

UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE

PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA

Ústav hydrogeologie, inženýrské geologie a užité geofyziky

**ZNEČIŠTĚNÍ PODZEMNÍCH VOD V SEVERNÍ ČÁSTI
TŘEBOŇSKÉ PÁNVE**

Bakalářská práce

Libor Pinter

Veselí nad Lužnicí, červenec 2006

HYDROGEOLOGIE
KONTAMINACE
PODZEMNÍ VODY
TŘEBOŇSKÁ PÁNVE
ZNEČIŠTĚNÍ PODZEMNÍCH VOD

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracoval samostatně, pouze s přispěním citované literatury a s ohledem na doporučení vedoucího bakalářské práce a konzultantů.

Souhlasím se zapůjčováním bakalářské práce v knihovně UK, PřF.

ve Veselí nad Lužnicí, 6. srpna 2006

Libor Pinter

Chtěl bych touto cestou poděkovat svému vedoucímu bakalářské práce RNDr. Jaromíru Šantrůčkovi za odborné vedení a Ing. Stanislavu Čurdovi, Csc. za informace, které mi poskytl o daném území.

Abstrakt:

Tato práce se zabývá kontaminací v severní části Třeboňské pánve a koncentrací těchto látek v dané oblasti. V práci jsou popsány oblasti, kde jsou kontaminovány podzemní vody, a případné příčiny těchto kontaminací. Pozornost je kladena na jímací linii Horusice – Dolní Bukovsko, neboť je hlavním zdrojem pitné vody a kvalita této vody je kontaminací ohrožena. V práci jsou rovněž uvedena množství podzemních vod čerpaná v této linii. Zhodnocení velikosti kontaminace dusičnany jsou provedena na základě měřených dat firmy Progeo a je zde využita i databáze Geofondu ČR. Práce nastiňuje geologické a hydrogeologické parametry území severní části Třeboňské pánve. V závěru práce jsou uvedeny tendence vývoje kontaminace podzemních vod.

Abstract:

This work deals with the contamination in the northern part of Třeboň basin and with the concentration of these substances in the area. There are described the areas, where groundwaters are contaminated, and potential causes of the contaminations. There is put emphasis on pumping area Horusice – Dolní Bukovsko, because it's the main source of drinking water and the quality of this water is endangered by the contamination. There are also mentioned the quantities of groundwaters pumped in this area. The evaluation of quantity of the contamination by the nitrates is made by the dates from company Progeo and there is also utilized the database from Geofond ČR. The work demonstrates the geological and hydrogeological parameters in the northern part of Třeboň basin. In the end of the work there are mentioned tendencies of evolution of the contamination of groundwaters.

Obsah

1. Úvod.....	1
2. Charakteristika území	1
2.1. Vymezení území.....	1
2.2. Klimatické poměry.....	2
2.3. Morfologie území.....	2
3. Geologické poměry	2
3.1. Geologická stavba	2
3.2. Tektonika.....	4
4. Hydrogeologická charakteristika	5
4.1. Hydrogeologická prozkoumanost zájmového území	5
4.2. Hydrogeologické poměry	5
4.2.1. Podzemní vody krystalinika jihočeského regionu	5
4.2.2. Podzemní vody v prostoru sedimentární výplně zájmového území.....	6
4.2.3. Infiltrační a drenážní oblasti severní části Třeboňské pánve.....	6
4.3. Zásoby podzemních vod v prostoru pánevních sedimentů	7
4.3.1. Přírozený režim kolísání hladiny podzemní vody	7
4.3.2. Změna zásob podzemních vod v hydrologickém roce 2005	8
5. Současný stav a vývoj kontaminace.....	9
5.1. Kontaminace dusičnany	9
5.2. Ostatní kontaminanty a jejich zdroje	12
6. Modelová simulace šíření kontaminace dusičnany.....	13
7. Závěr	15
Literatura.....	16
Příloha	

1. Úvod

Tato práce se zabývá kontaminanty v severní části Třeboňské pánve a u některých i jejich koncentrací v dané oblasti. Tato oblast je jedním ze tří hlavních jihočeských zvodnělých systémů a má z nich nejmenší objem sedimentů s nejlepší kvalitou podzemní vody. Ta je čerpána v jímací linii Horusice – Dolní Bukovsko a je využívána jako pitná voda. Kontaminace dusičnany zhoršují kvalitu podzemní vody a tím znehodnocují zdroj pitné vody. Znečištění je způsobeno především zemědělskou činností. Mezi tuto činnost patří aplikace a skladování hnojiv a odpady zemědělské výroby. Dusičnany se pak infiltrují díky dešťovým srážkám do podzemní vody.

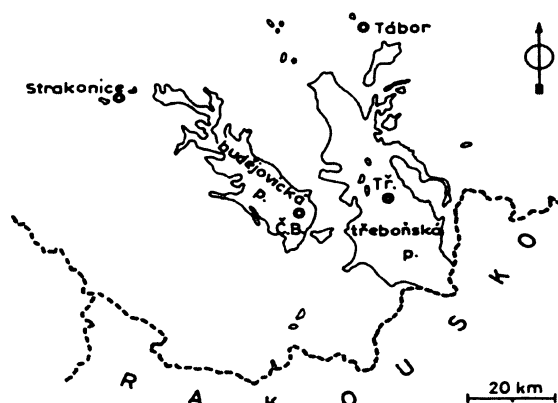
V severní části Třeboňské pánve je hned několik míst s vysokou koncentrací dusičnanů. Nejhorší situace je v okolí Mazelova, kde koncentrace dusičnanů v podzemní vodě v roce 2004 dosahovaly hodnot téměř 120 mg/l. Maximální limit pro pitnou vodu je 50 mg/l.

Ke zpracování bakalářské práce bylo mimo jiné použito i dat získaných v archivu Geofondu ČR a knihovně ČGS.

