným produktem biochemické oxidace organicky vázaného dusíku jsou dusičnany. V půdě jsou zadržovány a infiltrací pronikají dále. Jejich vznik je zapříčiněn nitrifikací amoniakálního dusíku. V minerálech se nevyskytují, ale zdrojem jejich výskytu může být hnojení zemědělské půdy. Půdy hnojené dusíkatými hnojivy obsahují dusík amoniakální a dusičnanový. Dalším zdrojem dusičnanů jsou odpadní vody. Dusičnany se vyskytují téměř ve všech vodách a jejich koncentrace vzrůstají v důsledku růstu počtu obyvatel a zemědělské činnosti. (Heteša, 1997)

U dusičnanů je vhodné vyjadřovat koncentraci jako dusičnanový dusík  $\text{N-NO}_3^-$ . Pro přepočítání tedy platí:

$$1 \text{ mg N-NO}_3^- = 4,427 \text{ mg NO}_3^- = 71,39 \text{ } \mu\text{mol}$$

$$1 \text{ mg NO}_3^- = 0,226 \text{ mg N-NO}_3^- = 16,13 \text{ } \mu\text{mol}$$

$$1 \text{ } \mu\text{mol} = 14,00 \text{ } \mu\text{g N} = 62 \text{ } \mu\text{g NO}_3^-$$

(Pitter, 2009)

### **3. Charakteristika zájmového území**

#### **3.1 Novohradské hory**

Širší zájmové území leží v jihočeském kraji v podhůří Novohradských hor. Novohradské hory se nacházejí na hranicích Česka a Rakouska. Na našem území se rozprostírají na ploše 162 km<sup>2</sup> kolem obcí Nové Hradky, Horní Stropnice, Benešovka nad Černou, Dolního Dvořiště a Malont.

Nejvyšší bod dosahuje 1072 m, nejnižší výška je 645 m. Převládající výšková členitost se pohybuje v rozmezí od 200 do 400 m, střední výška je 810m a střední sklon 7°. Nejvyšší vrchol se nazývá Viehberg (1 111 m) a rozkládá se na rakouském území jako většina vrcholů Novohradských hor vysokých přes 1000 m. Jihovýchodně od Nových Hradů leží tři vrcholy s výškou přes 1000 m: Kamenec (1072 m), Myslivna (1040 m) a Vysoká (1034 m). (Chábera, 1998)

To, co je na Novohradských horách mimořádné, je především vzácně zachovalá příroda ušetřená zásahů člověka díky své poloze v bývalém pohraničním pásmu. V roce 2000 zde byl vyhlášen Přírodní park Novohradské hory. (Hellebrandová, 2006)

Přírodní park Novohradské hory je rozsáhlá oblast s významnou přírodní a estetickou hodnotou, s harmonicky utvářenou horskou a podhorskou krajinou. Oblast, která je významná vysokým stupněm zachovalosti přírodního prostředí, na jehož formování se podílí přírodě blízké lesní a luční ekosystémy, rašeliniště, rybníky a prameniště, a dále dochované historické hodnoty území.

#### **3.2 Geomorfologické poměry**

Dnešní podoba Jižních Čech je zapříčiněna dlouhodobým geomorfologickým vývojem, který probíhal v různých fyzicko-geografických podmínkách. Na vývoj reliéfu působily pohyby zemské kůry, změny podnebí a charakter hornin. Základ reliéfu byl vytvořen hercynským, vrásněním v prvohorách. Současná podoba Jižních Čech je složitá mozaika tvarů různých rozměrů a různého původu, kde jsou tvary

vzniklé v současném podnebí a i se uchovaly tvary vzniklé v minulých geologických dobách. (Chábera, 1985)

### **3.3 Klimatické poměry**

Území náleží k mírně teplé klimatické oblasti v rámci jednotky MT4 a MT3 (severní část) a chladné klimatické oblasti s jednotkou CH7 (jižní část). (Quitt, 1971)

MT4 – krátké léto, mírné, suché až mírně suché, přechodné období krátké, s mírným jarem a mírným podzimem, zima normálně dlouhá, mírně teplá a suchá s krátkým trváním sněhové pokrývky.

MT3 - krátké, mírně chladné léto, normálně dlouhá a mírně chladná zima.

CH7 – velmi krátké až krátké léto, mírně chladné až vlhké, přechodné období dlouhé, jaro mírně chladné, podzim mírný, dlouhá a mírně vlhká zima s dlouhým trváním sněhové pokrývky.

Průměrná roční teplota se pohybuje od 6,3 do 7,8 °C. (Bodlák, 2011)

Novohradské hory jsou velmi bohaté na vodní biotopy a jsou zde zastoupeny téměř všechny typy povrchových vod mírného pásu. Rozmanitost vod na Novohradsku je podmíněna hlavně množstvím atmosférických srážek, jejich geologickým podkladem a reliéfem krajiny. (Fraňková, 2010)

Roční úhrn srážek se pohybuje v rozpětí od 685 mm do 917 mm. Srážky jsou během roku velmi příznivě rozloženy, od začátku dubna do konce září spadne téměř 67% ročních srážek. Na sněhové srážky připadá přibližně 18%. (Bodlák, 2011)

### **3.4 Zájmové oblasti**

#### *Horní Stropnice*

Zájmové území Horní Stropnice leží v Jihočeském kraji v podhůří Novohradských hor. Nachází se 12 km jihovýchodně od města Trhové Sviny v okrese České Budějovice s rozlohou 79,95 km<sup>2</sup>. Pověřenou obcí je obec Nové Hrady.

Území je tvořeno horním tokem řeky Stropnice, která pramení na rakouském území na jihovýchodním svahu Vysoké (1034 m).

#### *Paseky*

Paseky jsou část obce Horní Stropnice nacházející se asi 2, 5 km na jih od Horní Stropnice. Charakter tohoto zájmového území je osada, kde jsou evidováni 2 trvale žijící obyvatelé na rozloze 2,02 km<sup>2</sup>.

#### *Nové Hrady*

Nové Hrady jsou město v Novohradských horách poblíž hranic s Rakouskem, asi 30km jihovýchodně od Českých Budějovic s nadmořskou výškou 541 m a rozlohou 79,68 km<sup>2</sup>.

#### *Nakolice*

Nakolice je malá vesnice, která je součástí města Nové Hrady o rozloze 6,14 km<sup>2</sup>. Nachází se asi 4 km od Nových Hradů.

## 4. Metodika

Zdrojová data byla poskytnuta Laboratoří aplikované ekologie Zemědělské fakulty v Českých Budějovicích.

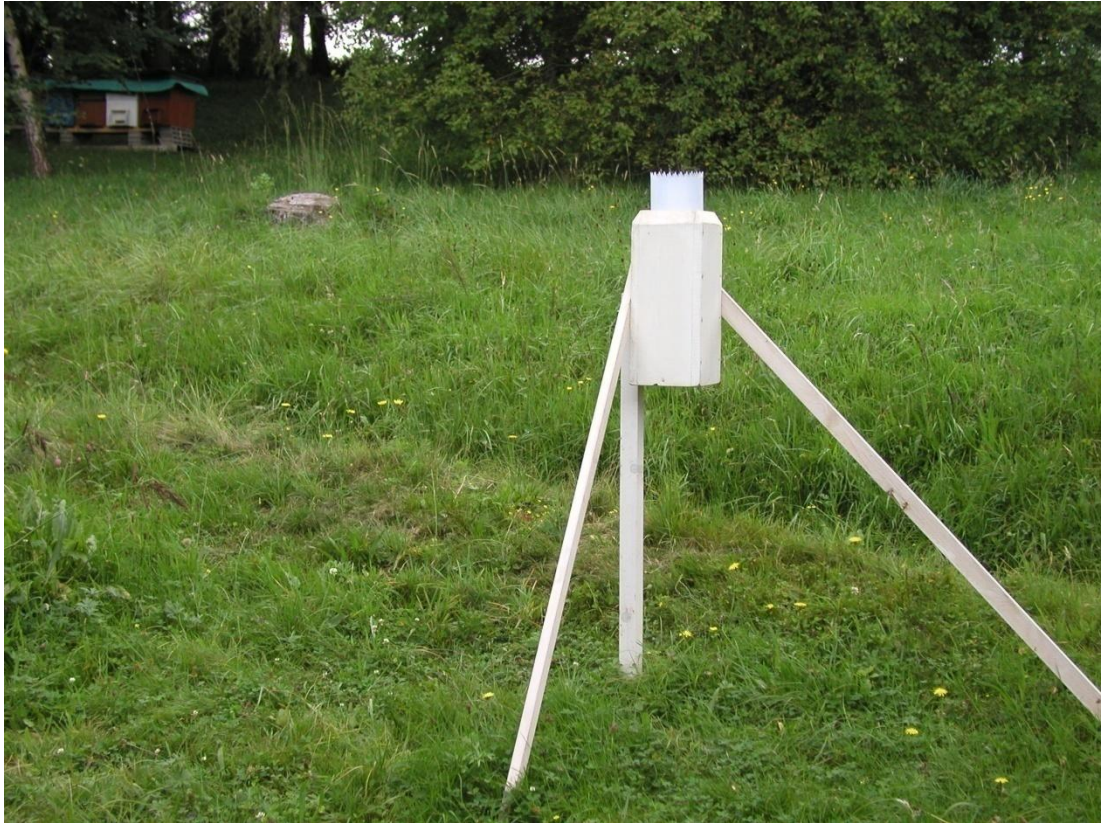
Odběry týdenních vzorků byly prováděny od července roku 2005 do konce roku 2011 v lokalitách Horní Stropnice, Paseky, Nakolice (obr. č. 4) a Nové Hrady (obr. č. 5), kde byly umístěny srážkoměrné stanice.

Rozmístění srážkoměrných stanic je zobrazeno v obrázku č. 3.

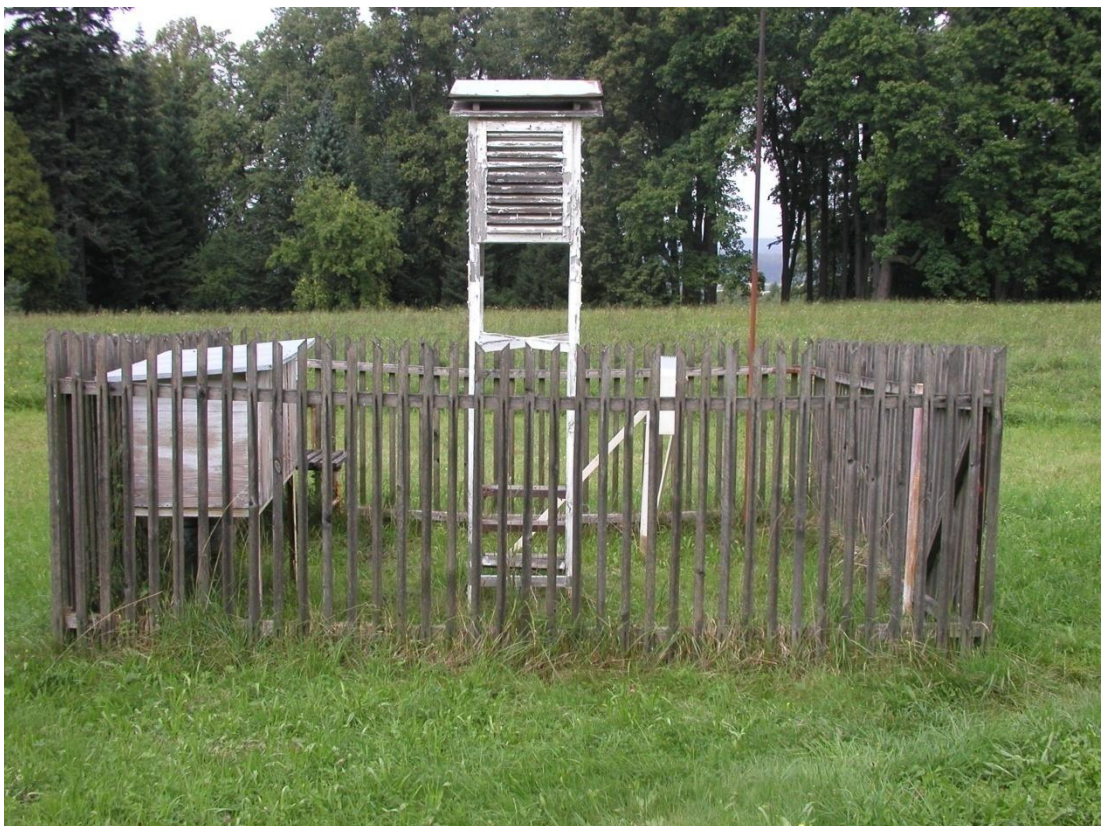


Obrázek č 3.: Mapa zájmových oblastí s vyznačenými srážkoměrnými stanicemi

Srážkoměrné stanice byly umístěny na okraji zájmových lokalit. Srážkoměr byl vytvořen z plastové nádoby, aby ze slévaných vzorků mohla být provedena chemická analýza. Nádoba z plastu byla umístěna na dřevěné trojnožce.



Obrázek č. 4: Srážkoměrná stanice v lokalitě Nakolice



Obrázek č. 5: Srážkoměrná stanice v lokalitě Nové Hrady.



Množství srážek, které bylo zachyceno ve srážkoměru, bylo sléváno každý týden do odměrného válce a poté ihned odvezeno do laboratoře, kde byly vzorky uchovávány v chladnu. Dále byla u vzorků provedena chemická analýza.

Jelikož v lokalitách nebyly nainstalovány standardizované srážkoměry, bylo nutné určit plochu srážkoměru pro následný výpočet množství srážek. Výsledná plocha srážkoměru měla po zaokrouhlení hodnotu 0,12 m<sup>2</sup>. Po určení plochy srážkoměru bylo množství srážek přepočteno dle vzorce (1):

$$O_{sr} = \frac{S}{P} \cdot 1000 \text{ [mm. m}^2\text{]} \quad (1)$$

O<sub>sr</sub> – objem srážek [mm. m<sup>2</sup>]

S – množství srážek z odměrného válce [ml]

P – plocha srážkoměru [m<sup>2</sup>]

U slévaných vzorků byla provedena chemická analýza. V laboratoři byly stanoveny hodnoty aktuálního pH, vodivosti a koncentrace aniontů.

