

**MENDELOVA UNIVERZITA V BRNĚ
AGRONOMICKÁ FAKULTA**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BRNO 2015

KATEŘINA FOLKMANOVÁ

Mendelova univerzita v Brně
Agronomická fakulta
Ústav aplikované a krajinné ekologie



**Závislost koncentrace dusičnanů na výšce hladiny
v indikačních vrtech – Březová nad Svitavou**

Bakalářská práce

Vedoucí práce:
Ing. Petra Opletová, Ph.D.

Vypracovala:
Kateřina Folkmanová

Brno 2015

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Zpracovatelka: **Kateřina Folkmanová**
Studijní program: Zemědělská specializace
Obor: Pozemkové úpravy a ochrana půdy
Název tématu: **Závislost koncentrace dusičnanů na výšce hladiny v indikačních vrtech – Březová nad Svitavou**
Rozsah práce: 30 stran textu, tabulky, grafy, mapové přílohy, fotodokumentace

Zásady pro vypracování:

1. Literární rešerše – ochrana vod, jakost a znečišťování vody, problematika dusičnanů, související vodoprávní legislativa
2. Přírodní a hospodářské podmínky v zájmovém území – prameniště Březová nad Svitavou
3. Charakteristika vybraných vrtů
4. Vypracování metodiky
5. Statistické zpracování a vyhodnocení koncentrací dusičnanů ve vybraných vrtech
6. Diskuse a závěr



Seznam odborné literatury:

1. HUBAČÍKOVÁ, V. – OPPELTOVÁ, P. *Úpravy vodních toků a ochrana vodních zdrojů*. 1. vyd. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 2008. 130 s. ISBN 978-80-7375-243-9.
2. HLAVÁČ, J et al.: Učebnice vodárenství, CD rom, Vodárenská akciová spol. Brno, 2003
3. NOVÁK, J.: OP ve smyslu zákona č.137/1998 Sb. (novela zákona č. 138/1973 Sb. o vodách) a vyhlášky č.137/ 1999 Sb., VAS a.s.,Brno,2000
4. PITTER, P.: Hydrochemie. 2.vyd. Praha. VŠCHT, 1999, 568 s.
5. Říha, J. et al.: Jakost vody v povrchových tocích a její matematické modelování. 1.vyd.Brno. NOEL 2000 s r.o., 267 s.
6. Zákon č. 274/2001 Sb. v platném znění o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a s tím související prováděcí předpisy
7. Zákon o vodách č. 254/2001 Sb. v platném znění a s tím související prováděcí předpisy

Datum zadání bakalářské práce: říjen 2013

Termín odevzdání bakalářské práce: duben 2015


Kateřina Folkmanová
Autorka práce




Ing. Petra Opeřtová, Ph.D.
Vedoucí práce


prof. Ing. František Toman, CSc.
Vedoucí ústavu


prof. Ing. Ladislav Zeman, CSc.
Děkan AF MENDELU

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem práci: Závislost koncentrace dusičnanů na výšce hladiny v indikačních vrtech – Březová nad Svitavou vypracovala samostatně a veškeré použité prameny a informace uvádím v seznamu použité literatury. Souhlasím, aby moje práce byla zveřejněna v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách, ve znění pozdějších předpisů a v souladu s platnou *Směrnicí o zveřejňování vysokoškolských závěrečných prací*.

Jsem si vědoma, že se na moji práci vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, a že Mendelova univerzita v Brně má právo na uzavření licenční smlouvy a užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona.

Dále se zavazuji, že před sepsáním licenční smlouvy o využití díla jinou osobou (subjektem) si vyžádám písemné stanovisko univerzity, že předmětná licenční smlouva není v rozporu s oprávněnými zájmy univerzity, a zavazuji se uhradit případný příspěvek na úhradu nákladů spojených se vznikem díla, a to až do jejich skutečné výše.

V Brně dne:.....

.....

podpis

PODĚKOVÁNÍ

Poděkování patří především vedoucí mé práce paní Ing. Petře Opeltové, Ph.D., za její připomínky, cenné rady, čas a vstřícný přístup, dále pak paní Jolaně Folkmanové a Brněnským vodárnám a kanalizacím, a. s., za poskytnuté materiály. V neposlední řadě také panu Jaroslavu Slavíkovi, Ph.D., který pracuje u společnosti GEOtest Brno, a. s., za poskytnuté materiály.

Velký dík patří rovněž mým rodičům, příteli a babičce a dědečkovi, kteří mě podporovali ať už finančně, nebo psychicky v průběhu mého celého dosavadního studia. V neposlední řadě děkuji i Květoslavě Hegerové za jazykovou korekturu.

Abstrakt

Úvodní část bakalářské práce a literární rešerše jsou zaměřeny na seznámení s problematikou dusičnanů ve vodních zdrojích. Zejména je rozvedeno zakotvení problematiky dusičnanů jak v české, tak v evropské legislativě. Následuje výklad o možném nebezpečí výskytu dusičnanů v pitných vodách. V další části se již práce věnuje konkrétní lokalitě – prameništi I. a II. březovského vodovodu Březová nad Svitavou. Je zde popsáno zájmové území se zaměřením na hydrologické, geologické, pedologické a klimatické poměry. V poslední části jsou zpracována a vyhodnocena získaná data, a to jak závislost výskytu koncentrace dusičnanů a výšky hladiny, tak i závislost na druhu pěstované kultury v okolí vrtů. Rovněž byl zhodnocen vliv atmosférických srážek na změnu výšky hladiny ve vrtech. V závěru jsou uvedena možná opatření, která by většímu výskytu koncentrace dusičnanů ve vrtech mohla zabránit. V přílohové části je zdokumentováno a popsáno okolí jednotlivých vrtů, stupeň ochrany a také hospodářské využití půdy v blízkosti vrtů.

Klíčová slova:

Dusičnany, nitrátová směrnice, indikační vrty, Březová nad Svitavou, zranitelné oblasti

Abstract

The opening part of the thesis and literature review focused on familiarization with the issue of nitrates in water sources. In particular, the divorced anchoring issue of nitrates in both Czech and European legislation. Following the interpretation of the possible hazard occurrence of nitrate in drinking water. In the next part of the thesis deals with a specific locality - spring area I. and II. of water conduit Březová nad Svitavou.

Here is described area of interest with a focus on hydrological, geological, pedological and climatic conditions. In the last part there are processed and evaluated the data, both in dependence of the concentration of nitrates and level height and dependence on the type of culture grown in the vicinity of boreholes. It was also evaluated the effects of atmospheric precipitation on level height in boreholes. In conclusion there are given possible measures to higher incidence of nitrate concentrations in boreholes could prevent. In the appendix part there is documented and described surroundings individual boreholes the degree of protection and economic use of land in the vicinity of boreholes.

Key words:

Nitrates, Nitrates Directive, indicating boreholes, Březová nad Svitavou, vulnerable areas

OBSAH

1 Úvod.....	10
2 Cíl práce.....	12
3 Literární rešerše	13
3. 1 Zakotvení problematiky ochrany vod ve stávající legislativě České republiky... 13	
3. 1. 1 Obecná ochrana	14
3. 1. 2 Zvláštní ochrana	14
3. 1. 3 Ochrana speciální	17
3. 2 Problematika dusičnanů ve vodách v evropské legislativě	19
3. 2. 1 Nitrátová směrnice.....	19
3. 2. 2 Cross compliance (kontroly podmíněnosti).....	21
3. 3 Dusík, dusičnany	23
3. 3. 1 Faktory ovlivňující vyplavování dusičnanů	26
3. 3. 2 Nebezpečí dusičnanů pro člověka	26
4 Charakteristika zájmového území.....	28
4. 1 Vymezení zájmového území	28
4. 2 Geomorfologické poměry	29
4. 2. 1 Morfologie terénu	30
4. 3 Hydrologické údaje	30
4. 4 Klimatické faktory	31
4. 5 Pedologické faktory	32
4. 6 Hospodářské využití území	33
5 Metodika	34
5. 1 Sběr dat.....	34
5. 3 Zpracování dat	35
5. 4 Grafy.....	35
6 Výsledky, diskuse	37
6. 1 Zhodnocení výsledků z vrtu IV 101	37
6. 1. 1 Zhodnocení v závislosti na druhu kultury	37
6. 1. 2 Zhodnocení v závislosti na množství atmosférických srážek.....	38
6. 1. 3 Zhodnocení v závislosti na výšce hladiny	38
6. 2 Zhodnocení výsledků u vrtů IV 102, IV 103, V 12	40

6. 2. 1 Zhodnocení vrtů v závislosti na druhu okolní kultury.....	40
6. 2. 2 Zhodnocení vrtů IV 102, IV 103 a V 12 v závislosti na množství atmosférických srážek a na výšce hladiny.....	41
6. 2. 2. 1 IV 102.....	41
6. 2. 2. 2 IV 103 a V 12	41
6. 3 Diskuse.....	42
7 Závěr	43
8 Přílohová část.....	45
8. 1 Charakteristika jednotlivých indikačních vrtů	45
8. 1. 1: Vrt číslo 1	45
8. 1. 2: Vrt číslo 2	46
8. 1. 3: Vrt číslo 3	47
8. 1. 4: Vrt číslo 4	49
8. 2 Grafy	51
9 Zdroje.....	68
9. 1 Literární přehled.....	68
9. 2 Právní předpisy.....	68
9. 3 Internetové zdroje.....	70
10 Seznam zkratk	71
11 Seznam tabulek, obrázků a grafů	72
11. 1 Seznam tabulek	72
11. 2 Seznam obrázků	72
11. 3 Seznam grafů.....	72

1 ÚVOD

Voda představuje jednu z nejdůležitějších sloučenin naší planety, bez které by nebyla možná existence života na Zemi. Přesto však její důležitost neumíme dostatečně ocenit. V dnešním světě plném nových vymožeností a vzrůstajícího počtu populace dochází k větší spotřebě a ke značnému a trvalému znehodnocování vody. Je to jedna z chemicky nejjednodušších sloučenin ve vesmíru, která se skládá pouze ze dvou atomů vodíku a z jednoho atomu kyslíku. Celkový objem hydrosféry čítá 1392 milionů kilometrů krychlových, tvoří cca jednu tisícinu objemu Země. Voda na Zemi je rozšířena nerovnoměrně, a to jak v čase, tak i v prostoru. Z celkového objemu vody na naší planetě tvoří 97 % voda slaná a 3 % voda sladká, přičemž 68,3 % sladké vody tvoří ledovce a ledové příkrovy, 31,4 % podzemní vody, 0,26 % voda povrchová a 0,04 % vody se nachází v jiných zdrojích (Němec a kol., 2006).

Výskyt dostatečného množství neznečištěné vody je nezbytností pro zachování životaschopnosti organismů. Jenže výskyt, kvalita a množství zdrojů povrchových a podzemních vod jsou značně omezeny. Vyjma vod z ledovců a podzemních vod neobjevených nebo z jiných důvodů nevyužívaných zužitkováváme všechny dostupné zdroje vody, které na naší planetě existují.

Využíváme ji téměř ve všech odvětvích lidské činnosti, počínaje zemědělstvím, průmyslem nebo dopravou a konče sportem či relaxací. Téměř vše, co se vyskytuje přirozeně v zemské kůře, se odráží i ve vodě. Jedná se nejen o látky nám prospěšné, nýbrž i o látky škodlivé, potom mluvíme o přirozeném znečištění (např. koloběh dusíku). Kromě těchto látek se do vody dostává, zejména činností člověka, i stále větší množství látek toxických, v takovém případě hovoříme o antropogenním znečištění (Damohorský, 2010).

Do některých vod se dostává nadměrné množství živin (látky potřebné pro růst rostlin). Jedná se především o rozpustné soli, a to fosforečnany a dusičnany, jež vznikají jako produkt při rozkládání zbytků těl živočichů a rostlin a jsou také součástí zemědělských hnojiv, jak průmyslových, tak statkových. Značné množství těchto látek proniká do vody z polí a pastvin v podobě smyvů. Dusičnany unikají zejména z hnojiv, odpadů a septiků. Fosfor se do vody dostává především z mycích a pracích prostředků. Nelze opomenout, že významným zdrojem dusíku a fosforu jsou i splaškové vody z lidských

sídel. Proces, při kterém dochází ke značnému obohacování vody o živiny, označujeme jako eutrofizaci. Eutrofizace může být přirozená (odumírání těl rostlin a živočichů) nebo antropogenní (splachy z polí, vypouštění splaškových vod nebo vypouštění mycích a pracích prostředků) (Hubačiková a Oppeltová, 2008).

Aby se uspokojily vysoké požadavky dnešního moderního člověka na hygienu, je nyní voda dodávána až přímo ke spotřebiteli prostřednictvím veřejných vodovodů. Dokud spotřebitelům doma z kohoutku teče kvalitní voda v množství, na jaké jsou zvyklí, tak je ani nenapadne, že by s ní mohl být nějaký problém. Voda je sice do značné míry kvantitativně nevyčerpatelná, ale to se netýká i její kvality, ta se zhoršuje v důsledku stále většího znečišťování povrchových i podzemních zdrojů vod. Na vodu by se mělo tedy nahlížet jako na cennou surovinu, se kterou bychom měli dobře hospodařit, racionalizovat její využití a omezit její ztráty. Její ochrana a péče o vodní zdroje je v zájmu celé společnosti a v zájmu trvale udržitelného rozvoje, abychom je mohli příštím generacím zachovat alespoň v takové kvalitě a množství, jako máme my.

Domnívám se, že množství nezávadné vody je jedním z nejzákladnějších problémů dnešní doby, a proto jsem se rozhodla svou práci věnovat právě této otázce. Vzrůstající koncentrace dusičnanů ve vodě je stále aktuálnější tématem. Mým cílem je porovnat faktory, které mají vliv na koncentraci dusičnanů, a také zjistit, jak jejich koncentrace souvisí s množstvím srážek projevujícím se na výšce hladiny v indikačních vrtech podzemní vody.

2 CÍL PRÁCE

Hlavním cílem této práce je prozkoumat závislost koncentrace dusičnanů na výšce hladiny podzemní vody v indikačních vrtech, která je přímo závislá na množství srážek za dané období, a posoudit okolní jevy, které mohou výsledky do značné míry zkreslovat. Dále popsat zájmové území prameniště Březová nad Svitavou, jednotlivé indikační vrty a zhodnotit, proč je na některých místech koncentrace dusičnanů větší. Nebudou opomenuty také různé další faktory, jako jsou například faktory klimatické (závislost na ročním období, na úhrnu srážek), pedologické (propustnost půdy) nebo hospodářské využití okolní krajiny. Výsledkem této práce by mělo být shrnutí veškerých faktorů ovlivňujících koncentraci dusičnanů ve vodě a vyhodnocení, kde je koncentrace dusičnanů nejnižší a kde naopak nejvyšší. V závěru bude navrženo řešení, jak těmto zvýšeným hodnotám předcházet.

3 LITERÁRNÍ REŠERŠE

3. 1 Zakotvení problematiky ochrany vod ve stávající legislativě České republiky

Spotřeba vody a její znehodnocování se vymyká kontrole, její ochrana je tudíž nepostradatelná. Voda je neoddělitelnou složkou životního prostředí, proto když chceme vodu chránit, musíme ji chránit jako celek, komplexně.

Ochrana vod v legislativě ČR je primárně zakotvena ve vodním zákoně. Některá jeho ustanovení jsou rozvedena podzákonnými předpisy, jako jsou nařízení vlády či různé vyhlášky. Dalším neméně důležitým předpisem je rámcová směrnice pro vodohospodářskou politiku 2000/60/ES, která je známa též pod zkratkou WFD (Water Framework Directive). Tato směrnice upravuje vodohospodářskou politiku v zemích EU. Požaduje komplexní systém ochrany kvality i kvantity všech vod s cílem dosáhnout zejména dobrého ekologického a kvalitativního stavu vod. Mezi další úkoly této směrnice patří například zlepšení stavů vodních ekosystémů a zmírnění účinku povodní a sucha (zákon č. 254/2001 Sb., vodní zákon, ve znění pozdějších předpisů, směrnice 2000/60/ES).

V souvislosti s rámcovou směrnicí pak byly přijaty i další směrnice, např. směrnice o znečišťování některými nebezpečnými látkami vypouštěnými do vodního prostředí, směrnice o ochraně podzemních vod před znečištěním a zhoršováním stavu, směrnice o normách environmentální kvality v oblasti vodní politiky a jiné. Mezi další důležité směrnice, které stanovují standardy čistoty vod, patří směrnice o jakosti pitné vody, směrnice o řízení jakosti vod ke koupání, směrnice o jakosti sladkých vod vyžadujících ochranu nebo zlepšení pro podporu života ryb a směrnice o požadované jakosti vod pro měkkýše.

Soubor opatření na ochranu vod má sloužit k zajištění jakosti a množství vod v přírodě. Ochrana vod se podle vodního zákona rozděluje na ochranu obecnou, zvláštní a speciální. Obecnou ochranu vod má ze zákona povinnost dodržovat každý bez jakýchkoliv finančních kompenzací. Zvláštní ochrana z různých důvodů zajišťuje silnější ochranu, než je tomu u ochrany obecné (zahrnuje chráněné oblasti přirozené akumulace vod, tzv. CHOPAV, zranitelné oblasti a oblasti citlivé). Speciální ochrana spočívá pře-

devším ve vyhlášení ochranných pásem vodních zdrojů, dříve pásem hygienické ochrany (Hubačíková a Oppeltová, 2008).

3. 1. 1 Obecná ochrana

Základní ochrana vod je zakotvena v legislativě ČR. Obecná ochrana je souhrn opatření, která mají zajistit ochranu vod jako složky životního prostředí. Vyplývá z celé řady právních předpisů, z podstatné části především z vodního zákona a jeho prováděcích předpisů, ale také z mnoha dalších předpisů chránících životní prostředí. Týká se to zejména těchto oblastí: ochrany přírody a krajiny, ochrany životního prostředí, odpadového hospodářství, stavebního zákona, ochrany ZPF atd. Jak již bylo uvedeno výše, v případě obecné ochrany vod platí, že je povinností každého dodržovat ji všude a vždy. Za její dodržování nenáleží žádné finanční kompenzace. Vodní zdroje jsou součástí vodního prostředí (tj. vod) a obecná ochrana platí i u nich (Hubačíková a Oppeltová, 2008).

3. 1. 2 Zvláštní ochrana

Zvláštní ochrana vod zahrnuje: chráněné oblasti přirozené akumulace vod (CHOPAV, § 28 vodního zákona), citlivé oblasti (§ 32 vodního zákona) a zranitelné oblasti (§ 33 vodního zákona, tj. zákona č. 254/2001 Sb., vodního zákona, ve znění pozdějších předpisů).

Chráněné oblasti přirozené akumulace vod

Oblasti, které pro své přírodní podmínky tvoří významnou přirozenou akumulaci vod, vyhláší vláda nařízením za chráněné oblasti přirozené akumulace vod (§ 28 zákona č. 254/2001 Sb.). Z nařízení vlády České socialistické republiky č. 85/1981 Sb., o chráněné oblasti přirozené akumulace vod Chebská pánev a Slavkovský les, Severočeská křída, Východočeská křída, Polická pánev, Třeboňská pánev a Kvartér řeky Moravy, vyplývá, že zájmové území je vyhlášeno chráněným územím přirozené akumulace vod (zákon č. 254/2001 Sb., vodní zákon, ve znění pozdějších předpisů).

Citlivé oblasti

Pojem citlivá oblast definuje směrnice 91/271/EHS, o čištění městských odpadních vod. Jsou to vodní útvary povrchových vod (řeky nebo jejich úseky, jezera a další nádrže, pobřežní a mořské vody), v nichž vlivem vypouštění odpadních vod z aglomerací větších než 10 000 ekvivalentních obyvatel (EO) buď dochází k eutrofizaci vod, překročení

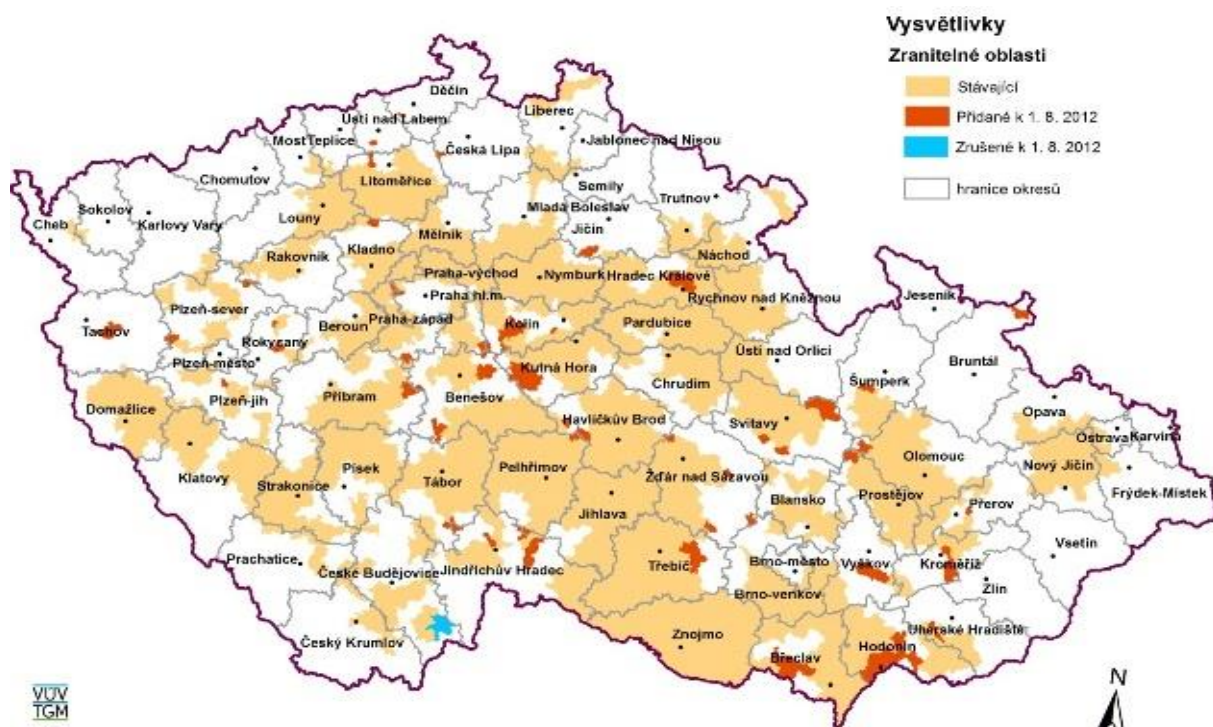
limitní koncentrace dusičnanů (více než 50 mg/l), nebo je ohroženo plnění cílů jiných směrnic Společenství (Hubačiková a Oppeltová, 2008).

Zranitelné oblasti

Zranitelné oblasti jsou území, kde se vyskytují povrchové nebo podzemní vody, které jsou využívány jako zdroje pitné vody a u kterých je koncentrace dusičnanů vyšší než 50 mg/l. Na rozdíl od citlivých oblastí však této hodnoty nemusí být nutně dosaženo, stačí, když se projeví stoupající charakter. I taková oblast pak může být vyhlášena za zranitelnou. Určení těchto oblastí se řídí evropskou legislativou týkající se ochrany vod před znečištěním dusičnany ze zemědělských zdrojů. Tato problematika je zakotvena především v nitrátové směrnici (91/676 EHS), v jejím prováděcím předpise, kterým je nařízení vlády č. 262/2012 Sb. ze dne 4. července 2012, o stanovení zranitelných oblastí, a v akčním programu ve znění nařízení vlády č. 117/2014 Sb. ze dne 16. června 2014. Zranitelné oblasti jsou vymezeny katastrálními hranicemi České republiky. Při jejich vymezení se přihlíželo především ke zranitelnosti horninového prostředí a k vodohospodářským poměrům spádového území v kombinaci s údaji monitoringu vodních toků Zemědělské vodohospodářské správy a výzkumných ústavů (směrnice 91/676 EHS).

Zájmové území Březová nad Svitavou a její okolí také spadá do zranitelných oblastí, které stanovuje nařízení vlády č. 103/2003 Sb., o stanovení zranitelných oblastí a o používání a skladování hnojiv a statkových hnojiv, střídání plodin a provádění protierozních opatření v těchto oblastech. Toto nařízení je nyní nahrazeno nařízením vlády č. 262/2012 Sb. ze dne 4. července 2012 (NV 262/2012).

Rozdělení současných zranitelných oblastí viz obr. 1. Přesná rozloha zranitelných oblastí viz tab. 1.



