

**UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE, PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA**

Ústav hydrogeologie, inženýrské geologie a užití geofyziky



# **Dusičnany v podzemních vodách**

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

**Kristýna Dudíková**

Vedoucí: RNDr. Josef V. Datel

Praha, září 2008

HYDROGEOLOGIE  
DUSIČNANY  
CYKLUS DUSÍKU  
PODZEMNÍ VODY  
ZNEČIŠTĚNÍ PŘÍRODNÍCH VOD  
OCHRANA PODZEMNÍCH VOD

## Obsah:

<b>1. ÚVOD.....</b>	<b>3</b>
<b>2. METODIKA PRACÍ.....</b>	<b>4</b>
<b>3. MECHANISMY ZNEČIŠTĚNÍ PODZEMNÍCH VOD A CYKLUS DUSÍKU.....</b>	<b>4</b>
3.1. PROCESY FYZIKÁLNÍ.....	5
3.2. PROCESY GEOCHEMICKÉ .....	5
3.3. PROCESY BIOCHEMICKÉ.....	5
3.4. CYKLUS DUSÍKU.....	6
<b>4. FORMY VÝSKYTU DUSÍKU A JEJICH VLASTNOSTI..</b>	<b>8</b>
4.1. AMONIAKOVÝ DUSÍK.....	8
4.2. DUSITANY.....	8
4.3. DUSIČNANY .....	9
4.4. KYANIDY.....	10
4.5. KYANATANY.....	11
<b>5. URČENÍ ZRANITELNÝCH OBLASTÍ A OCHRANNÝCH PÁSEM</b> .....	<b>11</b>
5.1. ZRANITELNOST PODZEMNÍCH VOD.....	11
5.2. OBECNÉ SLOŽENÍ PODZEMNÍCH VOD.....	12
<b>6. ZDROJE ZNEČIŠTĚNÍ PODZEMNÍCH VOD DUSIČNANY</b> .....	<b>13</b>
6.1. SPLAŠKOVÉ VODY.....	14
6.2. ZEMĚDĚLSKÉ ZNEČIŠTĚNÍ.....	15
<b>7. OCHRANA PODZEMNÍCH VOD.....</b>	<b>15</b>
<b>8. ZÁVĚR.....</b>	<b>16</b>
<b>9. POUŽITÁ LITERATURA.....</b>	<b>17</b>

## 1. ÚVOD

Zvolila jsem si práci kompilačního charakteru na téma Dusičnany v podzemních vodách a mým cílem bude stručně shrnout dosavadní poznatky o dusičnanech (jako například o cyklu dusíku v podzemních vodách, jeho potenciálním nebezpečí nebo zákoníku či směrnic, které mají omezit jeho přístup do systému “hornina/půda/voda”).

V průmyslovém konzumním světě ve kterém žijeme roste spotřeba vody jak na úrovni domácností, tak v zemědělství a průmyslu. Tento nový způsob života nás nutí mít vodní zásoby v dobrém stavu. Jedním z problémů je také zhoršování kvality podzemní vody zapříčiněno mimo jiné zemědělstvím, které používá dusičnany a jiná hnojiva.

S nárůstem populace, přišla i nutnost používat chemické produkty v zemědělství, což změnilo složení mnoha řek, jezer a podzemních vod. Tyto dopady jsou málo viditelné, ale ve svém konečném efektu velmi nebezpečné, protože používané hnojiva, pesticidy a herbicidy se akumulují ve zvodních a přírodních ekosystémech.

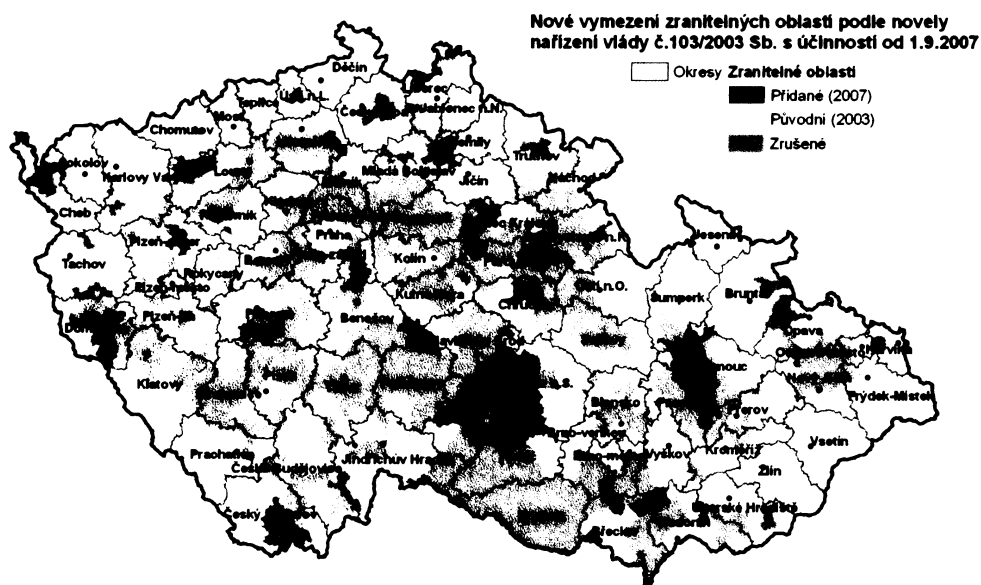
Evropská Unie pro snížení množství dusičnanů v podzemních vodách uvedla v platnost dne 11.12.1991 směrnice 9/676/CEE (tzv. Nitrátová směrnice) na ochranu vod právě proti dusičnanům používaným v zemědělství, zúčastněné státy pak mají povinnost:

- identifikovat všechny vody znečištěné dusičnany nebo jimž znečištění hrozí
- Stanovit do dvou let zranitelné oblasti a určit podmínky skladování a používání hnojiv, střídání plodin a techniky protierozních opatření v těchto oblastech.