Z nefiltrovaného vzorku bylo změřeno pH a vodivost (WTW Multi Lab P5). Rozpuštěné látky byly určovány při vakuové filtraci přes skleněný filtr Whatman GF/C (0,46 μm). Následně byla ve filtrátu pomocí injekční průtokové analýzy určena koncentrace aniontů (FIA star 5000; FIA star 5012).

#### *Injekční průtoková analýza FIA*

Průtoková injekční analýza (FIA) je analytická metoda s plynulým tokem všech roztoků, založená na vstřikování vzorku do proudu reagentů.

Hlavní aplikací bylo stanovení chemických parametrů ve srážkových vodách (stanovení koncentrace síranů a dusičnanů).

System pracuje metodou dávkování vzorku do proudu nosného media (tzv. flow injection analysis)

Do nosného proudu analytického činidla jsou vstříkovány vzorky, během pohybu činidla a vzorku dochází k mísení a vzniklý reakční produkt je potom kvantitativně měřen v průtokovém detektoru. Výsledkem analýzy jsou typické píky, které se vyhodnotí kvantitativně. (Davídek, 1988)

Moduly analyzátoru (obr. č. 6) je možno postavit až tři na sebe, což umožňuje simultánní analýzu až tří parametrů v jednom vzorku. Rychlá a jednoduchá výměna kazet pro různé metody přináší možnost nastavit systém na různé druhy analýz nebo provádět postupné měření různých parametrů/mechanismů, např. s použitím pouze jednoho modulu. Modul analyzátoru obsahuje nástřikovou jednotku s proměnnými objemy nástřikových smyček, jednotku pumpy s proměnou rychlostí a držáky hadiček pumpy až pro 8 hadiček, výměnnou kazetu podle použité metody a fotometrický matriční detektor s průtokovou měřicí celou. Každý modul obsahuje také nastavenou termostatovou reakční smyčku. ([www.skatec.cz](http://www.skatec.cz))



Obrázek č. 6 Injekční analyzátor FIAstar 5000 (tři moduly) a automatický podavač vzorků. ([www.netinterlab.com](http://www.netinterlab.com))

### *Zpracování zdrojových dat*

Zdrojová data byla pomocí programu Microsoft Office Excel 2007 časově seřazena. Nejprve bylo přepočteno množství srážek a poté byly sepsány výsledky chemických a fyzikálních veličin pro každou lokalitu zvlášť. Z chemických a fyzikálních veličin byly uvedeny pH, vodivost ( $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ ), koncentrace síranů a dusičnanů ( $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ ).

Porovnání lokalit bylo provedeno na základě absolutních úhrnů srážek za rok 2005 až 2011, dále na základě průměrných hodnot aktuálního pH a na průměrných koncentracích síranů a dusičnanů.

Pro zjištění závislosti hodnot pH na koncentracích síranů a dusičnanů byla v programu Microsoft Office Excel 2007 provedena korelační analýza. Pomocí regresní rovnice byla určena míra závislosti pro jednotlivé lokality.

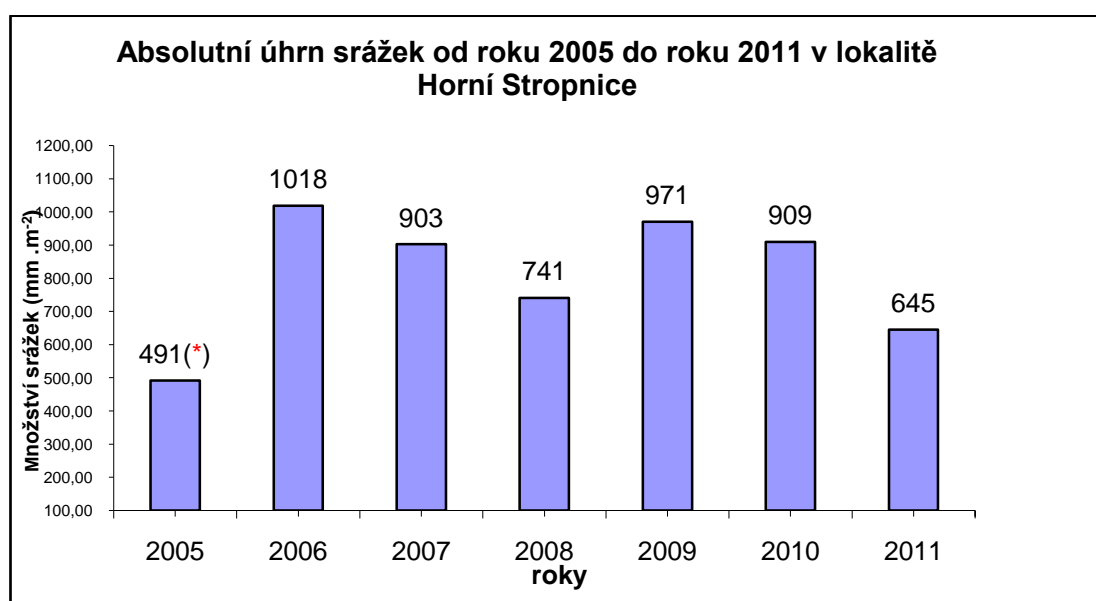
## 5. Výsledky

Výsledky byly zpracovány ze zdrojových dat, která byla poskytnuta Laboratoří aplikované ekologie Zemědělské fakulty v Českých Budějovicích. Zdrojová data byla z roku 2005 do roku 2011.

### Množství srážek v zájmovém území

Absolutní úhrn srážek v letech 2005 až 2011 v lokalitě Horní Stropnice je znázorněn v grafu č. 1. V roce 2005 byl úhrn srážek měřen až od měsíce července.

Nejvyšší množství srážek bylo naměřeno v roce 2006, a to v množství  $1018 \text{ mm}\cdot\text{m}^{-2}$ . Nejméně srážek bylo odebráno v roce 2011 s hodnotou  $645 \text{ mm}\cdot\text{m}^{-2}$ . V letech 2005 až 2011 byla naměřená průměrná hodnota množství srážek  $811 \text{ mm}\cdot\text{m}^{-2}$  za rok.

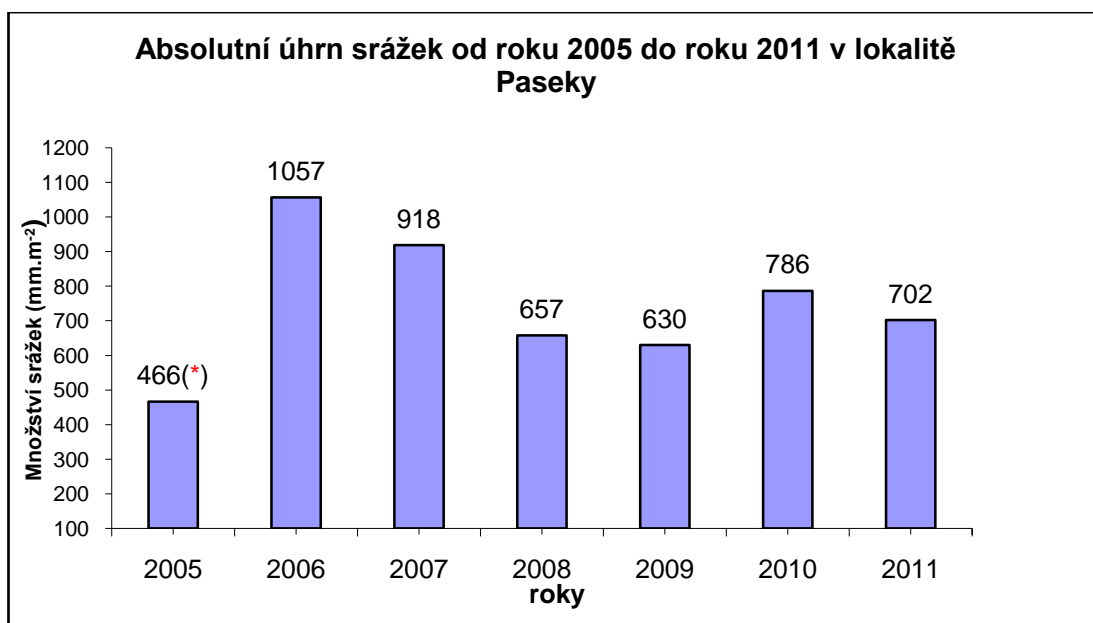


Graf č. 1: Absolutní úhrn srážek v lokalitě Horní Stropnice v letech 2005 až 2011.

\* v roce 2005 byl úhrn srážek měřen od července do prosince

Absolutní úhrn srážek v lokalitě Paseky je znázorněn v grafu č. 2. Množství srážek bylo měřeno v letech 2005 až 2011. V roce 2005 byl úhrn srážek měřen až od měsíce červenec.

V letech 2006 a 2007 bylo odebráno nejvíce srážek za celé období. V roce 2006 bylo naměřeno  $1057 \text{ mm.m}^{-2}$  a v roce 2007  $918 \text{ mm.m}^{-2}$ . V roce 2008 následuje výrazný pokles úhrnu srážek, který se opakuje i v roce 2009 a klesá na hodnotu  $630 \text{ mm.m}^{-2}$ , tedy nejnižší hodnotu z celého období. Průměrné naměřené množství srážek v lokalitě Paseky bylo  $745 \text{ mm.m}^{-2}$ .

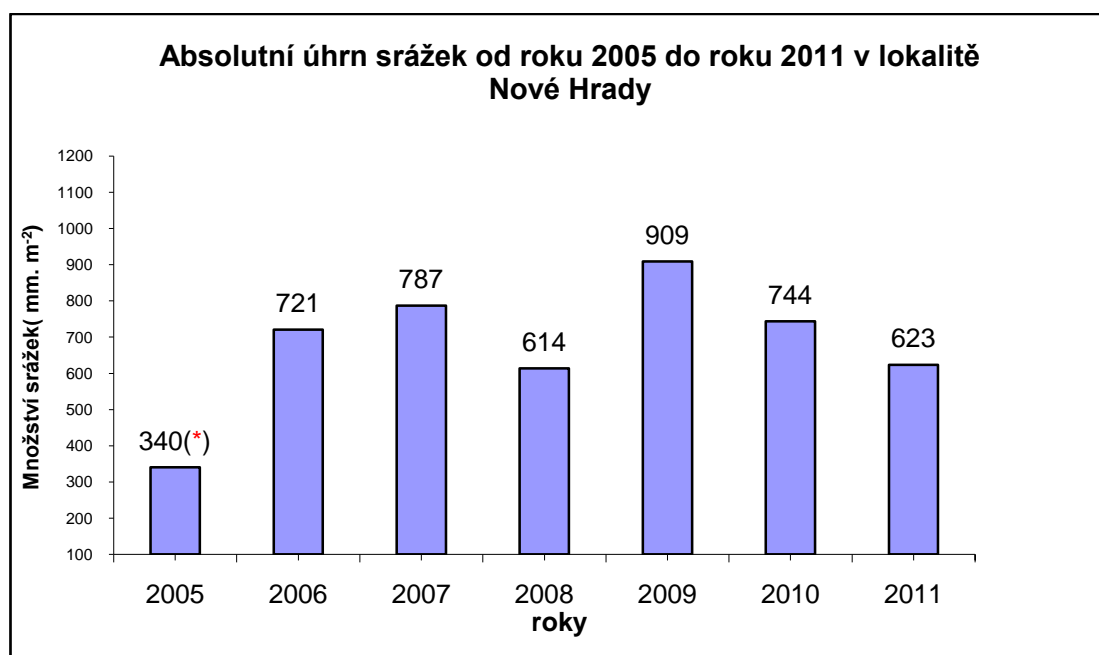


Graf č. 2: Absolutní úhrn srážek v lokalitě Paseky v letech 2005 až 2011.

\* v roce 2005 byl úhrn srážek měřen od července do prosince

V grafu č. 3 je zobrazen absolutní úhrn srážek v lokalitě Nové Hrady za rok 2005 až 2011. V roce 2005 byl úhrn srážek měřen od měsíce červenec.

V roce 2009 bylo naměřeno nejvíce srážek o hodnotě 909 mm.m<sup>-2</sup>. V letech 2006, 2007 a 2010 byly hodnoty téměř totožné a pohybovaly se v rozpětí od 721 mm.m<sup>-2</sup> do 787 mm.m<sup>-2</sup>. Mírný pokles hodnot byl zaznamenán v roce 2008 a 2011, kdy nejnižší hodnota dosahovala 614 mm.m<sup>-2</sup>. Průměrná hodnota množství naměřených srážek měla hodnotu 677 mm.m<sup>-2</sup>.