Obrázek 1: Vymezení zranitelných oblastí ČR podle nařízení vlády č. 262/2012 Sb.
(Zdroj: Výzkumný ústav vodohospodářský TGM)

Tabulka 1: Rozloha zranitelných oblastí v ČR

	Celková plocha zranitelných oblastí v km²	Podíl zranitelných oblastí na rozloze ČR (%)	Celková plocha zemědělské půdy v km²	Podíl zranitelných oblastí na rozloze zemědělské půdy (%)
Rozloha zranitelných oblastí 2003–2007	28 848	36,70	20 482	42,50
Rozloha zranitelných oblastí 2007–2011	31 468	39,90	21 807	47,70
Rozloha zranitelných oblastí od 1. 8. 2012	32 831	41,60	22 470	49,00

(Zdroj: LPIS)

3. 1. 3 Ochrana speciální

Jedná se o ochranu, která je nadřazena obecné a zvláštní ochraně vod.

Dříve byla tato ochrana prováděna formou vyhlášení PHO (pásem hygienické ochrany) podle zákona č. 138/1973 Sb. V tomto zákoně bylo v § 19 uvedeno, že ochranné pásmo vodního zdroje (dále jen „OPVZ“) k ochraně vydatnosti, jakosti nebo zdravotní nezávadnosti stanoví vodohospodářský orgán podle potřeby prostřednictvím rozhodnutí. Problémem však bylo, že toto vyhlášení bylo právně závazné jen pro subjekty, které figurovaly ve správním řízení. Podle ustanovení zákona o státní správě ve vodním hospodářství byl za účastníka řízení při vodoprávním projednání dokumentace OPVZ považován pouze uživatel. Podle vyhlášky ministerstva zdravotnictví č. 45/1996 Sb. a Směrnice ministerstva zdravotnictví č. 51/1979 Sb. se PHO dělila na PHO I. stupně, PHO II. stupně – to se dále dělilo na vnitřní a vnější, a PHO III. stupně – vyhlášovalo se jen v případě povrchových zdrojů. PHO I. stupně se stanovovalo povinně kolem podzemních i povrchových zdrojů vod. Velikost a tvar území I. PHO kolem jímacího objektu či zařízení se stanovovalo podle Směrnice č. 51/1979 Sb. V PHO I. stupně bylo nezbytné dodržovat přísná hygienická opatření, aby nedocházelo k ohrožení vody či ke znečištění. Toto pásmo muselo být oploceno nebo jinak zajištěno proti přístupu nepovolaných osob a zvířat. Typické bylo také umístění výstražných cedulí po obvodu území. Převládaly zde zákazy a snaha o vykoupení těchto území do vlastnictví správce vodního zdroje a v neposlední řadě i snaha o vynětí ze ZPF. Jestliže mohlo dojít ke

znečištění nebo ohrožení vody i ve vzdálenějších místech, než je bezprostřední vzdálenost jímacího okolí, vyhlášovalo se PHO II. stupně. Jeho rozsah a nezbytná opatření byly opět vymezeny na základě směrnice č. 51/1979 Sb. Ve vnitřní části II. PHO se pozemky nevykupovaly, ale ve velké míře zde docházelo ke změně kultury pozemku. Nejschůdnější bylo tyto pozemky zatravnit a převést je na TTP. I zde však platily některé zákazy, jako např. zákaz hnojení do zásoby nebo zákaz pastvy hospodářských zvířat. Ve vnějších pásmech II. stupně PHO byla omezení obdobná, avšak menší intenzity. PHO III. stupně se vyhlášovala zpravidla kvůli celkové ochraně životního prostředí, životní prostředí jako takové v té době totiž nebylo dostatečně chráněno. Z tohoto důvodu byla velká snaha o maximalizaci rozšíření území PHO (Hubačiková a Oppeltová, 2008).

Od roku 2001 se podle zákona o vodách začala vyhlášovat OPVZ – ochranná pásma vodních zdrojů. Novela zákona nemohla provést změnu či zánik PHO. Ke změně či zániku dochází až po novém vodoprávním řízení, při kterém vodoprávní úřad vydá nové rozhodnutí. Tímto rozhodnutím se zruší původní PHO a stanoví se nová OPVZ. V současné době se z tohoto důvodu můžeme v praxi setkat jak s PHO, tak i s OPVZ. OPVZ jsou ve smyslu vodního zákona veřejným zájmem. Vyhláší se na základě opatření obecné povahy, což znamená, že jsou platné pro všechny a každý musí dodržovat opatření, která jsou v nich stanovena. Vodoprávní úřad je zmocněn k tomu, že může v OPVZ omezit, popřípadě zakázat užívání pozemků a staveb. Za tato omezení má majitel nárok na poskytnutí finanční kompenzace (Hubačiková a Oppeltová, 2008).

OPVZ vyhláší § 30 vodního zákona a vyhláška MŽP č. 137/1999 Sb., kterou se stanoví seznam vodárenských nádrží a zásady pro stanovení a změny ochranných pásem vodních zdrojů. OPVZ se dělí na OPVZ I. a II. stupně. OPVZ I. stupně slouží k ochraně vodního zdroje v bezprostřední blízkosti jímacího nebo odběrného zařízení. Tato ochranná pásma jsou souvislými územími. OPVZ II. stupně je území stanovené vodoprávním úřadem tak, aby nemohlo dojít k ohrožení vydatnosti, jakosti nebo zdravotní nezávadnosti vody ve vodním zdroji. Nemusí nutně navazovat na OPVZ I. stupně a ani nemusí být souvislým územím.

3. 2 Problematika dusičnanů ve vodách v evropské legislativě

3. 2. 1 Nitrátová směrnice

Nitrátová směrnice (91/676 EHS) je jednou ze sedmnácti směrnic EU orientovaných na ochranu a nakládání s vodními zdroji, která v souladu s „acquis communautaire“ spadá do kapitoly Životní prostředí – podoblast voda, jenž je v gesci MŽP. Protože je zaměřena na hospodaření zemědělců, je za její přípravu, zpracování a zavedení zodpovědné MZe ve spolupráci s resortem MŽP.

Cílem nitrátové směrnice je ochrana vod před znečištěním dusičnany ze zemědělských zdrojů. Tato směrnice byla přijata v roce 1991 Evropským hospodářským společenstvím. Po vstupu ČR do EU (v roce 2004) musela být nitrátová směrnice implementována do naší národní legislativy.

Podle III. Aktualizace Strategie financování implementace směrnice Rady 91/676/EHS, o ochraně vod před znečištěním dusičnany ze zemědělských zdrojů (tzv. nitrátové směrnice), vydané Ministerstvem zemědělství je nutné splňovat tyto požadavky:

- a) ***Provést transpozici směrnice do národního právního řádu.***
- b) ***Monitoring podzemních a povrchových vod zaměřený na obsah dusičnanů. Monitorování povrchových vod se provádí prostřednictvím státních podniků povodí, monitorování jakosti podzemních vod je zajištěno prostřednictvím Českého hydrometeorologického ústavu, v souladu s ustanovením § 3 nařízení vlády č. 262/2012 Sb.***
- c) ***Vymezit zranitelné oblasti a zajistit jejich revizi po čtyřech letech od jejich vyhlášení.***
- d) ***Stanovit zásady správné zemědělské praxe zaměřené na ochranu vod před znečištěním způsobeným dusičnany ze zemědělských zdrojů, které budou zaváděny na dobrovolné bázi na celém území členského státu, a připravit pro tyto účely školicí programy pro zemědělce.***

Mezi zásady správné zemědělské praxe patří:

- *Vymezení období zákazu hnojení – toto období je vymezeno v rámci § 6 nitrátové směrnice; je zapotřebí omezit hnojení dusíkatými hnojivými látkami v nevhodném období a tím zabránit jejich smyvu do povrchových vod a průsaku do zdrojů podzemních vod. V LPIS na INFO NITRÁT lze*

zjistit, jaké omezující podmínky, včetně termínů zákazu hnojení, se k půdnímu bloku vážou. Tabulka období zákazu hnojení byla výrazně zjednodušena. Nově bylo prodlouženo období zákazu hnojení v předjarním období pro jarní plodiny. Avizované prodloužení období na podzim pro hnojiva s rychle uvolnitelným dusíkem od roku 2014 nebylo uplatněno.

- *Používání hnojiv a statkových hnojiv na svažitých pozemcích – nelze používat dusíkaté hnojivé látky na zemědělských pozemcích s kulturou travní porost se sklonitostí nad 10°. Do této doby se podmínka vztahovala pouze na zemědělský pozemek s kulturou orná půda. Stále platí výjimka pro pastvu zvířat a pro tuhá statková a organická hnojiva.*
- *Používání hnojiv a statkových hnojiv na podmáčených, zaplavených, promrzlých nebo sněhem pokrytých pozemcích – § 7 odstavec 6 říká, že ve zranitelné oblasti tohoto typu (podmáčený, zaplavený, promrzlý pozemek) nelze používat dusíkaté hnojivé látky (s výjimkou sklíditelných rostlinných zbytků).*
- *Podmínky pro používání hnojiv a statkových hnojiv v blízkosti povrchových vod – jedná se o ochranné nehnojené pásy v okolí tří metrů od břehové čáry.*
- *Skladování statkových hnojiv a objemných krmiv – od roku 2014 byly nově upraveny požadavky na kapacitu skladovacích prostor pro skladování hnojůvky. Požadovaná kapacita se zvýšila ze čtyřměsíční produkce na produkci šestiměsíční. Výpočet produkce hnojůvky se nadále provádí na základě ČSN 756190 pro stavbu zpevněného hnojiště nebo se zjišťuje prokazatelným způsobem v zemědělském podniku. Dále se provázaly požadavky na technický stav skladovacích zařízení z hlediska ochrany vod s § 39 vodního zákona.*
- *Používání hnojiv a statkových hnojiv.*
- *Hospodaření s půdou a omezení doby bez rostlinného pokryvu.*
- *Plány hnojení a evidence používání hnojiv a statkových hnojiv.*
Kvůli přehnojování dusíkem je stanoven maximální limit 170 kg/ha/rok v použitých organických, organominerálních a statkových hnojivech

v průměru zemědělského podniku. § 8 odstavec 3 upřesňuje způsob výpočtu limitu 170 kg/ha organického dusíku živočišného původu v průměru zemědělského podniku. V roce 2013 byly do tabulky limitů hnojení k jednotlivým plodinám doplněny výnosy hlavního produktu a byly mírně upraveny limity hnojení u polní zeleniny. Dále byl nově stanoven limit hnojení a odpovídající výnos hlavního produktu u hořčice bílé. Pro účely výpočtu limitu se nově započítává u hnojiv s pomalu uvolnitelným dusíkem a u upravených kalů 30 % přívodu celkového dusíku (do této doby se počítalo 40 %).

- *Postupy při zavlažování – intenzita závlahy musí být menší, než je rychlost průsaku vody prokořeněnou částí půdního profilu, závlahová dávka nesmí překročit retenční kapacitu půdy. Při hnojivé závlaze je účelná doplňková závlaha.*
- e) **Zpracovat akční program a zajistit jeho monitoring.** *Připravit akční programy odpovídající přírodním podmínkám a způsobům hospodaření v různých typech zranitelných oblastí, které budou obsahovat povinná opatření vedoucí ke snížení obsahu dusičnanů ve vodách. Zajistit monitoring účinnosti akčního programu a jeho vyhodnocení po čtyřech letech jeho účinnosti.*
- f) **Zajistit zasílání povinných reportingových zpráv Evropské komisi za každé čtyřleté období,** *vždy do šesti měsíců od ukončení daného období a do šesti měsíců od jakékoli změny ve vymezení zranitelných oblastí (www.eagri.cz).*

3. 2. 2 Cross compliance (kontroly podmíněnosti)

Cross compliance jsou podmínky, které musí dodržovat vlastník pozemků evidovaný v LPIS žádající o dotace. Vyplacení podpor vyjmenovaných v Přehledu podpor pro rok 2015 je podmíněno plněním podmínek udržování půdy v dobrém zemědělském a environmentálním stavu, dodržováním povinných požadavků v oblasti životního prostředí, změna klimatu a dobrý zemědělský a environmentální stav půdy, veřejné zdraví, zdraví zvířat a rostlin a dobré životní podmínky zvířat. Jestliže stanovené podmínky žadatel nedodrží, může mu být snížena, nebo v krajním případě neposkytnuta výplata podpor. Formu a metodu kontroly dle stanoveného legislativního rámce každá země EU určuje podle vlastních národních potřeb. Od roku 2015 musejí žadatelé o přímé platby dodržovat tyto povinnosti: standardy dobrého zemědělského a environmentálního stavu půdy (DZES 1 až 7); povinné požadavky

na hospodaření (PPH – vybrané požadavky z třinácti nařízení a směrnic EU) (www.eagri.cz).

Rok 2015 je po skončení přechodného období prvním rokem nového programového období společné zemědělské politiky 2014–2020, proto na základě nových legislativních předpisů dochází v podmínkách standardů DZES k celé řadě změn. Původní označení standardů zkratkou GAEC vycházející z anglického názvu Good Agricultural and Environmental Conditions přechází na označení ve zkratce DZES vystihující název Dobrý zemědělský a environmentální stav půdy. Dále jsou podmínky některých standardů dříve samostatně uváděných sloučeny do jednoho znění standardu DZES, proto se snižuje počet definovaných standardů na celkový počet sedm (www.eagri.cz).

Povinné požadavky na hospodaření zemědělského subjektu (PPH) jsou stanoveny vybranými články nařízení a směrnic Evropské unie. Ustanovení daná evropskými nařízeními jsou přímo použitelná v rámci českého právního řádu, ustanovení uvedená směrnicemi EU jsou zapracována do platných národních právních předpisů. Kontrola dodržování stanovených požadavků je prováděna státními kontrolními orgány. Od roku 2009 je dodržování vybraných povinných požadavků propojeno s vyplácením přímých plateb, některých podpor z Programu rozvoje venkova (PRV) a některých podpor v rámci společné organizace trhu s vínem. Zemědělci, kteří podají žádost o dotace v rámci jedné nebo více uvedených podpor, jsou zavázáni k dodržování těchto požadavků. Nařízení a směrnice (EU) určují pouze výsledek, kterého má být plněním vybraných ustanovení dosaženo. Každý členský stát si formu a metody, jak tohoto výsledku dosáhnout, stanovuje prostřednictvím určených požadavků sám tak, aby mohl zohledňovat své národní potřeby (www.eagri.cz).

Problematika znečištění vod dusičnany ze zemědělských zdrojů je zakotvena v PPH 1 (nitratová směrnice) v oblasti životního prostředí. Z hlediska dobrého zemědělského a environmentálního stavu půdy je pro oblast vodní politiky nejdůležitější DZES 3 (ochrana podzemních vod) a DZES 1 (ochranné pásy podél vod). Dodržování těchto požadavků kontroluje Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský. Nedodržení požadavků a podmínek standardů v rámci systému podmíněnosti je hodnoceno pomocí těchto kritérií: rozsah, závažnost, trvalost a opakování. Sankce za první porušení podmínek je nastavena výchovně, teprve když nedojde

k nápravě daného stavu nebo když dojde k opakovanému porušení podmínek, může být dotace snížena v přímé úměrnosti k závažnosti přestupku, v krajním případě nemusí být dotace udělena vůbec. Porušení požadavků kontroly podmíněnosti znamená současné porušení i požadavků národních právních předpisů, a proto jejich nedodržením se žadatel vystavuje také možnému postihu i za toto porušení. Krácení (snížení) výše podpory nenahrazuje správní pokutu ani jakoukoli jinou sankci, která může být udělena dozorovou organizací nebo soudem za porušení národních právních předpisů (www.eagri.cz).

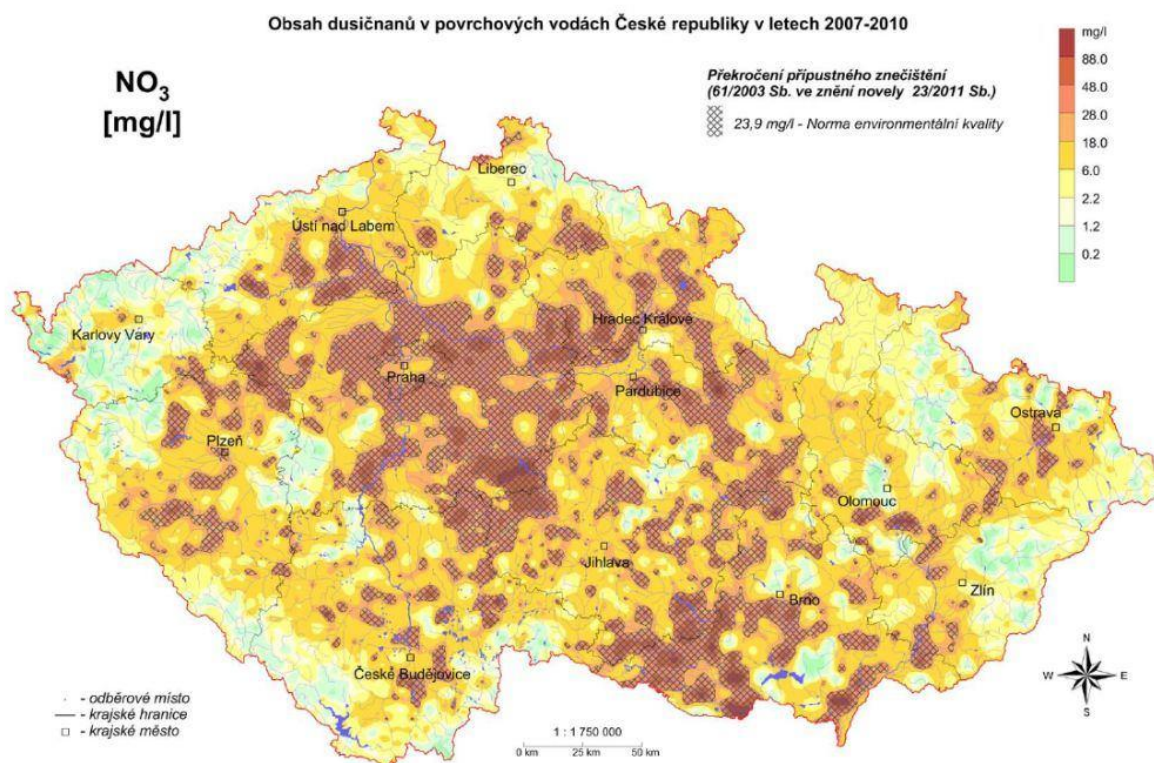
3. 3 Dusík, dusičnany

Dusík je čirý, bezbarvý, netoxický plyn obsahující molekulu N_2 . Největším zdrojem dusíku je atmosféra. V její nejnižší vrstvě, troposféře, je jeho plynná forma N_2 obsažena cca 78 %. Nicméně obsah dusíku v atmosféře činí pouze 2 % z celkového obsahu dusíku na Zemi. Zbývající část (98 %) dusíku na naší planetě se vyskytuje v litosféře, ale naprostá většina se neúčastní globálního cyklu dusíku. Vzhledem k rozpustnosti prakticky všech svých anorganických solí se dusík téměř nevyskytuje v běžných horninách.¹ Všechny tyto látky byly v průběhu času dávno spláchnuty do oceánů a tam se opět zapojily do různých biologických cyklů (Bielek, 1984).

Dusík je považován za biogenní prvek, díky němuž se tvoří biomasa. Je čtvrtou nejhojnější složkou živé hmoty. Pro živočichy je dusík důležitý kvůli tvorbě bílkovin, rostliny ho využívají pro svůj růst, na rozdíl od živočichů ho ale nevyklučují (Šimek, 2003).

Oproti dusíku jsou dusičnany látky, které obsahují soli kyseliny dusičné, tudíž obsahují aniont NO_3^- . Přirozeně se jich v přírodě vyskytuje málo. Patří mezi ně: abelsonit, acetamid, dusičnan draselný, dusičnan sodný. Jsou dobře rozpustné ve vodě a považují se za efektivní hnojiva, nicméně vlivem intenzifikace zemědělství, vzrůstajícího počtu populace a dalších faktorů zamořily povrchové a podzemní zásoby pitné vody. Zamoření povrchových vod dusičnany je patrné z obr. 2.

¹Výjimkou je např. chilský ledek neboli dusičnan sodný $NaNO_3$, který pravděpodobně vznikl rozkladem rostlinných a živočišných látek zejména na chilském pobřeží.



Obrázek 2: Obsah dusičnanů v povrchových vodách České republiky v letech 2007–2010

(Zdroj: <http://zpravy.aktualne.cz/domaci/petinu-ceska-trapi-zamorene-reky-vime-kde-je-nejhur/r~i:article:732223/>)

„Oblasti, kde koncentrace dusičnanů překračují normu environmentální kvality povrchové vody, jsou soustředěny ve středních Čechách a na jižní Moravě. Obsah nad 23,9 miligramů na litr mají vody na 22,3 procentech území České republiky,“ uvádí se v Atlasu chemismu povrchových vod České republiky. Na více než pětinu rozlohy České republiky jsou v řekách nadměrné koncentrace dusičnanů, takže nesplňují požadavky na ekologickou kvalitu povrchové vody.

Postižená plocha se navíc za posledních dvacet let prakticky nezmenšila. Nejvíce zatížené jsou vodní toky ve středních Čechách a na jižní Moravě (Baroch, 2012).

Dusičnany jsou tedy rozhodujícím činitelem, který ovlivňuje v zemědělské krajině kvalitu vodních zdrojů. Za jejich výskyt ve vodách může především člověk, jedná se tedy hlavně o antropogenní faktor (Hubačíková a Oppeltová, 2008).

V přirozeném prostředí bez dopadu antropogenních vlivů byly naměřeny hodnoty dusičnanů ve vodách v průměru pouhé 2mg/l. Vzhledem k intenzifikaci zemědělství a růstu populace ale začaly tyto hodnoty nabírat stoupajícího charakteru. Z počátku se tento nežádoucí trend týkal jen vod podzemních v koncentrovaných sídlištích. Ještě v roce 1960 se stávalo, že povrchové vody ČR, které byly odebírány pro vodárenskou úpravu, obsahovaly malé množství dusičnanů, jež nepředstavuje zdravotní nebezpečí. Na vodárenských profilech Vltavy, Jizery a Želivky byly v tomtéž roce naměřeny maximální koncentrace dusičnanů okolo 10mg/l NO_3^- . O dvacet let později, tj. v roce 1980, to byly již trojnásobné hodnoty: max. 29–34 mg/l NO_3^- . Tuzemská spotřeba dusíkatých hnojiv v té době vzrostla čtyřnásobně. V roce 1960 to bylo sto tisíc tun čistého dusíku a v roce 1980 čtyři sta dvacet tisíc tun. Kolem roku 2000 se již jedná o koncentrace dusičnanů přesahujících i normu nitrátové směrnice, tj. hodnoty převyšují koncentraci 50 mg/l NO_3^- . Za tento vzestupný trend může především stále se rozrůstající populace, s tím související stále větší potřeba potravin, které je nutné vyprodukovávat ve stále větším množství. Nedodrhuje se správný osevní postup, což zapříčiňuje přetěžování půdy a vede ke ztrátě potřebných živin (N, K, P), a tudíž se musí hnojit stále větším množstvím průmyslových i statkových hnojiv, aby nedocházelo ke ztrátě půdní úrodnosti. Používá se také daleko větší množství hnojiv aplikovaných na produkované potraviny, aby byly chráněny před škůdci a také je díky tomu možné potraviny déle skladovat. Největší část dusičnanů pochází z hnojení, menší část vzniká rozkladem zbytků rostlin mineralizací a nelze opomenout ani vliv atmosférických srážek. Při pěstování bobovitých rostlin je půda též obohacována o dusík (tzv. diazotrofie). Diazotrofii způsobuje činnost hlízkových bakterií, mezi něž patří rody *Rhizobium*, *Bradyrhizobium*, *Sinorhizobium*. Zdrojem znečištění dusíkem na zemědělských půdách jsou i drenážní vody, které mají vysoký obsah dusičnanů (Michek, 2000).

3. 3. 1 Faktory ovlivňující vyplavování dusičnanů

Vyplavování dusičnanů je závislé především na druhu pozemku. U TTP dochází k nižšímu vyplavování dusičnanů, než je tomu na orných půdách. Dalším faktorem, který ovlivňuje koncentraci dusičnanů, je hloubka půdního profilu, zrnitostní složení. Čím je menší hloubka půdního profilu a zrnitostní složení půd má větší podíl písčitých částic, tím je v zimním období retenční schopnost půdy pro nitráty menší. U drenážovaných ploch je mineralizace dusíku větší. Nelze opomenout, že čím déle je půda bez vegetačního krytu, tím je odnos živin větší (Hubačiková a Opeltova 2008).