V článku se pak soustředili na dva jasné cíle:

- Omezit kontaminaci způsobenou dusičnany zemědělského původu.
- Určit preventivní opatření proti zmiňované kontaminaci.

Ostatní články se pak odvolávají na nutnost v příštích letech označit zranitelná území a vytvoření jednoho či více zákoníků “zásad správné zemědělské praxe” a programu k snížení rizik ohrožených zón. U nás je nitrátová směrnice uplatněna v paragrafu 33 vodního zákona a prováděcím předpisem je nařízení vlády č.103/2003 Sb. Použití těchto zákoníků vede ke správnému hnojení bez negativních dopadů na životní prostředí.



**Obrázek 1** Mapa zranitelných oblastí (Ústav zemědělských a potravinářských informací,2008)

## 2.METODIKA PRACÍ

Vzhledem k tomu, že tato práce je pouze kompilačního charakteru, byly hlavními zdroji informací knihovny, jako fakultní geologická či městská. Také internet jsem využila hlavně při vyhledávání zákoníků a směrnic Evropské Unie. Zdrojem obrázků byla práce „Contaminación de aguas subterráneas por nitratos“ od studentky Delia Rodríguez Oroz z Univerzity v Zaragoza.

## 3.MECHANISMY ZNEČIŠTĚNÍ PODZEMNÍCH VOD A CYKLUS DUSÍKU

Kontaminanty vnikají do systému “hornina/půda/voda” a k jejich pohybu dochází pouze jestli je možný mechanický pohyb např. Proudící tekutina. Když kontaminant dosáhne vodní hladiny v saturované zóně, začne probíhat několik procesů (Jackson 1980):

### 3.1. PROCESY FYZIKÁLNÍ→ advekce, disperze, retardace, filtrace a odplynění

-Advekce je pohyb kontaminantu způsobený tokem podzemní vody, kdy je kontaminant nereagující s okolím je unášen průměrnou rychlostí toku. Kdyby byl tento pohyb ovlivněn pouze advekcí vedl by po přímé linii bez efektu tortuozity.

-Disperze je pohyb částecek kontaminantu, které v pórech horniny postupují jinou rychlostí než je průměrná objemová hustota toku a tím se zpomalují či naopak zrychlují. Tím dochází k ředění kontaminantu.

-Retardace je proces závisející na více fyzikálně chemických mechanismech. Sloučeniny můžeme všeobecně rozdělit na hodně a málo reaktivní. Právě ty hodně reaktivní sloučeniny mohou projít nějakou chemickou reakcí která sníží jejich koncentraci a tak se zpomalit v pohybu oproti málo reaktivním sloučeninám.

-Filtrace je další fyzikálně chemický jev, kde při průchodu horninou mohou být větší částecčky zachyceny a menší adsorbovány.

- Pohyb plynu je v saturované a nesaturované zóně umožněn difuzí. V saturované zóně kombinované s disperzí toku a v zóně nesaturované se změnami teploty a tlaku.

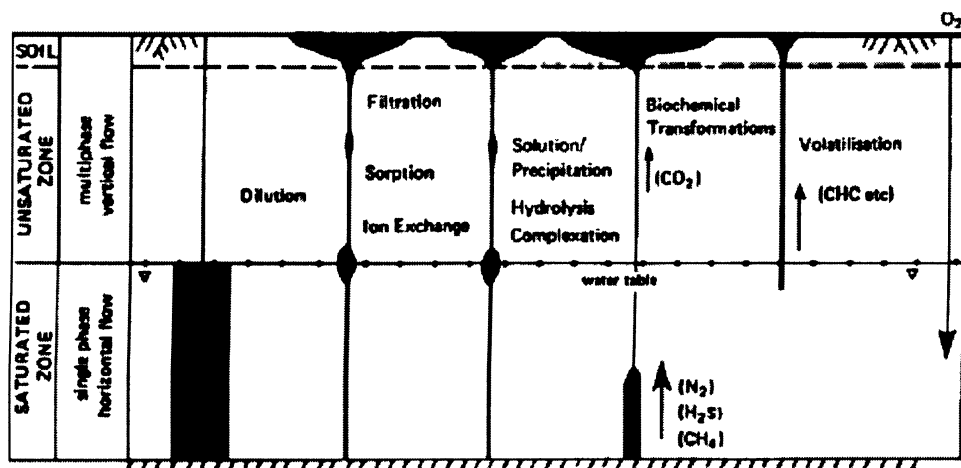
### 3.2. PROCESY GEOCHEMICKÉ→ reakce acidobasické, adsorbce/desorbce, výměna iontů, oxidace redukce, srážení rozpouštění.

-Proces adsorbce a desorbce je charakterizován adsorbční rovnováhou mezi množstvím látky adsorbované a látky v roztoku. Při vzrůstu koncentrace roztoku roste i adsorbované množství, pokles koncentrace pak znamená desorbci.

-Rozpuštění a srážení je často kontrolováno Ph a Eh. Koncentrace rozpuštěných látek v podzemních vodách je funkcí rozpouštění, degradace a hydrolytických procesů. Dle chování můžeme kontaminanty dělit na elektrolyty (sole, kyseliny a báze) a neelektrolytické (Polární a nepolární sloučeniny). Schopnost vody rozpouštět sloučeniny vzrůstá s kyselostí a teplotou.

### 3.3. PROCESY BIOCHEMICKÉ→ transpirace, dýchání bakterií, degradace a buněčná syntéza.

Některé z těchto procesů znečištění zpomalují jiné naopak.