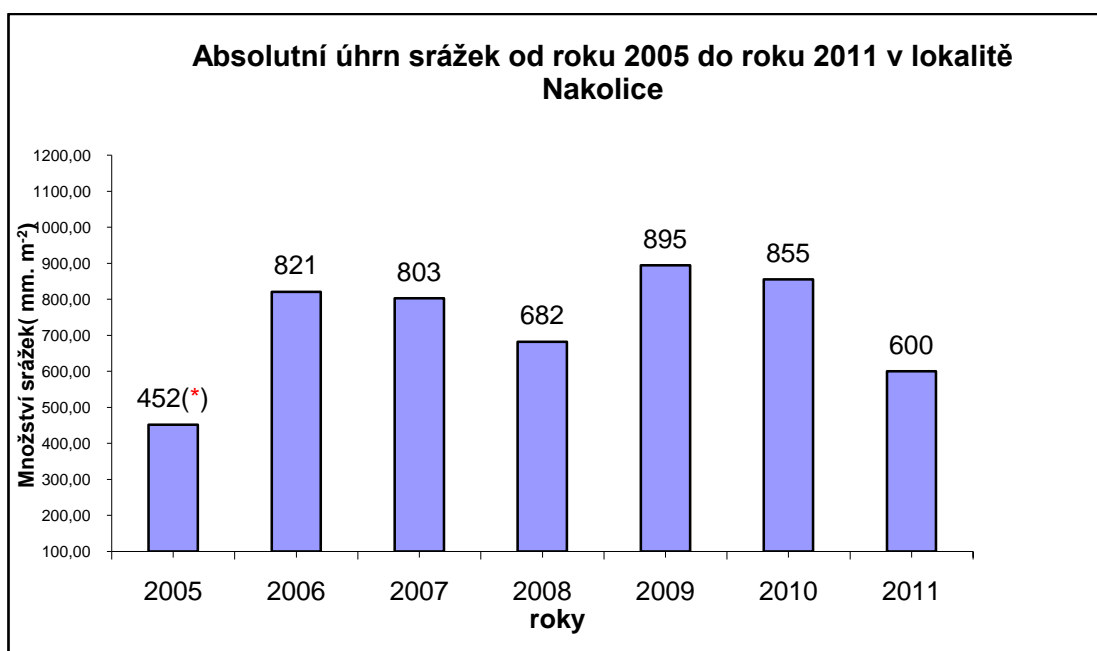


Graf č. 3: Absolutní úhrn srážek v lokalitě Nové Hrady v letech 2005 až 2011.

\* v roce 2005 byl úhrn srážek měřen od července do prosince

Absolutní úhrn srážek v lokalitě Nakolice byl zaznamenán v letech 2005 až 2011. V roce 2005 bylo množství srážek měřeno až od měsíce červenec.

Nejvíce srážek bylo naměřeno v roce 2009 o hodnotě 895 mm.m<sup>-2</sup>. Množství srážek v letech 2006, 2007 a 2010 se pohybovalo v rozmezí hodnot 803 mm.m<sup>-2</sup> až 855 mm.m<sup>-2</sup>. Hodnota 600 mm.m<sup>-2</sup> v roce 2011 byla nejnižší z celého sledovaného období. Průměrné množství naměřených srážek se pohybovalo v hodnotě 616 mm.m<sup>2</sup>, což je znázorněno v grafu č. 4.



Graf č. 4: Absolutní úhrn srážek v lokalitě Nakolice v letech 2005 až 2011.

\* v roce 2005 byl úhrn srážek měřen od července do prosince

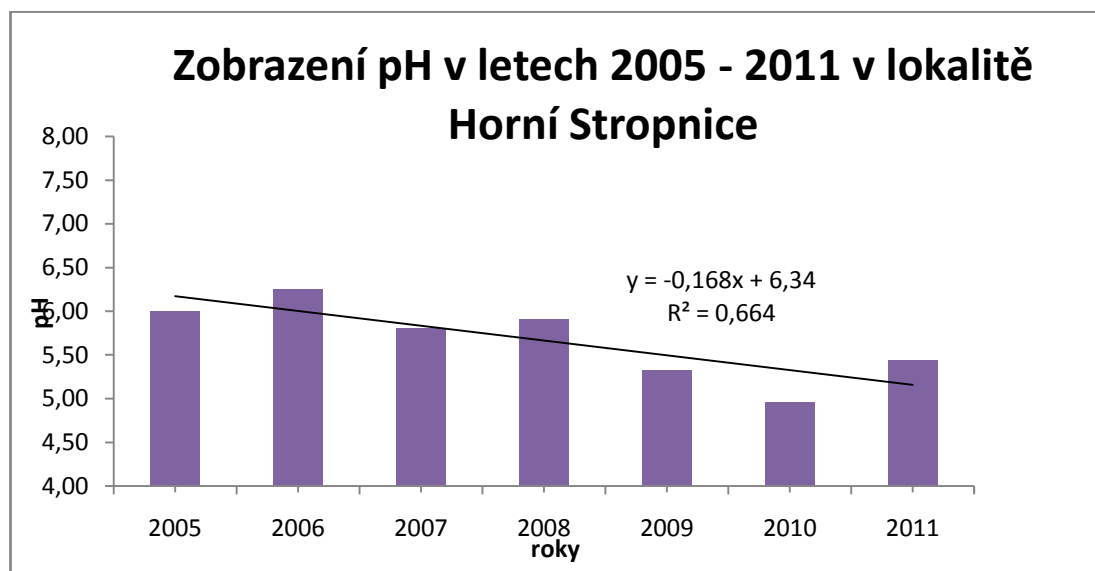
### **Průměrné hodnoty pH v zájmovém území**

V zájmovém území na Stropnicku byly naměřeny aktuální hodnoty pH srážkových vod v letech 2005 až 2011 a následně z nich byly stanoveny průměrné hodnoty pH. Hodnoty pH měly sestupnou tendenci, ale u všech čtyř lokalit byl v roce 2011 zaznamenán mírný vzestup. Výrazný pokles průměrného pH byl zaznamenán v lokalitě Horní Stropnice. Nejprokazatelnější pokles hodnot pH byl v lokalitě Paseky. V Nakolicích nebyl pokles tak výrazný a v lokalitě Nové Hrady byl v prvních letech zaznamenán dokonce mírný vzestup hodnot pH, což je znázorněno v grafech č. 5, 6, 7 a 8.

U všech čtyř lokalit v roce 2010 dosahují průměrné hodnoty pH nejnižšího výsledku a pH se pohybuje v rozmezí hodnot 4,95 – 5,06. Přitom zcela nejnižší hodnota pH 4,95 v Horní Stropnici (graf č. 5) a hodnota pH 5,00 v Nových Hradech (graf č. 7) byla naměřena v sídelních oblastech, kde je výrazně více zastoupen průmysl a více zatížena dopravní síť než v neosídlené oblasti Paseky a okrajové části města Nové Hrady - Nakolice. Nejprůkaznější pokles průměrných hodnot pH byl prokázán v téměř neosídlené osadě Paseky (graf č. 6).



V grafu č. 5 je znázorněno průměrné pH v lokalitě Horní Stropnice v letech 2005 až 2011. Nejvyšší hodnota pH 6,25 byla naměřena v roce 2006 a nejnižší hodnota klesla v roce 2010 až na 4,95. V roce 2005, 2007, 2008 a 2011 se hodnoty pohybovaly na úrovni od 5,44 do 5,99.

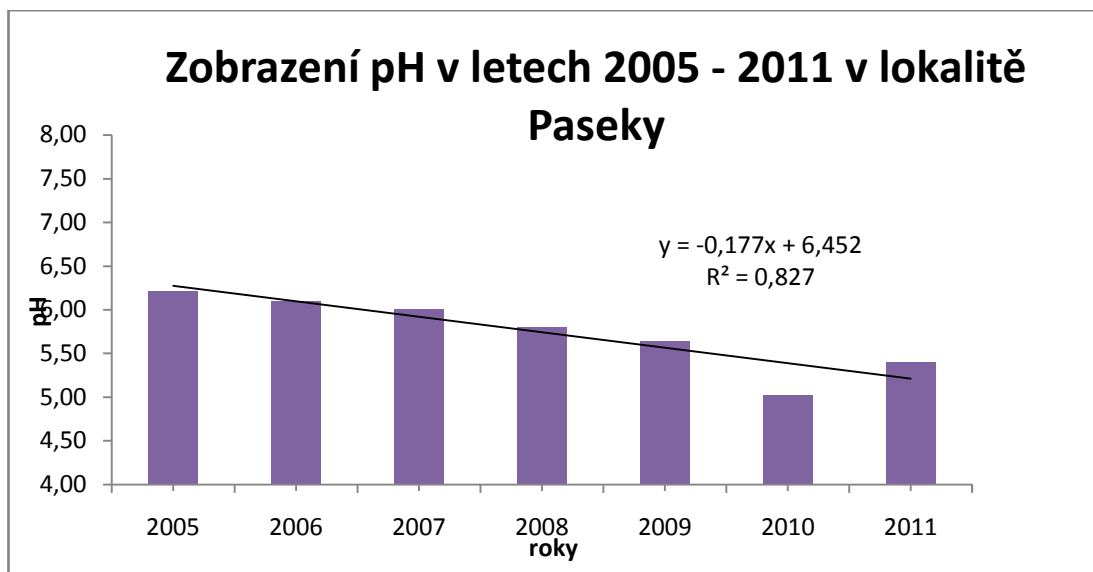


Graf č. 5: Průměrné pH v lokalitě Horní Stropnice v letech 2005 až 2011.

Stejně jako u předchozí lokality, je v lokalitě Paseky znázorněn značný pokles průměrných hodnot pH v grafu č. 6.

Nejvyšší hodnota byla naměřena v roce 2005 kdy hodnota pH dosáhla 6,22. Od roku 2006 do roku 2009 se průměrné pH pohybovalo od 5,64 do 6,10. Nejnižší hodnota 5,03 byla zaznamenána v roce 2010. V roce 2011 pH vzrostlo na hodnotu 5,40.

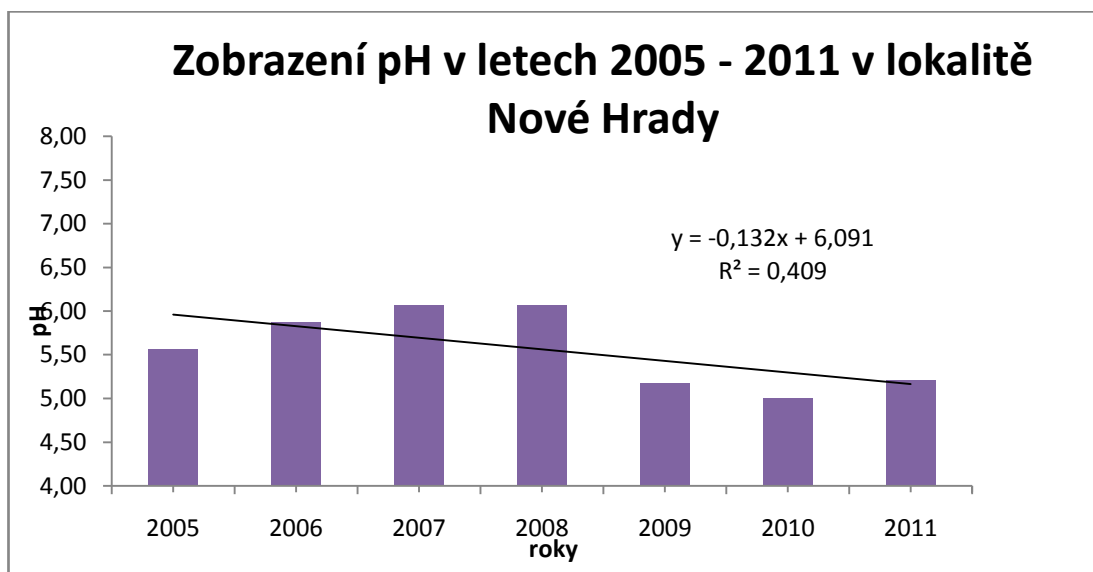
V lokalitě Paseky byl zaznamenán nejprokazatelnější pokles průměrných hodnot pH.



Graf č. 6: Průměrné pH v lokalitě Paseky v letech 2005 až 2011.

Průměrné hodnoty naměřeného aktuálního pH v lokalitě Nové Hrady v letech 2005 až 2011 znázorňuje graf č. 7.

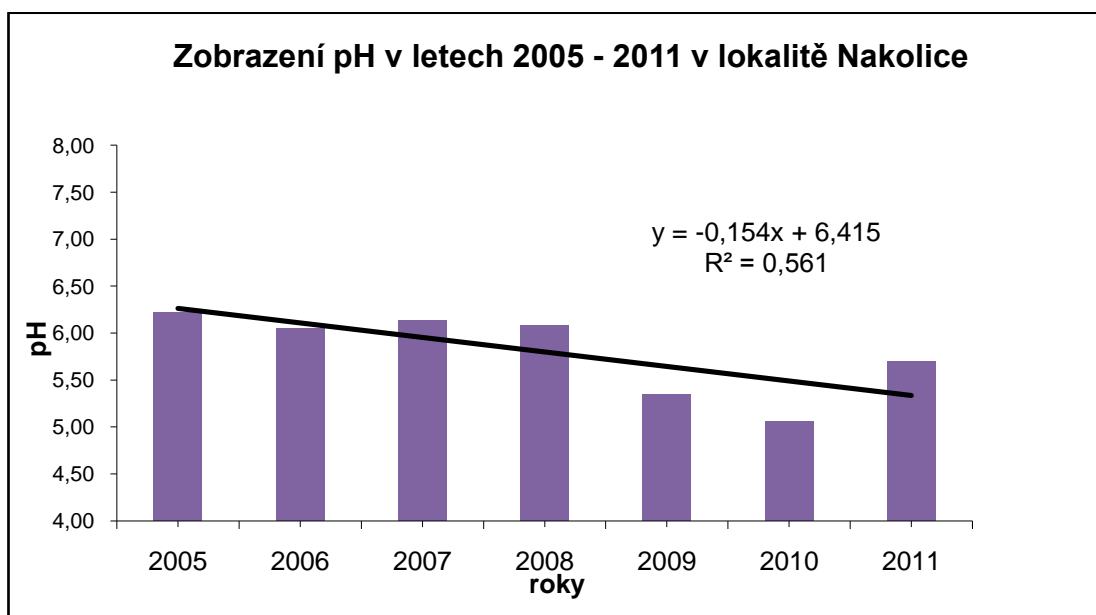
V roce 2007 a 2008 bylo pH s hodnotami 6,07 a 6,08 nejvyšší, oproti tomu pH v roce 2010 s hodnotou 5 bylo nejnižší.



Graf č. 7 : Průměrné pH v lokalitě Nové Hrady v letech 2005 až 2011.

V grafu č. 8 je zobrazeno průměrné pH od roku 2005 do roku 2011 v lokalitě Nakolice.