2. Charakteristika území

2.1. Vymezení území

Třeboňská pánev je jedna ze dvou jihočeských pánví (obr. 1). Její severní část leží na levém břehu řeky Lužnice mezi Bechyní, Veselím nad Lužnicí, Lomnicí nad Lužnicí, Lišovem a Ševětínem. Tato oblast se rozkládá na ploše necelých 300 km².



Obr. 1/ Jihočeské pánve. Třeboňská pánev a Českobudějovická pánev. Převzato z Petránek 1993

Geologicky je zájmová oblast omezená krystalinikem moldanubika na západě, severu a severovýchodě. Na východní straně je pak oblast omezena kvarténními náplavy řeky Lužnice a na jihu jižní částí Třeboňské pánve. Severní část pánve je od jižní části oddělena krystalinickým hřbetem. Celá Třeboňská pánev je protažena ve směru JJV – SSZ.

2.2. Klimatické poměry

Klimatické poměry mají značný význam pro hydrogeologii, zvláště pak určují velikost tvorby přírodních zdrojů. Atmosférické srážky jsou primární zdroj všech vod a jsou významně ovlivněny nadmořskou výškou. Všeobecně se dlouhodobé průměrné roční úhrny srážek zvětšují s rostoucí nadmořskou výškou.

Klima Třeboňské pánve lze charakterizovat jako mírně teplé a mírně vlhké. Průměrná teplota vzduchu zájmové oblasti je 8 °C. Tyto teploty jsou měřeny ve stanici Borkovice a průměr je z let 1990 až 2002.

Průměrné roční srážky v oblasti činí 608,2 mm. Tento průměr je určen z měření od roku 1971 do roku 2000. Srážkové úhrny byly měřeny ve stanici Borkovice. Srážkové úhrny měřené v letech 1999 až 2005 mají průměrnou hodnotu 642 mm a jsou měřené též ve stanici Borkovice (viz tabulka 1). Vyšší hodnota průměrných srážek z let 1999 až 2005 je dána hydrologickým rokem 2002, kdy srážkové úhrny hodnotou 913,5 mm podstatně překročily dlouhodobý průměr (Čurda 2006).

Tabulka 1/ Roční srážky měřené ve stanici Borkovice v letech 1999 až 2005. Převzato z Čurda 2006.

hydrologický rok	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
roční srážkový úhrn [mm]	545,9	564,0	680,5	913,5	540,6	647,2	602,6

2.3. Morfologie území

Reliéf severní části Třeboňské pánve je plochý nebo málo zvlněný. Nadmořská výška se pohybuje od 405 m. n. m. (Veselí nad Lužnicí) do 570 m. n. m. (vrch Baba u obce Ševětín). V drenážních oblastech podzemních vod se vyskytují rozsáhlá rašeliniště jejichž nadmořská výška je v rozmezí 410 až 430 m. n. m.

3. Geologické poměry

3.1. Geologická stavba

Podloží pánve

Podložní horniny Třeboňské pánve patří k českému moldanubiku, které představuje největší

migmatitizovaných pararulách, které patří k jednotce bechyňské ortoruly, která prodělala migmatitizaci. Podloží pánve až k linii Dolní Bukovsko – Veselí nad Lužnicí je tvořeno nemigmatitizovanými sillimaniticko – biotitickými pararulami. V okolí Sodoměřic byly v podloží pánve zjištěny polohy ortorulového typu. Tělesa ortorulového typu jsou také západně od drahotešického zlomu. Západně od Dolního Bukovska se v podloží vyskytují muskoviticko – biotitické pararuly. Na jihovýchod od drahotešického zlomu jsou migmatitizované pararuly, tvořící střední část podloží zájmového území. Ve střední části pánve je v podloží biotitický granodiorit, který se vynořuje z pánevní výplně na mnohých místech v okolí Ševětína a Vitína (Čurda et al. 1985).

Křídové sedimenty

Koncem křídy (senon) se začala tvořit sedimentární výplň pánve. Podstatnou část pánevní výplně tvoří sedimenty svrchního oddílu klikovského souvrství, které je litologicky zastoupeno slepenci, pískovci, jílovitými pískovci, písčitými jílovci a jílovci. Toto souvrství je nejmocnějším souvrstvím v pánvi, u Dolního Bukovska dosahuje své největší mocnosti 145 m. Hydrogeologicky je nejvýznamnějším stratigraficko – litologickým komplexem pánevní výplně (Čurda 2006).

V severní části Třeboňské pánve je svrchní oddíl klikovského souvrství tvořen světle šedými až hnědožlutými, středně až hrubě zrnitými pískovci. Tyto pískovce jsou velmi dobře vytříbené. Typickou složkou je křemen a muskovit, charakteristická je nepřítomnost živců a biotitu (Čurda et al. 1985)

V oblasti mezi Dolním Bukovskem a Klečaty je velká příkopová propadlina, která se na sever a na jih změlčuje. Klikovské souvrství zde má úplný vývoj. Tato propadlina má směr severojižní a v její sedimentární výplni je více kaolinitických pískovců a slepenců než pelitických hornin (Čurda 2006).

Terciární sedimenty

Nejvýznamnější terciární jednotkou je mydlovarské souvrství, které je tvořené miocenními uloženinami. Tyto uloženiny jsou představovány písiky, štěrky a pískovci, které jsou středně zrné až hrubozrné, dále pak zelenými, žlutozelenými a zelenomodrými jíly, často slabě písčitémi a s klastickou příměsí křemene. V mydlovarském souvrství se také vyskytují xylity a diatomity (Čech et al. 1962).

Toto souvrství dosahuje mocností až 100 m (Chlupáč et al. 2002), dělí se na spodní a svrchní část a je druhou největší stratigrafickou jednotkou Třeboňské pánve. Hlavní výskyty třetihorních uloženin jsou příkopové propadliny na východním okraji severní části Třeboňské pánve mezi Lomnicí nad Lužnicí a Veselím nad Lužnicí (Čech et al. 1962).