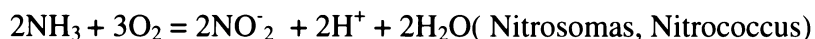


Obrázek 2 Pohyb kontaminace pod povrchem (Delia Rodríguez Oroz 2005)

### 3.4.CYKLUS DUSÍKU:

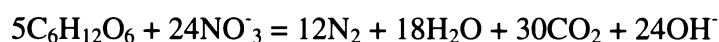
Dusík se vyskytuje ve vodách v různých oxidačních stupních, v iontové i neiontové formě. Distribuce jednotlivých forem je ovlivněna biochemickými procesy. Toto jsou formy jeho výskytu: Elementární dusík, anorganicky vázaný dusík, amoniakový dusík dusitanový dusík, dusičnanový dusík, kyanidy, kyanatany, thiokyanatany, oxid dusný a organicky vázaný dusík. Sloučeniny dusíku mohou být organického či anorganického původu. Jeho sloučeniny v biosféře neovlivněné člověkem jsou biogenního původu a vznikají rozkladem organických dusíkatých látek rostlinného a živočišného původu. Formy dusíku podléhají ve vodách četným biochemickým přeměnám, z nichž nejdůležitější je biologická oxidace a redukce (nitrifikace a denitrifikace).

Organické dusíkaté látky se rozkládají mikrobiální činností a dusík se obvykle uvolňuje deaminací jako dusík amoniakový (tzv. amonifikace). Naopak amoniakový dusík je pro organismy zdrojem pro syntézu nové biomasy. Bakterie, sinice a řasy dávají přednost asimilaci amoniakového dusíku před dusičnany, které musí napřed redukovat. V některých případech může být určitými bakteriemi, sinicemi a řasami přeměňován v organicky vázaný dusík i dusík molekulární (fixace). Probíhá-li rozklad organických dusíkatých látek v anerobních podmínkách, vzniklý amoniakový dusík se už dále nemění. Za přítomnosti rozpuštěného kyslíku a nitrifikačních bakterií se může dále oxidovat na dusitany až dusičnany, které jsou konečným produktem mineralizace organicky vázaného dusíku. Tento proces se nazývá nitrifikace. Nitrifikace probíhá ve dvou stupních, které se mohou znázornit těmito rovnicemi:

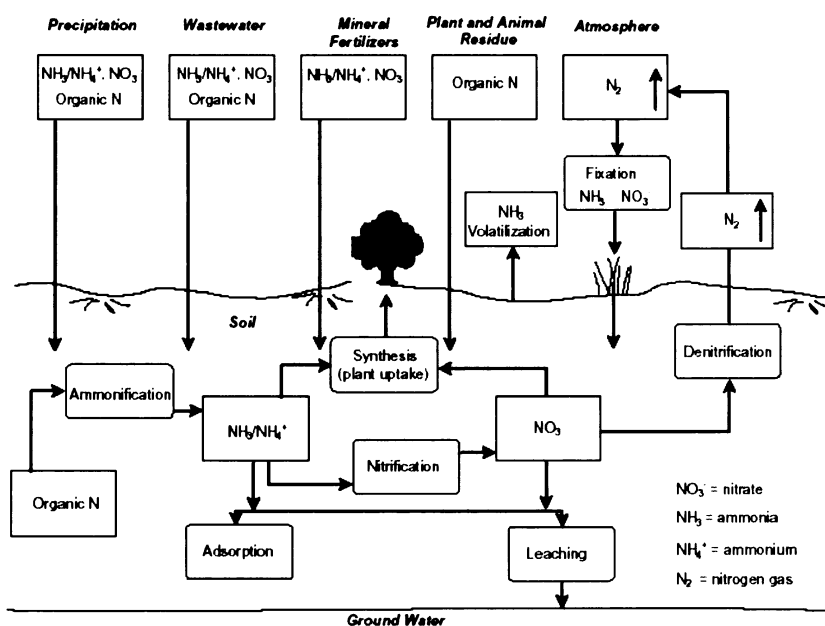


Je to pomalý proces, který z 1g dusíku vytvoří cca 0,16g biomasy (Pavel Pitter 1990). Nitrifikace je ovlivněna koncentrací kyslíku, oxidu uhličitého, teplotou, pH a některými látkami, které ji mohou inhibovat (jako fenol, anilin, dusitany a jiné).

V anoxických podmínkách může dojít k redukci dusitanů a dusičnanů na oxid dusný či oxid dusnatý. Tento proces se nazývá denitrifikace. Denitrifikace může být příčinou ztrát dusíku při dusíkových bilancích ve vodách a při biologickém čištění odpadních vod. Pro denitrifikaci je nutný organický substrát jako zdroj energie. Reakci lze ji schematicky znázornit jako:



Narozdíl od nitrifikace se při denitrifikaci uvolňují hydroxylové ionty. Tato reakce může probíhat buď v anoxickém prostředí nebo při malých koncentracích rozpuštěného kyslíku. Procesy nitrifikace a denitrifikace jsou ovlivňovány rozpuštěným kyslíkem, mikroorganismy, teplotou, Ph a obsahem uhlíku (Anca Marina Marinov, Florina Cristina Marcu 1998). Podle názoru Benjamin Blanka et al. Je to právě teplota, která výrazně ovlivňuje proces denitrifikace. Redukce  $\text{N}_2$  na amoniakový dusík je ve vodě řídkým jevem. Probíhá např. Při fixaci elementárního dusíku některými organismy. Biochemická denitrifikace je poměrně snadná. Chemická redukce dusičnanů na elementární dusík je také možná.



Obrázek 3 Cyklus dusíku a kontaminace podzemních vod (Delia Rodríguez Oroz 2005)

## 4.FORMY VÝSKYTU DUSÍKU A JEJICH VLASTNOSTI:

### 4.1.AMONIAKOVÝ DUSÍK:

Formy výskytu ve vodě: Při rozpouštění amoniaku ve vodě vzniká hydrát  $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ , který se přímo disociuje na ionty  $\text{NH}_4^+$  a  $\text{OH}^-$ .