V roce 2005 až 2008 jsou hodnoty pH téměř totožné a pohybovaly se v rozmezí od 6,05 do 6,22. Nejvyšší hodnota 6,22 byla dosažena v roce 2007. Od roku 2009 byl zaznamenán výrazný pokles, který pokračoval i v roce 2010 na hodnotu pH 5,06. V roce 2011 zase pH výrazně vzrostlo a to na hodnotu 5,70.



Graf č. 8: Průměrné pH v lokalitě Nakolice v letech 2005 až 2011.

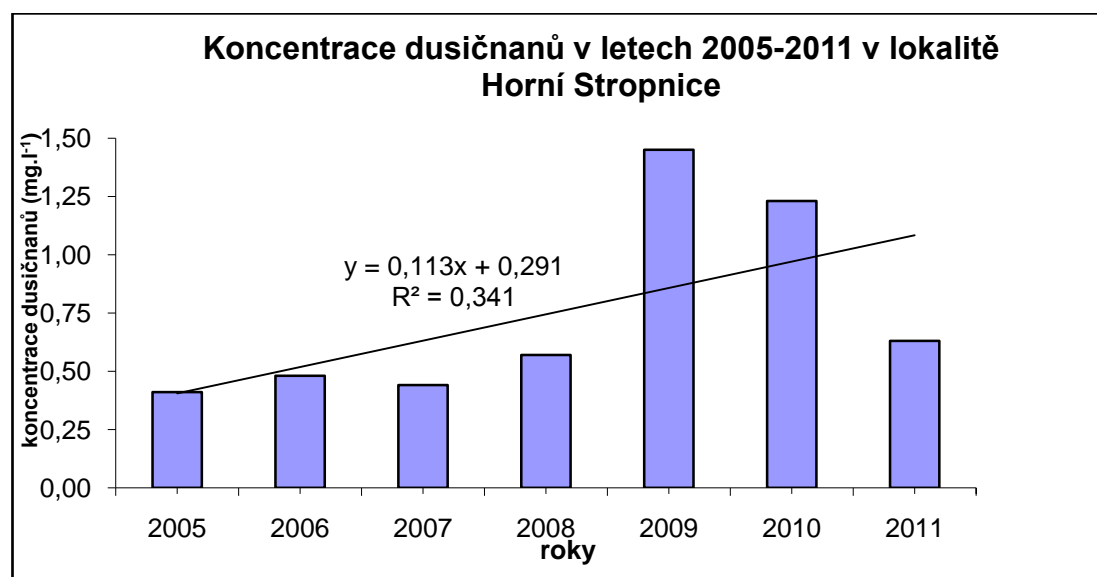
## Průměrná koncentrace dusičnanů v zájmovém území

Obsah dusičnanů ve srážkových vodách znázorněných v grafech č. 9, 10, 11 a 12 poukazuje na vzrůst koncentrace dusičnanů ve srážkových vodách u dvou lokalit.

Nejvýraznější závislost stoupání koncentrace dusičnanů byla prokázána v lokalitě Paseky (graf č. 10) a Nakolice (graf č. 12). V lokalitě Horní Stropnice (graf č. 9) a Nové Hrady (graf č. 11) nebyl vzrůst koncentrace dusičnanů prokazatelný.

Koncentraci dusičnanů v lokalitě Horní Stropnice v letech 2005 až 2011 znázorňuje graf č. 9.

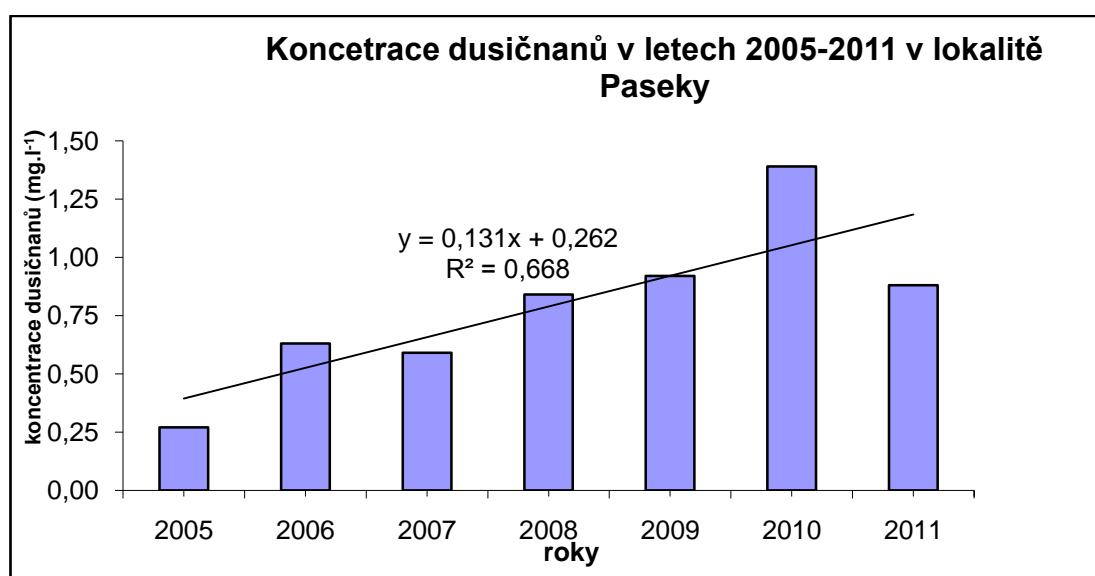
Koncentrace dusičnanů v letech 2005 až 2008 se pohybovala v rozmezí od  $0,41 \text{ mg.l}^{-1}$  do  $0,57 \text{ mg.l}^{-1}$ . Nejnižší koncentrace byla zaznamenána v roce 2005 s hodnotou  $0,41 \text{ mg.l}^{-1}$ . Nejvyšší koncentrace  $1,45 \text{ mg.l}^{-1}$  byla naměřena v roce 2009.



Graf č. 9: Koncentrace dusičnanů v lokalitě Horní Stropnice v letech 2005 až 2011.

V lokalitě Paseky je vzestup koncentrace v období let 2005 až 2011 nejprokazatelnější (graf č. 10). Hodnoty koncentrace dusičnanů jsou od roku 2005 na vzestupu, v roce 2011 koncentrace klesá.

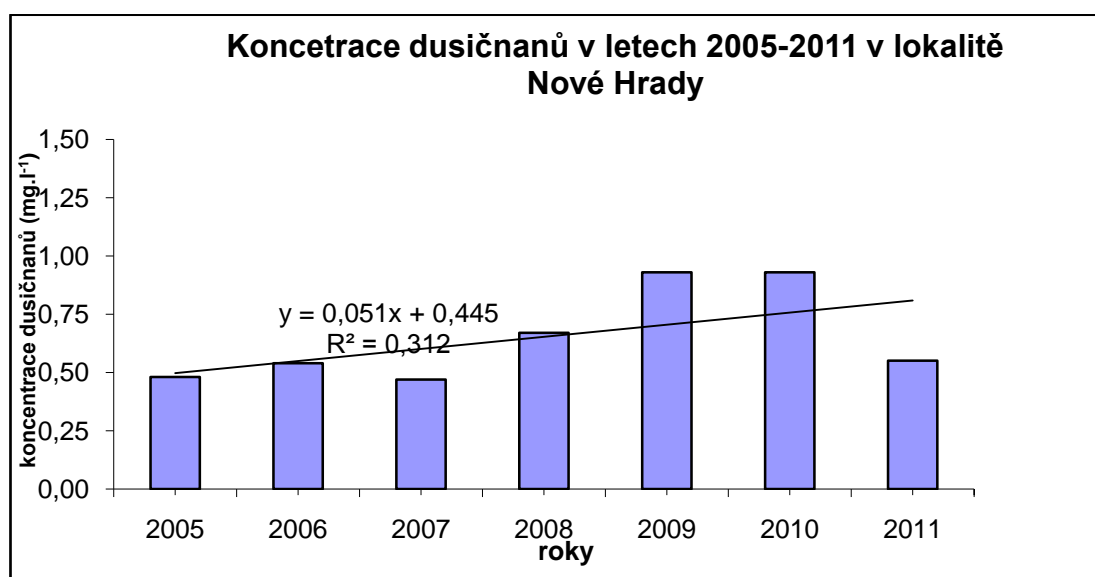
V roce 2005 je hodnota koncentrace nejnižší (0,27 mg.l<sup>-1</sup>). Od roku 2006 do roku 2009 se koncentrace dusičnanů pohybuje v rozmezí od 0,59 mg.l<sup>-1</sup> do 0,92 mg.l<sup>-1</sup>. Nejvyšší hodnota 1,39 mg.l<sup>-1</sup> byla dosažena v roce 2010. V roce 2011 měla koncentrace opět sestupnou tendenci a klesla na hodnotu 0,88 mg.l<sup>-1</sup>.



Graf č. 10: Koncentrace dusičnanů v lokalitě Paseky v letech 2005 až 2011.

V lokalitě Nové Hradky je zobrazena koncentrace dusičnanů v letech 2005 až 2011 v grafu č. 11.

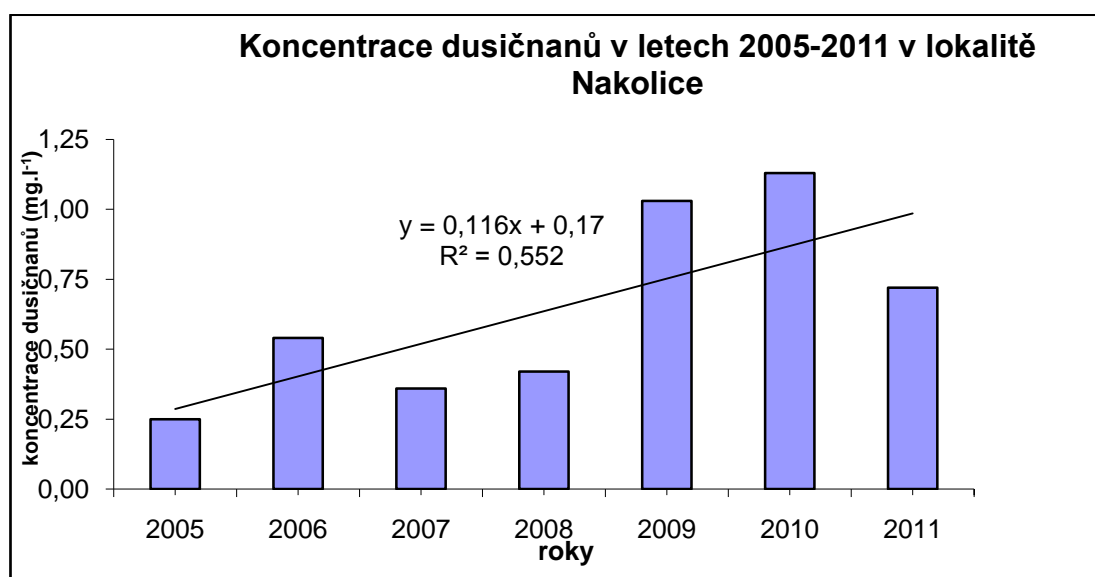
Od roku 2005 do roku 2008 se koncentrace pohybovala na úrovni od 0,47 mg.l<sup>-1</sup> do 0,67 mg.l<sup>-1</sup>, kdy hodnota 0,47 mg.l<sup>-1</sup> v roce 2007 byla nejnižší. Nejvyšší koncentrace byla naměřena v letech 2009 a 2010 s totožnou hodnotou 0,93 mg.l<sup>-1</sup>. V roce 2011 koncentrace dusičnanů výrazně poklesla na hodnotu 0,55 mg.l<sup>-1</sup>.



Graf č. 11: Koncentrace dusičnanů v lokalitě Nové Hradky v letech 2005 až 2011.

V lokalitě Nakolice je prokazatelný vzestup koncentrace dusičnanů v letech 2005 až 2011 (graf č. 12). Značný vzestup oproti předešlému období nastal v roce 2009 a 2010.

V roce 2005 byla zaznamenána koncentrace o hodnotě 0,25 mg.l<sup>-1</sup> jako nejnižší. V roce 2010 hodnota koncentrace vzrostla na 1,13 mg.l<sup>-1</sup>. V roce 2011 byl prokázán mírný pokles koncentrace na hodnotu 0,72 mg.l<sup>-1</sup>.



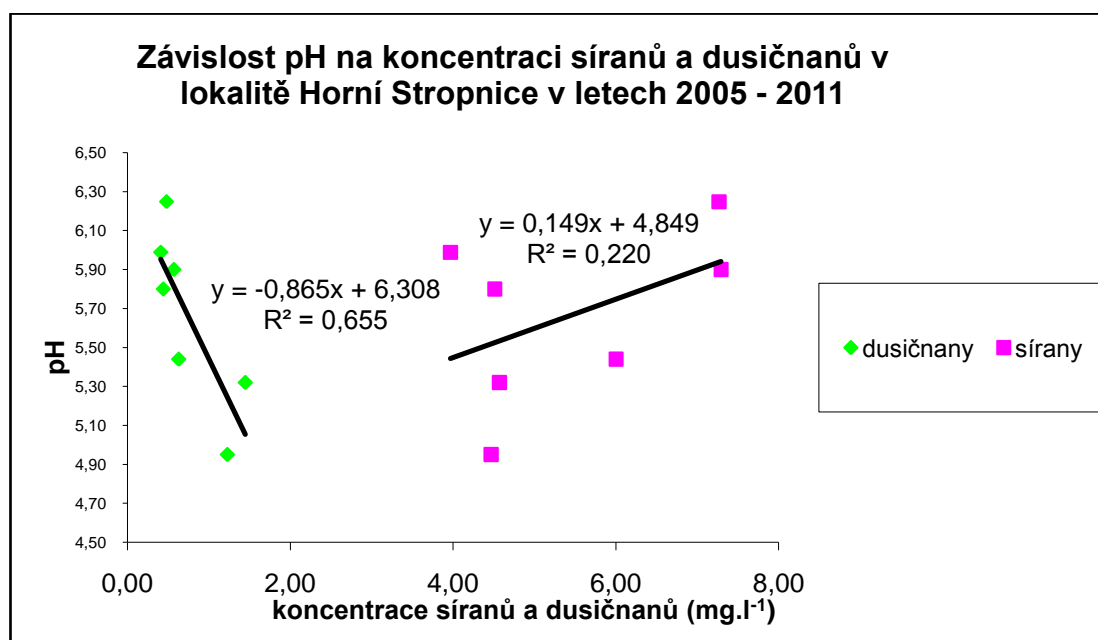
Graf č. 12: Koncentrace dusičnanů v lokalitě Nakolice v letech 2005 až 2011.