Kvartérní sedimenty

Při východním okraji severní části Třeboňské pánve jsou nejvíce rozšířeným čtvrtohorním sedimentem fluviální uloženiny, které jsou vázány na tok řeky Lužnice. V dalších částech zájmového území jsou z kvartérních uloženin zastoupeny sprašové hlíny, které jsou navátý na závětrné svahy údolí a na mnohých místech mají praktický význam. Ve větší míře se vyskytují v okolí Černické obory a na severovýchodním okraji zájmového území. Dále se vyskytují u Dolního Bukovska, kde se využívají jako cihlářská surovina (Čech et al. 1962).

Dalším zástupcem kvartérních uloženin jsou v daném území soliflukční sedimenty, splachové hlíny a potoční náplavy. Soliflukční sedimenty jsou nejvíce rozšířeným kvartérním pokryvem na ploše pánevních sedimentů a na okolním krystaliniku. Mají velmi pestrý charakter a je pro ně typická přítomnost úlomků železinců, což jsou silně zpevněné vrstvy horizontu B v silně podzolovaném půdním profilu (Čech et al. 1962).

Nivní a splachové hlíny se vyskytují pouze v okolí větších potoků, jako je Bechyňský potok a Blatská stoka.

Specifickým jevem na území severní části pánve jsou rašeliniště, která se rozkládají mezi Komárovem, Klečaty, Zálším, Mažicemi a Borkovicemi. Uvedená oblast byla těžena závodem Rašelina Soběslav.

3.2. Tektonika

Třeboňská pánev vznikla během saxonské zlomové tektoniky. Hlavní systémy zlomů, které byly aktivní při vzniku a vyplňování pánve, měly směr SZ – JV. Konečnou tektonickou stavbu pak dotvářely zlomy směrů SSV – JJZ a poruchy k nim kolmé (Chlupáč et al. 2002). Pohyby, ke kterým docházelo na těchto zlomech, se opakovaly od mesozoika do terciéru. Zejména jsou významné okrajové zlomy, které na východě a západě omezují pánevní strukturu od okolního krystalinika. Jedná se o drahotěšický zlom, který probíhá východně od Drahotěšic. Tento zlom omezuje pánev na západním okraji. Výška skoku je u Dolního Bukovska přibližně 140 m a směrem k severu a k jihu se výška skoku zmenšuje až na několik metrů (Čech et al. 1962). Dalším významným zlomem je porucha omezující pánev na severovýchodním okraji, která probíhá údolím bechyňského potoka. Výška skoku této poruchy je pouhých 20 – 30 m (Čech et al. 1962). Taktéž východní okraj pánve je omezen tektonickou linií. Tato linie má severojižní směr. Svůj význam mají i zlomy nacházející se uvnitř pánve. Velice významný je mažický zlom probíhající jižně od Mažic. Tento zlom má směr SV – JZ a výšku skoku 20 m (Čech et al. 1962).

4. Hydrogeologická charakteristika

4.1. Hydrogeologická prozkoumanost zájmového území

Zájmové území je hydrogeologicky velmi dobře prozkoumáno. První přehled hydrogeologie jihočeských pánví se zhodnocením využitelnosti podzemních vod podává O. Hynie (1949).

V roce 1959 hodnotí K. Zima hydrogeologické práce v oblasti Horusic a v roce 1961 ukončuje K. Zima závěrečnou zprávou hydrogeologický průzkum u této obce.

V roce 1961 též skončila I. etapa hydrogeologického průzkumu u Mažic. V rámci této etapy byly provedeny a vyhodnoceny čerpací zkoušky v blízkosti závodu Rašelina, n. p. Soběslav, u obce Mažice. Druhá etapa hydrogeologického průzkumu u Mažic skončila v roce 1964 a v rámci této etapy bylo realizováno 14 vrtů v oblasti severně od linie Veselí nad Lužnicí – Sviný, která navazuje na oblast průzkumu u Horusic (Čurda et al. 1985).

V letech 1971 až 1974 došlo k hydrogeologickému výzkumu jihočeských pánví (Krásný 1974). V letech 1972 až 1976 probíhal v oblasti Hodětín – Komárov hydrogeologický průzkum, který měl za cíl stanovit maximální využitelné množství vody v této oblasti (Kněžek 1976).

V rámci hydrogeologického průzkumu dochází v zájmové oblasti k realizování 15 piezometrických vrtů za účelem sledování prostorových tlakových poměrů a jakosti vody. Řešení možnosti symbiózy intenzivní zemědělské činnosti s jímacím územím bylo předmětem účelového hydrogeologického průzkumu ukončeného zprávou (Čurda 1981).

V roce 1985 je dokončen další hydrogeologický průzkum severní části Třeboňské pánve. K tomuto průzkumu se vztahuje zpráva psaná kolektivem autorů (Čurda et al. 1985).

V 80. letech a začátkem 90. let se podrobným sledováním a hodnocením jakosti podzemních vod v zájmovém území zabýval J. Šantrůček. Tyto sledovací práce jsou zakončeny několika zprávami o kvalitě podzemních vod (Šantrůček 1986, 1988, 1991). V 90. letech sleduje kvalitu podzemních vod v zájmové oblasti i F. Chrátka (Chrátka 1991, Chrátka, Jerie 1993).

V letech následujících a takřka do dneška se územím severní části Třeboňské pánve zabývá S. Čurda, jak po stránce jakosti podzemních vod, tak i po stránce bilance zásob podzemních vod.