Je to primární produkt rozkladu živočišných a rostlinných dusíkatých organických látek. Organického původu je i amoniakový dusík ve splaškových vodách a v odpadech ze zemědělských výroby. Amonné soli jsou součástí některých dusíkatých hnojiv a splachem se dostávají do podzemních vod. Sekundárně mohou vznikat přeměnou dusičnanů. Anorganického původu je amoniakový dusík obsazený v odpadních vodách z tepelného zpracování uhlí. Může být v pitných vodách dezinfikovaných chloraminací. Do atmosférických vod se dostává z exhalací. Amonné soli se používají také jako přísady do pokovovacích lázní v galvanizovnách a proto mohou být součástí odpadních vod z těchto provozoven. Amoniak může tvořit aminkomplexy s ionty mnohých kovů v závislosti na koncentraci amoniaku, na pH prostředí a na koncentraci kovu. Tyto komplexy se mohou vyskytovat v některých odpadních vodách z povrchové úpravy kovů a mohou znesnadňovat odstraňování kovů z odpadních vod. Amoniakový dusík je v přírodních vodách za oxických podmínek velmi nestálý, Nitrifikací přechází na dusitany až dusičnany. Chemická oxidace je poměrně obtížná. Amoniakový dusík je nezbytný pro tvorbu nové biomasy. Činností organotrofních a litotrofních mikrobů je přeměňován na dusík organicky vázaný. Je také indikátorem znečištění podzemních vod živočišným odpadem. Jeho toxicita na ryby je závislá na pH, protože toxický účinek má jeho nedisociovaný hydrát. Amoniakový dusík ve vodě také výrazně zvyšuje korozi mědi a jejich slitin.

### 4.2.DUSITANY

Výskyt ve vodách: Dusitany jsou ve vodách přítomné převážně ve formě jednoduchého iontu  $\text{NO}_2^-$  a zpravidla doprovázejí dusičnany a amoniakový dusík, ale jen v malých množstvích, protože jsou málo stálé.

Jako minerály se dusitany nevyskytují, pokud jsou přítomné ve vodách vznikly buď biochemickou oxidací amoniakového dusíku nebo biochemickou redukcí dusičnanů. Anorganického původu jsou dusitany v atmosférických vodách, kde se mohou tvořit oxidací



elementárního dusíku při elektrických výbojích v atmosféře. Průmyslové odpadní vody jako např. Vody z výroby barviv nebo ze strojírenských závodů, kde používají kapaliny na chlazení obráběcích strojů, jsou na dusitany velmi bohaté. Jsou velmi snadno oxidovány či redukovány a to jak chemicky tak biochemicky. V čistých podzemních a povrchových vodách nejsou přítomny vůbec nebo jen ve stopových množstvích. Ve větší koncentraci dusitany způsobují methemoglobinemii. Také působí toxicky na ryby. Jsou to významné indikátory znečištění podzemních vod.

#### 4.3.DUSIČNANY

Výskyt ve vodách: protože mají velmi slabé komplexační vlastnosti, vyskytují se převážně v jednoduché iontové formě jako  $\text{NO}_3^-$ .

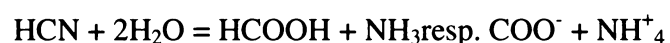
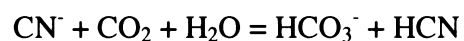
V minerálech jsou dusičnany obsaženy velmi zřídka. Vznikají převážně sekundárně nitrifikací amoniakového dusíku. Jsou konečným stupněm rozkladu organických dusíkatých látek v oxickém prostředí. Dalším zdrojem je hnojení zemědělsky obdělávané půdy. Při nadměrném hnojení se akumulují například v mrkvi a špenátu. Při elektrických výbojích v atmosféře oxidací elementárního dusíku vznikají hlavně dusičnany, které pak přecházejí do atmosférických vod. Dusičnany v malých koncentracích jsou obsaženy téměř ve všech vodách. Zvýšené množství mohou obsahovat atmosférické vody v bouřkovém období či voda v průmyslových oblastech. Rozšíření oblastí podzemních vod s vysokou koncentrací dusičnanů je větší než se předpokládalo. To pravděpodobně souvisí s nadměrným používáním hnojiv. Příkladem postižených oblastí je jižní a jihovýchodní část Jihomoravského kraje, Haná, Polabí, Střední Čechy aj. Ale obecně všechny mělké zvodně mohou mít s dusičnany problémy (Josef V. Datel 2008). V posledních desetiletích také narůstá obsah dusičnanů v řadě jímacích zařízení v české křídové pánvi (Jiří Bruthans, Renata Kadlecová 2005). Jedním z rozhodujících činitelů je klimatický a půdní charakter oblasti (vysoké teploty, nízké srážky, písčité provzdušněné půdy...) V přírodních vodách se množství dusičnanů mění v závislosti na vegetačním období. Ve své maximální koncentraci se vyskytují v zimě (kdy se vyluhují z půdy, protože jsou velmi málo zadržovány v sorpčním půdním komplexu). V letním období jsou naopak odčerpávány vegetací. Minima a maxima také závisejí na způsobu pěstování půdy. V železnatých vodách bývá obsah dusičnanů menší, pravděpodobně vzhledem k jejich možné redukci. Velká koncentrace dusičnanů a dusitanů bývá charakteristická v podzemních vodách v oblastech s borovými lesy (písčité, dobře provzdušněná půda obsahující kmety nitrifikačních bakterií a bakterií schopných fixovat elementární dusík). Speciálním případem jsou akátové porosty, které jsou schopné asimilovat elementární dusík včetně jeho sloučenin a