## Závislost pH na koncentraci dusičnanů a síranů v zájmovém území

Výsledky v grafech č. 13, 14, 15 a 16 prokázaly zápornou závislost pH na koncentraci dusičnanů – hodnoty pH klesají a hodnoty koncentrace dusičnanů stoupá. Nejprokazatelnější korelace se projevila v lokalitě Paseky (graf č. 14) a v Nakolicích (graf č. 16). V méně osídlených oblastech v Pasekách a Nakolicích byly tedy dešťové srážky prokazatelně kyselějších než v osídlených oblastech Horní Stropnice (graf č. 13) a Nové Hrady (graf č. 15). V roce 2011 byl zaznamenán ve všech lokalitách mírný vzestup pH a pokles koncentrace dusičnanů.

Množství síranů ve srážkových vodách v oblasti Stropnicka nemělo v průběhu let 2005 až 2011 vzestupnou ani sestupnou tendenci a nebyla prokázána žádná závislost pH na koncentraci síranů což je zobrazeno v grafech č. 13, 14, 15 a 16.

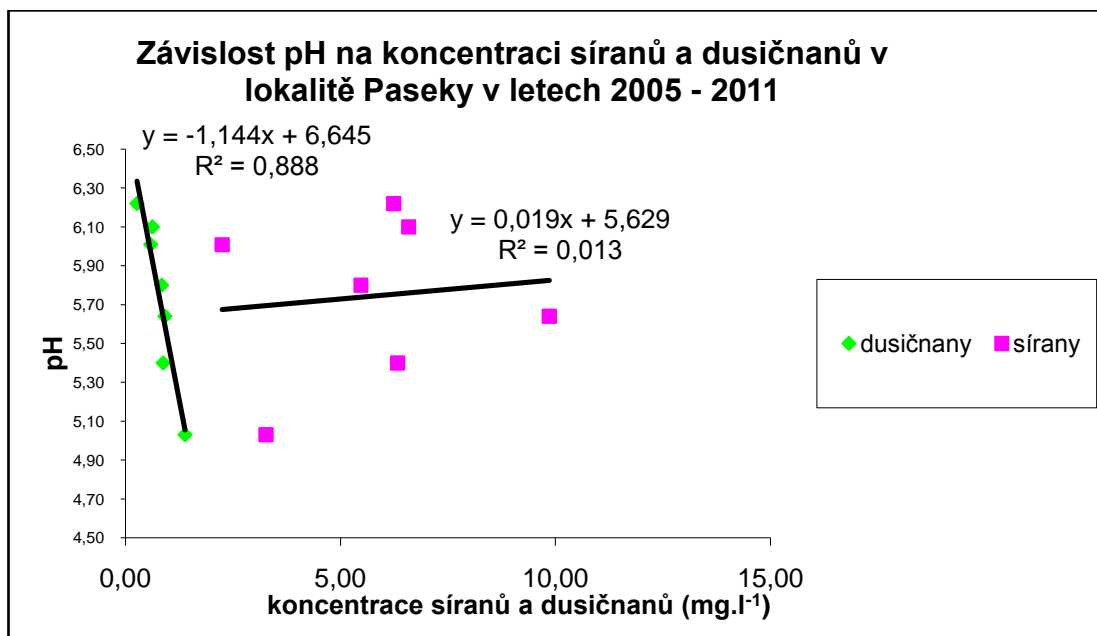
V lokalitě Horní Stropnice v letech 2005 až 2011 byl prokázán vzájemný vztah pH a koncentrace dusičnanů. Pokles hodnot pH byl do značné míry doprovázen vzestupem koncentrace dusičnanů. (graf č. 13).



Graf č. 13: Závislost pH na koncentraci síranů a dusičnanů v lokalitě Horní Stropnice v letech 2005 až 2011.

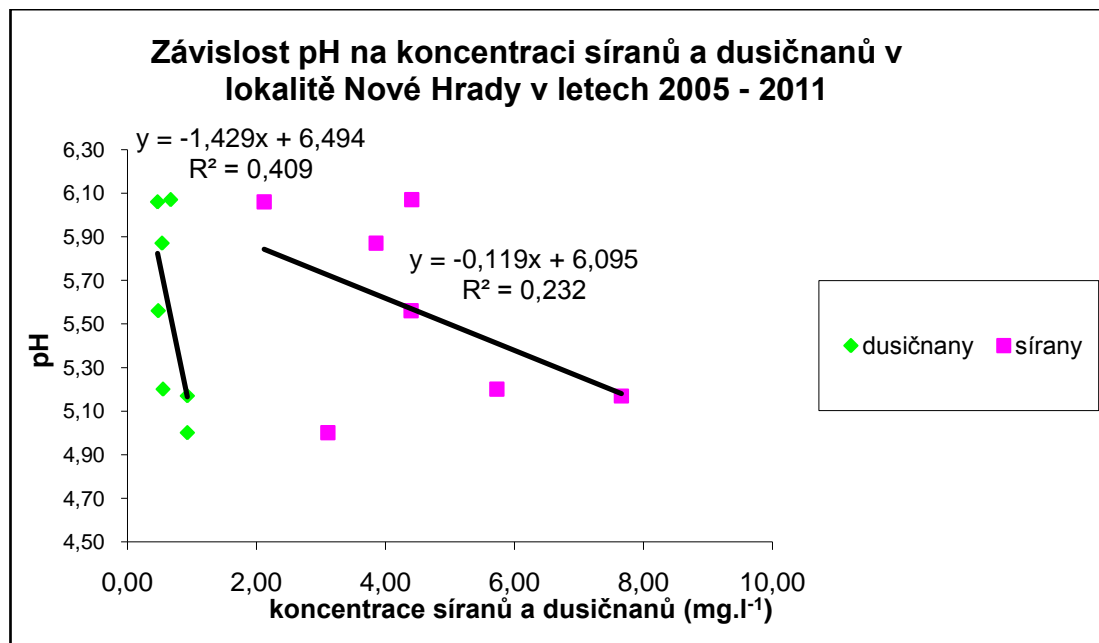


Závislost pH na koncentraci dusičnanů v lokalitě Paseky v období let 2005 až 2011 je znázorněna v grafu č. 14. V této lokalitě byl vzájemný vztah hodnot pH a koncentrace dusičnanů zcela výrazný.



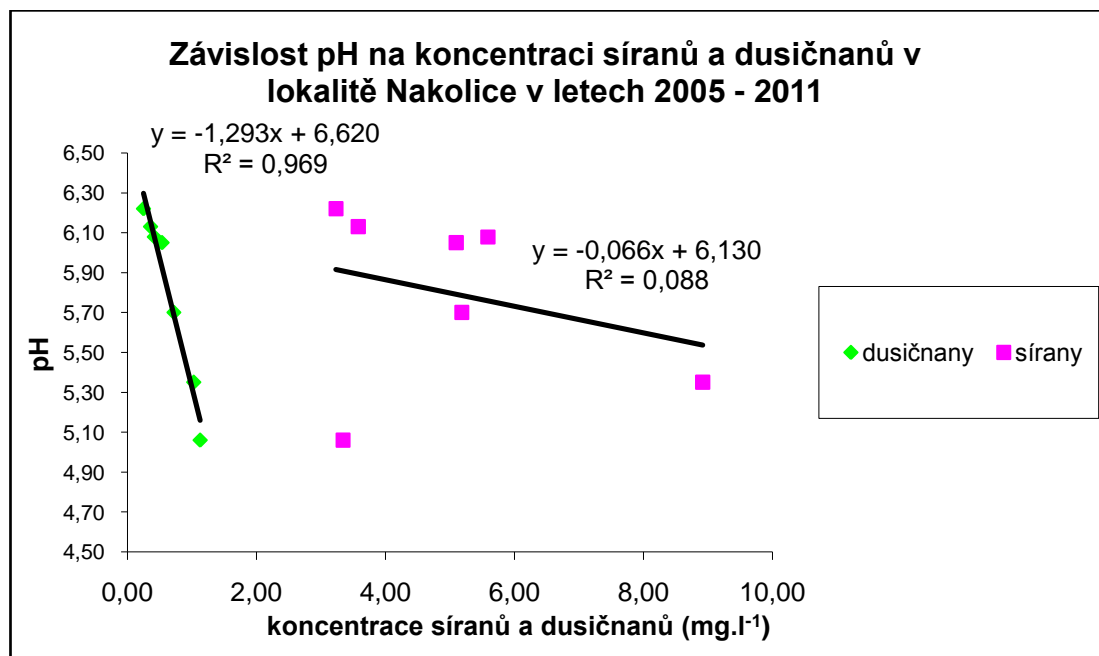
Graf č. 14: Závislost pH na koncentraci síranů a dusičnanů v lokalitě Paseky v letech 2005 až 2011

Vzájemný vztah pH a koncentrace dusičnanů v lokalitě Nové Hrady v letech 2005 až 2011 byl jako jediný neprůkazný. (graf č. 15)



Graf č. 15: Závislost pH na koncentraci síranů a dusičnanů v lokalitě Nové Hrady v letech 2005 až 2011

V lokalitě Nakolice od roku 2005 do roku 2011 (graf č. 16) byl vzájemný vztah pH a koncentrace dusičnanů průkazný a výsledek byl z celého zájmového území v této lokalitě nejtěsnější.



Graf č. 16: Závislost pH na koncentraci síranů a dusičnanů v lokalitě Nakolice v letech 2005 až 2011.

## 6. Diskuse

Práce vycházela z předpokladu, že díky masivnímu odsiřování uhelných elektráren a chemických podniků se na začátku 90. let v České republice podstatně zmírní problém s kyselými dešti, které v 70. a 80. letech likvidovali lesní porosty Krkonoš a Krušných hor. Míra kyselosti srážkových vod bude mít sestupnou tendenci a hodnoty pH budou stoupat. Tento předpoklad ovšem získané výsledky nepotvrdily.

V našem zájmovém území na Stropnicku od roku 2005 do roku 2011 měly hodnoty pH sestupnou tendenci, tedy míra kyselosti srážkových vod stoupá (graf č. 5, 6, 7 a 8). Výsledek se oproti předchozímu předpokladu liší.

V práci se dále předpokládalo, že stoupající hodnoty pH budou doprovázeny poklesem koncentrací síranů a dusičnanů. Získané výsledky to však nepotvrdily.

Vzhledem k prokázaným výsledkům klesání hodnoty pH v zájmovém území v letech 2005 až 2011, se naopak dalo předpokládat, že pokles hodnot pH bude doprovázen vzrůstem koncentrací síranů a dusičnanů a bude prokázán jejich vzájemný vztah. Výsledky potvrdily, že pokles hodnot pH byl doprovázen vzrůstem koncentrace dusičnanů (graf č. 9, 10, 11 a 12) a byl prokázán jejich vzájemný vztah (graf č. 13, 14, 15, 16). Nejprůkaznější výsledky byly zaznamenány v méně osídlených oblastech Nakolicích a Pasekách. Vzájemný vztah hodnot pH a koncentrace síranu nebyl v zájmové lokalitě za celé období potvrzen.

**Schwarz** (2007) uvádí, že oxid siřičitý a oxidy dusíku, které vznikají spalováním hnědého uhlí a vysokoteplotním spalováním v automobilových motorech, jsou oxidovány v atmosféře a na povrchu vegetace za vzniku kyseliny sírové a kyseliny dusičné. Přítomnost těchto kyselin ovlivňuje pH srážkových vod. Po dopadu srážek na zemský povrch startuje kyselá srážková voda řetěz reakcí, které se podílí na okyselení půd, nebo-li acidifikaci. **Hruška** (2006) se domnívá, že depozice těchto sloučenin závisí na druhu porostu – smrkové lesy způsobují vyšší acidifikaci než lesy listnaté nebo bezlesí. Hlavní příčinou acidifikace je znečištění ovzduší, které stojí za vznikem kyselých dešťů. Z výsledku je patrné, že nejvyšší koncentrace dusičnanů byla prokázána v neosídlené osadě Paseky (graf č. 10) a v městské okrajové části

Nakolice (graf č. 12), kde je vyšší zastoupení vegetace než ve městech Horní Stropnice a Nové Hrady, a to může mít následný vliv na vyšší acidifikaci půd v zájmové oblasti.

Ze zprávy **MŽp** z roku 2009 je patrné, že Česká republika patří nadále k zemím, kde je problém s kyselými dešti stále aktuální. Kvůli kyselým deštům patří české lesy nadále k nejvíce postiženým v Evropě. V současné době vykazují naše republika dvojnásobné emise síry na jednoho obyvatele, než jsou průměrné hodnoty Evropské unie, a průměrné hodnoty přesahují rovněž oxidy dusíku. V posledních několika letech přežívají lesy bez výrazné pohromy. Nicméně to nebude dlouho trvat a stromy zase začnou umírat a odhaduje se, že oproti předešlým lokalitám v Krkonoších a Krušných horách jsou dále ohroženy Orlické hory.

V České republice je díky následku kyselých deštů narušeno 15% půd a středně narušeno více než 30%. Největší ztráta živin z půd byla zaznamenána v 50. až 90. letech minulého století. Data však prokazují, že i vzhledem k masivnímu odsiřování v letech 1993 až 2004 se v České republice půdy dále okyselují a kyselými dešti je podle geologické služby extrémně narušeno 5% půdy.