Vyplavování dusičnanů je závislé také na ročním období, které je úzce spojeno s výskytem srážek a množstvím vegetačního krytu. Nejvíce dusíku se do půdy dostává na podzim, jelikož končí vegetační období, a tudíž rostliny přestávají z půdy dusík spotřeboávat. Množství dusičnanů je závislé na množství srážek, které před zámrazem spadnou na dané území. Jsou-li srážky vydatnější, dojde k vyplavení dusičnanů již na podzim. Pokud je ale konec léta a období podzimu srážkově chudší, vyplavují se dusičnany až v období jarního tání. Koncentrace dusičnanů v podzemní vodě je dále závislá na výšce sněhové pokrývky. Pokud je málo sněhu, je voda, která se vsakuje, silně koncentrovaná dusičnany, a proto je podzemní voda více kontaminovaná, než když je dostatečně vysoká sněhová pokrývky. V neposlední řadě je množství vyplavených dusičnanů závislé i na svažitosti terénu. Čím je svah prudší, tím víc se dusičnany vyplavují (Burda a kol., 2001).

3. 3. 2 Nebezpečí dusičnanů pro člověka

Pro člověka jsou dusičnany nebezpečné především kvůli tomu, že se v zažívacím traktu redukuje na dusitany (NO_2), které jsou toxické. Dusitany se dále v žaludku slučují se sekundárními aminy (obsaženými v potravě) a přeměňují se na karcinogenní N-nitrosoaminy. Statisticky byla prokázána závislost zvýšeného výskytu rakoviny žaludku, tlustého střeva, jater a močového měchýře na obsahu dusičnanů ve vodě. Zamezit nitrosaci dusitanů na karcinogenní nitrosaminy může dostatečný příjem vitamínu C. Abychom zamezili nitrosaci, je potřeba minimální poměr mezi příjmem vitamínu C a dusitanů 2:1, u nás činí tento poměr v průměru pouze 1,1:1.

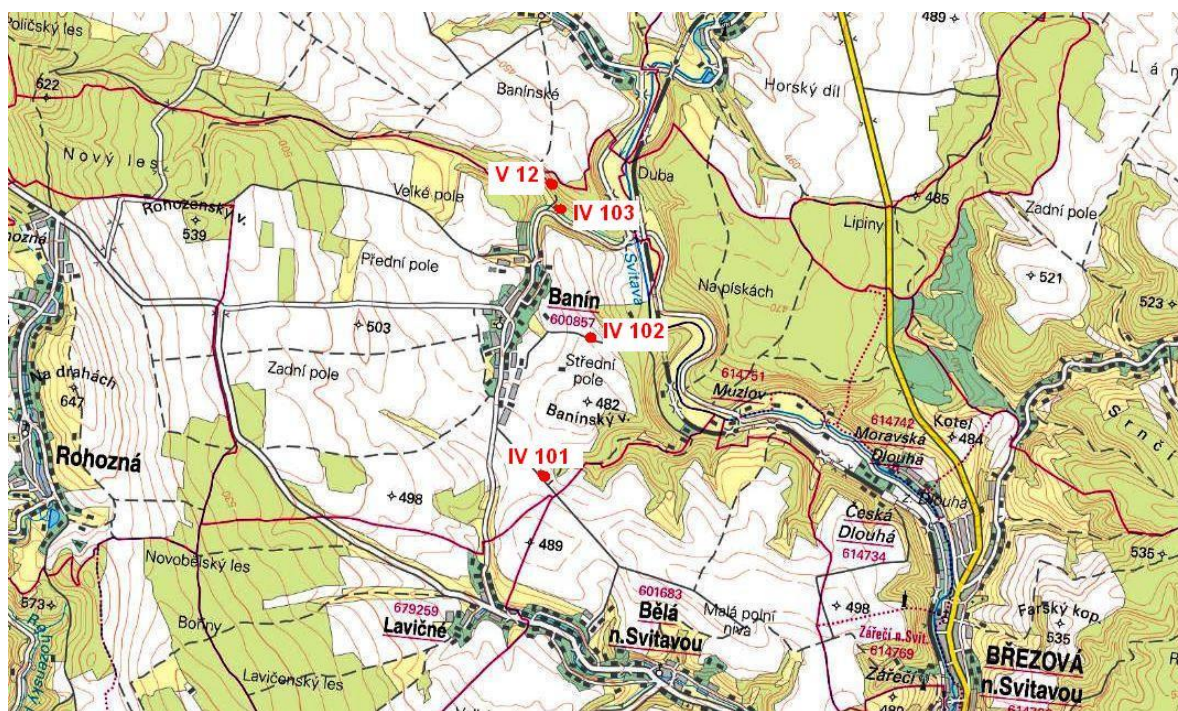
Také u malých dětí mohou dusičnany představovat zdravotní riziko. Děti jsou ohroženy kvůli obsahu tzv. fetálního hemoglobinu v krvi, který snáze reaguje s dusitany. Zejména u kojenců do tří měsíců může větší příjem dusičnanů způsobit

tzv. methemoglobinémii, která se někdy označuje jako modrá nemoc kojenců. Dusitany reagují s hemoglobinem (krevním barvivem) na methemoglobin, ten ztrácí funkci přenašeče kyslíku, a kojencům hrozí udušení. V důsledku tohoto nebezpečí je doporučováno, aby děti do jednoho roku života pily pouze vodu balenou (Němec a kol., 2006).

4 CHARAKTERISTIKA ZÁJMOVÉHO ÚZEMÍ

4.1 Vymezení zájmového území

Zájmové území, kde se nalézají jednotlivé vrty, se nachází v Pardubickém kraji, konkrétně v okrese Svitavy. Sledované indikační vrty se nacházejí na katastrálním území obce Banín. Umístění vybraných vrtů je patrné z obrázku 3. Charakteristika jednotlivých vybraných vrtů viz přílohová část v kapitole 8. 1. 1–8. 1. 4.



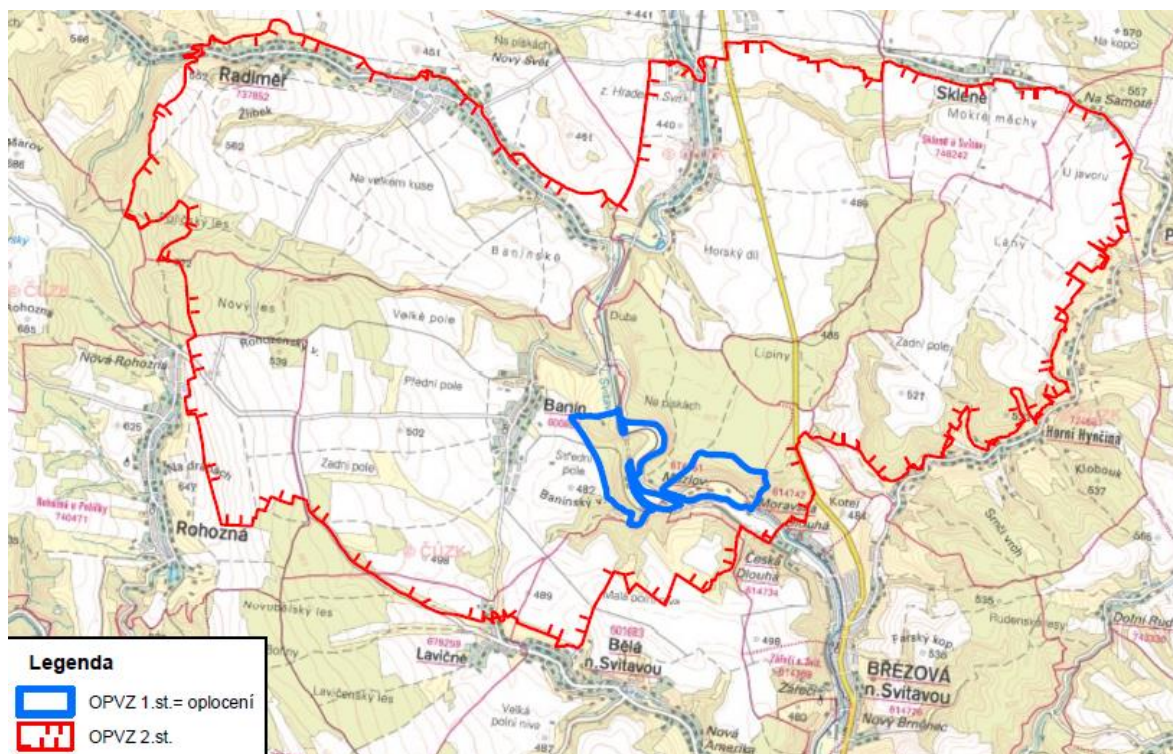
Obrázek 3: Lokalizace jednotlivých indikačních vrtů v zájmovém území

(Zdroj: ČUZK, upraveno autorem)

Ochrana vod v zájmovém území

Všechny vrty v zájmovém území spadají do zranitelných oblastí. Vodní zdroj je v současné době chráněn ochranným pásmem I. a II. stupně. Dříve zde byla vymezena PHO. Ochranné pásmo I. stupně slouží k ochraně vodního zdroje v bezprostředním okolí jímacích zařízení a ochranné pásmo II. stupně slouží k ochraně širšího okolí vodního zdroje, tak aby nedocházelo k ohrožení jeho vydatnosti, jakosti a zdravotní nezávadnosti. V roce 1999 Okresní úřad ve Svitavách znovu vyhlásil OPVZ I. stupně, ale OPVZ II. stupně v tomto roce vyhlášeno nebylo. Vodní zdroj tedy nebyl téměř devět let chráněn ochranným pásmem II. stupně. Toto pásmo se podařilo, Městským úřadem ve Svitavách, vyhlásit až v roce 2008. V rámci II. stupně OPVZ by-

la stanovena tato opatření: zákazy, omezení činnosti a některá technická opatření. Podrobný přehled těchto opatření lze najít na stránkách (<http://www.radimer.net/ou/OPVZII.pdf>). Rozloha ochranných pásem je viditelná na obrázku 4.



Obrázek 4: Vymezení ochranných pásem I. a II. stupně v zájmovém území na mapě
(Zdroj: GEOtest Brno)

4. 2 Geomorfologické poměry

Sledované území patří z pohledu geomorfologického členění k provincii České vrchoviny, soustavě České tabule, podsoustavě Svitavské pahorkatiny a podcelku Českotřebovské vrchoviny, ve kterém se průměrná nadmořská výška pohybuje kolem 474 m n. m. Podcelek Českotřebovské vrchoviny je dále rozdělen na menší útvar – okrsek – Ústecká brázda. Ústecká brázda začíná v okolí Svitav a dále se dělí na dvě části: část svitavskou a část radiměřskou. Svitavská část má plochý reliéf s malou reliéfovou energií, kdežto radiměřská část má reliéf značně členitý s velkým množstvím kopců, vyskytují se zde značně zahloubené vodní toky, které vytvářejí erozní údolí (Czudek, 1973).

Celkový ráz území zachycuje osa ústecké synklinály a brachysynklinálního uzávěru, která zapříčinila vznik geomorfologické deprese.

Častým útvarem vyskytujícím se v zájmovém území jsou erozní údolí. Většina z nich patří do suchých nebo středně suchých. Údolí Banínského potoka tvoří výjimku a patří do částečně suchých. Výše zmíněná suchost je zapříčiněna silně rozpukavými, a tím i značně propustnými souvrstvími středního turonu. Některá z těchto území jsou výškově nebo sklonově asymetrická (Burda a kol., 2001).

Hranici jižní části Ústecké brázdy tvoří řeka Svitava, která má malý sklon, a to zejména v pramenní části, což způsobuje i poměrně mělké údolí Svitavy na horním toku. Až na středním toku se postupně zahlubuje do křídových sedimentů. Mezi jímacím územím Březovského vodovodu a Hradcem nad Svitavou vytváří Svitava v údolní nivě volné meandry, střídají se zde jesešní a výsešní břehy (Burda a kol., 2001).

Blíže k jihu se údolí Svitavy stále více zahlubuje a jeho hloubka narůstá zhruba z 20 m v Hradci nad Svitavou na 60 m v Baníně, 80 m v Muzlově a dosahuje až 95 m v Březové nad Svitavou (Kříž, 1975).

4. 2. 1 Morfologie terénu

Při doplňování, akumulaci či vzniku zásob podzemní vody infiltrací atmosférických srážek, kdy jsou většinou do oběhu podzemních vod zavlečeny znečišťující látky, má právě morfologie terénu značný význam. Za dominantní tvary území při formování a doplňování zásob podzemní vody považujeme tvary vypuklé a duté. Na vypuklých (elevace) a dutých (deprese) tvarech lze demonstrovat místa stoku (transportu) a místa infiltrace, respektive akumulace (Burda a kol., 2001).

4. 3 Hydrologické údaje

Ústecká synklinála patří do rajonu 423, který je rozdělen na severozápadní část, z níž jsou vody odváděny Třebovkou. Třebovka je levostranným přítokem Tiché Orlice a náleží do povodí Labe. Druhá část ústecké synklinály je jihovýchodní část, která je odvodňována Svitavou, náležející do povodí Dunaje.

Řeka Svitava pramení na východním svahu Javornického hřbetu v nadmořské výšce cca 440 m, její horní povodí má poměrně hustou říční síť. Koryto je na horním toku mělké. K zahlubování koryta do křídových sedimentů dochází až na jejím středním toku. Mezi Hradcem nad Svitavou a Březovou řeka značně meandruje (Burda a kol., 2001).

Svitava je dlouhá přibližně 98 km. Po délce svého toku má několik významných, ale i méně významných přítoků. Mezi její přítoky v okolí zájmového území patří například Lačnovský potok, jenž je jejím levostranným přítokem. Dále Vendolský potok, pravostranný Radiměřský a Banínský potok. Spodní části Banínského a Radiměřského potoka musely být v minulosti osazeny betonovými koryty, aby se zamezilo unikání vody puklinami (Burda a kol., 2001).

Dalšími přítoky jsou: levostranný přítok – potok Hynčina a pravostranný přítok – Bělský potok. Posledním levostranným přítokem zájmového území je Chrastavecký potok. Voda z Chrastaveckého i Banínského potoka se ve značné míře ztrácí do podzemí, a proto jsou tyto potoky suché (Burda a kol., 2001).

4. 4 Klimatické faktory

Podle Quittovy tabulky řadíme zájmové území k mírně teplým klimatickým oblastem MT 3 a MT 5. V MT 3 (kam patří především místa s vyšší nadmořskou výškou) je léto krátké, mírné až mírně chladné, suché až mírně suché. Je zde normální až dlouhé přechodné období s mírným jarem a podzimem, zima je mírná až mírně chladná a je dlouhá normálně s normálním až krátkým trváním sněhové pokrývky. MT 5 se od MT 3 liší tím, že má spíše normální než krátké léto. U těchto oblastí bývá roční průměrný úhrn atmosférických srážek 600–750 mm a roční průměrná teplota se zde pohybuje okolo 7 °C. Letních dnů je zde cca 20 až 40, naproti tomu mrazových dní je až 160 a ledových 40 až 50 za rok (Burda a kol., 2001).

Pro doplňování zásob podzemní vody má zásadní význam množství atmosférických srážek a jejich rozložení v čase a prostoru. V tomto území je však rozdělení srážek nevýhodné, nejvíc jich spadne ve vegetačním období. Infiltrace těchto srážek je minimální, neboť vodu využívají rostliny a značná část se vypaří. O mnoho větší význam na doplňování množství podzemní vody mají atmosférické srážky pevného skupenství. Ve sněhové pokrývce se naakumulují značné zásoby vody, která se uvolňuje až při tání sněhu. Nejprve voda odtéká po povrchu a později, až půda rozmrzne, se voda vsakuje a podílí se na doplňování zásob podzemní vody. Pro tuto oblast je tedy typické, že k největšímu doplňování podzemních vod dochází v jarních měsících (v období tání sněhu) anebo už i v druhé polovině zimního období. To se projeví bezprostředním vzestupem hladiny podzemní vody střednoturonské zvodně v místě jímacího území, ve vzdálenějších částech hydrogeologické struktury pak se zpožděním 1–2 měsíce. U

spodnoturonské zvodně se podíl vody z jarního tání sněhu projeví vzestupem až na konci léta (zpomalení činí 4–6 měsíců) (Burda a kol., 2001).

4. 5 Pedologické faktory

V údolí řeky Svitavy se nacházejí půdy nivní a glejové, které jsou převážně písčité, písčitohlinité až písčitojílovité. Místy jsou tyto půdy překryty sprašemi a sprašovými hlínami (Slavík, 1980).

Ve vyšších místech zájmového území se vyskytují kyselé hnědé půdy, které jsou vázány především na členitý reliéf, jako jsou například svahy či hřebeny. Stratigrafie těchto půd vypadá takto – pod mělkým humusovým horizontem leží hnědě až rezavohnědě zbarvená poloha, v níž dochází k intenzivnímu vnitropůdnímu zvětrávání. Až hlouběji můžeme vidět zvětralou horninu, která je na rozdíl od svrchnějšího horizontu zesvětlena. Tento horizont je zároveň bohatší na skelet. Zrnitostní složení těchto půd závisí na charakteru mateční horniny. Na pískovcích jsou půdy lehké, na slínovcích půdy těžké (Burda a kol., 2001).

V nejvyšších polohách západně od řeky Svitavy se nacházejí ilimerizované půdy, jež jsou rozšířeny zejména v pahorkatinách a ve vrchovinách. Pod tmavým humusovým horizontem leží několik desítek centimetrů mocný eluviální horizont, který je na rozdíl od hnědozemí nikoliv jenom zesvětlen, ale zpravidla vybělen. Postupně přechází v rezavohnědý iluviální horizont, který zasahuje velice hluboko do matečného substrátu. Pokud se ilimerizované půdy nacházejí na zvětralinách pískovců, jde o půdy lehčího rázu. Zatímco pokud leží na slínovcích či jílovcích, jedná se o půdy středně těžké až těžké (Burda a kol., 2001).

Nelze opomenout ani kvartérní pokryv, který zde hraje významnou roli. Je složen z půdního profilu a zvětralinového skeletu. Složení kvartérního pokryvu je ovlivněno produktem zvětrávání, kterým je v obou případech písek, respektive pískovcová suť, jelikož podloží je tvořeno převážně pískovci. Kvartérní pokryv nemá charakter krycí vrstvy a umožňuje rychlé zasakování z povrchu do 1. zvodně (Burda a kol., 2001).

4. 6 Hospodářské využití území

Z hlediska vegetace lze infiltrační oblast Březovského vodovodu rozlišit na kryt tvořený zemědělskými kulturami nebo lesním porostem. Lesní porost na tomto území tvoří v průměru 30 %, zbytek pak tvoří převážně zemědělsky obhospodařovaná půda, která je jedním z hlavních producentů dusičnanů (zejména ze splachů zemědělských hnojiv), jimiž je podzemní voda posléze kontaminována. Právě dusičnany jsou v zájmovém území nejvýznamnějším kontaminantem podzemní vody. A to i přesto, že již cca třicet let je značně omezeno používání hnojiv v okolí zájmového území z důvodu ochrany vodního zdroje. Za další ohrožující faktory podzemní vody zde můžeme považovat osídlení a dopravu (Burda a kol., 2001).

Kvůli poměrně hustému osídlení je velkou výhodou existence ČOV ve většině katastrálních území, které spadají do II. OPVZ, jsou to k. ú. Radiměř, Banín a Hradec nad Svitavou. Naopak za nepříznivý vliv v tomto území lze považovat časté nedodržování správného osevního postupu, protože dochází k přetěžování půdy a snižování její úrodnosti. Aby byly zachovány trvalé standardní uspokojivé výnosy, je půda neustále hnojena vysokými dávkami průmyslových hnojiv. Pěstuje se zde hlavně ječmen, oves a pšenice. Tyto obiloviny se střídají s olejnami, zejména s mákem nebo řepkou. Pěstování okopanin nebo luskovin je zde v posledním desetiletí spíše vzácnou záležitostí.

5 METODIKA

5.1 Sběr dat

K vyhodnocení výsledků a zhodnocení vlivu atmosférických srážek, potažmo výšky hladiny v indikačních vrtech, na koncentraci dusičnanů v podzemní vodě bylo třeba vycházet z materiálů, ve kterých je zaznamenán úhrn srážek za dané roky, z měření výšky hladin v jednotlivých indikačních vrtech a z měření koncentrace dusičnanů. Tato data mi byla poskytnuta Brněnskými vodárnami a kanalizacemi na začátku léta 2014. Uvedená data se vztahují k období let 2003–2013, týkají se koncentrace dusičnanů v indikačních vrtech vyskytujících se v okolí Radiměře, Hradce nad Svitavou, Vendolí a Banína. Z 16 vrtů jsem vybrala 4, které jsou umístěny v okolí obce Banín a spadají do II. OPVZ – Březová nad Svitavou. Snažila jsem se vybrat vrty, v nichž je koncentrace dusičnanů a zároveň i výška hladiny měřena každý měsíc, ale nakonec jsem pro potřeby své bakalářské práce zahrнула i vrt IV 101, protože se nachází přímo v orné půdě, tento vrt je v rámci monitoringu měřen jen třikrát ročně.

Po zvolení vhodných objektů jsem šla do terénu a nafotila okolí každého vrtu, fotografie jednotlivých vrtů viz přílohová část 8. 1, obr. 5–8. Každý vrt jsem charakterizovala dle hospodářského využití jeho okolí, dle stupně ochrany a popsala jsem i to, jaké má okolí. Data pro vrt IV 101 jsem čerpala z protokolů monitoringu podzemních vod vyhotovených společností GEOtest Brno. Pro každé měření byl vydán jeden protokol. Vrt byl měřen třikrát ročně, takže jsem vycházela celkově z 30 protokolů, které zaznamenávaly koncentrace dusičnanů a výšku hladiny v daném vrtu. Je zapotřebí upozornit na to, že vrt IV 101 je monitorován společností GEOtest, která vždy při odbírání vzorků dvě hodiny odčerpává vodu z vrtu, a tudíž měří hodnotu koncentrace dusičnanů, která není zkreslena přímými splachy z polí. Oproti tomu koncentrace z ostatních sledovaných vrtů byly měřeny přímo společností Brněnské vodárny a kanalizace a jejich výsledky mohou být do jisté míry zkreslené, protože při odběru vzorků nečekali na to, až se nejsvrchnější, a tím pádem i nejkontaminovanější voda z vrtu vyčerpá, ale odebírali vzorky přímo z hladiny vrtu, proto tyto výsledky mohou dosahovat vyšších hodnot koncentrace dusičnanů. Z tohoto důvodu jsem si vyhodnocování výsledků rozdělila na dvě části, jedno vyhodnocení bude pro vrt IV 101, druhé pak pro ostatní sledované vrty: IV 102, IV 103 a V 12. Je nutno podotknout, že uváděná výška hladiny je měřena vždy od povrchu k vodní hladině ve vrtu. Z toho vyplývá, že čím vyšší je naměřená hodnota, tím je

hladina podzemní vody nižší (protože vzdálenost od zemského povrchu k hladině vody ve vrtu je větší) a naopak. Z hlediska stavu hladiny podzemních vod je nejpodstatnější výška hladiny ve vrtu V 12, který je považován za indikátor celkové výšky hladiny podzemní vody v prameništi. Dlouhodobým pozorováním bylo totiž zjištěno, že výška hladin ve všech ostatních pozorovaných vrtech vykazuje závislost právě na hladině tohoto vrtu.

5.3 Zpracování dat

Po výběru vhodných vrtů a shromáždění všech dostupných dat jsem vytvořila přehledné tabulky pro každý zkoumaný rok. V tabulkách jsou zaznamenány veškeré dostupné informace k jednotlivým vrtům vždy v daném roce. Z tabulek jsem poté pro lepší přehlednost vytvořila grafy.

5.4 Grafy

5.4.1 Grafy závislosti koncentrace dusičnanů v jednotlivých vrtech na množství atmosférických srážek v jednotlivých letech

Pro vyhodnocování situace se mi jevilo jako nejlepší způsob grafické prezentace výsledků zhotovit kombinovaný graf (spojnicovo-sloupcový), ve kterém na ose y jsou vyneseny hodnoty množství atmosférických srážek v mm. Jednotlivé body jsou spojeny spojnicovým grafem. Na vedlejší ose y jsou vyneseny koncentrace dusičnanů v jednotlivých vrtech znázorněných vždy odlišnou barvou (šedá IV 102 I, oranžová IV 101 I, modrá V 12 I, žlutá IV 103 I). Tyto hodnoty jsou prezentovány grafem sloupcovým. Osa x znázorňuje jednotlivé měsíce roku. Stejnou strukturu grafu jsem aplikovala na každý rok v období zkoumaných let 2003–2013. Pomocí grafů jsem zkoumala, s jakým zpožděním se projevuje úhrn srážek na koncentraci dusičnanů v jednotlivých vrtech.