4.2. Hydrogeologické poměry

4.2.1 Podzemní vody krystalinika jihočeského regionu

Rozlehlá území, tvořená krystalinickými horninami, které jsou petrograficky rozmanité, lze charakterizovat hydrogeologicky jednotně. Jediný regionálně rozšířený kolektor se nachází v

přípovrchové zóně zvětralin, různě mocných kvartérních sedimentů a rozpojení puklin. Mocnost tohoto kolektoru obvykle nepřesahuje několik desítek metrů. Propustnost krystalinických hornin do hloubky všeobecně klesá. Ovšem i tam může být větší propustnost, a to v místech, která jsou tektonicky postižená. Rozdílná intenzita zvětrání a rozpukání hornin způsobuje značné rozdíly v propustnosti hornin i na krátké vzdálenosti. Různá míra zvětrání a rozpukání hornin vyvolává rozdíly v transmisivitě a propustnosti přípovrchové zóny krystalinika. Průměrná hodnota transmisivity je se pohybuje v řádech $10^{-5} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$ a je uváděna pro všechny horninové typy (Čurda, Krásný 2001).

4.2.2. Podzemní vody v prostoru sedimentární výplně zájmového území

Sedimenty zájmového území jsou charakteristické tím, že v nich dochází k nepravidelnému střídání propustných a nepropustných sedimentů. Zvodněné prostředí v celé jeho mocnosti charakterizujeme jako jediný kolektor, jelikož nelze v zájmovém území spojitě vymezit jednotlivé kolektory a izolátory. Tento jediný kolektor má výrazný rozdíl mezi vertikální a horizontální propustností. V sedimentech pánevní oblasti dochází k proudění podzemní vody především vlivem průlinové propustnosti pánevních sedimentů. Významnější podíl puklinové propustnosti nebyl prokázán. V omezené míře se dá předpokládat existence upřednostňujících směrů proudění podzemní vody. U klikovského souvrství je horizontální průtočnost uváděna v řádech 10^{-4} až $10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$ a koeficienty filtrace v rozmezí 10^{-5} až 10^{-4} m/s (Čurda 2006). V mydlovarském souvrství je horizontální průtočnost uváděna v řádech 10^{-5} až $10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$ (Krásný 1974).

Chemismus podzemních vod sedimentů zájmového území je jednotného typu, prakticky pouze $\text{Ca} - \text{HCO}_3$. Tyto vody mívají celkovou mineralizaci nízkou, někdy v rozmezí pouhých 0,05 až 0,1 g/l (Čurda, Krásný 2001).

4.2.3. Infiltrační a drenážní oblasti severní části Třeboňské pánve

Do pánevních sedimentů se infiltruje podzemní voda ze srážek hlavně v ploše pánevní výplně. Objem podzemní vody, která přiteče do pánve z nesedimentárních okrajů je úměrný rozloze plochy hydrologického povodí. Infiltrovaná podzemní voda pak protéká pánevními sedimenty do hlavní drenážní oblasti Borkovice. V této drenážní oblasti se odvodňují dva hlavní proudy podzemních vod – z jihu a severozápadu. Proud z jižní části zájmového území přitéká od ševětínského granodioritu. Při proudění na sever je tento proud podzemních vod lokálně drenován do rybníků ve východním okraji pánve. Tato drenáž je však významně zmenšena vlivem horusické

jímací linie. Proud podzemní vody přitékající do drenážní oblasti Borkovice ze severozápadu, má počátek v oblasti Černické obory u Sudoměřic. Tyto vody jsou také drenovány a to do Blateckého a Sudoměřického potoka (Čurda 2006).

Významnou nehomogenitou, která ovlivňuje proudění podzemní vody od severozápadu je již zmiňovaný mažický zlom. Tento zlom má významnou hydrogeologickou funkci. Plní nepropustnou funkci a dělí zájmovou oblast na dvě hydraulicky víceméně samostatné oblasti. Každá z těchto oblastí má různou výšku hladiny podzemní vody. Přes mažický zlom dochází k drenáži podzemních vod, přitékajících od severozápadu, do rašelin Mažických blat (Čurda 2006). V hlavní drenážní oblasti Borkovice jsou podzemní vody drenovány především do Blatské stoky mezi Borkovickými blaty a soutokem Blatské stoky s Bechyňským potokem (Čurda 2006).

V příloze 1 je mapa proudění podzemní vody spolu s výškami hladin podzemní vody a významnými odběry podzemní vody v zájmové oblasti.

4.3. Zásoby podzemních vod v prostoru pánevních sedimentů

Zásoby podzemní vody v prostoru pánevních sedimentů jsou závislé na objemu a pórovitosti zvodněného prostředí. Zásoby podzemních vod v pánvi dělíme na dvě části. První část lze považovat za zásoby statické z hlediska velikosti objemu. Zásoby jsou akumulovány pod minimální hladinou podzemní vody. Druhá část zásob se nachází v prostoru, kde dochází ke kolísání hladiny. Tento prostor je střídavě zaplňován a vyprazdňován vodou především vlivem srážkové dotace, která je nerovnoměrná. Tyto zásoby můžeme označit jako dynamické. Poměr statických a dynamických zásob závisí na mocnosti zvodněné zóny. V zájmovém území je prostor statických zásob větší než prostor rozkyvu hladin. Odhadovaný objem podzemní vody v pánevních sedimentech severní části Třeboňské pánve je 0,6 miliard m³ (Čurda 2006).

4.3.1. Přirozený režim kolísání hladiny podzemní vody

Doplňování a vyprazdňování zásob podzemních vod je hlavním důvodem kolísání hladin podzemních vod. K doplňování zásob podzemních vod v prostoru pánevních sedimentů dochází především vlivem srážkové činnosti a následnou infiltrací do pánevních sedimentů. Vyprazdňování zásob podzemních vod ovlivňují odběry podzemní vody. Velikost ovlivnění je závislá na vzájemné hydraulické pozici čerpaných a pozorovaných objektů. Dále je velikost ovlivnění zásob závislá na poměru velikosti odběrů podzemní vody ku velikosti průtoků podzemní vody v odčerpávaném kolektoru za podmínek přirozené srážkové infiltrace (Čurda 2006).