Problém s kyselými dešti není jen v České republice a Střední Evropě. Vážný ekologický problém kyselý déšť představuje pro Ameriku a největšího producenta kyselých deštů Čínu. (Hruška a Kopáček, 2005)

Výzkum, který byl v 90. letech proveden v USA pojednával o účincích kyselého deště se zaměřením na biogeochemii síry a dusíku. V kyselých srážkách byl kladen důraz na obsah kyseliny sírové a kyseliny dusičné. Rekordní výsledky pH kyselých deštů byly naměřeny v severovýchodní Americe a hodnoty pH se pohybovaly v rozmezí 4,05 – 4,30. Z celkové měřitelné kyselosti byl obsah kyseliny sírové zastoupen v 50 až 70 %, obsah kyseliny dusičné neměl na kyselost výrazný vliv. (Likens, 1996)

**Larssen** (2006) uvedl, že v Číně se začaly obavy z kyselých deštů objevovat později než tomu tak bylo v Evropě a Americe. První zprávy se v mezinárodní literatuře objevily v roce 1980.

V sedmdesátých letech prodělala Čína rychlý hospodářský růst, který byl doprovázen velkou poptávkou po energii. Hlavní příčina kyselých dešťů byla tedy způsobena rozsáhlým spalováním uhlí, kdy v roce 2004 bylo uhlí využíváno z 69% jako zdroj energie. Větší spalování uhlí a větší zdroj znečišťujících látek s následnou depozicí síry mělo za následek rozsáhlé rozšíření kyselých dešťů v jižní a jihozápadní Číně. Výrazný nárůst automobilové dopravy a rozvoje zemědělství mělo vliv na obsah znečišťujících látek v ovzduší. Ze znečišťujících látek měl zejména dusík, který byl obsažen v kyselých deštích, nejvýraznější vliv na ničení lesních porostů v Číně. Depozice síry a dusíku obsažená v kyselých deštích byla v Číně výrazně vyšší než tomu tak bylo v osmdesátých letech ve střední Evropě v oblasti nazývané „Černý trojúhelník“ (hranice ČR, Polska a Německa).

**Wang** (2002) uvádí průměrné hodnoty pH ve východní Asii. Průměrné hodnoty pH srážkových vod v roce 1999 se v severní Číně pohybovaly v rozmezí 6-7,2 zatímco v jižní Číně, kde je problém s kyselými dešti vážný, bylo pH výrazně nižší a mělo hodnotu 3,5 – 5.

V roce 2005 se v Praze konala konference Acid Rain, které se zúčastnilo více než 40 států z celého světa. Odborníci se shodli, že problém s kyselými dešti byl v Evropě a Severní Americe řešen úspěšně. Emise síry a dusíku poklesly v důsledku realizace opatření, jak na mezinárodní tak na národní úrovni. Nicméně k dalším cílům je ještě dlouhá cesta. V severní Americe a v oblastech Evropy je nadále překračována kritická zátěž. V rozsáhlých oblastech Číny emise síry a dusíku prudce stoupají a ohrožují zdraví lidí, povrchové vody a suchozemské ekosystémy. Další nárůst emisí lze očekávat vzhledem k masivnímu spalování fosilních paliv a k vysokému zatížení automobilového průmyslu. Budoucnost po roce 2010 je tedy nejistá zvláště s ohledem na emise dusíku a jejich vlivu. (Just, 2005)

V rámci Úmluvy Evropské hospodářské komise OSN o dálkovém znečišťování ovzduší překračující hranice států (Convention on Long – range Transboundary Air Pollution – dále jen CLRTAP), byla přijata konkrétní opatření k zásadnímu snížení emisí v ovzduší a členské země EU se do roku 2010 zavázaly i ke snížení emisí síry a dusíku. CLRTAP a její protokoly ovlivnily obecné vnímání problematiky znečištění ovzduší a díky plnění základních požadavků a přijetí konkrétních opatření došlo k zásadnímu snížení nadměrných emisí i v ČR. (MŽp)

Podle **Hrušky** (2005) na území České republiky došlo, díky plnění Úmluvy Evropské hospodářské komise OSN, k výraznému poklesu emisí síry. I přes tento úspěch snižování emisí síry zůstává Česká republika stále významným producentem. Dnešní emise síry jsou srovnatelné s emisemi například celého Švédska, Norska a Finska dohromady. Další snižování emisí síry by bylo žádoucí, ale nedá se s ním v nejbližší reálné době počítat. Z důvodu nárůstu cen elektřiny a plynu, lze očekávat větší využívání uhlí, což může vést k opětovanému nárůstu depozice síry.

Vzhledem k nárůstu automobilové dopravy začátkem 21. Století, nelze předpokládat, že se emise dusíku budou snižovat, ale naopak bude zaznamenán mírný nárůst.

V zájmovém území na Stropnicku v letech 2005 – 2010 bylo prokázáno, že koncentrace dusíku ve srážkách měla vzestupnou tendenci., což mohlo být ovlivněno výrazným nárůstem automobilového průmyslu.

Další významný zdroj vysokého obsahu dusíku může pocházet ze zemědělské činnosti. Prostřednictvím atmosférické depozice na zemský povrch dopadají spolu s kyselinou dusičnou její soli. Nejdůležitější z nich je dusičnan amonný (amoniak), který pochází z velké části ze zemědělské činnosti. Největším zdrojem amoniaku je chov skotu a hnojení zemědělské půdy. (Hruška a Cienciala, 2002)

Současná ekonomická krize, která začala v USA, způsobila problémy mimo jiné i v odvětví automobilového průmyslu. Díky vysokému nárůstu cen ropy a zvyšujícím se cenám pohonných hmot lidé ztratili zájem o nová vozidla a začali více využívat jiných alternativních možností dopravy např. MHD, případně se přeorientovali na menší vozidla s nižší spotřebou. (Žalman, 2012) Výrobci automobilů jsou nuceni v důsledku krize a následné poptávky zákazníků uvádět na trh nová vozidla s možností využití alternativního pohonu např. hybridní modely automobilů. (Wright, 2010)

V roce 2011 byl v zájmovém území na Stropnicku zaznamenán mírný nárůst průměrných hodnot pH, který byl doprovázen poklesem koncentrace dusičnanů. Menší zájem o nová vozidla, využívání jiných alternativních možností dopravy a využívání alternativních pohonů vozidel může být příčinou snížení koncentrace dusíku ve srážkových vodách.

Vzhledem k rozvoji ekologického zemědělství v České republice v posledních letech, lze předpokládat snížení emisí dusíku, které se dostávají do ovzduší prostřednictvím zemědělské činnosti.

V ekologickém zemědělství nejsou povolena minerální dusíkatá hnojiva. Ekologický zemědělec je mimo jiné povinen udržovat vhodné skladovací kapacity pro ukládání statkových hnojiv jako je např. močůvka. Při hnojení zemědělské půdy močůvkou je důležité hnojivo do půdy zapravit co nejrychleji, aby došlo co k nejmenším ztrátám dusíku při aplikaci. (Šarapatka, 2005)

S větším rozvojem ekologického zemědělství, využívání jeho alternativ a dodržováním jeho právních předpisů, by se mohlo zamezit větším ztrátám dusíku do ovzduší.



## 7. Závěr

V práci byly studovány chemické a fyzikální parametry srážkových vod v zájmové oblasti na Stropnicku v letech 2005 až 2011. Jednalo se zejména o koncentraci síranů a dusičnanů a jejich vliv na aktuální hodnotu pH.

Výsledky prokázaly, že ve všech lokalitách zájmového území došlo v období roku 2005 až roku 2011 k poklesu hodnot pH., který byl doprovázen vzestupem koncentrace dusičnanů a nadále u nich byl pomocí korelace potvrzen vzájemný vztah. Závislost pH na koncentraci síranů nebyla potvrzena v žádné lokalitě zájmového území

Z výsledku je patrné, že koncentrace dusičnanů ve srážkových vodách roste. V důsledku rostoucí dopravní zátěže a intenzifikaci zemědělství lze předpokládat, že se stav nezlepší.

Možnosti pro omezení ztrát dusíku do ovzduší jsou následující:

- Lidé by měli více využívat městskou hromadnou dopravu a nejezdit samostatně v automobilech a tím snížit frekvenci dopravy.
- Další z možností je užívat modernější motory šetrnější k životnímu prostředí, než motory vyráběné dříve.
- Velkým přínosem by bylo, kdyby více lidí začalo využívat k transportu hybridní vozidla, či jiné alternativní pohony.
- Větší rozvoj ekologického zemědělství, využívání jeho alternativ a dodržování jeho právních předpisů.

Koncentrace síranů neměla v zájmovém území na hodnotu pH vliv. Nicméně z důvodu nárůstu cen elektřiny a plynu lze očekávat zvýšení počtů míst vytápěných uhlím, což může vést k opětovnému zvýšení depozice síry oproti současné úrovni. Z toho vyplývá, že problém s kyselými dešti je stále aktuální a musíme se co nejlépe přizpůsobit tam, kde jeho vliv můžeme aspoň částečně snížit.

## 8. Použitá literatura

Bodlák L., 2011: Dynamika půdního uhlíku a vybraných půdních charakteristik v subpovodích modelového území Stropnice. Zemědělská fakulta, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, 157 s.

Český hydrometeorologický ústav. [www.chmi.cz](http://www.chmi.cz) [on line]. Dostupné na: [http://www.chmi.cz/portal/dt?portal\\_lang=cs&menu=JSPTabContainer/P3\\_0\\_Informace\\_pro\\_Vas/P3\\_17\\_Vyuka\\_a\\_prezentace&last=false](http://www.chmi.cz/portal/dt?portal_lang=cs&menu=JSPTabContainer/P3_0_Informace_pro_Vas/P3_17_Vyuka_a_prezentace&last=false)

Červinka P., 2005: Ekologie a životní prostředí. Nakladatelství České geografické společnosti, Praha, 118 s.

Daňhelka J., 2007: Operativní hydrologie. Český hydrometeorologický ústav, Praha, 104 s.

Davídek J. a kol., 1988: Anyláza potravin. Vydavatelství VŠCHT, Praha.

Fraňková D., 2010: Srážko-odtokové parametry vybraných povodí Stropnice. Zemědělská fakulta, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, 59 s.

Hellebrandová K., 2006: Vztah mezi krajinnou strukturou, způsobem využívání krajiny a pohybem látek v krajině na příkladu modelového území povodí Horní Stropnice, Zemědělská fakulta, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, 123 s.

Heteša J., 1997: Hydrochemie. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 106 s.

Hruška, J., Cienciala, E., 2002 a: Dlouhodobá acidifikace a nutriční degradace lesních půd – limitující faktor současného lesnictví. Ministerstvo životního prostředí, 159 pp.

Hruška J., Kopáček J., 2005: Kyselý déšť stále s námi – zdroje, mechanismy, účinky, minulost a budoucnost. Hydrobiologický ústav AV ČR, 24 s.

Hruška J., Majer V., Fottova D. 2006: Vliv kysele depozice na chemismus povrchových vod v Krkonoších. Opera Corcontica, 43, 95–110 s.

Chábera S., 1985: Neživá příroda. Jihočeská vlastivěda řada A, Jihočeské nakladatelství, České Budějovice, 271 s.

Chábera S., 1998: Fyzický zeměpis Jižních Čech. Jihočeská univerzita České Budějovice, 139 s.

Just, T., 2005: Revitalizace úseku Slupského potoka v Neustupovu - Vývoj péče o krajinu v České republice – 15 let, 269.

Jůva K. a kol., 1984: Malé vodní toky. Státní zemědělské nakladatelství, Praha, 252 s.

Kalač P. a kol., 2010: Chemie životního prostředí. Zemědělská fakulta, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, 171 s.

Kemel M., 1994: Hydrologie. Vydavatelství ČVUT, Praha, 222 s.

Krug C. E., 1983: Acid rain on acid soil: A new perspective. 520-525 s. Dostupné z [www.<http://sciencemag.org>](http://sciencemag.org)

Kvítek T., 2005: Využití a ochrana vodních zdrojů. Zemědělská fakulta, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, 169 s.

Kvítek T. a kol., 2006: Zemědělské meliorace. Zemědělská fakulta, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, 165 s.

Larrsen T., 2006: Acid rain in China. American Chemical Society, 418-425 s-

Likens G. E., 1996: Long – Terms Effects of Acid Rain: Response and Recovery of a Forest Ecosystem. Science, New Series, 244-246 s. Dostupný také z WWW: <http://links.jstor.org/sici?i=00368075%28199960142%293%3A5259%3C244%3ALEOARR3E2.0.CO%3B2-F>

Luhr J., 2004: Země. Euromedia group – Knižní klub, Praha, 520 s.

Ministerstvo Životního prostředí, 2009: [www.mzp.cz](http://www.mzp.cz) [on line] Praha: 2009 [cit. 2009-11-24]. Dostupné z [www: http://www.mzp.cz/cz/articles\\_09112\\_prava%20o%20stavu](http://www.mzp.cz/cz/articles_09112_prava%20o%20stavu).

Musilová E., Peňázová H., 2000: Chemické názvosloví anorganických sloučenin. Masarykova univerzita, Brno, 157 s.

Ochodek, T., Koloničný, J., Branc, M., 2007: Ekologické aspekty záměny fosilních paliv za biomasu. Metodická příručka VŠB–TU Ostrava, Výzkumné energetické centrum, Ostrava.

Pitter P., 2009: Hydrochemie. Vydavatelství VŠCHT, Praha, 592 s.

Popl, M., Fährnich, J., 1999: Analytická chemie životního prostředí. Praha: Vydavatelství VŠCHT, ISBN 80-7080-336-3, str.18.

Quitt E. 1971: Klimatické oblasti Československa. Studia geogr., Geografický ústav ČSAV, Brno, 16, 1-74.

Richter R, 2007 Výživa rostlin. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně. Dostupné z WWW: [http://web2.mendelu.cz/af\\_221\\_multitext/vyziva\\_rostlin/html/agrochemie\\_pudy/pud\\_a\\_n.htm](http://web2.mendelu.cz/af_221_multitext/vyziva_rostlin/html/agrochemie_pudy/pud_a_n.htm)

Rožnovský J., 1999: Klimatologie. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 146 s.