5.4.2 Grafy závislosti výšky hladiny ve vrtu V 12 a koncentrace dusičnanů v jednotlivých vrtech

Informace týkající se výšky hladiny za každý měsíc v roce mám k dispozici pouze u vrtu V 12 I. Ten je, co se výkyvů výšky hladiny týče, modelovým příkladem pro všechny ostatní vrty, které by proto měly mít kolísání hladiny obdobné.

Struktura grafu je podobná jako struktura grafu, který je popsán v podkapitole 5.4.1. Je to opět graf kombinovaný (spojnicovo-sloupcový), v němž je na ose y vyneseno

na výška hladiny v metrech a je znázorněna grafem spojnicovým. Na vedlejší ose y je pak za pomoci sloupcového grafu prezentována koncentrace dusičnanů v jednotlivých vybraných indikačních vrtech. Osa x opět vyjadřuje jednotlivé měsíce roku. Takto strukturovaný graf jsem aplikovala na jednotlivé vybrané roky 2003–2013. Pomocí grafů jsem mohla pozorovat, jak spolu souvisejí rozdíly výšky hladiny s koncentrací dusičnanů ve zkoumaných vrtech (vyjma vrtu IV 101, který má svůj speciální graf, viz přílohová část graf 13).

5. 4. 3 Graf závislosti výšky hladiny a koncentrace dusičnanů ve vrtu IV 101

Pro prezentování výsledků pro vrt IV 101 jsem vytvořila graf spojnicový. Protože byl tento vrt měřen jen třikrát ročně, vešly se naměřené hodnoty do jednoho grafu, viz graf č. 12. Osa x znázorňuje roční období, ve kterém k měření docházelo, a zaznamenán je vždy i rok měření. Na ose y jsou znázorněny hodnoty koncentrace dusičnanů v daném vrtu; jsou v uvedeny v mg/l. Jednotlivé hodnoty jsou potom spojeny do červené křivky. Vedlejší osa y prezentuje výšku hladiny ve vrtu v metrech. Výška hladiny je v grafu uváděna sestupně, neboť je pak dobře patrné, že čím menší číslo bylo naměřeno, tím vyšší hodnoty hladiny dosahuje.

5. 4. 4 Grafy závislosti výšky hladiny ve vrtu V 12 a atmosférických srážek v jednotlivých letech

Pro lepší přehlednost jsem se rozhodla ještě graficky prezentovat závislost množství atmosférických srážek na vzestupu či poklesu hladiny. Opět jsem zvolila graf kombinovaný (spojnicovo-sloupcový), ve kterém je na ose y vyneseno množství atmosférických srážek, což je znázorněno grafem sloupcovým. Na vedlejší ose y je potom prezentována výška hladiny ve vrtu V 12 za pomoci spojnicového grafu. Osa x opět představuje jednotlivé měsíce roku. Tento formát je použit i v dalších grafech zkoumaného období.

6 VÝSLEDKY, DISKUSE

6. 1 Zhodnocení výsledků z vrtu IV 101

6. 1. 1 Zhodnocení v závislosti na druhu kultury

Tabulka 2: Průměrné roční koncentrace dusičnanů a druh pěstované plodiny pro vrt IV 101

rok	NO ₃ ⁻ (mg/l)	Pěstovaná plodina
2003	73,5	
2004	76,2	
2005	50,7	pšenice ozimá
2006	66,9	mák setý
2007	58,9	řepka olejka
2008	52,9	pšenice ozimá
2009	68,3	řepka olejka
2010	69,3	ječmen
2011	63,4	řepka olejka
2012	52,5	pšenice ozimá
2013	36,9	pšenice ozimá

Souvislost koncentrace dusičnanů s druhem pěstované plodiny v okolí indikačního vrtu není nijak zvlášť zřejmá. Z tabulky číslo 2 lze vyčíst, že koncentrace dusičnanů se snižuje právě v letech, kdy se na poli pěstuje pšenice. A právě pšenice se pěstovala na poli u indikačního vrtu i v období let 2004–2005, kdy došlo k největšímu poklesu koncentrace dusičnanů ve vrtu IV 101 za sledované roky. Mák můžeme naopak považovat za plodinu, která koncentraci dusičnanů v indikačních vrtech zvyšuje. Řepka se na poli u indikačního vrtu pěstovala dva roky, přičemž v jednom roce došlo k poklesu koncentrace dusičnanů, ale v jednom roce došlo naopak k výraznému vzestupu koncentrace dusičnanů. Ječmen se jeví jako plodina mírně zhoršující obsah dusičnanů ve zkoumaném vrtu. Tuto skutečnost mohou ovlivňovat odlišné nároky různých plodin na dávku hnojiva a období hnojení. Jistý vliv může mít také zkušenost zemědělce, který daný pozemek obhospodařuje – má již otestováno, jaká je efektivní dávka dusíku při pěstování pšenice, ale v pěstování a hnojení máku nemá takovou praxi. Záležet může i na využití dusíku dodaného hnojivy konkrétním druhem plodiny. V závislosti na kultuře se nejlépe jeví pěstování obilnin, souvisí to samozřejmě i s hnojením potřebným pro danou pěstovanou plodinu. Nejméně vhodné je podle tabulky 2 pěstovat na daném pozemku olejniny.

6. 1. 2 Zhodnocení v závislosti na množství atmosférických srážek

Tabulka 3: Průměrná koncentrace dusičnanů v jednotlivých letech a roční úhrny srážek

rok	NO ₃ ⁻ (mg/l)	srážky (mm)
2003	73,5	557,5
2004	76,2	582,8
2005	50,7	679,8
2006	66,9	669,8
2007	58,9	677,5
2008	52,9	555
2009	68,3	763
2010	69,3	823,4
2011	63,4	462,6
2012	52,5	529,8
2013	36,9	602,4

Z tabulky 3 je patrné, že neexistuje přímá závislost mezi průměrem ročních srážek a průměrem koncentrace dusičnanů. V některých letech, jako například v období let 2004–2005, je patrná nepřímá úměrnost mezi množstvím atmosférických srážek a koncentrací dusičnanů. Tzn. že když dochází k vzestupu množství atmosférických srážek, sniží se koncentrace dusičnanů. Tuto nepřímou úměru můžeme pozorovat také v letech 2006–2007, 2011–2012, 2012–2013. Rok 2011 byl rokem nejsušším, a přesto průměrná koncentrace dusičnanů klesá. Domnívám se, že to může být způsobeno nadprůměrnými srážkami v roce 2010, kdy spadlo nejvíce srážek za sledované roky. Srážky se mohly vsakovat postupně, a tím pádem udržovaly hladinu vyšší.

6. 1. 3 Zhodnocení v závislosti na výšce hladiny

Z grafu číslo 12 je u většiny let patrné, že pokud v daném roce stoupá hladina, snižuje se koncentrace dusičnanů ve vrtu. Avšak v některých letech tomu tak není: vzroste-li hladina ve vrtu, vzroste i koncentrace dusičnanů a dochází tím k přímé úměrnosti mezi vzrůstem hladiny a zvýšením koncentrace dusičnanů. Není zde tedy patrná jednoznačná závislost. Tuto skutečnost může ovlivňovat to, že zemědělci brzy z jara začínají hnojit. Zejména kvůli velké propustnosti půd se zřejmě už na jaře vymývají dusičnany do spodních vod, protože plodiny ještě nedokážou dusík ve větší míře využít. Dusičnany se vymývají i při nízkém úhrnu srážek. Podle grafů číslo 1–11 závislosti koncentrace dusičnanů a množství atmosférických srážek nedochází ve všech pozorovaných letech k přímé úměrnosti množství atmosférických srážek a koncentrace dusičnanů ve vrtu IV 101. Přímá úměrnost je patrná jen v letech 2003, 2006, 2007, 2008, 2010 a 2011. Je

zde ale zapotřebí počítat s dvou- až tříměsíčním zpožděním promytí dusičnanů atmosférickými srážkami. V ostatních letech není prokazatelná žádná závislost, spíše se v tomto případě jedná o nepřímou úměrnost mezi atmosférickými srážkami a obsahem dusičnanů ve vrtu.

Z grafu číslo 12 také vyplývá, že přestože výkyvy výšky hladiny jsou nepatrné, v rozmezí necelých dvou metrů, rozdíly v koncentraci dusičnanů jsou naopak v průměru o 40 mg/l. Závislost koncentrace dusičnanů a výšky hladiny se tedy neprojevuje jednoznačně.

6. 2 Zhodnocení výsledků u vrtů IV 102, IV 103, V 12

6. 2. 1 Zhodnocení vrtů v závislosti na druhu okolní kultury

Tabulka 4: Druh pěstované kultury a rozdíly průměrných ročních koncentrací NO₃ ve vrtech IV 102, IV 103 a V 12

rok	pěstovaná kultura			rozdíly průměrných ročních koncentrací NO ₃ v jednotlivých vrtech		
	IV 102	IV 103	V 12	IV 102	IV 103	V 12
2003		TTP	TTP			
2004	pšenice	TTP	TTP	7,18	-11,37	-0,60
2005	řepa	TTP	TTP	3,62	-2,57	-4,08
2006	řepa + brambory	TTP	TTP	-4,94	11,57	0,56
2007	pšenice	TTP	TTP	-10,98	-12,81	3,18
2008	mák	TTP	TTP	2,79	-2,06	-6,24
2009	ječmen	TTP	TTP	2,21	3,43	1,45
2010	pšenice	TTP	TTP	0,82	11,33	1,88
2011	ječmen	TTP	TTP	-6,33	3,15	-3,87
2012	řepka	TTP	TTP	11,32	-17,05	-1,93
2013	pšenice	TTP	TTP	-2,87	-2,85	1,13

V tabulce 4 můžeme pozorovat, že ačkoliv se vrty V 12 a IV 103 nacházejí v TTP, koncentrace dusičnanů v nich kolísá. Ve vrtu V 12 dochází pět let k vzestupu koncentrace dusičnanů. Ve vrtu IV 103 dochází k nárůstu koncentrace dusičnanů ve čtyřech letech z pozorovaného období. Zajímavé je, že koncentrace dusičnanů rostla v obou vrtech ve stejných letech, konkrétně se jedná o roky 2006, 2009 a 2010. Co se týče vrtu IV 102, je i zde prokazatelné, že mák je z hlediska koncentrace dusičnanů ve vrtu plodinou zhoršující, jak tomu bylo také u vrtu IV 101. Oproti tomu pšenice se zde chová nepředvídatelně, jeden rok koncentraci dusičnanů zvyšuje a v dalších letech ji naopak snižuje.

6. 2. 2 Zhodnocení vrtů IV 102, IV 103 a V 12 v závislosti na množství atmosférických srážek a na výšce hladiny

6. 2. 2. 1 IV 102

Podle grafů č. 1–11 je zřejmé, že ve vrtu IV 102 se závislost výšky hladiny a koncentrace dusičnanů nijak neprojevuje, a to ani tehdy, počítáme-li s dvou- až tříměsíčním zpožděním infiltrace srážek. Ovšem z grafů je rovněž patrné, že k nárůstu koncentrace dusičnanů dochází v jarním a podzimním období, ale přes léto, kdy je půda chráněna vegetačním pokryvem, dosahuje koncentrace dusičnanů nižších hodnot. Na jaře je tento nárůst způsoben nadměrným hnojením, které vegetace nedokáže beze zbytku využít, a přebytek je pak vyplaven do spodních vod. Na podzim je nadměrný únik dusičnanů zřejmě způsoben obdobím po sklizni, kdy je půda bez vegetačního pokryvu. Přebytečný půdní dusík je nedostatečně vázán rostlinami, a uniká tak do spodních vod. V létě jsou naopak plodiny v plné vegetaci, a navíc jsou schopny využívat i větší dávky dusíku, ten proto v tak velké míře do spodních vod neuniká.

6. 2. 2. 2 IV 103 a V 12

Jelikož vrt číslo IV 103 a vrt V 12 vykazují téměř stejnou závislost a nacházejí se v podobném, zemědělsky nekontaminovaném prostředí, rozhodla jsem se je vyhodnotit společně.

Koncentrace dusičnanů v obou vrtech nemá žádnou souvislost s množstvím atmosférických srážek. Obě dvě lokality nejsou dotovány žádnými statkovými ani průmyslovými hnojivy. Zdrojem dusíku je zde pouze dusík uvolňující se rozkladem těl rostlin a živočichů nebo dusík uvolněný z atmosféry v podobě dešťových srážek. Z hlediska výšky hladiny vykazují oba vrty překvapivě podobnou závislost. V některých letech koncentrace dusičnanů ve vrtech, zejména ve vrtu IV 103, doslova kopíruje tvar křivky proměnlivosti výšky hladiny. I ve vrtu V 12 je tato skutečnost zřetelná, ale ne v takové míře. Z uvedeného vyplývá, že v relativně čistém prostředí se projevuje přímá úměrnost výšky hladiny a koncentrace dusičnanů ve vodě. Závislost koncentrace dusičnanů a ročního období se u obou vrtů nijak zřetelně neprojevuje. To může být zapříčiněno tím, že je zde půda pokryta celoročně TTP a lesním porostem, proto je dusík vázán porostem celoročně.

6. 3 Diskuse

Po terénním průzkumu jsem předpokládala, že vrt V 12 bude mít nejmenší koncentrace dusičnanů, jelikož není ohrožen negativními vlivy, jako je osídlení, hnojení a doprava. Je umístěn na rozhraní TTP a lesa. Podobně nízké koncentrace jsem předpokládala i ve vrtu číslo IV 103. Očekávala jsem, že v tomto vrtu bude docházet k navýšení dusičnanů z důvodů průsaku povrchové vody z blízkého Banínského potoka. Ale později jsem zjistila, že tento tok je právě z důvodu ochrany spodních vod před průsakem vod povrchových uložen v betonovém korytu.

Vycházela jsem z předpokladu, že ve vrtech IV 102 a IV 101 bude naměřena vysoká koncentrace dusičnanů, protože se nacházejí přímo v blízkosti intenzivně obhospodařovaných zemědělských ploch. Oba vrty obhospodařuje stejný zemědělec, je zde i stejná propustnost půdy a pěstují se zde v podstatě stejné plodiny. Moje domněnka byla, že vrty budou pravděpodobně vykazovat obdobné koncentrace dusičnanů. Avšak toto nelze přesvědčivě dokázat, protože dusičnany ve vrtu číslo IV 101 jsou měřeny až po dvouhodinovém začerpání, zatímco ve vrtu číslo IV 102 jsou dusičnany měřeny po odebrání přímo z hladiny, proto existují rozdíly v naměřené koncentraci dusičnanů.

Předpokládala jsem, že ve všech vrtech bude zjevná přímá úměrnost mezi úhrnem srážek a vzrůstem hladiny, což se podle mého názoru mělo odrazit i na koncentraci dusičnanů ve vrtech – mělo docházet buď k jejich vyplavování a následnému zvýšení jejich koncentrace, anebo k jejich rozředění, a tedy ke snížení jejich koncentrace. Toto ovšem výsledky nepotvrzují.

7 ZÁVĚR

Výsledkem mé práce je zjištění, že největší vliv na zvýšení koncentrace dusičnanů má druh kultury pěstované v blízkosti vrtů. TTP a lesní porost udržují koncentraci dusičnanů na nízkých hodnotách. Oproti tomu intenzivně zemědělsky obhospodařované pozemky vykazují velký nárůst koncentrace dusičnanů v průběhu celého roku, vyjma léta, kdy jsou většinou pozemky pokryty vegetací, jež dovede dusík využít, a tudíž v tomto období dochází k mírnému poklesu, zejména u vrtu IV 102. Vrty IV 101 a IV 102 se nacházejí v těsné blízkosti OPVZ I. stupně, proto by podle mého názoru bylo nejvhodnějším řešením snížení koncentrace dusičnanů v nich, zcela je zatravnit. Je ovšem jasné, že toto řešení nebude pro zdejšího zemědělce z ekonomických důvodů přijatelné. Proto by bylo jistým řešením alespoň značně omezit a zefektivnit hnojení a zlepšit osevňovací postup, do kterého by bylo vhodné častěji zařazovat luskoviny, jež svými kořeny poutají dusík. V žádném případě by plochy neměly zůstat přes zimu bez vegetačního pokryvu. Důležitost vegetačního pokryvu pro nižší koncentrace dusíku ukazují pozorování ve vrtech IV 103 a V 12.

Množství atmosférických srážek se ve zkoumané lokalitě neprojevuje přímou a pravidelnou závislostí, zřejmě z toho důvodu, že voda čerpaná z tohoto území pro zásobování města Brna a okolních obcí přímou závislost velmi zkresluje. K tomuto jevu přispívá i různá propustnost půd v zájmovém území a také rozsáhlé infiltrační území sahající až desítky kilometrů daleko ústeckou synklinálou.

Dle mého názoru může mít souvislost se vzrůstáním koncentrace dusičnanů v deštivých letech atmosférický dusík, který se vlivem dešťů, a především bouřek dostává do půdy. Dochází také k jednorázovému proplachu pravděpodobných zásob dusíku z nižších vrstev podorničí. Podle souhrnných depozičních map dusíku spadne v atmosférických srážkách v zájmovém území v průměru 10–15 kg dusíku na hektar ročně. Proto se domnívám, že nejlepším opatřením by bylo snížit celkový limit 170 kg čistého dusíku na hektar za rok alespoň o 10–15 kg.

Nejdůležitějším zjištěním je to, že v čistých, člověkem méně ovlivňovaných lokalitách výška hladiny přímo souvisí s koncentrací dusičnanů v podzemní vodě. Změny koncentrace dusičnanů téměř kopírují změny výšky hladiny. Oproti tomu na pozemcích inten-

zivně zemědělsky využívaných k tomuto jevu nedochází, není zde prokazatelná souvislost koncentrace dusičnanů, která je stále velmi vysoká, a výšky hladiny.

K vyvození přesnějších výsledků by bylo zapotřebí zkoumat delší časovou periodu, větší množství vrtů a větší přesnost zkoumání. Větší přesností mám na mysli přesnost na jednotlivé měsíce. To může být námětem na diplomovou, disertační či jinou odbornou práci většího rozsahu.

8 PŘÍLOHOVÁ ČÁST

8. 1 Charakteristika jednotlivých indikačních vrtů

8. 1. 1: Vrt číslo 1

Fotodokumentace:



Obrázek 5: Umístění vrtu IV 101 I

(Zdroj: Folkmanová, 2014)

Popis okolí: V okolí vrtu IV 101 je zemědělsky využívaná půda. Naproti vrtu a nalevo od něj je za hranicí pole vystavěný asi dvacet let starý větrolam kvůli větrné erozi. Asi 50 m z přední strany vrtu je nezpevněná cesta, která je využívána zejména zemědělskou technikou, umožňuje přístup k obhospodařovanému pozemku.

Stupeň ochrany: OPVZ II. stupně, zranitelná oblast, CHOPAV

Četnost měření dusičnanů: 3* ročně

Způsob hospodaření v okolí vrtu: Okolí vrtu je evidováno jako orná půda. Pěstovanými plodinami jsou zde nejčastěji pšenice, řepka, někdy oves, ječmen.

8. 1. 2: Vrt číslo 2

Fotodokumentace:



Obrázek 6: Umístění vrtu IV 102 I

(Zdroj: Folkmanová, 2014)

Četnost měření dusičnanů: každý měsíc

Popis okolí: Vrt je umístěn v TTP. TTP je široký asi 200 m, kde končí jehličnatým lesem, a dlouhý je asi 500 m. Asi 5 m napravo od vrtu se nachází zemědělská nezpevněná cesta sloužící k dopravě zemědělské techniky. Ještě více napravo za touto cestou jsou zemědělské pozemky, na nichž se pěstují plodiny.

Stupeň ochrany: OPVZ II. stupně, zranitelná oblast, CHOPAV

Způsob hospodaření v okolí vrtu: Jde především o sekání TTP. Tráva se po usušení odváží z pozemku pryč. Další využití území v blízkosti vrtu je hospodářské využití na blízkém poli.

8. 1. 3: Vrt číslo 3

Fotodokumentace:



Obrázek 7: Umístění vrtu IV 103 I

(**Zdroj:** Folkmanová, 2014)

Popis okolí: Vrt se nachází asi 100 metrů od silnice III. třídy, jak je patrné z fotografie. Po této silnici projede za den cca 200 aut. Většinou se jedná o osobní auta a menší do-dávky. Projede tudy asi patnáctkrát za den autobus. Kamiony zde potkáme pouze výji-mečně. V období žní je zde zvýšená frekvence traktorů, kombajnů a další zemědělské techniky z důvodů přepravy výnosů z výše ležící obce Banín. V nejbližším okolí vrtu se nachází TTP.

Nalevo asi 5 metrů od vrtu protéká Banínský potok, který má v letních měsících velmi malé průtoky, větších průtoků dosahuje na konci zimy po tání sněhu a na podzim v období silných dešťů. Za potokem je převážně jehličnatý les.

Stupeň ochrany: OPVZ II. stupně, zranitelná oblast, CHOPAV

Četnost měření dusičnanů: každý měsíc

Způsob hospodaření v okolí vrtu: Jelikož se v okolí vrtu nachází TTP, je v období letních měsíců asi dvakrát sekán. K sekání se používá traktor. Tráva se poté za pomoci traktoru obrací a usušená tráva se následně odváží z pozemku pryč ke zkrmení pro zvířata .

8. 1. 4: Vrt číslo 4

Fotodokumentace:



Obrázek 8: Umístění vrtu V 12 I

(Zdroj: Folkmanová, 2014)

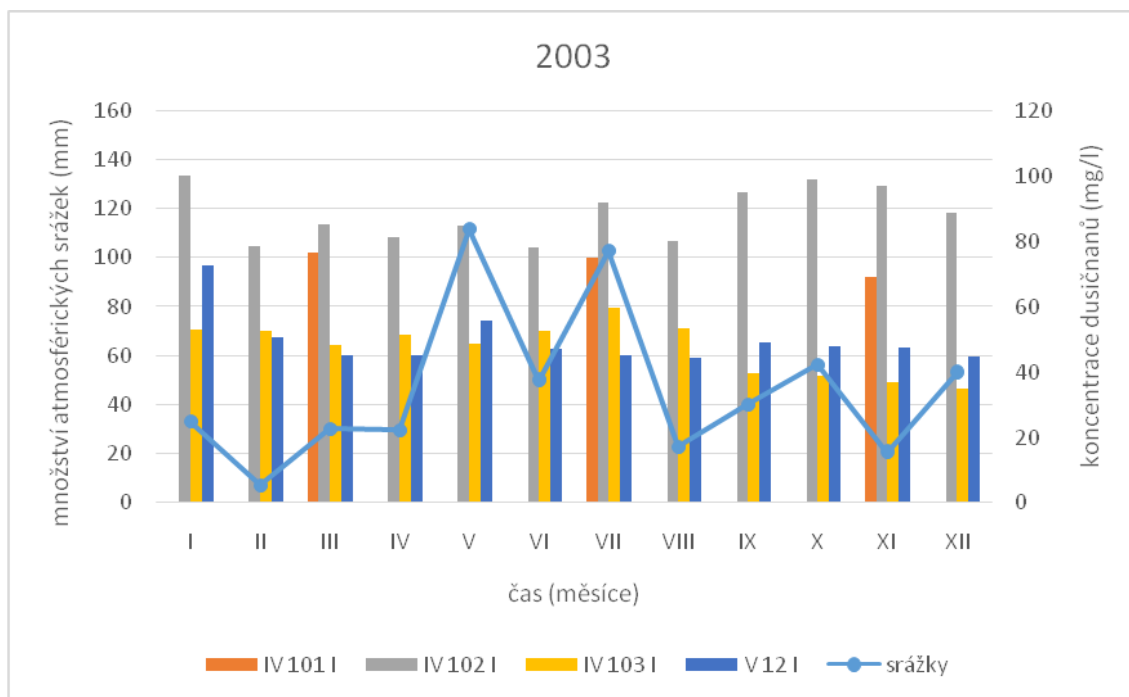
Popis okolí: Vrt V 12 I je obklopen TTP. Blízko V 12 I se nachází rozsáhlý jehličnatý les.