tvoří pak zvláštní dusíkatý humus. Svým vymýváním pak obohacuje dusíkem podzemní vody. Naopak je tomu u smrkových a dubových porostů. Většina minerálních vod je na dusičnany chudá. Vyjímky však existují a jsou to například lokality síranových vod v českém masivu (Bylany, Zaječice) nebo lokality jihovýchodně od Brna (Šaratice). Dusičnany jsou konečným produktem mineralizace organicky vázaného dusíku a za oxických podmínek jsou stabilní. V půdě nejsou téměř vůbec zadržovány a infiltrací snadno pronikají i do vzdálených míst. Dusičnany obsažené v odtocích z biologických čistíren odpadních vod mají charakter sekundárního znečištění, protože mohou být v povrchových vodách příčinou nadměrného rozvoje řas a sinic. Při biochemických přeměnách podléhají dusičnany ve vodách zejména redukci na dusitany až elementární dusík, popř. oxid dusný. Po vyčerpání rozpuštěného kyslíku ve vodě mohou dusičnany dočasně sloužit jako zdroj kyslíku pro biologickou oxidaci organických látek. Kromě biochemické redukce je za určitých podmínek také možná chemická redukce dusičnanů, která ve vodě probíhá působením železa a mědi v alkalickém prostředí. Redukce je stimulována sírany a inhibována fosforečnany. Dusičnany sami o sobě jsou pro člověka málo škodlivé. Jejich nebezpečí spočívá v možnosti se přeměnit v trávicím traktu na dusitany a způsobit methemoglobinemii, nebo dusičnanovou alimentární methemoglobinemii u kojenců.

#### 4.4. KYANIDY

Výskyt ve vodách: vyskytují se jako jednoduché HCN, CN<sup>-</sup> nebo jako komplexní.

Pokud se ve vodách vyskytují nejsou přirozeného původu. Pocházejí z průmyslových odpadních vod jako např. z galvanoven či z tepelného zpracování uhlí. Jednoduché a některé méně stabilní komplexní kyanidy podléhají ve vodách chemickým a biochemickým rozkladům (hydrolyze a oxidaci). Rozkladu pomáhá přítomnost oxidu uhličitého ve vodě. Konečnými produkty jsou hydrogenuhličitan a amoniakový dusík:



Jednoduché kyanidy jsou velmi toxické (HCN, CN) stejně jako komplexní kyanidy Cd, Zn a Cu, mezi středně toxické bychom mohli uvést komplexní kyanidy Ni a slabě toxické jsou komplexní kyanidy Fe a Co.

#### 4.5. KYANATANY

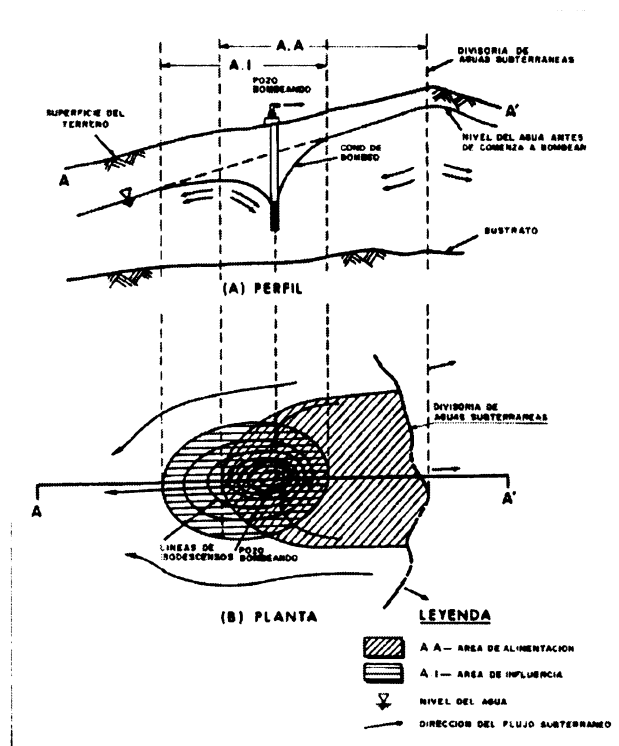
Kyanatany přítomné ve vodách nejsou přirozeného původu. Vznikají při chemickém čištění kyanidových odpadních vod oxidací chlorem nebo při jejich biologickém aerobním čištění. Jsou asi tisíckrát méně toxické než volné kyanidy. V alkalickém prostředí jsou poměrně stálé. V neutrálním a kyselém prostředí podléhají hydrolyze podle reakce:



### 5. URČENÍ ZRANITELNÝCH OBLASTÍ A OCHRANNÝCH PÁSEM

5.1. Termín “zranitelnost podzemních vod” (Jean Margat, konec šedesátých let). Tento koncept přijímá, že systém “hornina/půda/voda” se může samočistit, případně kontaminaci časem ředit. Proto se zranitelnost podzemních vod může popsat jako schopnost systému ubránit se kontaminaci. Kontaminaci pak můžeme popsat pomocí:

- charakteru znečištění (jeho stálost a pohyblivost)
- rozšíření znečištění (způsob úniku a hloubka kde se nachází)
- odolnost znečištění (jeho typ, postižená oblast, odhad trvání)



Obrázek 4 Model znečištění vrtu (Delia Rodríguez Oroz 2005)