Šarapatka B., Urban J., 2003: Ekologické zemědělství. Ministerstvo životního prostředí a PRO-BIO Svaz ekologických zemědělců, Praha, 280 s.

Šilar J., 1996: Hydrologie v životním prostředí. Vysoká škola báňská, Ostrava, 136 s.

Střeštík J., Rožnovský J., Litschmann T., 2002: Srážková bilance a průtoky vody ve Vltavě za dvě století. XIV. Česko-slovenská bioklimatologická konference, Lednice na Moravě, ISBN 80-85813-99-8, s. 412-419

Tlapák V. a kol., 1992: Voda v zemědělské krajině. Zemědělské nakladatelství Brázda, Praha, 318 s.

Wang, Z., Akimoto, H., & Uno, I. (2002). Neutralization of soil aerosol and its impact on the distribution of acid rain over east Asia: Observations and model results. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres* (1984–2012), 107(D19), ACH-6.

Wright, R. F. a kol., 2010: Interaction of Climate Change and Acid Deposition, Blackwell Publishing Ltd., pp. 152 – 179.

Žalman D., 2012: Využití a budoucnost alternativního pohonu automobilů. Vysoké učení technické v Brně, 41 s.

### **Internetové zdroje:**

www.google.cz [on line] Dostupné na  
<http://www.google.cz/search?q=kolob%C4%9Bh+dus%C3%ADku&hl=cs&tbm=isch&tbo=u&source=univ&sa=X&ei=rjp2UcKXOayy7Abv9IDIDg&ved=0CDgQsAQ&biw=1441&bih=656>

[www.fbi.vsb.cz/miranda2/export/sites.../11NLOII\\_Mereni\\_pH.pdf](http://www.fbi.vsb.cz/miranda2/export/sites.../11NLOII_Mereni_pH.pdf)

[www.netinterlab.com/archivo\\_foss/fia.html](http://www.netinterlab.com/archivo_foss/fia.html)

www.skatec.cz [on line] dostupné na: <http://www.skatec.cz/fia.html>

## 9. Přílohy

Tabulka č. 1: Zdrojová data z lokality Horní Stropnice v letech 2005-2007

<b>HORNÍ STROPNICE</b>					
	SRÁŽKY (mm.m <sup>-2</sup> )	VODIVOST μS.cm <sup>-1</sup> )	pH	SÍRANY (mg.l <sup>-1</sup> )	DUSIČNANY (mg.l <sup>-1</sup> )
<b>2005</b>					
I					
II					
III					
IV					
V					
VI					
VII	130,94	24	5,72	7,79	0,33
VIII	170,63	11,3	5,01	4,05	0,145
IX	90,38	25,3	6,7		0,565
X	26,19	39,5	6,28	7,2	0,1
XI	37,17	29	6,26		0,28
XII	36,32	31	5,95	4,79	1,03
<b>Σ</b>	<b>491,63</b>	<b>26,7</b>	<b>5,99</b>	<b>3,97</b>	<b>0,41</b>
<b>2006</b>					
I	132,62	39	5,81	12,89	1,165
II	71,81	26	5,815	13,13	0,76
III	155,43	19	5,57	16,185	0,52
IV	110,66	25	6,05	4,868	0,988
V	107,28	9,5	7,32	4,39	0,36
VI	137,69	9	6,04	1,39	0,16
VII	116,57	16,75	5,6	2,395	0,43
VIII	113,2	8,3	6,51		0,22
IX	21,12	29	6,15	9,08	0,59
X	18,58	11	6,985	7,79	0,08
XI	33,79	8	6,94	0,56	0,04
XII					
<b>Σ</b>	<b>1018,75</b>	<b>18,2</b>	<b>6,25</b>	<b>7,27</b>	<b>0,48</b>
<b>2007</b>					
I	81,1	32	6,54	4,615	0,59
II	35,47	32,5	6,6	11,33	0,87
III	76,88	25	5,36	4,84	0,95
IV					
V	93,77	15	6,65	3,97	0,126
VI	55,76	14,5	6,575	0,91	0,1
VII	73,82	8	5,84	0,04	0,216
VIII	126	20,3	5,75	9,92	1,015
IX	200,21	12	5,82	6,216	0,25
X	43,08	18	4,3	2,21	0,043
XI	77,72	17	4,7	1	0,213
XII	39,7				
<b>Σ</b>	<b>903,51</b>	<b>19,4</b>	<b>5,8</b>	<b>4,51</b>	<b>0,44</b>

Tabulka č. 2: Zdrojová data z lokality Horní Stropnice v letech 2008-2009

<b>HORNÍ STROPNICE</b>					
	SRÁŽKY (mm.m <sup>-2</sup> )	VODIVOST μS.cm <sup>-1</sup>	pH	SÍRANY (mg.l <sup>-1</sup> )	DUSIČNANY (mg.l <sup>-1</sup> )
<b>2008</b>					
I	32,1				
II					
III	76,03				
IV	67,58				
V	54,91		6,85	16,95	1,93
VI	122,71	16,25	5,3	9,65	0,3
VII	81,94	15	6,17	6,05	0,32
VIII	92,08	8,7	5,37	3,03	0,125
IX	81,09	12,61	5	1,43	0,57
X	19,43	12,5		3,065	0,095
XI	76,03	16,3	6,4	5,57	0,205
XII	37,17	17,5	6,23	12,6	1,04
<b>Σ</b>	<b>741,07</b>	<b>14,1</b>	<b>5,9</b>	<b>7,29</b>	<b>0,57</b>
<b>2009</b>					
I	40,54	38,5		1,7	2,08
II	115,73	29,5	5,675	2,57	1,4
III	92,92	26	4,95	0,84	0,86
IV	11,82			2,145	2,78
V	57,74			4,88	1,01
VI	211,19			6,89	0,348
VII	121,65			2,23	0,22
VIII	102,21				
IX	48,99				
X	89,54				
XI	33,79	25,2		15,78	2,56
XII	48,99	42,3	5,33	4,07	1,832
<b>Σ</b>	<b>971,11</b>	<b>32,3</b>	<b>5,32</b>	<b>4,57</b>	<b>1,45</b>

Tabulka č. 3: Zdrojová data z lokality Horní Stropnice v letech 2010-2011

<b>HORNÍ STROPNICE</b>					
	<b>SRÁŽKY (mm.m<sup>-2</sup>)</b>	<b>VODIVOST μS.cm<sup>-1</sup>)</b>	<b>pH</b>	<b>SÍRANY (mg.l<sup>-1</sup>)</b>	<b>DUSIČNANY (mg.l<sup>-1</sup>)</b>
<b>2010</b>					
I	59,13	42	5,3	7,69	1,135
II	29,58	58,15	4,6	6,35	2,875
III	54,06	39,4	6,13	4,29	1,232
IV	56,59	40,75	4,85	7,62	1,24
V	153,73	30	4,6	9,97	0,98
VI	117,41	31	4,45	6,3	1,88
VII	146,99	18,8	4,5	2,745	0,75
VIII	124,19	18	4,8	2,305	0,89
IX	54,06	11	4,67	1,27	0,15
X	17,74	36,6	5,15	4,495	1
XI	33,79	21	5,17		1,294
XII	62,51	20,7	5,13	0,54	1,29
<b>Σ</b>	<b>909,78</b>	<b>30,6</b>	<b>4,95</b>	<b>4,47</b>	<b>1,23</b>
<b>2011</b>					
I	52,37	20,9	5,4	0,85	0,827
II	5,91		6	1,76	2,09
III	52,37	14,8	5,7	7,7	0,563
IV	33,79	31,45	5,85	4,52	1,12
V	71,8	24,8	6,075	13,42	0,345
VI	119,95	13,6	4,3	3,93	0,306
VII	69,27	11,275	4,895	2,33	0,07
VIII	54,9	15,7	5,138	6,26	0,333
IX	105,6	11,3	4,66	10,12	0,278
X	66,74			7,98	0,046
XI					
XII	12,67	27,8	6,4	7,21	0,999
<b>Σ</b>	<b>645,37</b>	<b>19,07</b>	<b>5,44</b>	<b>6</b>	<b>0,63</b>

Tabulka č. 4: Zdrojová data z lokality Paseky v letech 2005-2007

<b>PASEKY</b>						
	<b>SRÁŽKY (mm.m<sup>-2</sup>)</b>	<b>VODIVOST (μS.cm<sup>-1</sup>)</b>	<b>pH</b>	<b>SÍRANY (mg.l<sup>-1</sup>)</b>	<b>DUSIČNANY (mg.l<sup>-1</sup>)</b>	
<b>2005</b>						
I						
II						
III						
IV						
V						
VI						
VII	129,24	14,5	5,435	6,16	0,21	
VIII	202,74	21,7	6,32	4,585	0,12	
IX	62,51	19	6,02		0,26	
X	1,69	12	6,34		0,26	
XI	37,17	11	6,92	13,84	0,04	
XII	32,94	30	6,29	0,37	0,72	
<b>Σ</b>	<b>466,29</b>	<b>18</b>	<b>6,22</b>	<b>6,24</b>	<b>0,27</b>	
<b>2006</b>						
I	127,13	27,5	6,25	11,82	0,69	
II	106,44	21,75	5,73	7,47	0,67	
III	120,8	20,3	5,17		0,78	
IV	105,59	24,7	5,95	13,27	0,85	
V	128,4	10,5	6,49	4,7	0,25	
VI	123,3	24	6,14	1,97	0,17	
VII	141,3	19,3	6,03	4,54	0,4	
VIII	109,18	17	6,51	0	1,08	
IX	16,89	35	5,34	8,93	1,69	
X						
XI	54,06	44	6,75	5,75	0,02	
XII	23,66	32	6,82	0,77	0,34	
<b>Σ</b>	<b>1056,75</b>	<b>25,1</b>	<b>6,1</b>	<b>6,58</b>	<b>0,63</b>	
<b>2007</b>						
I	92,08	19,75	6,84	2,35	0,486	
II	37,17	21,3	6,09	10,76	0,6	
III	82,78	25	5,22		0,66	
IV	31,26		6,4	0,99	0,875	
V	93,91	20,75	6,2	3,085	0,49	
VI	35,9	18,5	6,5	2,28	0,82	
VII	91,24	12,6	5,9	1,114	0,346	
VIII	91,23	16	5,46	0,42	0,84	
IX	184,15	19,6	5,67	1,32	0,45	
X	58,3	25,75	5,88	0,397	0,664	
XI	74,33	18	5,97	0,16	0,5	
XII	46,05			1,89	0,348	
<b>Σ</b>	<b>918,4</b>	<b>19,7</b>	<b>6,01</b>	<b>2,25</b>	<b>0,59</b>	



Tabulka č. 5: Zdrojová data z lokality Paseky v letech 2008-2009

<b>PASEKY</b>						
	<b>SRÁŽKY (mm.m<sup>-2</sup>)</b>	<b>VODIVOST (μS.cm<sup>-1</sup>)</b>	<b>pH</b>	<b>SÍRANY (mg.l<sup>-1</sup>)</b>	<b>DUSIČNANY (mg.l<sup>-1</sup>)</b>	
<b>2008</b>						
I						
II						
III						
IV						
V						
VI	205,28	20	5,8			
VII	152,89	15,5	6,07	1,91	0,964	
VIII	67,58	21	6,25	4,38	2,52	
IX	85,32	28,75	6,125	3,895	0,42	
X	17,74	32	5,6	16,43	0,332	
XI	74,33	23,6	5,37	1,5	0,429	
XII	54,06	14,25	5,35	4,72	0,384	
<b>Σ</b>	<b>657,2</b>	<b>22,2</b>	<b>5,8</b>	<b>5,47</b>	<b>0,84</b>	
<b>2009</b>						
I	24,49	23,9	7,35	9,7	0,372	
II	130,93	22,3	5,85	4,315	1,58	
III	50,26	35	4,55	5,03	0,715	
IV	105,6	27	4,25	19,7	0,6	
V	125,02	16,8	6,27	18,38	0,38	
VI	30,41		6,05	3,186		
VII						
VIII						
IX	12,25	35,7	5,5	12,65	2,351	
X	102,64	40,35	6,1	13,805	0,442	
XI	32,95			6,62		
XII	15,2	30,2	4,8	5,26	0,943	
<b>Σ</b>	<b>629,75</b>	<b>28,9</b>	<b>5,64</b>	<b>9,86</b>	<b>0,92</b>	

Tabulka č. 6: Zdrojová data z lokality Paseky v letech 2010-2011

<b>PASEKY</b>						
	<b>SRÁŽKY (mm.m<sup>-2</sup>)</b>	<b>VODIVOST (μS.cm<sup>-1</sup>)</b>	<b>pH</b>	<b>SÍRANY (mg.l<sup>-1</sup>)</b>	<b>DUSIČNANY (mg.l<sup>-1</sup>)</b>	
<b>2010</b>						
I	53,22	29,5	4,2	10,37	1,323	
II	43,92	37,3	4,2	4,06	2,5	
III	54,91	26,8	4,5	1,23	1,63	
IV	94,6	25,7	5,88	1,3	1,379	
V	136,85	28,35	5,08	2,03	1,63	
VI	92,92	15,9	4,63	3,45	3,25	
VII	96,3	15,6	5	0,998	0,54	
VIII	72,64	20,4	5,63	1,45	0,515	
IX	109	17,5	5,2	2,738	0,76	
X	31,67	41,3	5,93	5,08	0,411	
XI						
XII						
<b>Σ</b>	<b>786,03</b>	<b>25,8</b>	<b>5,03</b>	<b>3,27</b>	<b>1,39</b>	
<b>2011</b>						
I	20,27	19,6	5,63	0,48	0,73	
II	16,89	26,8	5,15	2,65	1,34	
III	59,13		5,05	7,835	1,085	
IV	44,35	41,85	5,7	7,3	0,77	
V	53,64	49,5	5,75	10,58	0,571	
VI	167,26	16,4	5,12	4,51	0,488	
VII	89,55	14,6	4,92	1,785	0,645	
VIII	47,31	21,3	4,77	10,51	0,7	
IX	103,06	17,75	4,91	10,22	0,44	
X	72,65			5,54	0,371	
XI	16,05	32,3	5,35	7,9	1,703	
XII	11,83		7	6,67	1,657	
<b>Σ</b>	<b>701,99</b>	<b>26,7</b>	<b>5,4</b>	<b>6,33</b>	<b>0,875</b>	