Stupeň ochrany: OPVZ II. stupně, zranitelná oblast, CHOPAV

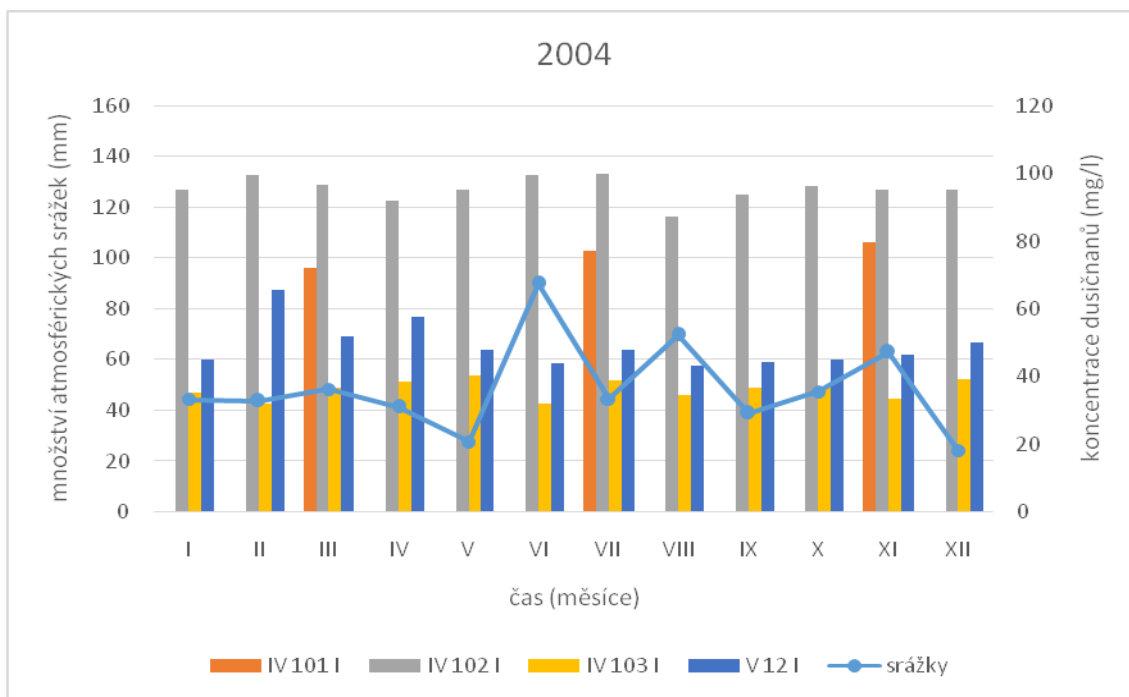
Četnost měření dusičnanů: každý měsíc

Způsob hospodaření v okolí vrtu: V okolí vrtu se TTP seká, následně je tráva z pozemku odvážena pryč.

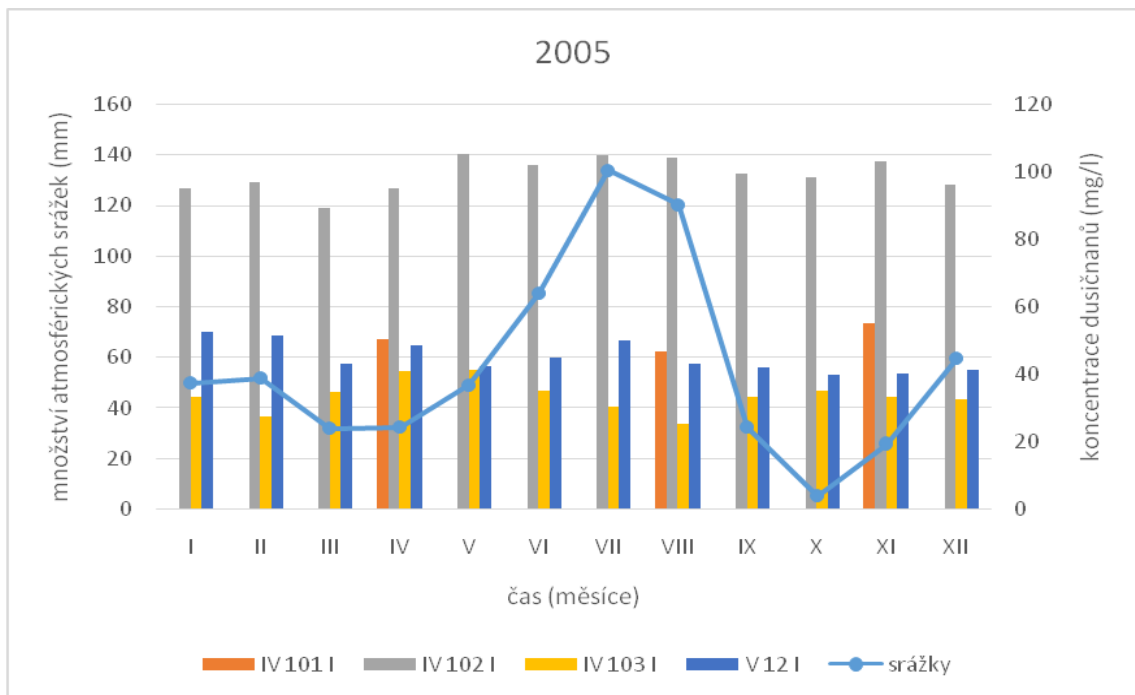
8. 2 Grafy



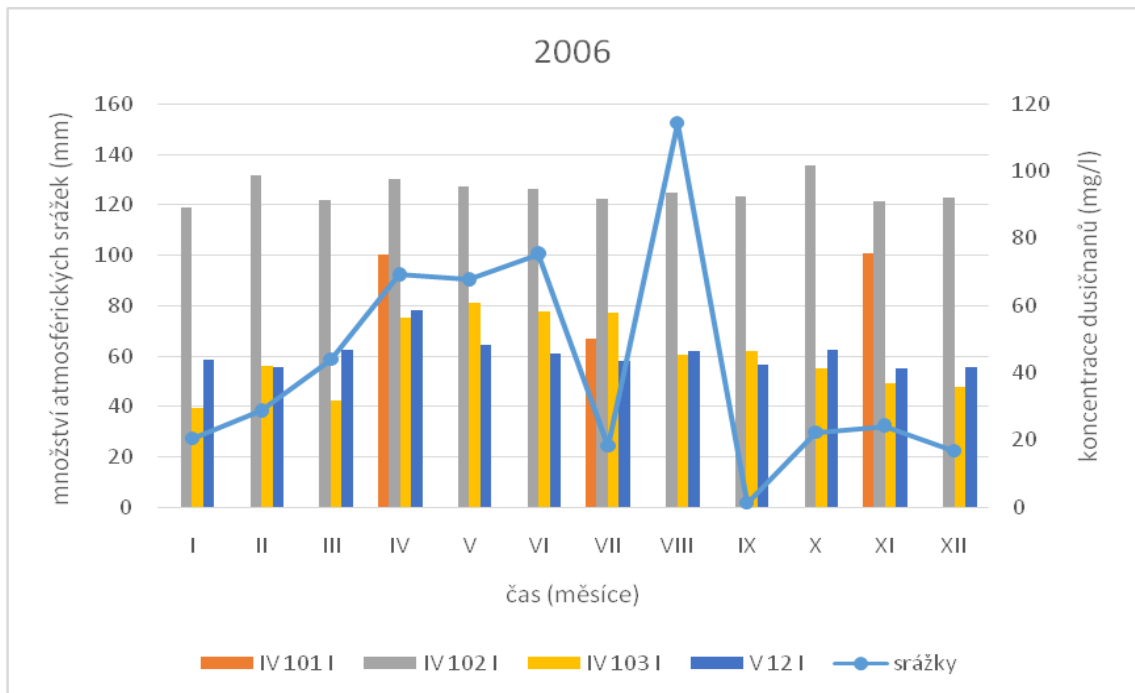
Graf 1: Závislost koncentrace dusičnanů v jednotlivých vrtech a množství atmosférických srážek v roce 2003



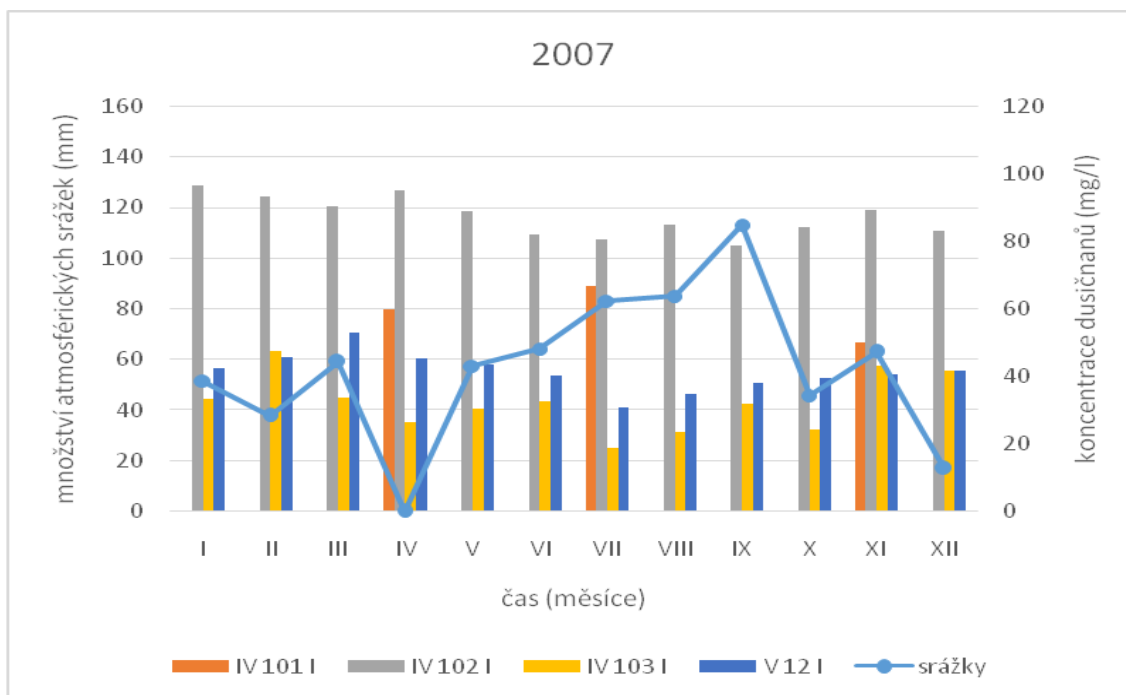
Graf 2: Závislost koncentrace dusičnanů v jednotlivých vrtech a množství atmosférických srážek v roce 2004



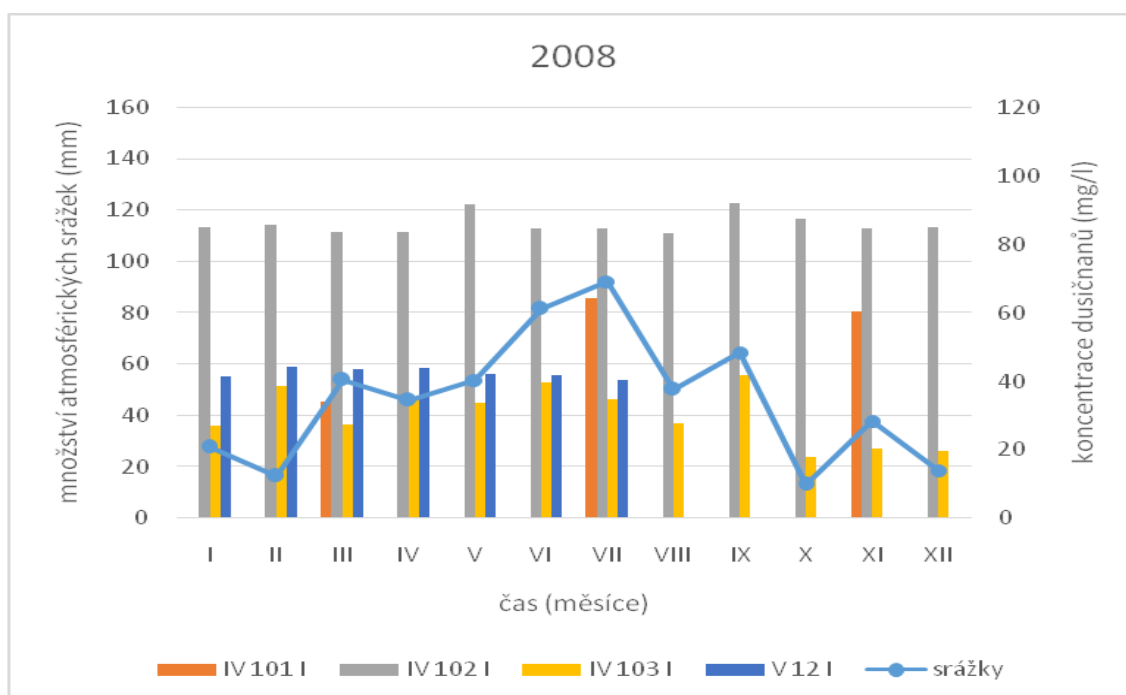
Graf 3: Závislost koncentrace dusičnanů v jednotlivých vrtech a množství atmosférických srážek v roce 2005



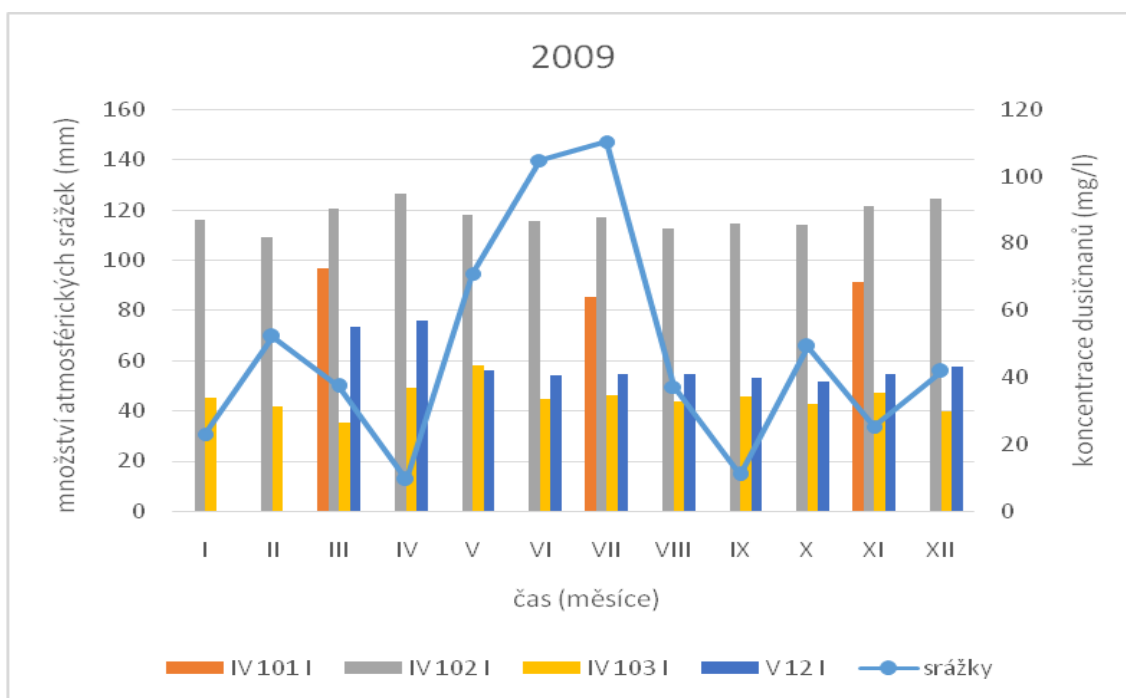
Graf 4: Závislost koncentrace dusičnanů v jednotlivých vrtech a množství atmosférických srážek v roce 2006



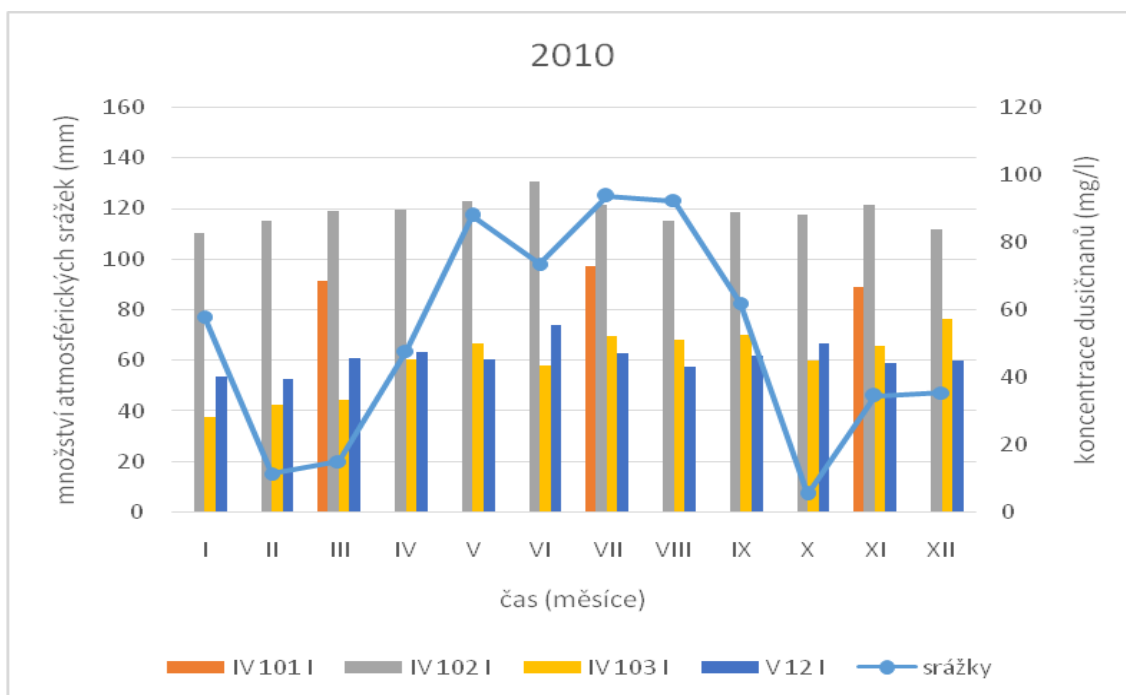
Graf 5: Závislost koncentrace dusičnanů v jednotlivých vrtech a množství atmosférických srážek v roce 2007



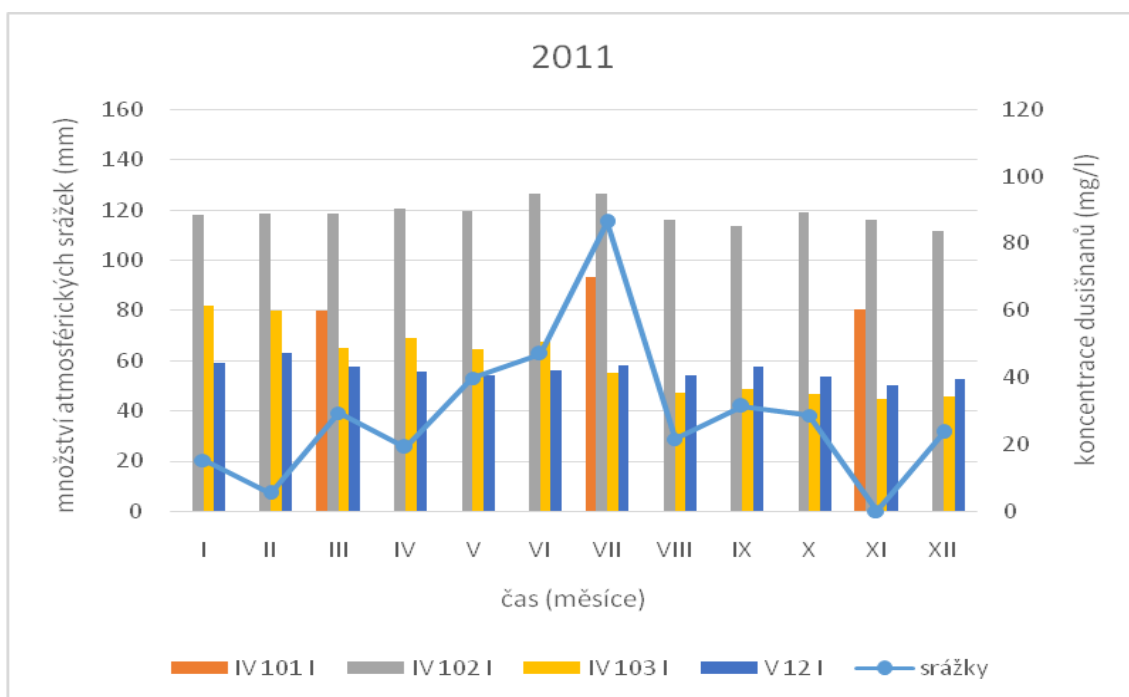
Graf 6: Závislost koncentrace dusičnanů v jednotlivých vrtech a množství atmosférických srážek v roce 2008



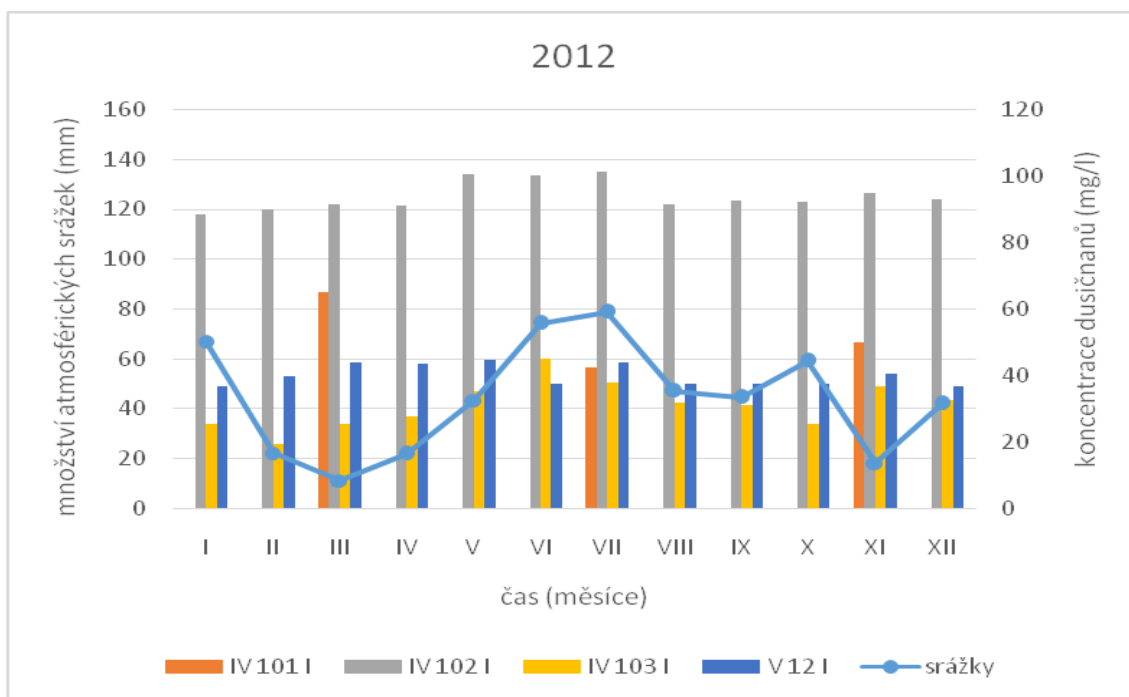
Graf 7: Závislost koncentrace dusičnanů v jednotlivých vrtech a množství atmosférických srážek v roce 2009



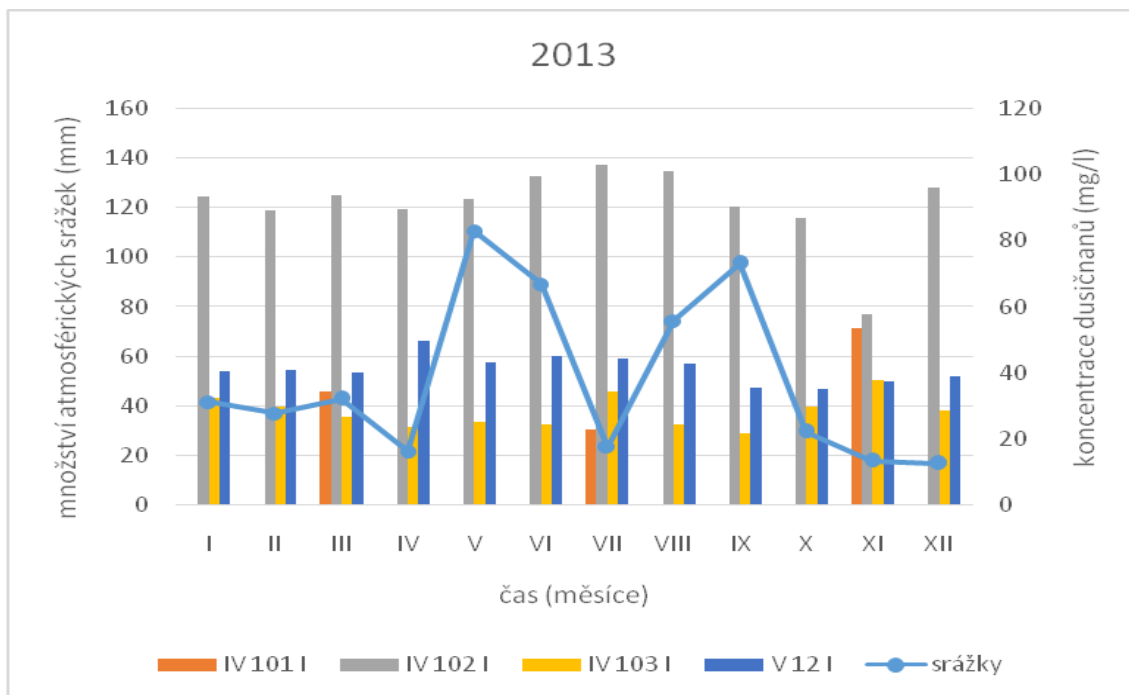
Graf 8: Závislost koncentrace dusičnanů v jednotlivých vrtech a množství atmosférických srážek v roce 2010