Přirozený režim doplňování zásob podzemních vod a přirozený režim kolísání lze charakterizovat za pomoci dvou cyklů – ročním a víceletém. Roční neboli sezónní cyklus je závislý

na velikosti srážek v průběhu hydrologického roku a na vlivech, které mohou ovlivnit množství srážkové vody, která se infiltruje do pánevních sedimentů. Mezi tyto vlivy patří výpar a vegetační spotřeba půdní vody. V jihočeských pánvích lze říct, že v sezónním cyklu kolísání hladin dosahuje podzemní voda nejnižší hladiny v podzimních až zimních měsících. Naopak nejvyšších hladin podzemní vody je dosaženo v úvodních jarních měsících. Tento vzestup hladin podzemních vod je zapříčiněn jarní srážkovou dotací v mimovegetační období (Čurda 2006).

Víceletý cyklus kolísání hladiny podzemní vody je způsoben rozdílnými srážkovými úhrny a teplotami v jednotlivých hydrologických rocích. V jihočeských hydrogeologických rajonech převládá, tak jako v jiných rajonech v Čechách, tři až sedmiletý cyklus kolísání hladin podzemních vod (Čurda 2006).

4.3.2. Změna zásob podzemních vod v hydrologickém roce 2005

Srážkový úhrn v hydrologickém roce 2005 je oproti dřívějším letům na úrovni dlouhodobého průměru z let 1971 – 2000 měřeného ve stanici Borkovice (tabulka 2). V roce 2004 byly srážkové úhrny s hodnotou 647,2 mm lehce nad dlouhodobým průměrem. Ještě o hydrologický rok dříve byly srážkové úhrny s 540,6 mm pod dlouhodobým průměrem. V roce 2002 byly nadprůměrné srážky. S hodnotou 913,5 mm překračují o více než 50% dlouhodobý průměr z let 1971 – 2000 (Čurda 2006).

V posledních 3 letech dochází ke snižování odběrů v jímací linii Horusice – Dolní Bukovsko z důvodu nižších ročních srážek v daném území. Zatímco v letech 2000 až 2002 byl odběr podzemní vody z jímací linie 122, 120 a 123 l/s, v letech 2003 až 2005 byl odběr podzemní vody v jímací linii Horusice – Dolní Bukovsko 107, 105 a 102 l/s. Přehledné informace o ročních odběrech podzemní vody ukazuje tabulka 2. V tabulce jsou informace jak o jímací linii Horusice – Dolní Bukovsko, tak i o jímací oblasti Nová Ves (Čurda 2006).

Minimum srážek v roce 2003 mělo za následek změnu zásob podzemních vod v průběhu tohoto hydrologického roku. V podzimních měsících téhož roku stoupá hladina podzemních vod vlivem podzimních srážek. Po kulminaci hladin v zimních a jarních měsících následuje pokles hladin u většiny objektů až do začátku hydrologického roku 2004. Poté následuje mírný jarní vzestup hladin podzemních vod, který trvá až do konce hydrologického roku 2004. V hydrologickém roce dochází k navýšení zásob podzemních vod nad mažickým zlomem vlivem průměrných srážkových úhrnů a vlivem snížení čerpaného množství podzemní vody. V oblasti mezi mažickým zlomem a jímací linií Horusice – Dolní Bukovsko jsou zásoby podzemních vod přibližně stejné (Čurda 2006).

Tabulka 2/ Množství podzemní vody čerpané v jímací linii Horusice – D. Bukovsko a jímací oblasti B4 Nová Ves. Převzato z Čurda 2006.

Hydrologický rok	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Jímací linie Horusice-D.Bukovsko [l/s]	109	122	120	123	107	105	102
Jímací oblast B4 Nová Ves [l/s]	7	9	14	13	13	12	11
Odběry celkem	116	131	134	136	120	117	113

Na informacích z této podkapitoly je vidět, o jak velký zdroj podzemní vody se jedná, a o to více je třeba ho chránit před jakýmkoliv znečištěním.

5. Současný stav a vývoj kontaminace

5.1 Kontaminace dusičnany

Kontaminace ohrožuje přirozenou jakost podzemních vod v regionu severní části Třeboňské pánve. Znečištění je způsobeno především zemědělskou činností včetně návazných a pomocných provozů a skladů spojených se vstupy, výstupy a odpady zemědělské výroby. Z lokálních zdrojů znečištění jsou nejzávažnější uvedeny v tabulce 3.

Tabulka 3/ Oblasti s vysokými koncentracemi dusičnanů v podzemní vodě. Převzato z Čurda 2006.

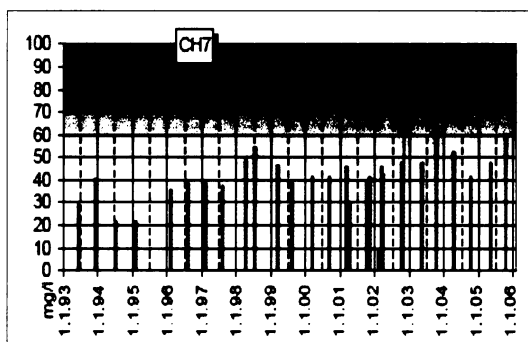
Oblast	pravděpodobná příčina
SV okraj pánve v okolí Vlastiboře	není jednoznačná – pravděpodobně kombinace skladování a aplikace hnojiv – starší zátěž
SZ okraj pánve mezi Sudoměřicemi u Bechyně a Dolním Bukovskem + oblast Panského kopce	aplikace umělých hnojiv a kejdy – současná zátěž
oblast Dynín	sklad umělých hnojiv – nová, ale pravděpodobně především starší zátěž
oblast Mazelov – Neplachov	aplikace kejdy – současná zátěž

První oblast kontaminace v okolí Vlastiboře ohrožuje v současné době podzemní vody v oblasti mažických blat. Tyto vody patří mezi nejkvalitnější. Znečištění je v současné době zaznamenáno ve vrtech na okraji blat (Čurda 2006).