## 5.2. Obecné složení podzemních vod

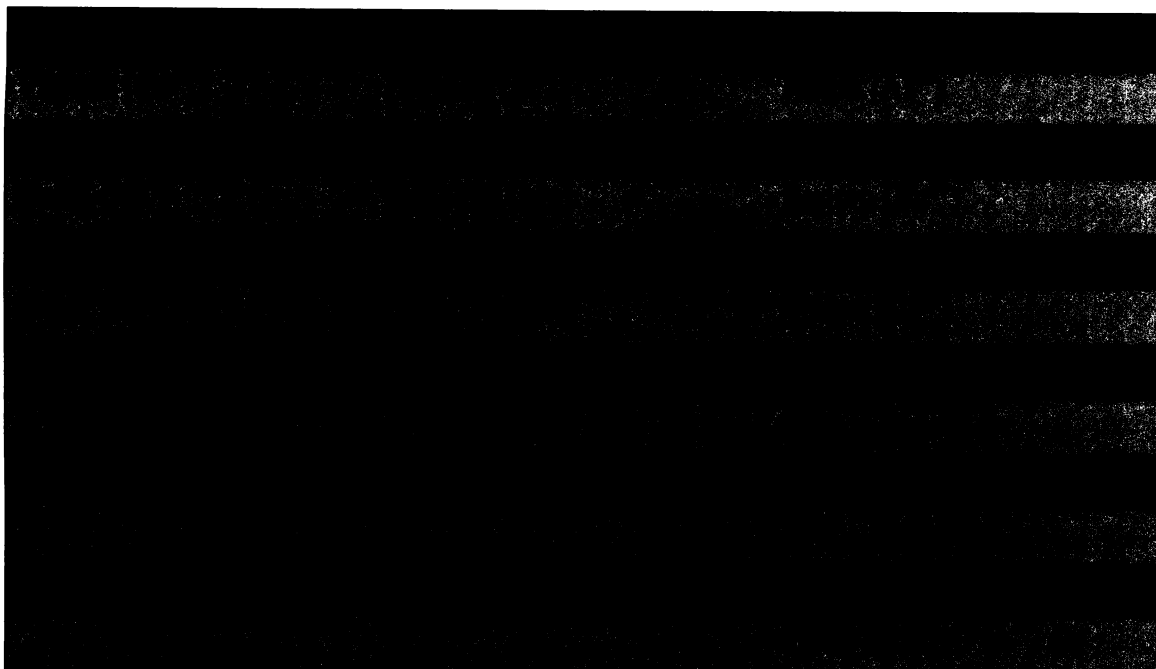
Přirozené složení podzemních vod závisí na:

- Původním složení vody v pórech
- složení vody infiltrované z povrchu
- typu horniny a složení půdy
- chemických reakcí v systému “hornina/půda/voda” v pórech a mikrobiologických procesech

Složky rozpuštěné v podzemních vodách tvoří část geochemického cyklu vody. Všeobecně se může říct, že množství rozpuštěných látek, roste s dobou zdržení podzemní vody. Hornina je erodována a do roztoku uvolňuje prvky. Také rostliny přinášejí organické látky a minerály do podzemních vod. Zvětrávání rychlejší v teplém, vlhkém klimatu a horniny mohou být zvětrávány pomocí:

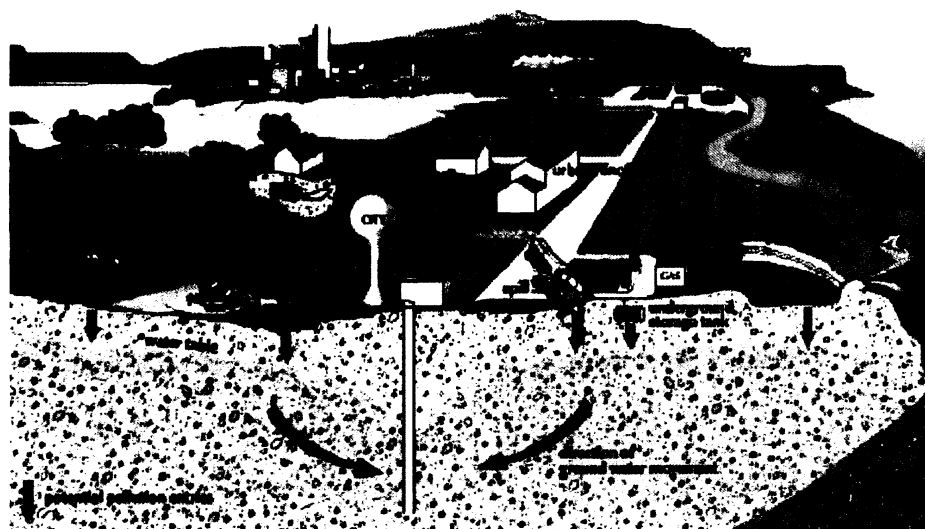
- mechanických sil (led, orba)
- chemickými silami (hydrolýza)

Horninový rozpad se zvětšuje společně s množstvím infiltrace a s velikostí povrchu kontaktu mezi horninou a vodou. Chemické zvětrávání je běžnější v nesaturevané zóně. Z 99 prvků, které tvoří 99,8% Prvků litosféry, atmosféry a hydrosféry se pouze 7 běžně nachází v podzemních vodách. Jsou to hlavní komponenty obsažené v množství větším než 10mg/l (Viz. tabulka). Navíc zde také nalezneme minoritní prvky s koncentracemi 1-10mg/l popsané jako vedlejší složky a složky stopové vystupující v podzemních vodách v koncentraci menší než 1mg.



Tabulka 1 – Chemické složení podzemních vod.

## 6. ZDROJE ZNEČIŠTĚNÍ PODZEMNÍCH VOD DUSIČNANY



Obrázek 5 Možné zdroje znečištění podzemních vod dusičnany (Delia Rodríguez Oroz 2005)

Půda je nereaktivnější část ze systému "půda/hornina/voda". Krátký oběh vody v této části ji dělá náchylnější ke kontaminaci. Procesy půdním systémem se podrobně zabývá Miroslav Kutílek ve své práci Vodohospodářská pedologie a některé jejich stručné charakteristiky byly již uvedeny v kapitole 3. Proces disperze ředí koncentraci znečištění. Díky hydrodynamické disperzi se koncentrace kontaminačního mraku zmenšuje se vzdáleností od zdroje. Disperze je větší je-li větší i rychlost toku podzemní vody a spolu s heterogenitou akviferu. Chemické reakce jako je absorpce/desorpce, výměna iontů, mohou zrychlit či zpomalit rychlost postupu znečištění. Absorpce a desorpce jsou charakteristikou tzv. "koeficientu distribuce", který vyjadřuje stupeň adsorpce kontaminantů na zrna půdy a zbytkovou koncentraci v podzemní vodě na 1mm. Rozdělení tohoto koeficientu se může použít k určení zpoždění pohybu čela kontaminace (Fetter, 1994). Chemické organické sloučeniny mohou být rozloženy mikroorganismy na sloučeniny jednodušší. Příkladem je dusík "amonné ionty" vstupující do prostředí při použití fertilizantů. Část dusíku uvolněného tímto způsobem je využita rostlinami, avšak mezi 30 a 70 procenty spotřebovaného farmaky se nachází v podzemí (Frissel 1977).