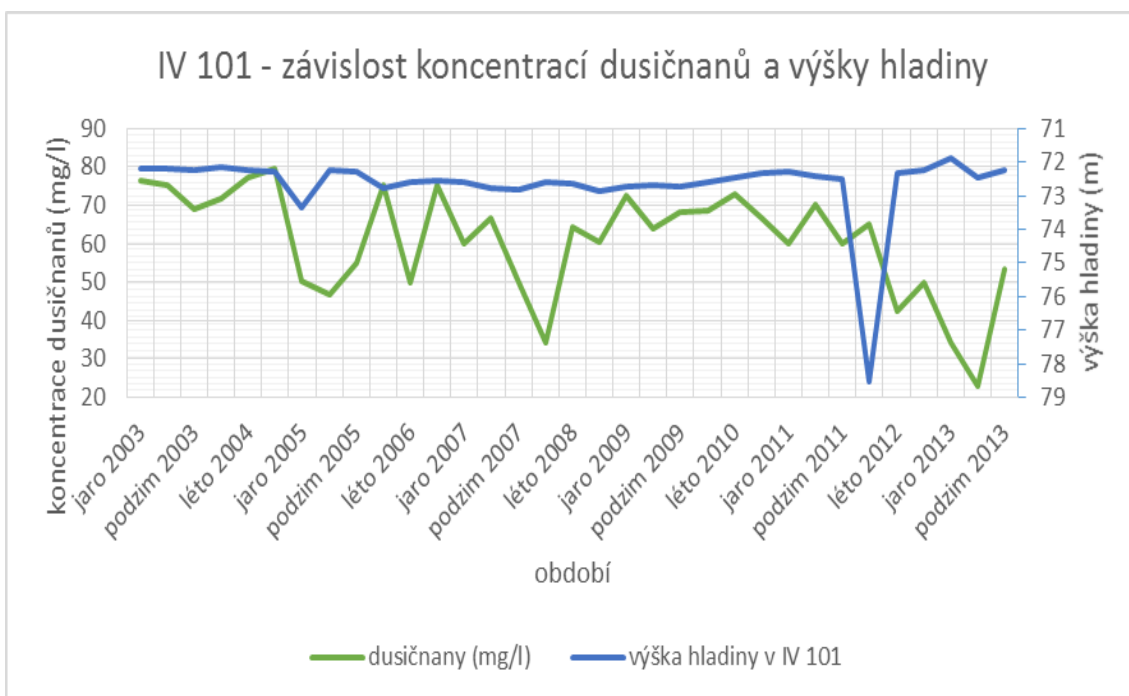
Graf 9: Závislost koncentrace dusičnanů v jednotlivých vrtech a množství atmosférických srážek v roce 2011



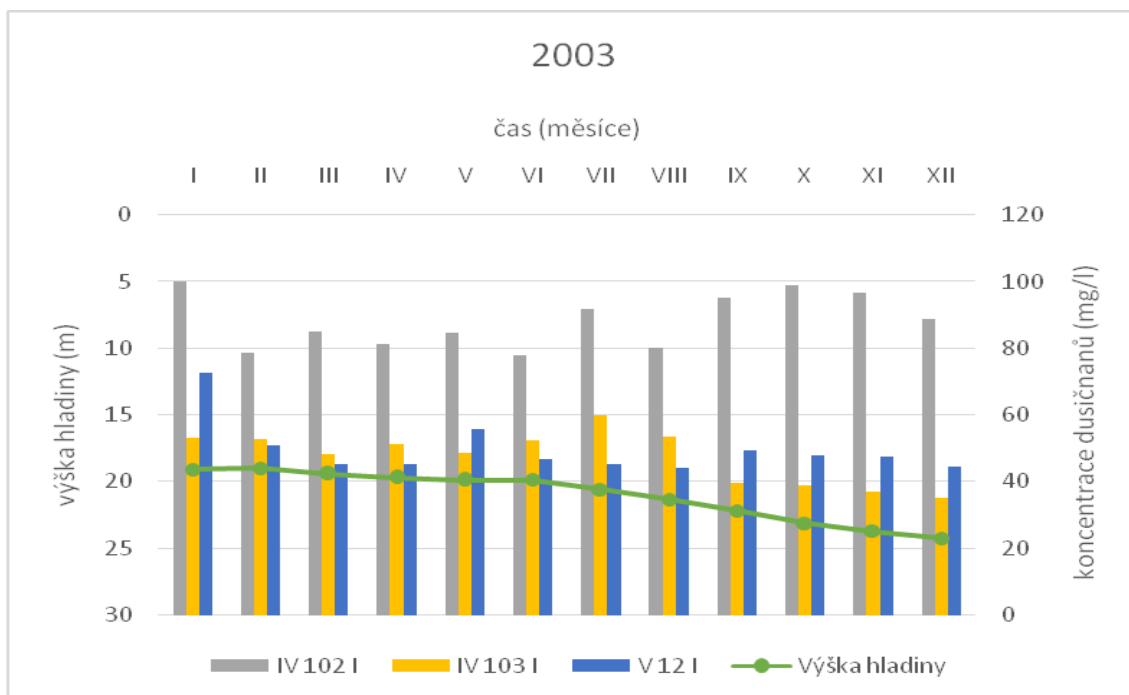
Graf 10: Závislost koncentrace dusičnanů v jednotlivých vrtech a množství atmosférických srážek v roce 2012



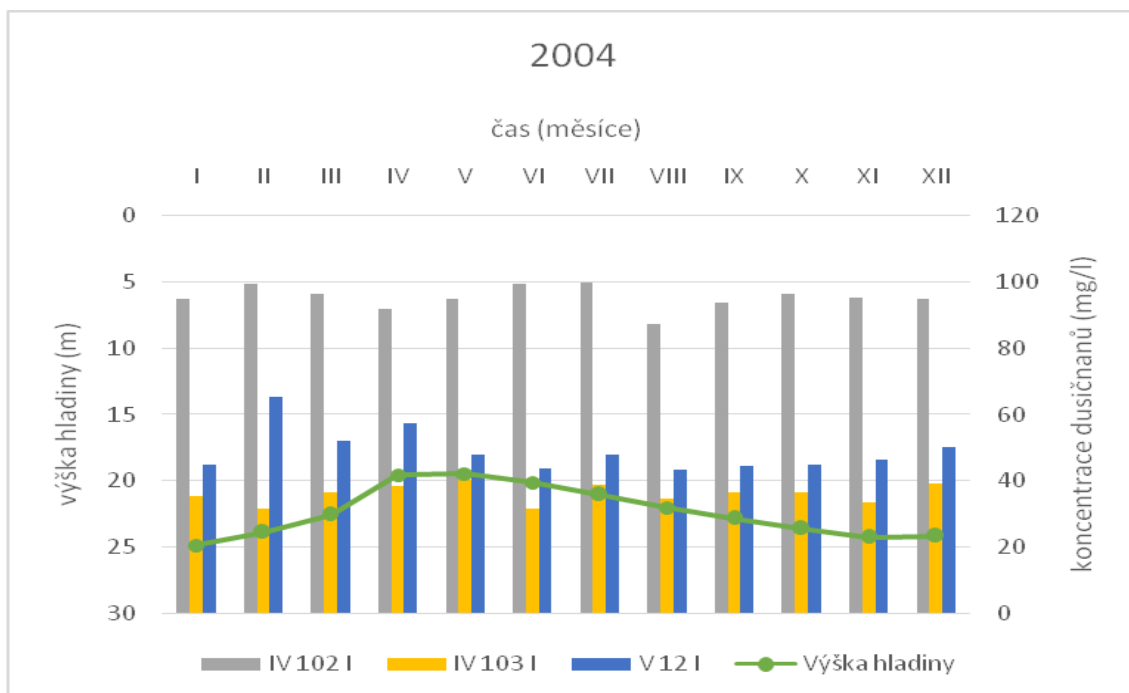
Graf 11: Závislost koncentrace dusičnanů v jednotlivých vrtech a množství atmosférických srážek v roce 2013



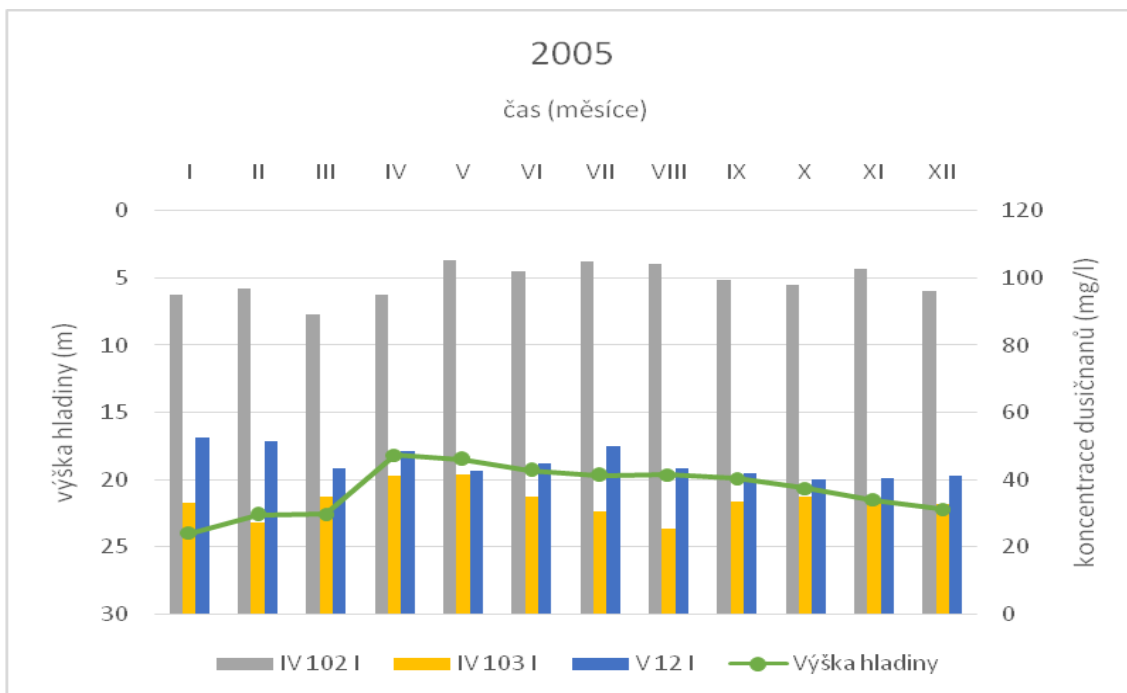
Graf 12: Závislost koncentrace dusičnanů a výšky hladiny ve vrtu IV 101



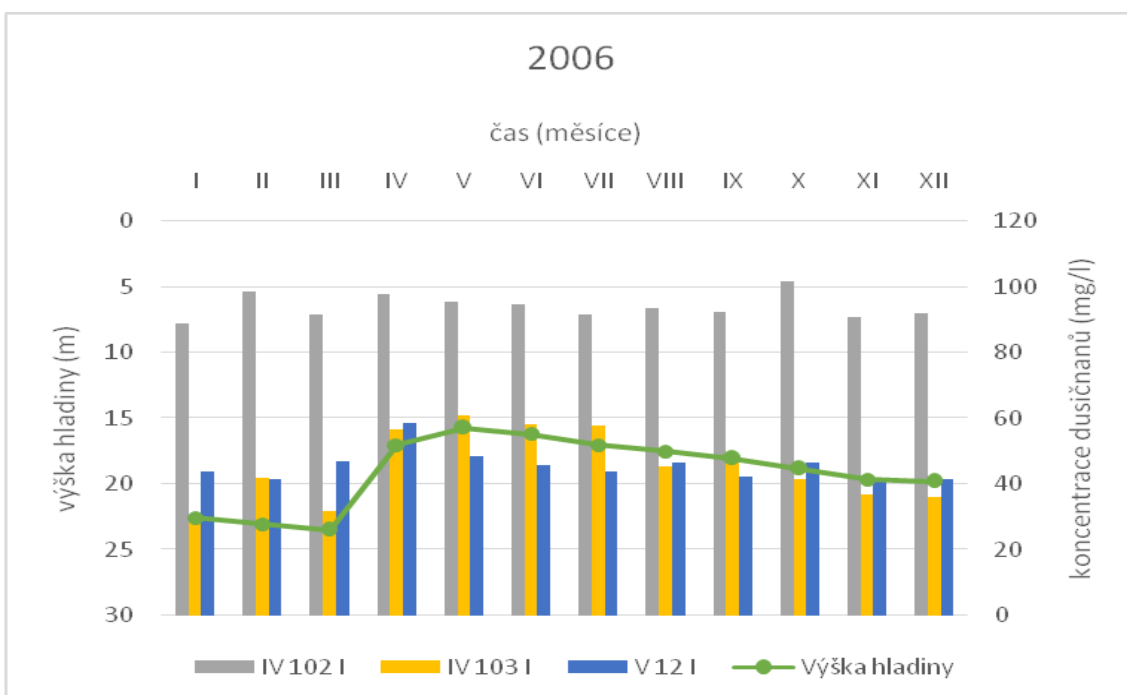
Graf 13: Závislost koncentrace dusičnanů v jednotlivých vrtech a výšky hladiny ve vrtu V 12 v roce 2003



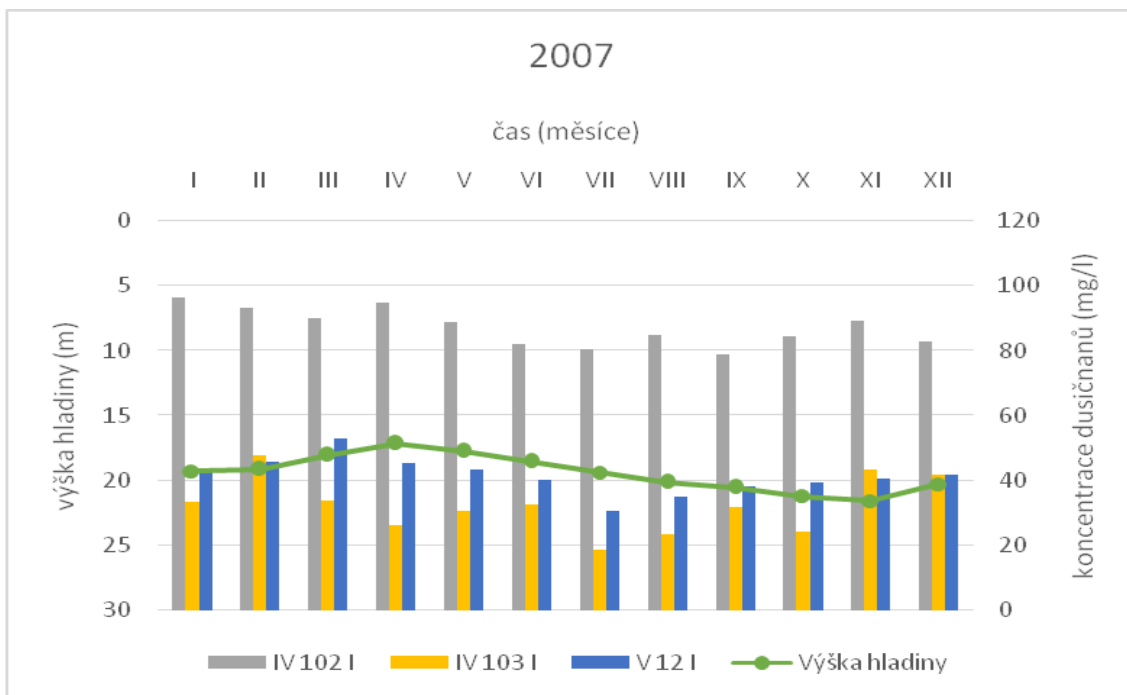
Graf 14: Závislost koncentrace dusičnanů v jednotlivých vrtech a výšky hladiny ve vrtu V 12 v roce 2004



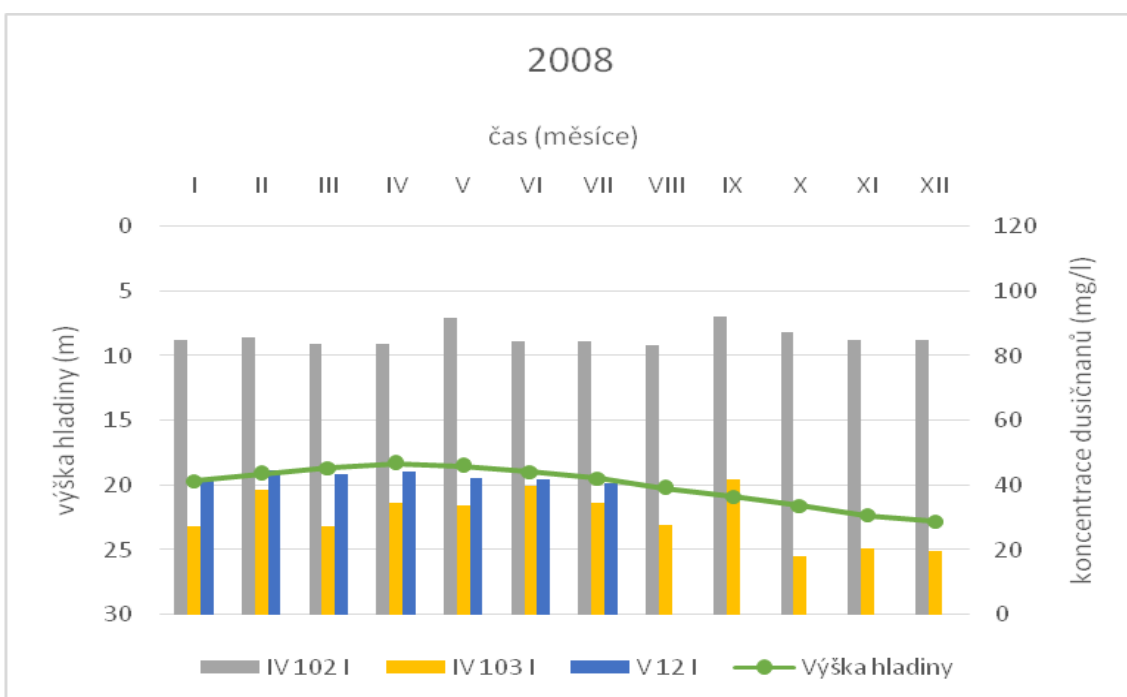
Graf 15: Závislost koncentrace dusičnanů v jednotlivých vrtech a výšky hladiny ve vrtu V 12 v roce 2005



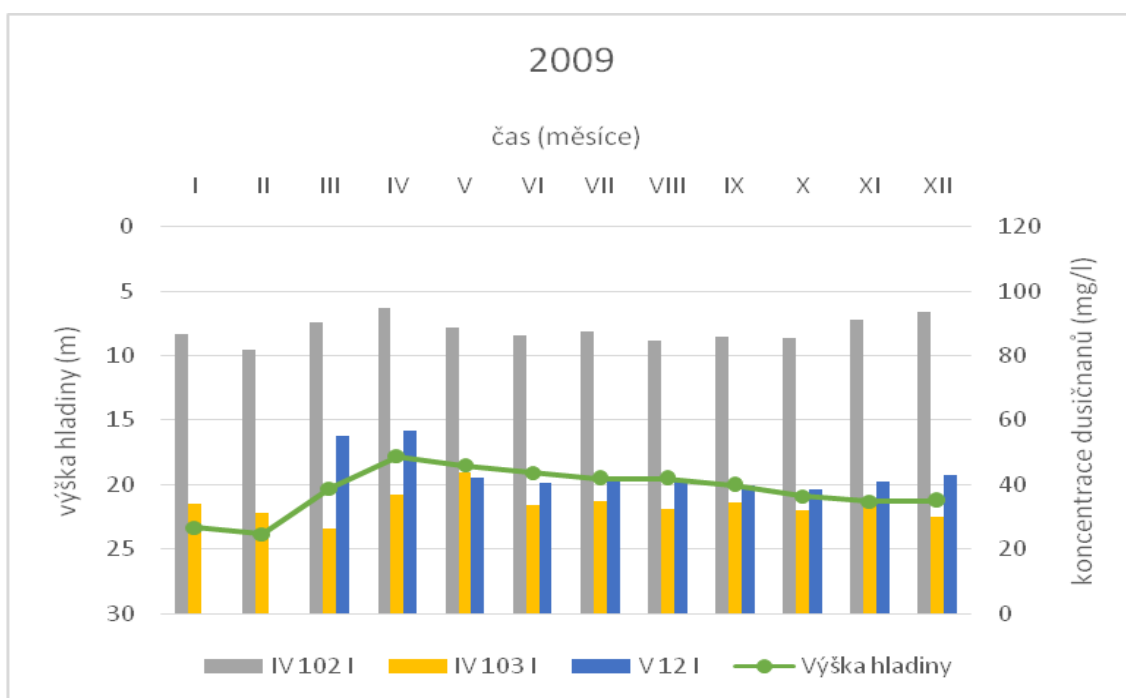
Graf 16: Závislost koncentrace dusičnanů v jednotlivých vrtech a výšky hladiny ve vrtu V 12 v roce 2006



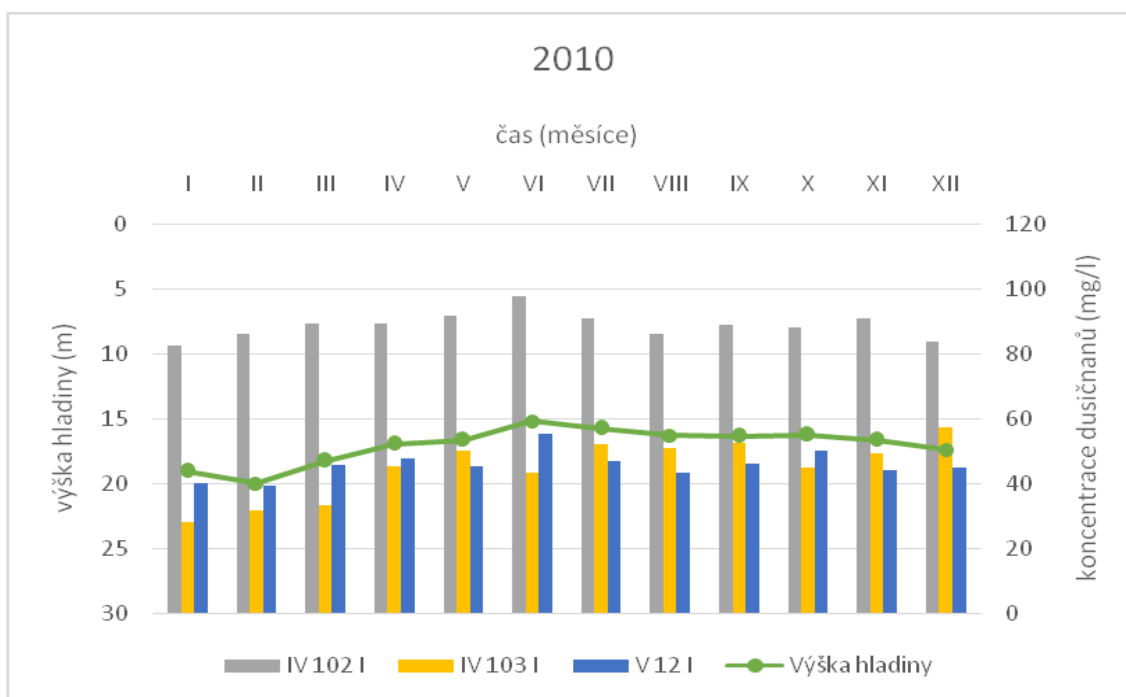
Graf 17: Závislost koncentrace dusičnanů v jednotlivých vrtech a výšky hladiny ve vrtu V 12 v roce 2007