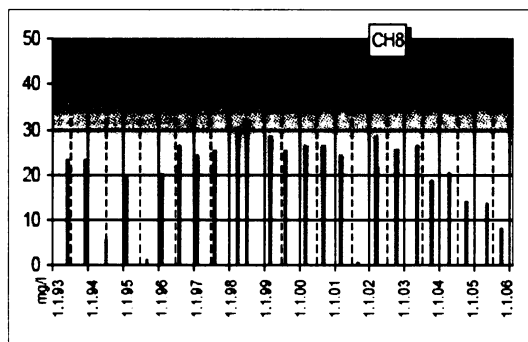
V území nad mažickým zlomem, tj. v nejsevernější části zájmového území, v okolí

Koncentrace byla zjišťována z vod odebraných z vrtů Ch7 (obr. 2) a Ch8 (obr. 3). Ve vrtu V23 Vlastiboř, který slouží pro vodárenské účely, se koncentrace NO_3^- v roce 2001 pohybuje kolem hodnoty 50 mg/l, což je hygienický limit pro pitnou vodu. V roce 2003 koncentrace dusičnanů ve vrtu V23 Vlastiboř několikrát přesáhly povolenou hranici 50 mg/l (obr. 4) (Čurda 2006).

Druhá oblast mezi obcemi Sudoměřice u Bechyně a Dolním Bukovskem má zvýšené koncentrace v rozmezí 15 – 20 mg/l až 50 mg/l. Na těchto zvýšených koncentracích má zřejmě podíl jak přitékající voda z krystalinika, tak i infiltrace přímo v pánvi mezi Hartmanicemi, Zálším, Mažicemi a Horním Bukovskem. Dalším možným zdrojem kontaminace je infiltrační oblast tvořená vyvýšeninou mezi Blatskou stokou a Olešenským potokem, která je nazývána Panský kopec. Zdrojem kontaminace je pravděpodobně plošná aplikace umělých hnojiv a kejdy. K této kontaminaci pravděpodobně přispívají lokální zdroje kontaminace na okraji pánve a v krystalinku v místech živočišné výroby (Čurda 2006).



Obr. 2/ Koncentrace NO_3^- ve vrtu Ch7 Mažice.
Převzato z Čurda 2006.

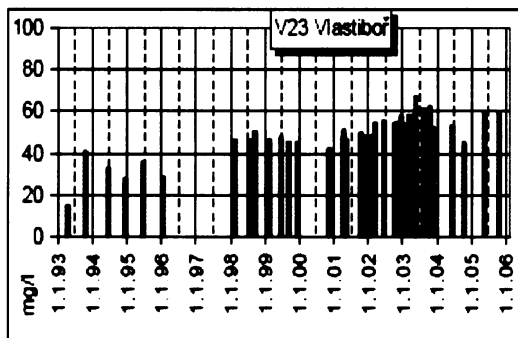


Obr. 3/ Koncentrace NO_3^- ve vrtu Ch8 Mažice.
Převzato z Čurda 2006.

Vysvětlivky k obr. 2 a obr. 3

sloupce (koncentrace)

- černé koncentrace do 10 mg/l
- modré koncentrace od 10 mg/l do 50 mg/l
- červené koncentrace větší než 50 mg/l
- zelené stanovení CGS



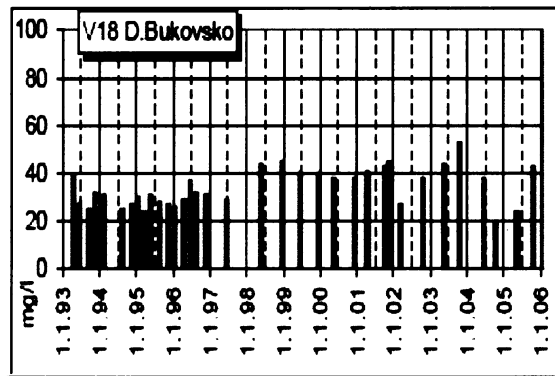
Obr. 4/ Koncentrace NO_3^- ve vrtu V23 Vlastiboř.
Převzato z Čurda 2006.

Vysvětlivky k obr.4

sloupce (koncentrace)

černě	koncentrace do 10 mg/l
modře	koncentrace od 10 do 50 mg/l
červeně	koncentrace větší než 50 mg/l

V letech 1998 – 2002 lze v oblasti Hartmanice – Dolní Bukovsko konstatovat ustálený setrvalý trend kontaminace dusičnany. Pouze v roce 2001 se jeví jako spíše vzestupný s koncentracemi NO_3^- do 20 mg/l ve vrtu B11 - Hartmanice, nad 20 mg/l ve vrtu Hv1 – Hartmanice. V okolí Dolního Bukovska byly koncentrace NO_3^- vyšší. Ve vrtu V18 Dolní Bukovsko v roce 2003 byla zjištěna koncentrace NO_3^- do 60 mg/l a v roce 2005 byla tato koncentrace do 40 mg/l (obr. 5) (Čurda 2006).



Obr. 5/ Koncentrace NO_3^- ve vrtu V18 D. Bukovsko
Převzato z Čurda 2006.

Vysvětlivky k obr. 5

sloupce (koncentrace)

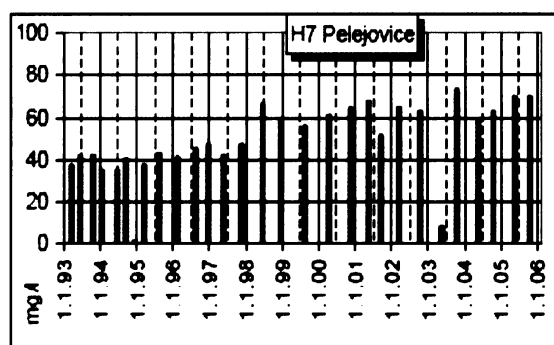
černě	koncentrace do 10 mg/l
modře	koncentrace od 10 do 50 mg/l
červeně	koncentrace větší než 50 mg/l

Třetí oblast, kde se nacházejí vysoké koncentrace dusičnanů v podzemních vodách, je místo mezi Mazelovem a Neplachovem. Předpokládaným zdrojem kontaminace je hlavně plošná aplikace kejdy z velkovýkrmny vepřů, která se nachází v Mazelově, dále plošná aplikace umělých hnojiv a pravděpodobně i lokální zdroje kontaminace v místech živočišné výroby (Čurda 2006).