Možné zdroje znečištění dusičnany:

Organický dusík: Splaškové odpadní vody, odpady ze zemědělských výroby (močůvka, siláž), rozklad biomasy odumřelých mikroorganismů.

Anorganický dusík: splachy ze zemědělsky zpracovávané půdy hnojené minerálními dusíkatými hnojivami, atmosférické vody, některé průmyslové odpadní vody.

### 6.1. SPLAŠKOVÉ VODY:

Kontaminace ze splaškových a fekálních vod má řadu rysů shodnou se skládkami komunálního odpadu. V nesaturevané zóně kde je redukční prostředí dochází k rozkladu organického dusíku na amoniakový. Tekutý odpad z jímky pak teče do drénového pole kde je oxidační prostředí. Zde dochází k nitrifikaci amoniaku na dusičnany tzv. redoxní zonalita v podloží skládky.

## 6.2. ZEMĚDĚLSKÉ ZNEČIŠTĚNÍ:

Přestože se v zemědělství využívá velké množství podzemní vody, jsou právě zemědělské aktivity jedním z hlavním znečišťovatelem podzemních vod ( Luis Ribeiro et al. 2003). Hlavním kontaminantem jsou dusičnany, které pronikají do podzemních vod z umělých a živočišných hnojiv. Člověk díky zemědělství a chovu dobytka mění přírodní cyklus dusíku hned několika způsoby. Například je spočítáno, že intenzivní zemědělství přináší do půdy 3 až 10krát víc dusíku v jeho rozpustnějších formách ( $\text{NO}_3^-$ ) a ( $\text{NH}_4$ ) (Delia Rodríguez 2005) , Proto pokud toto množství není použito pěstovanými plodinami v krátké době po jeho aplikaci, dusičnany zůstanou v půdě a mohou být odneseny a kontaminovat podzemní vody, řeky etc.

Zúrodnování dusíkem může využít buď chemických hnojiv nebo živočišného odpadu z farem. Výběr by měl odpovídat využití rostlin, typu podloží a chemickou podobou N obsaženou v hnojivu. Hnojiva využívají buď dusík organického či anorganického původu, jejich chování a výživnost však není stejná. Při použití hnojiv minerálního složení, se počítá dodávané množství aby vzniklo co největší využití dusíku a aby se zamezilo ztrátám. (Průměrné využití dusíku z minerálních hnojiv je kolem 80%). Proto tento typ hnojiv představuje menší riziko kontaminace než jsou hnojiva obsahující dusík organického původu (využití dusíku z mrvy je velmi nízké, kolem 30%). U tohoto produktu bez nákladů se navíc často při použití nezvažuje využití na maximum ani jaké je maximální použitelné množství. Takovýmto nekontrolovaným způsobem se dosáhne, že množství dusičnanů 3krát převyšuje potřeby rostlin a kontaminace podzemních vod je prakticky nevyhnutelná (Delia Rodríguez 2005).

## 7. OCHRANA PODZEMNÍCH VOD

V podzemních vodách, které nepředstavují výrazně redukční prostředí, jsou dusíkaté látky ve formě dusičnanů. Dusičnany jsou v podstatě konzervativní kontaminant, protože beze změny oxidačně-redukčního potenciálu podzemní vody jsou ve zvodnělém kolektoru neomezeně distribuovány. To znamená, že jakmile je dusík transporován do hydrogeologického kolektoru je velmi obtížné jej odstranit (Jitka Novotná, Tomáš Kvítek

2005). Nejlepší způsob jak zabránit znečištění je zamezit veškerému typu aktivit, které ho mohou způsobit v drenované oblasti. V České republice je podle zákona o vodách č.254/2001 Sb. Možno některým územím s významnými přirozenými akumulacemi vod přiznat zvýšenou ochranu vod. Jsou to tzv. CHOPAV(Chráněné oblasti přirozené akumulace vod). Jsou v nich zakázané činnosti, které by mohly dlouhodobě negativně ovlivnit kvalitu vod, jako např. Zakládání skládek nebezpečných odpadů, zákaz výstavby průmyslových provozů používající látky škodlivé vodám, těžba surovin a jiné. Na základě návrhu státního vodohospodářského plánu bylo v 70.letech uznáno 6 oblastí tohoto typu.

K ochraně konkrétních zdrojů se vyhláší tzv. Ochrana pásma zdrojů vod. Jejich provoz a vyhlášení se řídí vyhláškou ministerstva životního prostředí ČR č.137/1999 Sb. Ochrana pásma má tak za úkol kvantitativní a kvalitativní ochranu vod.

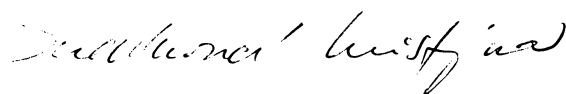
U menších zdrojů pro individuální zásobování je ochrana často zajištěna pouze na úrovni obecné ochrany vod a řídí se především ČSN 75 7115.