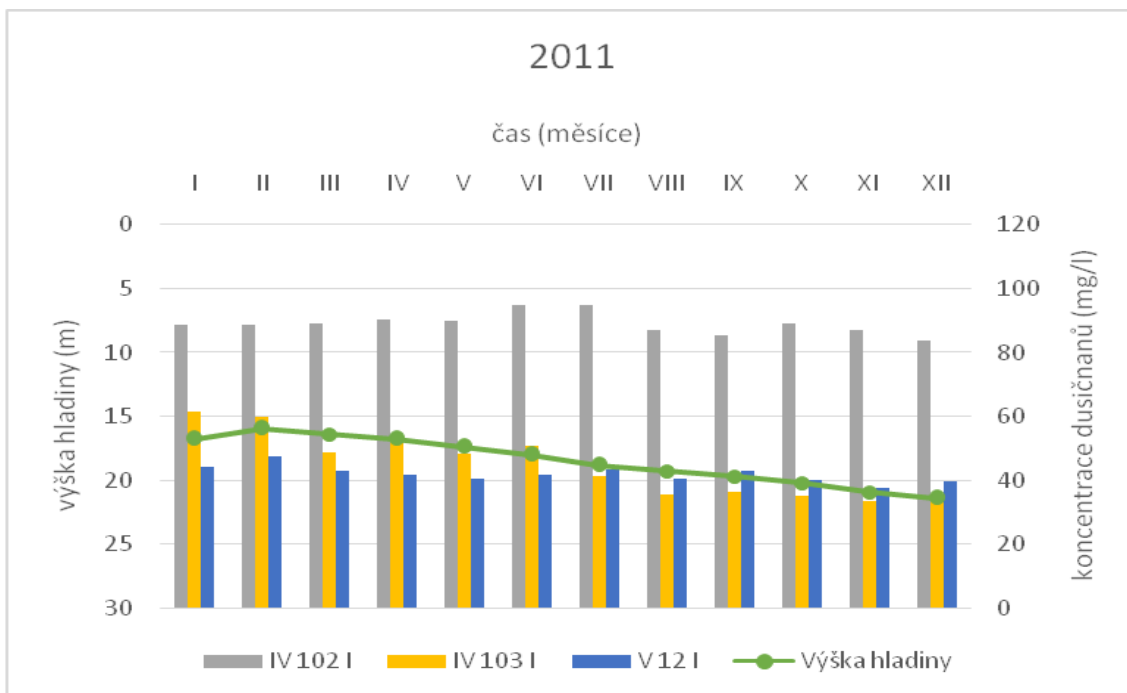
Graf 18: Závislost koncentrace dusičnanů v jednotlivých vrtech a výšky hladiny ve vrtu V 12 v roce 2008



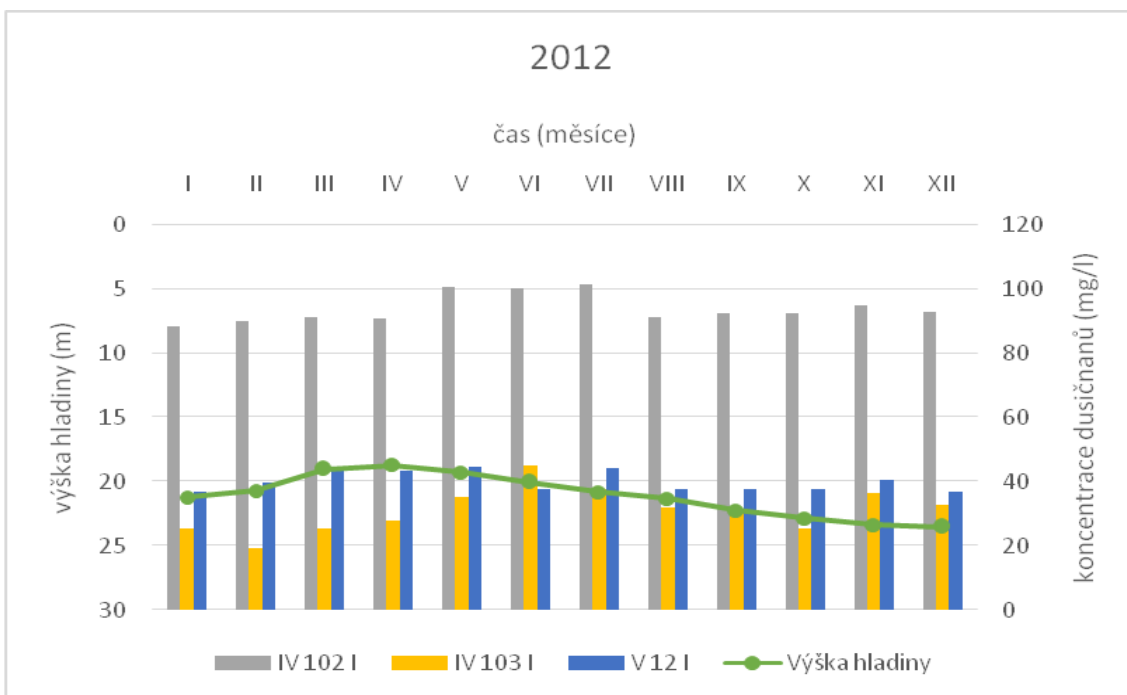
Graf 19: Závislost koncentrace dusičnanů v jednotlivých vrtech a výšky hladiny ve vrtu V 12 v roce 2009



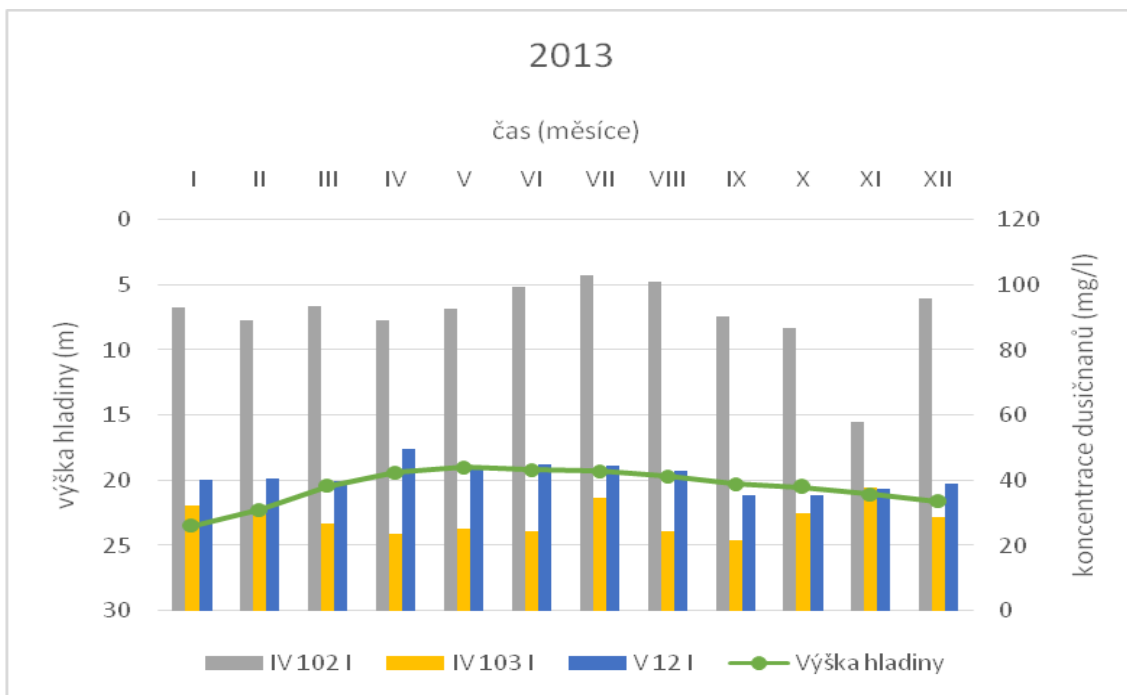
Graf 20: Závislost koncentrace dusičnanů v jednotlivých vrtech a výšky hladiny ve vrtu V 12 v roce 2010



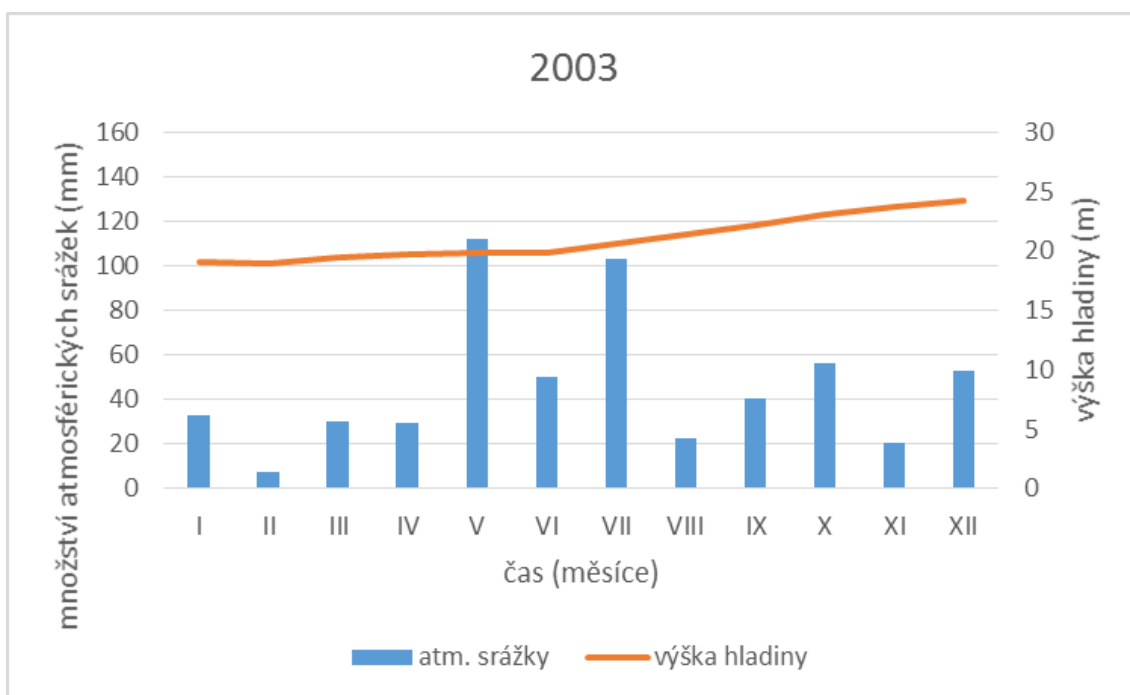
Graf 21: Závislost koncentrace dusičnanů v jednotlivých vrtech a výšky hladiny ve vrtu V 12 v roce 2011



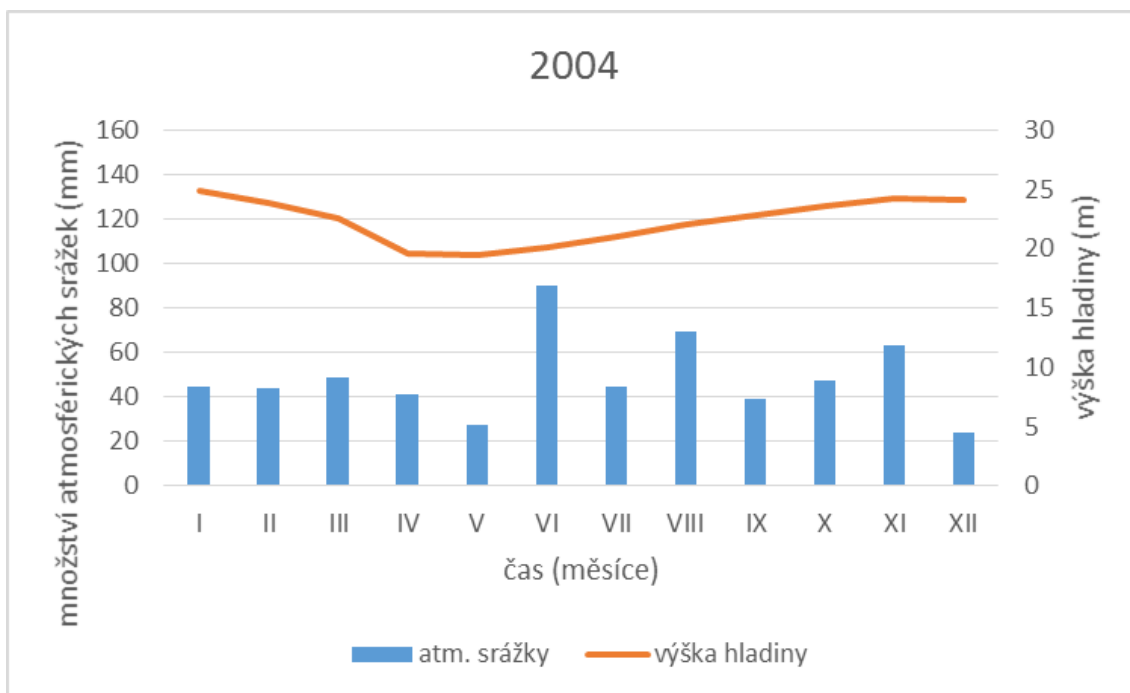
Graf 22: Závislost koncentrace dusičnanů v jednotlivých vrtech a výšky hladiny ve vrtu V 12 v roce 2012



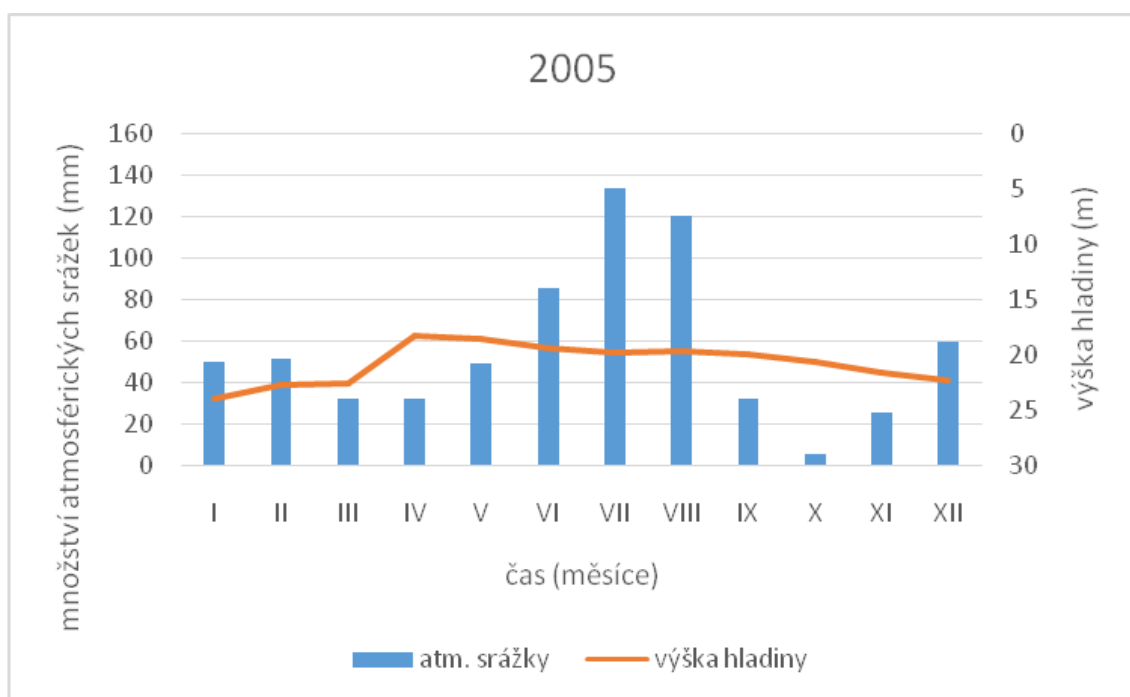
Graf 23: Závislost koncentrace dusičnanů v jednotlivých vrtech a výšky hladiny ve vrtu V 12 v roce 2013



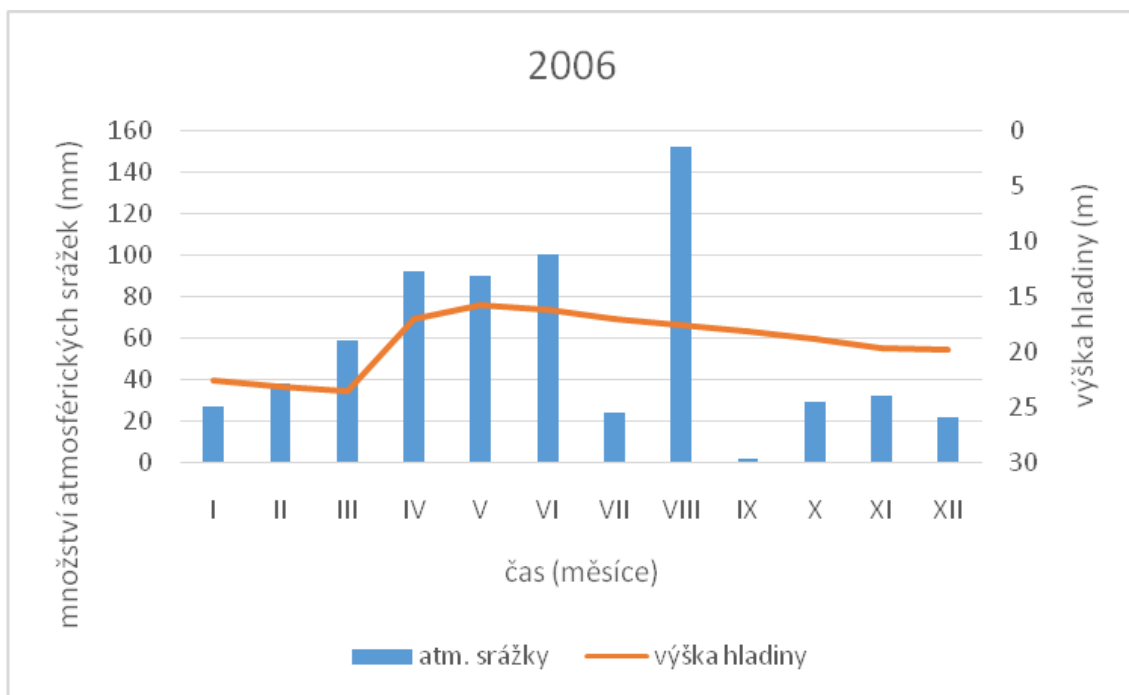
Graf 24: Závislost výšky hladiny ve vrtu V 12 a atmosférických srážek v roce 2003



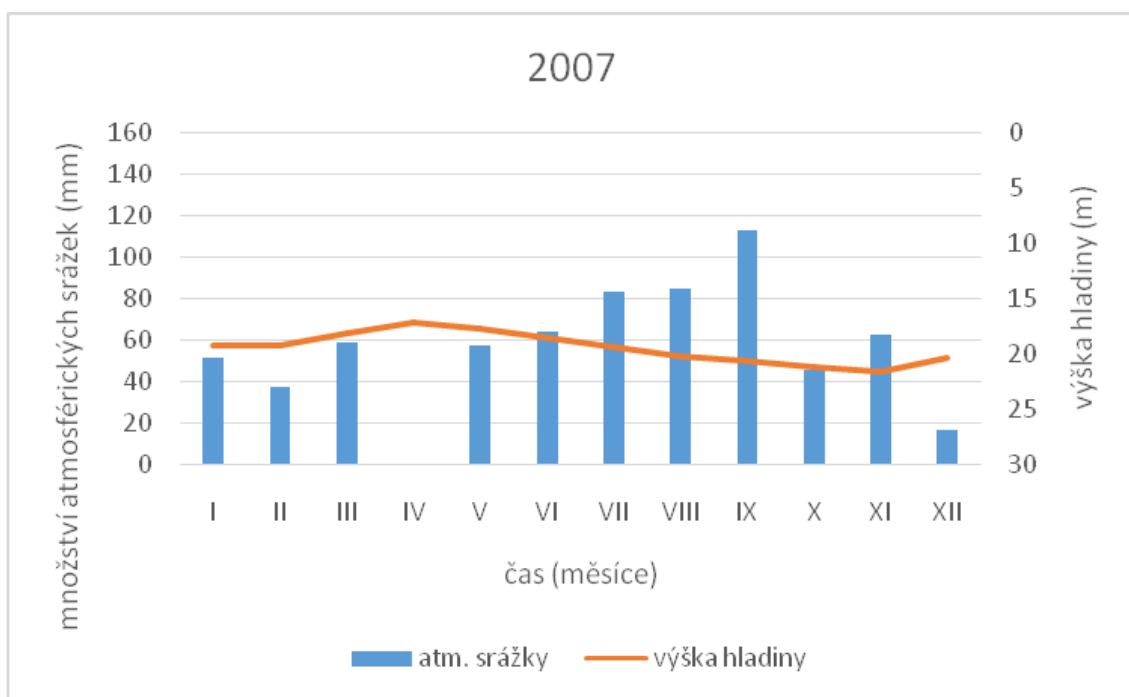
Graf 25: Závislost výšky hladiny ve vrtu V 12 a atmosférických srážek v roce 2004



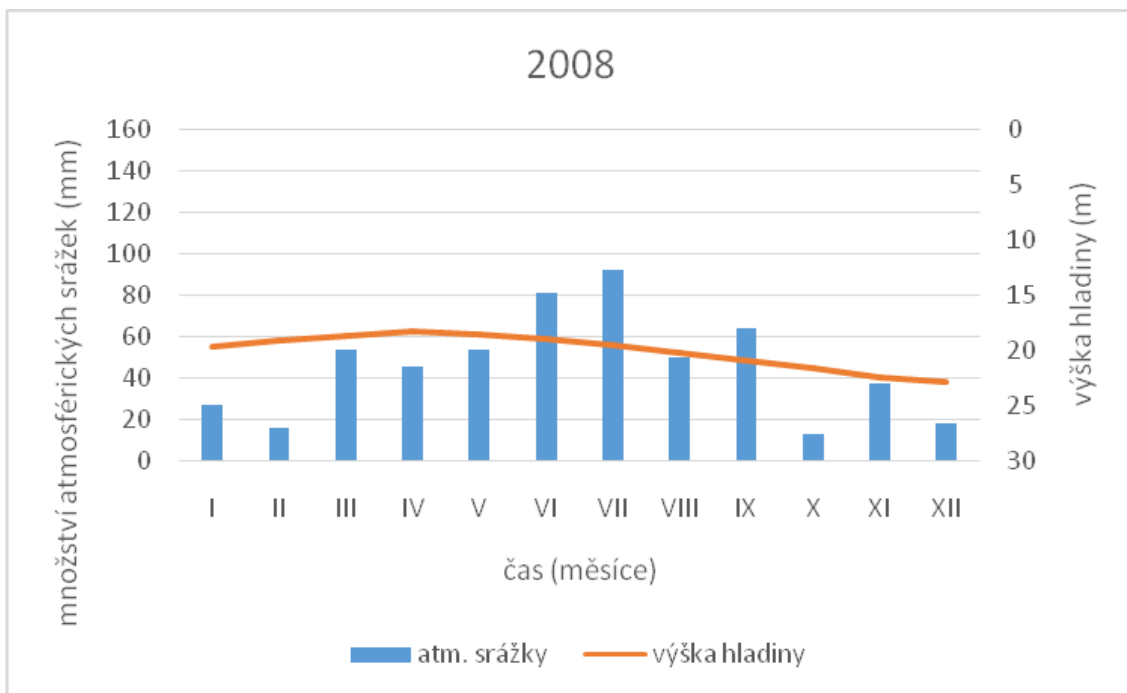
Graf 26: Závislost výšky hladiny ve vrtu V 12 a atmosférických srážek v roce 2005