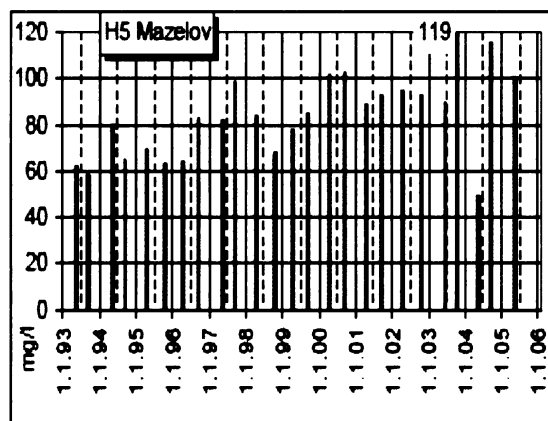
V oblasti mezi obcemi Pelejovice, Neplachov, Ševětín a Mazelov je zřetelná tendence zvyšování koncentrací dusičnanů. Ve vrtu H7 Pelejovice jsou koncentrace dusičnanů v podzemní vodě vyšší než 60 mg/l (obr. 6). Tyto hodnoty odpovídají přibližně průměru z let 1998 – 2002 a 2005. Koncentrace dusičnanů v podzemní vodě, které byly měřeny ve vrtu H5 Mazelov, dosahovaly

v roce 2005 hodnot přibližně 100 mg/l. V roce 2004 dosahovaly koncentrace dusičnanů nejvyšších hodnot měřených na vrtu H5 Mazelov, a to téměř 120 mg/l (obr. 7). Pozorujeme tedy na konci hydrologického roku 2005 mírně poklesový trend koncentrací NO₃⁻ (Čurda 2006).

Čtvrtá oblast je v okolí Dynína, kde lokální kontaminace pochází z areálu ACHP Dynín. Třetí a čtvrtá oblast ohrožují kvalitu nejvýznamnějšího zdroje podzemní vody – jímací linii Horusice – Dolní Bukovsko (Čurda 2006).



Obr. 6/ Koncentrace NO₃⁻ ve vrtu H7 Pelejovice
Převzato z Čurda 2006.



Obr. 7/ Koncentrace NO₃⁻ ve vrtu H5 Mazelov
Převzato z Čurda 2006.

Vysvětlivky k obr. 6 a obr. 7

sloupce (koncentrace)

černé	koncentrace do 10 mg/l
modře	koncentrace od 10 do 50 mg/l
červeně	koncentrace větší než 50 mg/l

V příloze 2 je mapa s umístěním vrtů v zájmovém území.

5.2. Ostatní kontaminanty a jejich zdroje

Podzemní vody v severní části Třeboňské pánve jsou ohroženy nejen dusičnany, ale i jinými kontaminanty z různých zdrojů. Mezi největší znečišťovatele patří již zmíněná velkovýkrmná vepřů v Mazelově. V minulosti zde docházelo k únikům již uvedených dusičnanů, dále pak síranů, dusitanů, amonných iontů, organických látek, mastných kyselin a chloridů, které indikovali únik močůvky (Chrátka, Jerie 1993). Dá se předpokládat, že k některým únikům nebezpečných látek dochází i dnes a pokud k nim nedochází, tak je zde alespoň riziko úniku těchto látek. V areálu se též nachází sklad pohonných hmot, který obsahuje další látky, které ohrožují kvalitu podzemní vody

v zájmovém území.

Takových to zařízení, kde se chovají hospodářská zvířata, ať už vepří nebo skot je v severní části Třeboňské pánve více. Namátkou ve Veselí nad Lužnicí, Žišově, Dolním Bukovsku a všechny představují stejné riziko kontaminace podzemních vod.

Dalším znečišťovatelem je ACHP Dynín. V tomto podniku se vyvíjejí krmné směsy, hnojící prostředky a léčiva. V areálu je spousta nebezpečných látek, jako jsou louhy, organické kyseliny, již vyrobené herbicidy, fungicidy a další pro podzemní vody nebezpečné látky.

Další nebezpečí pro podzemní vody severní části Třeboňské pánve představují odpadní a splaškové vody. Tyto vody v sobě mají mimo jiné chloridy, různé organické látky a tím ohrožují jakost podzemních vod. Tyto vody představují nebezpečí, i když jsou kanalizací odváděny do čističky odpadních vod. V některých obydlených místech však veřejnou kanalizaci nemají a taková to voda může pronikat do podzemních vod. Jedná se o Zálší, Klečaty, Mažice, Neplachov a jiné ještě menší vesnice.

Zájmovým územím prochází mezinárodní silnice E55. Po té denně projede tisíce vozidel, ať už osobních či nákladních. Různé úniky ropných látek z těchto vozidel, mohou napáchat nedozírné následky. Další nebezpečí představují nákladní auta, která někdy převážejí nebezpečné látky všeho druhu. Havárie takového auta může napáchat ohromné škody, pokud by se kontaminovaly podzemní vody danou nebezpečnou látkou. Další znečištění též souvisí s provozem na komunikacích. Jsou jimi chloridy, které se dostávají do podzemních vod při zimní údržbě silnic solením. A nebezpečí též představují benzínové pumpy. V daném území se nacházejí dvě. Obě dvě jsou ve Veselí nad Lužnicí a i ony mohou při průsaku ropných látek ohrozit zdroje podzemních vod.