## 8. ZÁVĚR

Problém znečištění dusičnany začal vystupovat do popředí v posledních desetiletích. Během tohoto období byly v platnost uvedeny různé zákony a směrnice například zmiňovaná "nitratová směrnice", které mají regulovat používání dusíkatých hnojiv a tak ochránit další oblasti před znečištěním. Zároveň bylo napsáno množství prací popisujících chování dusíkových sloučenin v podzemních vodách a mým cílem bylo popsat hlavní sdělení těchto prací. Je těžké hodnotit, jak moc se mi to zdařilo, má práce by zřejmě mohla být mnohonásobně obsáhlejší. Nicméně budeme-li se i nadále zabývat tímto tématem a předsevzeté cíle z evropských směrnic budou dodržovány není nepravděpodobné, že v budoucnosti se i problematické oblasti dostanou s obsahem dusičnanů do limity vyhlášky pro pitnou vodu (ze dne 22.4.2004 252/2004Sb.) pod 50 mg/l.

V Praze 4.9.2008

**Kristýna Dudíková**





## 9. POUŽITÁ LITERATURA:

Hem J.D (1989): Study and chemical interpretation of characteristic of natural water. 3rd ed. Alexandria, VA: Department of the Interior, U.S. Geological Survey, Water-Supply Paper 2254

Ondřej Šráček, Josef Datel, Jiří Mls (2002): Kontaminační hydrogeologie. Nakladatelství Karolinum, Praha, 237str. ISBN 80-246-0512-X

Pavel Pitter (1990): Hydrochemie. SNTL, Praha, 568str. ISBN 80-03-00525-6

Delia Rodríguez Oroz(2005) : Contaminación de aguas subterráneas por nitratos. Facultad de ciencias, Universidad de Zaragoza, Zaragoza 2002, 39 str.

European comission: environment, directive 91/676/EEC,  
<http://ec.europa.eu/environment/water/water-nitrates/directiv.html> 4.9.2008

Zásady správné zemědělské praxe zaměřené na ochranu vod před znečištěním dusičnany ze zemědělských zdrojů,  
<http://www.agpm.iol.cz/Zasady%20spravne%20zemedelske%20praxe.htm> 4.9.2008

R. Allan Freeze, John A. Cherry (1979): Groundwater. ISBN 0-13-365312-9

C. W. Fetter (2001): Applied hydrogeology. 4th edition, ISBN 0-13-088239-9

Patrick A. Domenico, Franklin W. Schwartz (1990): Physical and chemical hydrogeology. 2nd edition, ISBN 0-471-59762-7

David K. Todd, Larry W. Mays (2005): Grounwater hydrology. 3rd edition, ISBN 0-471-45254-8

G. Matthes, S. S. D. Foster, A. Ch. Skinner (1985): Theoretical background, Hydrogeology and practice of Groundwater Protection Zones. 204 str. ISBN 3-922705-10-3

Jaroslav Vrba, Alexander Zaporozec (1994): Guidebook on mapping Groundwater Vulnerability. 131 str. ISBN3-922705-97-9

Anca Marina Marinov, Florina Cristina Marcu (1998): The influence of irrigation on the groundwater pollution by nitrogen compounds. In: Mike Herbert, Karel Kovar(Eds.) (1998):Groundwater quality 1998: Remediation and protection. TGA, C36, 1998.

Luis Ribeiro, Elizabete Serra, Eduardo Paralta, Joao Nascimento (2003): Nitrate pollution in hardrock formations: vulnerability and risk evaluation by geomathematical methods in Serpa-Brinches aquifer, South Portugal. In: Jiří Krásný, Zbyněk Hrkal, Jiří Bruthans(Eds.) International Conference on Groundwater in fractured rocks, 2003 Prague.

Benjamin Blank, Ralph Meissner, Tina Neef, Gerhard Strauch, Gunnar Nuetzmann (2006): Investigating heterotrophic denitrification in shallow groundwater of the Schaugraben catchment, NE Germany. In: Karel Kovář, Zbyněk Hrkal, Jiří Bruthans(Eds.), International Conference on Hydrology and ecology: The groundwater/Ecology Connection, Karlovy Vary 2006.

N. Borges, G. Strauch, M. Rode (2006): A stable isotope study of nitrate input and turnover in a lowland agriculture drainage system. In: Karel Kovář, Zbyněk Hrkal, Jiří Bruthans(Eds.), International Conference on Hydrology and ecology: The groundwater/Ecology Connection, Karlovy Vary 2006.

Miroslav Kutílek (1978): Vodohospodářská pedologie. SNTL/ALFA

Jitka Novotná, Tomáš Kvítek (2005): Syntetická mapa zranitelnosti půdy a horninového prostředí jako součást řešení problematiky dusičnanů v podzemních vodách. In: sborník XII: národního hydrogeologického kongresu, Podzemní voda jako cenný přírodní zdroj, hlavní médium přenosu látek a důležitý aspekt inženýrské výstavby, České Budějovice 2005.

Jiří Bruthans, Renata Kadlecová (2005): Využití freonů (CFC 11, 12, 113), SF<sub>6</sub> a tritia pro určení zastoupení recentních vod kontaminovaných dusičnany v české křídové pánvi (jímací

území Litá a Řepínský důl). In: sborník XII: národního hydrogeologického kongresu, Podzemní voda jako cenný přírodní zdroj, hlavní médium přenosu látek a důležitý aspekt inženýrské výstavby, České Budějovice 2005.

Nicholas P. Riess, Wairimu A. Muia, Jonathan W. N. Smith, A. Mark Osborn, Steven F. Thorton (2007): Assessing the Nitrogen Attenuation Capacity of a Hyporeic Zone in a Lowland River Catchment. In: L.Ribeiro, A.Chambel, M. T. Condesso de Melo(Eds.), XXXV IAH CONGRESS Grounwaterand ecosystems, Lisbon 2007