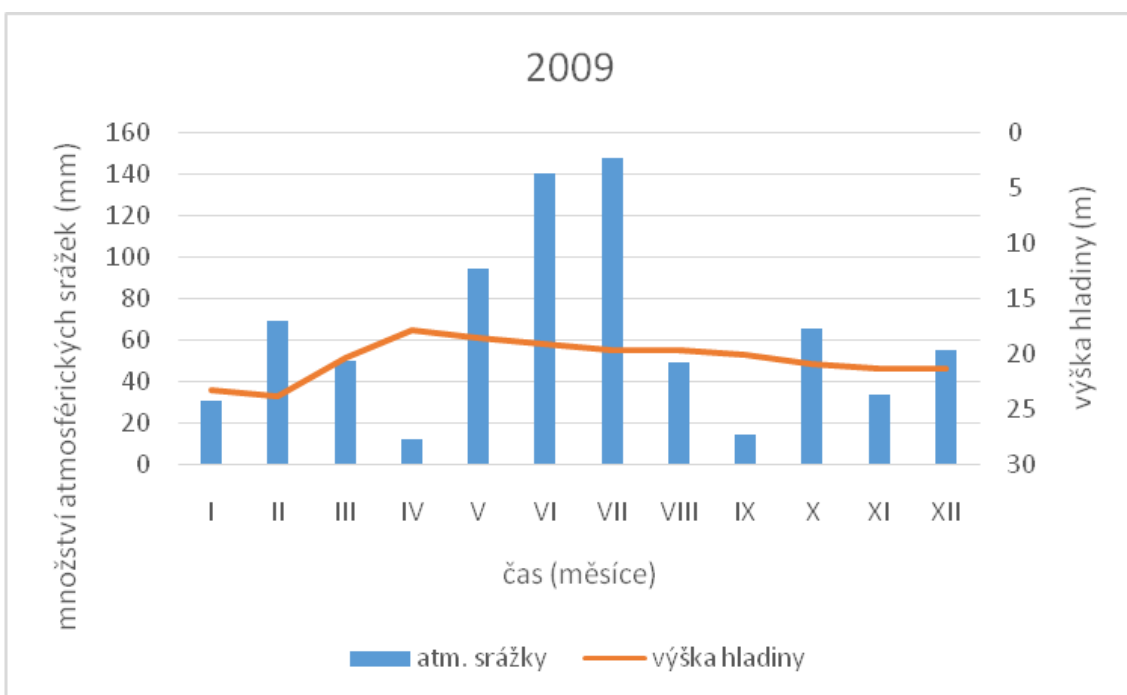
Graf 27: Závislost výšky hladiny ve vrtu V 12 a atmosférických srážek v roce 2006



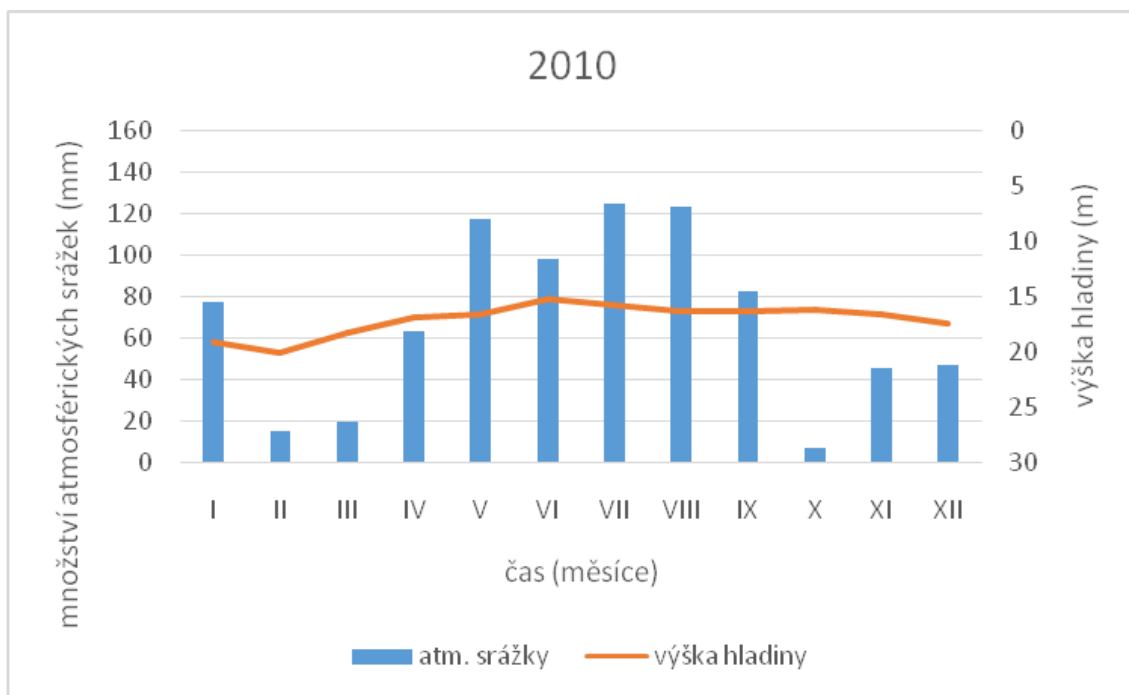
Graf 28: Závislost výšky hladiny ve vrtu V 12 a atmosférických srážek v roce 2007



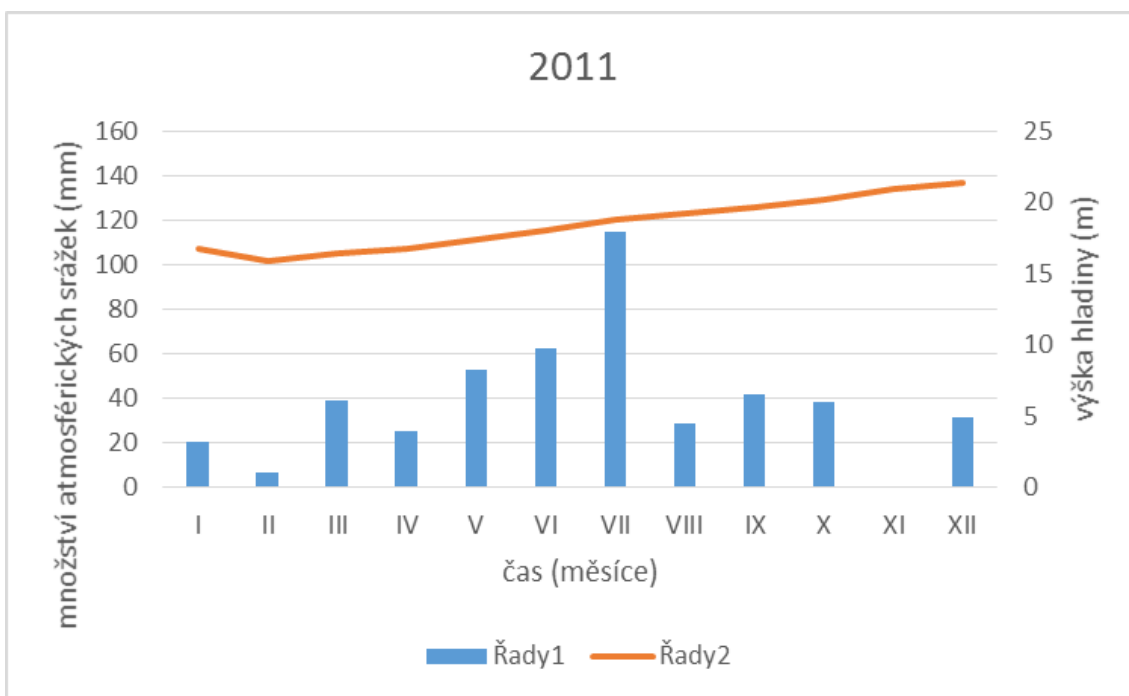
Graf 29: Závislost výšky hladiny ve vrtu V 12 a atmosférických srážek v roce 2008



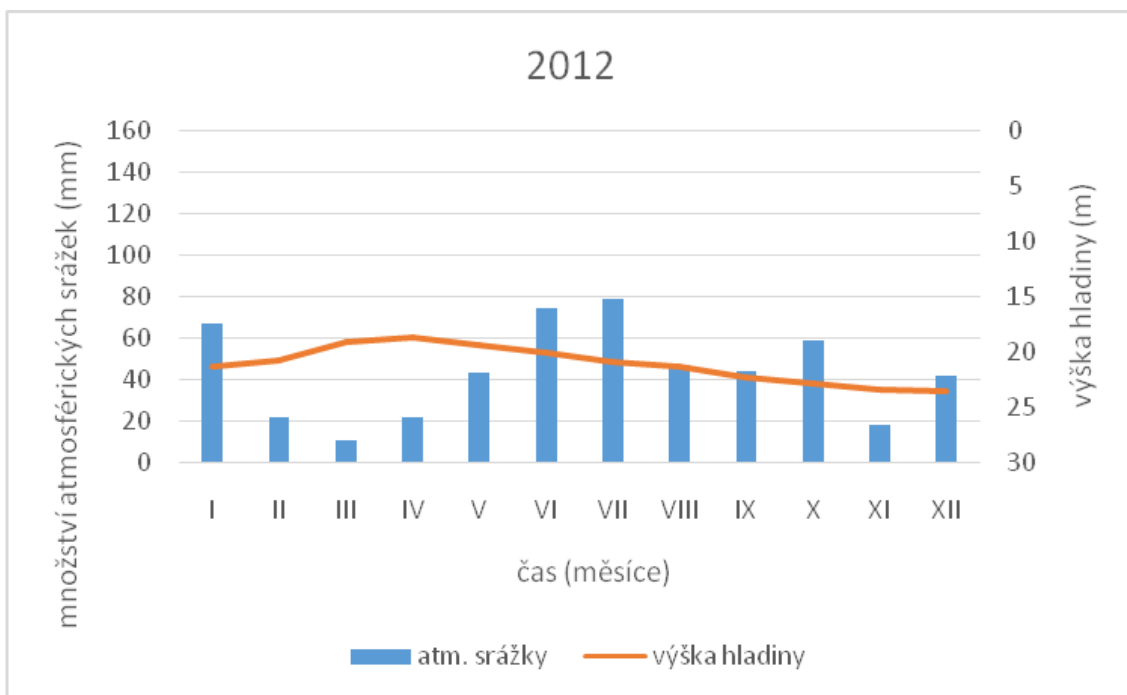
Graf 30: Závislost výšky hladiny ve vrtu V 12 a atmosférických srážek v roce 2009



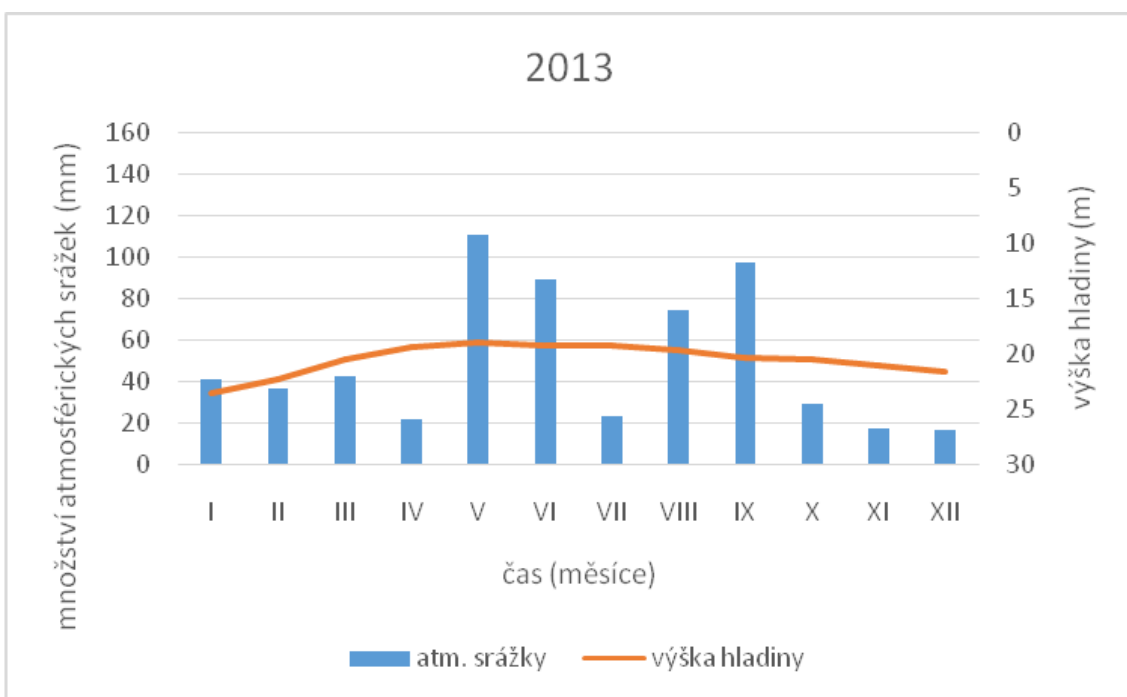
Graf 31: Závislost výšky hladiny ve vrtu V 12 a atmosférických srážek v roce 2010



Graf 32: Závislost výšky hladiny ve vrtu V 12 a atmosférických srážek v roce 2011



Graf 33: Závislost výšky hladiny ve vrtu V 12 a atmosférických srážek v roce 2012



Graf 34: Závislost výšky hladiny ve vrtu V 12 a atmosférických srážek v roce 2013

9 ZDROJE

9. 1 Literární přehled

BIELEK, P., 1984: *Dusík v půdě a jeho přeměny*. Příroda, Bratislava, 68 s.

BURDA, P. A KOL., 2001: *Březovský vodovod, Snižování obsahu NO₃ v I. zvodni, Návrh revize ochranných pásem 2. stupně*. GEOtest Brno, a. s., Brno, 48 s.

CZUDEK, T. A KOL., 1973: *Geomorfologické členění reliéfu ČSR*. Geografický ústav ČSAV, Brno.

DAMOHORSKÝ, M., 2010: *Právo životního prostředí*. 3. vyd., C. H. Beck, Praha, 629 s. ISBN 978-80-7400-338-7.

HUBAČÍKOVÁ, V., OPPELTOVÁ, P., 2008: *Úpravy vodních toků a ochrana vodních zdrojů*. Vyd. 1., Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, Brno, 131 s. ISBN 978-80-7375-243-9.

KŘÍŽ, H., 1975: *Hydrologie jižní části ústecké synklinály*. ÚUG, Praha.

NĚMEC, J. A KOL., 2006: *Voda v České republice*. Consult, Praha, 253 s. ISBN 80-903482-1-1.

SLAVÍK, J., 1980: *Západomoravská křída – stanovení okrajových podmínek Březovského vodovodu*. GEOtest Brno, a. s., Brno.

ŠIMEK, M., 2003: *Základy nauky o půdě*. Vyd. 1., Jihočeská univerzita, České Budějovice, 151 s. ISBN 80-7040-630-5.

9. 2 Právní předpisy

Zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon), ve znění pozdějších předpisů

Zákon č. 138/1973 Sb., o vodách (vodní zákon), ve znění pozdějších předpisů

Směrnice Rady 91/271/EHS, o čištění městských odpadních vod

Směrnice Rady 91/676/EHS, o ochraně vod před znečištěním dusičnany ze zemědělských zdrojů, tzv. nitrátová směrnice

Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2006/11/ES, o znečišťování některými nebezpečnými látkami vypouštěnými do vodního prostředí

Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2006/118/ES, o ochraně podzemních vod před znečištěním a zhoršováním stavu

Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2008/105/ES, o normách environmentální kvality v oblasti vodní politiky, změně a následném zrušení směrnic Rady 82/176/EHS, 83/513/EHS, 84/156/EHS, 84/491/EHS a 86/280/EHS a změně směrnice Evropského parlamentu a Rady 2000/60/ES

Směrnice Rady 98/83/ES, o jakosti vody

Směrnice Rady 76/160/EHS, o jakosti vod ke koupání

Směrnice Rady 91/676/EHS, o ochraně vod před znečištěním způsobeným dusičnany ze zemědělských zdrojů

Směrnice Rady 51/1979-, o základních hygienických zásadách pro stanovení, vymezení a využívání ochranných pásem vodních zdrojů určených k hromadnému zásobování pitnou a užitkovou vodou a pro zřizování vodárenských nádrží, ve znění pozdějších předpisů

Směrnice Rady 91/271/EHS, o čištění městských odpadních vod

Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2006/113/ES, o požadované jakosti vod pro měkkýše

Nařízení vlády č. 400/2013 Sb., které novelizuje nařízení vlády č. 479/2009 Sb., o stanovení důsledků porušení podmíněnosti poskytování některých podpor, ve znění pozdějších předpisů

Nařízení vlády č. 103/2003 Sb., o stanovení zranitelných oblastí a o používání a skladování hnojiv a statkových hnojiv, střídání plodin a provádění protierozních opatření v těchto oblastech, ve znění pozdějších předpisů

Nařízení vlády č. 262/2012 Sb., nařízení vlády č. 262/2012 Sb., o stanovení zranitelných oblastí a akčním programu, ve znění pozdějších předpisů

Nařízení vlády č. 108/2008 Sb., kterým se mění nařízení vlády č. 103/2003 Sb., o stanovení zranitelných oblastí a o používání a skladování hnojiv a statkových hnojiv, střídání plodin a provádění protierozních opatření v těchto oblastech, ve znění nařízení vlády č. 219/2007 Sb.

Nařízení vlády č. 117/2014 Sb., kterým se mění nařízení vlády č. 262/2012 Sb., o stanovení zranitelných oblastí a akčním programu, ve znění pozdějších předpisů, a nařízení vlády č. 479/2009 Sb., o stanovení důsledků porušení podmíněnosti poskytování některých podpor, ve znění pozdějších předpisů

Vyhláška MŽP č. 137/1999 Sb., kterou se stanoví seznam vodárenských nádrží a zásady pro stanovení a změny ochranných pásem vodních zdrojů, ve znění pozdějších předpisů

9. 3 Internetové zdroje

Baroch, P., 2012: *Pětinu Česka trápí zamořené řeky. Víme, kde je nejhůř.* Aktuálně.cz online [cit. 2014-02-3]. Dostupné na: <http://zpravy.aktualne.cz/domaci/petinu-ceska-trapi-zamorene-reky-vime-kde-je-nejhur/r~i:article:732223/>

Michek, V., 2000: *Dusičnany.* Václav Michek webzdarma.cz online [cit. 2014-02-3]. Dostupné na: <http://voda.webzdarma.cz/brozurka.htm>

Ministerstvo zemědělství ČR. eAGRI [online]. 2015 [cit. 2015-04-25]. Dostupné z: <http://eagri.cz/public/web/mze/>

10 SEZNAM ZKRATEK

ČOV	-	čistírna odpadních vod
ČR	-	Česká republika
ČUZK	-	Český ústav zeměměřický a katastrální
EHS	-	Evropské hospodářské společenství
ES	-	Evropská společenství
EU	-	Evropská unie
F	-	fosfor
LPIS	-	registr produkčních bloků
MZe	-	Ministerstvo zemědělství ČR
MŽP	-	Ministerstvo životního prostředí ČR
N₂	-	dusík
NO₂	-	dusitan
NO₃	-	dusičnan
NV	-	nařízení vlády
Obr.	-	obrázek
OPVZ	-	ochranné pásmo vodního zdroje
PHO	-	pásmo hygienické ochrany
PRV	-	program rozvoje venkova
Sb.	-	Sbírka
Tab.	-	tabulka
Tj.	-	to je
Tzn.	-	to znamená
Tzv.	-	takzvaný
VÚTGM	-	Výzkumný ústav Tomáše Garrigua Masaryka
TTP	-	trvalý travní porost
ÚKZÚZ	-	Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský
ZPF	-	zemědělský půdní fond

11 SEZNAM TABULEK, OBRÁZKŮ A GRAFŮ

11.1 Seznam tabulek

Tabulka 1: Rozloha zranitelných oblastí v ČR.....	17
Tabulka 2: Průměrné roční koncentrace dusičnanů a druh pěstované plodiny pro vrt IV 101	37
Tabulka 3: Průměrná koncentrace dusičnanů v jednotlivých letech a roční úhrny srážek	38
Tabulka 4: Druh pěstované kultury a rozdíly průměrných ročních koncentrací NO ₃ ve vrtech IV 102, IV 103 a V 12	40

11.2 Seznam obrázků

Obrázek 1: Vymezení zranitelných oblastí ČR podle nařízení vlády č. 262/2012 Sb. (Zdroj: Výzkumný ústav vodohospodářský TGM)	16
Obrázek 2: Obsah dusičnanů v povrchových vodách České republiky v letech 2007–2010	24
Obrázek 3: Lokalizace jednotlivých indikačních vrtů v zájmovém území	28
Obrázek 4: Vymezení ochranných pásem I. a II. stupně v zájmovém území na mapě. 29	
Obrázek 5: Umístění vrtu IV 101 I (Zdroj: Folkmanová, 2014)	45
Obrázek 6: Umístění vrtu IV 102 I (Zdroj: Folkmanová, 2014)	46
Obrázek 7: Umístění vrtu IV 103 I (Zdroj: Folkmanová, 2014)	47
Obrázek 8: Umístění vrtu V 12 I (Zdroj: Folkmanová, 2014)	49

11.3 Seznam grafů

Graf 1: Závislost koncentrace dusičnanů v jednotlivých vrtech a množství atmosférických srážek v roce 2003.....	51
Graf 2: Závislost koncentrace dusičnanů v jednotlivých vrtech a množství atmosférických srážek v roce 2004.....	51

Graf 3: Závislost koncentrace dusičnanů v jednotlivých vrtech a množství atmosférických srážek v roce 2005.....	52
Graf 4: Závislost koncentrace dusičnanů v jednotlivých vrtech a množství atmosférických srážek v roce 2006.....	52
Graf 5: Závislost koncentrace dusičnanů v jednotlivých vrtech a množství atmosférických srážek v roce 2007.....	53
Graf 6: Závislost koncentrace dusičnanů v jednotlivých vrtech a množství atmosférických srážek v roce 2008.....	53
Graf 7: Závislost koncentrace dusičnanů v jednotlivých vrtech a množství atmosférických srážek v roce 2009.....	54
Graf 8: Závislost koncentrace dusičnanů v jednotlivých vrtech a množství atmosférických srážek v roce 2010.....	54
Graf 9: Závislost koncentrace dusičnanů v jednotlivých vrtech a množství atmosférických srážek v roce 2011.....	55
Graf 10: Závislost koncentrace dusičnanů v jednotlivých vrtech a množství atmosférických srážek v roce 2012.....	55
Graf 11: Závislost koncentrace dusičnanů v jednotlivých vrtech a množství atmosférických srážek v roce 2013.....	56
Graf 12: Závislost koncentrace dusičnanů a výšky hladiny ve vrtu IV 101	56
Graf 13: Závislost koncentrace dusičnanů v jednotlivých vrtech a výšky hladiny ve vrtu V 12 v roce 2003.....	57
Graf 14: Závislost koncentrace dusičnanů v jednotlivých vrtech a výšky hladiny ve vrtu V 12 v roce 2004.....	57
Graf 15: Závislost koncentrace dusičnanů v jednotlivých vrtech a výšky hladiny ve vrtu V 12 v roce 2005.....	58
Graf 16: Závislost koncentrace dusičnanů v jednotlivých vrtech a výšky hladiny ve vrtu V 12 v roce 2006.....	58

Graf 17: Závislost koncentrace dusičnanů v jednotlivých vrtech a výšky hladiny ve vrtu V 12 v roce 2007.....	59
Graf 18: Závislost koncentrace dusičnanů v jednotlivých vrtech a výšky hladiny ve vrtu V 12 v roce 2008.....	59
Graf 19: Závislost koncentrace dusičnanů v jednotlivých vrtech a výšky hladiny ve vrtu V 12 v roce 2009.....	60
Graf 20: Závislost koncentrace dusičnanů v jednotlivých vrtech a výšky hladiny ve vrtu V 12 v roce 2010.....	60
Graf 21: Závislost koncentrace dusičnanů v jednotlivých vrtech a výšky hladiny ve vrtu V 12 v roce 2011.....	61
Graf 22: Závislost koncentrace dusičnanů v jednotlivých vrtech a výšky hladiny ve vrtu V 12 v roce 2012.....	61
Graf 23: Závislost koncentrace dusičnanů v jednotlivých vrtech a výšky hladiny ve vrtu V 12 v roce 2013.....	62
Graf 24: Závislost výšky hladiny ve vrtu V 12 a atmosférických srážek v roce 2003 ..	62
Graf 25: Závislost výšky hladiny ve vrtu V 12 a atmosférických srážek v roce 2004 ..	63
Graf 26: Závislost výšky hladiny ve vrtu V 12 a atmosférických srážek v roce 2005 ..	63
Graf 27: Závislost výšky hladiny ve vrtu V 12 a atmosférických srážek v roce 2006 ..	64
Graf 28: Závislost výšky hladiny ve vrtu V 12 a atmosférických srážek v roce 2007 ..	64
Graf 29: Závislost výšky hladiny ve vrtu V 12 a atmosférických srážek v roce 2008 ..	65
Graf 30: Závislost výšky hladiny ve vrtu V 12 a atmosférických srážek v roce 2009 ..	65
Graf 31: Závislost výšky hladiny ve vrtu V 12 a atmosférických srážek v roce 2010 ..	66
Graf 32: Závislost výšky hladiny ve vrtu V 12 a atmosférických srážek v roce 2011 ..	66
Graf 33: Závislost výšky hladiny ve vrtu V 12 a atmosférických srážek v roce 2012 ..	67
Graf 34: Závislost výšky hladiny ve vrtu V 12 a atmosférických srážek v roce 2013 ..	67