Tabulka č. 7: Zdrojová data z lokality Nové Hrady v letech 2005-2007

<b>NOVÉ HRADY</b>						
	<b>SRÁŽKY (mm.m<sup>-2</sup>)</b>	<b>VODIVOST (μS.cm<sup>-1</sup>)</b>	<b>pH</b>	<b>SÍRANY (mg.l<sup>-1</sup>)</b>	<b>DUSIČNANY (mg.l<sup>-1</sup>)</b>	
<b>2005</b>						
I						
II						
III						
IV						
V						
VI						
VII	93,2	19,3	5,87	1,79		0,55
VIII	71,8	16,2	5,23	5,862		0,57
IX	72,8	20,25	5,35	5,32		0,54
X	15,2	17	5,32	4,4		0,37
XI	54,9	12,8	5,5	0,84		0,112
XII	32,3	12	6,07	8,18		0,6
<b>Σ</b>	<b>340,2</b>	<b>16,3</b>	<b>5,56</b>	<b>4,4</b>		<b>0,48</b>
<b>2006</b>						
I	26,3	21,5	5,59	0,655		0,26
II	32,3	22,7	5,98	4,84		0,71
III	111,2	21,5	5,05	1		0,86
IV	72,1	10	5,59			0,28
V	117,9	20,75	5,02	0,39		0,61
VI	113,8	25	6,395			0,79
VII	31,2	28,5	7,005	13,19		1,41
VIII	150,9	8,7	5,73	1,09		0,175
IX	4,7	15	4,72	2,765		0,49
X	6,8	7	6,215	0,98		0,07
XI	40,8	14	6,305	2,92		0,53
XII	12,7	31,5	6,81	10,7		0,28
<b>Σ</b>	<b>720,7</b>	<b>18,8</b>	<b>5,87</b>	<b>3,85</b>		<b>0,54</b>
<b>2007</b>						
I	65,7	28,25	6,796	3,61		0,43
II	19,4	23	6,19	0,67		0,628
III	61,2	34	6,14	10,31		1,77
IV	1	23	6,22			0,747
V	103	19,7	5,89	2,02		0,78
VI	51,7	8,25	5,975	3,31		0,12
VII	70,8	16	6,27	1,4		0,179
VIII	114,4	8,4	6,22	0,054		0,022
IX	164,7	7	6	0,03		0,036
X	47,5	10,7	5,87	1,197		0,286
XI	58	14,5	5,92	0,53		0,309
XII	29,5	17,4	5,17	0,23		0,328
<b>Σ</b>	<b>786,9</b>	<b>17,5</b>	<b>6,06</b>	<b>2,12</b>		<b>0,47</b>

Tabulka č. 8: Zdrojová data z lokality Nové Hrady v letech 2008-2009

<b>NOVÉ HRADY</b>						
	<b>SRÁŽKY (mm.m<sup>-2</sup>)</b>	<b>VODIVOST (μS.cm<sup>-1</sup>)</b>	<b>pH</b>	<b>SÍRANY (mg.l<sup>-1</sup>)</b>	<b>DUSIČNANY (mg.l<sup>-1</sup>)</b>	
<b>2008</b>						
<b>I</b>	34,8	27,5	5,53	6,57	0,78	
<b>II</b>	22,7	27	5,95			
<b>III</b>	30,7	42,5	6,23	2,31	3,05	
<b>IV</b>	49,1	19,7	6,27	3,2	0,612	
<b>V</b>	61,2	38	6,535	3,07	1,05	
<b>VI</b>	51,5	24	6,16	3,714	0,57	
<b>VII</b>	125	24,2	5,625	7,4	0,536	
<b>VIII</b>	62,7	10,4	5,34	0,95	0,071	
<b>IX</b>	62,5	24,4	6,725	9,48	0,03	
<b>X</b>	22,6	10,45	6,07	5,1	0,05	
<b>XI</b>	56,8	12,5		3,27	0,043	
<b>XII</b>	34,4	16,5	6,3	3,498	0,59	
<b>Σ</b>	<b>614</b>	<b>23,1</b>	<b>6,07</b>	<b>4,41</b>	<b>0,67</b>	
<b>2009</b>						
<b>I</b>	21,6	23,7	5,6	4,31	0,916	
<b>II</b>	79,4	40	5	1,34	1,78	
<b>III</b>	70,8	24,25	4,475	3,33	0,99	
<b>IV</b>	38,1	25	4,73	0,63	0,881	
<b>V</b>	99,6	20,3	4,9	2,344	0,95	
<b>VI</b>	197,9	22,5		3,61	0,597	
<b>VII</b>	174,3	10,9		1,872	0,265	
<b>VIII</b>	47,3	8	5,9	21,02	0,172	
<b>IX</b>	31,3	16,4	5,3	20,55	1,94	
<b>X</b>	66,7	9,6	5,35	9,53	0,712	
<b>XI</b>	28,9	27	5,5	10,23	1,097	
<b>XII</b>	52,8	26	4,92	13,2	0,814	
<b>Σ</b>	<b>908,7</b>	<b>21,1</b>	<b>5,17</b>	<b>7,66</b>	<b>0,93</b>	

Tabulka č. 9: Zdrojová data z lokality Nové Hrady v letech 2010-2011

<b>NOVÉ HRADY</b>					
	<b>SRÁŽKY (mm.m<sup>-2</sup>)</b>	<b>VODIVOST (μS.cm<sup>-1</sup>) pH</b>		<b>SÍRANY (mg.l<sup>-1</sup>)</b>	<b>DUSIČNANY (mg.l<sup>-1</sup>)</b>
<b>2010</b>					
I	46,2	52,6	4,3	4,1	1,95
II	31,4	31,4	4,825	1,605	1,33
III	34,2	39	4,775	1,575	1,536
IV	76,8	28,9	4,275	6,11	1,069
V	117,8	23	4,7	3,52	1,12
VI	97,9	40,5	4,5	0,299	1,235
VII	106,2	15,3	5,32	3,128	0,754
VIII	75,6	10,2	5,1	7,33	0,255
IX	57,8	12,2	5,28	3,45	0,19
X	16,9	23,7	5,4	2,845	0,282
XI	34,6	28,1	5,5		0,786
XII	48,2	15,6	6,1	0,21	0,607
<b>Σ</b>	<b>743,6</b>	<b>26,7</b>	<b>5</b>	<b>3,11</b>	<b>0,93</b>
<b>2011</b>					
I	36,3	15,5	5,37	0,69	0,59
II	10,6	24,7	5,15	4,5	0,49
III	41,4	34,7	5,1	10,6	1,308
IV	42	25,85	5,23	6,97	1,478
V	82,4	26,4	5,325	5,94	0,686
VI	107,3	11,4	4,55	5,423	0,225
VII	115,1	7,8	4,976	1,208	0,075
VIII	39,2	18	5,23	7,526	0,72
IX	67	12,3	5,11	10,8	0,15
X	72,9	6,5	6	3,973	0,015
XI	8,8	26,6	5,2	5,45	0,292
XII					
<b>Σ</b>	<b>623</b>	<b>19</b>	<b>5,2</b>	<b>5,73</b>	<b>0,55</b>

Tabulka č. 10: Zdrojová data z lokality Nakolice v letech 2005-2007

<b>NAKOLICE</b>					
	SRÁŽKY (mm.m <sup>-2</sup> )	VODIVOST (μS.cm <sup>-1</sup> )	pH	SÍRANY (mg.l <sup>-1</sup> )	DUSIČNANY (mg.l <sup>-1</sup> )
<b>2005</b>					
I					
II					
III					
IV					
V					
VI					
VII	160,5	30	6,5	7,02	0,238
VII	155,42	17,5	6,04	3,15	0,245
IX	90,38	10	6,28	0,64	0,077
X	15,21	18,5	6,525		0,23
XI	11,83	30,7	6,07	0,875	0,63
XII	18,16	19,5	5,905	7,675	0,095
<b>Σ</b>	<b>451,5</b>	<b>21</b>	<b>6,22</b>	<b>3,23</b>	<b>0,25</b>
<b>2006</b>					
I	85,32	19	5,9	0,585	0,66
II	71,07	40,5	4,825	11,37	1,64
III	76,87	30	4,44	5,925	0,78
IV	94,62	22,25	6,123	1,09	0,58
V	108,13	19,33	6,39	12,384	0,964
VI	135,15	11,67	6,74	4,84	0,14
VII	81,93	10,5	5,133	3,45	0,075
VIII	114,03	5	6,41		0,053
IX	3,38	13,5	6,75	10,95	0,085
X	10,98			2,43	0,597
XI	33,36	28,25	7,25	2,46	0,025
XII	5,91	28	6,635	5,815	0,9
<b>Σ</b>	<b>820,75</b>	<b>20,7</b>	<b>6,05</b>	<b>5,1</b>	<b>0,54</b>
<b>2007</b>					
I	76,02	14,67	5,61	4,123	0,29
II	10,13	34	5,89	11,25	0,898
III	73,49	16,5	6,145		0,496
IV	27,88	18	6	3,33	0,623
V	72,64	8,75	6,325	3,95	0,187
VI	55,75	18	6,625	6,293	0,29
VII	104,05	10,5	6,813	0,113	0,11
VIII	70,96	10	6,17	0,05	0,076
IX	166,41	11,6	5,98	1,444	0,284
X	43,08	15,67	6,43	0,54	0,04
XI	56,59	17,5	5,923	0,78	0,13
XII	45,61	27,33	5,63	7,47	0,864
<b>Σ</b>	<b>802,61</b>	<b>16,9</b>	<b>6,13</b>	<b>3,58</b>	<b>0,36</b>

Tabulka č. 11: Zdrojová data z lokality Nakolice v letech 2008-2009

<b>NAKOLICE</b>						
	<b>SRÁŽKY (mm.m<sup>-2</sup>)</b>	<b>VODIVOST (μS.cm<sup>-1</sup>) pH</b>		<b>SÍRANY (mg.l<sup>-1</sup>)</b>	<b>DUSIČNANY (mg.l<sup>-1</sup>)</b>	
<b>2008</b>						
I	30,41	30,25	5,875	9,98	0,39	
II	13,52	32	5,9			
III	46,46	23,67	6,23	2,703	0,876	
IV	50,69	30	7,125	7,43	1,36	
V	50,68	34,5	6,9	6,52	0,464	
VI	119,95	9	5,83	8,78	0,237	
VII	100,52	9,025	5,575	4,685	0,108	
VIII	64,2	9,73	6,37	10,74	0,12	
IX	83,63	16,65	6,2	3,168	0,113	
X	10,97	25,2		1,83	0,013	
XI	69,27	20,33	5,4	1,787	0,28	
XII	41,4	21,5	5,5	3,815	0,67	
<b>Σ</b>	<b>681,7</b>	<b>21,8</b>	<b>6,08</b>	<b>5,59</b>	<b>0,42</b>	
<b>2009</b>						
I	32,09	19,5	4,52	1,327	0,738	
II	80,25	33	4	0,328	1,564	
III	72,64	24,7	4,58	5,62	0,98	
IV	38,86	44	5,5	10,28	1,437	
V	82,78	36,6		4,58	0,606	
VI	189,22	42		9,734	0,73	
VII	170,63			15,162	0,093	
VIII	45,62	25,6	6,75	8,84	0,17	
IX	31,26	15,75	6,15	6,167	0,184	
X	66,74	19,2	5,35	10,37	2,212	
XI	37,16	32,6	5,7	9,2	2,811	
XII	47,31	27,36	5,6	25,47	0,804	
<b>Σ</b>	<b>894,56</b>	<b>29,1</b>	<b>5,35</b>	<b>8,92</b>	<b>1,03</b>	

Tabulka č. 12: Zdrojová data z lokality Nakolice v letech 2010-2011

<b>NAKOLICE</b>						
	<b>SRÁŽKY (mm.m<sup>-2</sup>)</b>	<b>VODIVOST (μS.cm<sup>-1</sup>)</b>	<b>pH</b>	<b>SÍRANY (mg.l<sup>-1</sup>)</b>	<b>DUSIČNANY (mg.l<sup>-1</sup>)</b>	
<b>2010</b>						
I	75,18	32,7	4,23	0,81	0,884	
II	40,55	16,65	5,13	2,97	1,69	
III	30,41	18,75	4,7	2,095	1,695	
IV	95,45		4,875	7,56	1,149	
V	101,36	16,2	4,425	4,49	2,22	
VI	87,85	27,95	4,43	3,28	1,19	
VII	146,98	21,03	4,66	3,057	1,439	
VIII	120,8	16,37	4,65	1,698	0,536	
IX	48,14	13,8	5,03	7,17	0,843	
X	20,28	21,7	5,35	3	0,248	
XI	61,66	18,8	5,8	0,575	0,309	
XII	26,19	29	7,4		1,369	
<b>Σ</b>	<b>854,85</b>	<b>21,2</b>	<b>5,06</b>	<b>3,34</b>	<b>1,13</b>	
<b>2011</b>						
I	38,02	23,7	7,03	0,547	1,159	
II	12,67	16,6	5,6	3,725	0,679	
III	54,9	26,3	5,4	5,23	0,972	
IV	43,93		6,1	5,27	1,184	
V	111,5	30,4	5,35	8,605	0,626	
VI	45,61	8,7	5,75	5,025	0,451	
VII	104,75	13,07	5,22	1,94	0,219	
VIII	70,11	17,57	5,36	6,36	0,574	
IX	37,17	16,5	5,435	10,115	0,312	
X	78,56	6,5	5,2	4,137	0,183	
XI	2,53		6,2	6	2,255	
XII						
<b>Σ</b>	<b>599,75</b>	<b>17,7</b>	<b>5,7</b>	<b>5,18</b>	<b>0,72</b>	