S dopravou souvisí i další možnost kontaminace. Územím prochází hlavní železniční tah Praha - České Budějovice. Vlaky, které zde jezdí převážejí mnohdy nebezpečné látky a stejně jako v silniční dopravě, je i zde riziko havárie.

6. Modelová simulace šíření kontaminace dusičnany

Cílem modelových simulací je, aby byla co největší shoda mezi reálně měřenými hodnotami a modelovými hodnotami. Modelová simulace šíření kontaminace je založena na orientační informaci o zdrojích kontaminace. Kontaminaci předpokládáme na území, kde se nacházejí zemědělsky využitelné plochy. Oblasti lesních a vodních ploch a oblasti bažin a rašelin uvažujeme bez kontaminace dusičnany. Na ploše cca 23 km² v blízkosti velkovýkrmny vepřů Mazelov předpokládáme, že bude aplikována kejda. V ploše areálu ACHP Dynín a Mavela Mazelov je simulována lokální kontaminace. Na základě takových informací je v modelovém řešení

schematizovaná časová a prostorová distribuce zdrojů kontaminace dusičnany dle následujících bodů (Čurda 2006):

1. počáteční podmínkou jsou nulové hodnoty koncentrace dusičnanů
2. na zemědělsky využitelných plochách je od listopadu 1969 simulována kontaminace, jedná se o kontaminovanou srážkovou infiltraci o koncentraci 100 mg/l
3. od listopadu roku 1974 je na ploše, kde se očekává aplikace kejdy, zvětšena koncentrace infiltrovaných srážek z původních 100 mg/l na 400 mg/l a současně začíná simulace lokální kontaminace v areálech ACHP Dynín a Mavela Mazelov

Kontaminace srážkové infiltrace o velikosti 100 mg/l NO_3^- , dále pak kontaminace srážkové infiltrace o koncentraci 400 mg/l v místech předpokládaného rozvozu kejdy a kontaminace lokálního charakteru mající za zdroj ACHP Dynín a Mavelu Mazelov jsou odvozeny za pomoci modelových simulací na základě měřených hodnot koncentrací ve vrtech monitorovacích systémů (Čurda 2006).

Výsledky modelových simulací ukazují, že lokální znečištění dusičnany z areálu ACHP Dynín ovlivňuje kvalitu podzemní vody jen v omezené ploše a znatelně se projevuje jen ve vrtech indikačního systému a ve dvou blízkých vrtech, které jsou na kraji jímací linie Horusice – Dolní Bukovsko. V těchto dvou vrtech je zřejmě kontaminace koncentrována do deprese především vrtu H3, kde se zvyšuje koncentrace dusičnanů o několik mg/l. V případě lokální kontaminace, která pochází ze zdroje Mavely Mazelov, existuje pravděpodobnost, že se lokální kontaminace překrývá s kontaminací plošnou, která byla způsobena aplikací kejdy (Čurda 2006).

Modelové simulace šíření kontaminantů jsou prováděny na základě orientačních informací o zdrojích kontaminace a jejich vývoji v čase. Je patrné, že málo přesné informace se projeví hlavně v objektech relativně hustých indikačních systémů Dynín a Mazelov (Čurda 2006).

V oblasti Mazelov – Neplachov – Pelejovice v období let 1991 až 2003 ukazuje časový vývoj měřených a modelových simulací na více či méně výrazný vzestupný časový trend vývoje koncentrací dusičnanů. Tento vzestupný trend platí i pro vrt V23 Vlastiboř (Čurda 2006).

Výsledky modelových řešení, které simulují stejnou koncentraci srážkové infiltrace již od roku 1975, ukazují, že by v letech 1991 až 2003 měl být trend vývoje kontaminace dusičnany spíše vyrovnaný. Příčinou této neshody mohou být nepřesně zadané málo známé parametry modelového řešení. Přesto je třeba potvrdit či vyvrátit nejpravděpodobnější příčinu. Tou je postupné zvyšování koncentrací dusičnanů ze zdrojů kontaminace v tomto období, které se při modelové simulaci při konstantním zdroji kontaminace neukazuje (Čurda 2006).

7. Závěr

V bakalářské práci je zhodnocena kontaminace dusičnany a jinými kontaminanty v severní části Třeboňské pánve. V současné době jsou na tomto území čtyři oblasti s vysokými koncentracemi dusičnanů v podzemních vodách. Kontaminace v oblasti Vlastiboře ohrožuje velice kvalitní zdroj pitné vody, který se nachází v oblasti mažických blat. Druhá oblast je v okolí Dolního Bukovska. Ve vrtu V18 Dolní Bukovsko je zvýšená koncentrace NO_3^- . V současné době však nepřekračuje hygienický limit pro pitnou vodu. Třetí oblastí je místo mezi Mazelovem a Neplachovem. V této oblasti je situace nejhorší. Ve vrtu H5 Mazelov byla v roce 2005 naměřena koncentrace dusičnanů 100 mg/l. Čtvrtou oblastí je okolí Dynína, kde znečištění pochází z areálu ACHP Dynín. Třetí a čtvrtá oblast ohrožují kvalitu podzemních vod v nejvýznamnějším zdroji, jímací linii Horusice – Dolní Bukovsko.

Kontaminace podzemních vod v severní části Třeboňské pánve vykazuje podle monitorování v posledních letech mírně klesající tendenci. Ovšem v delším časovém horizontu je vývoj koncentrací dusičnanů v nejvíce zatížených oblastech stoupající.

Literatura

- Čech V. et al. (1962): Vysvětlivky k přehledné geologické mapě ČSSR 1 : 200000 M – 33 – XVII
České Budějovice, Nakladatelství Československé akademie věd, Praha
- Čurda S. (2006): Třeboňská pánev – severní část, Bilance zásob podzemních vod a jejich jakosti v hydrologickém roce 2005, Progeo, s.r.o., Roztoky u Prahy
- Čurda S., Petr J., Šantrůček J., Chaloupka J. (1981): Třeboňská pánev-severní část, Závěrečná hodnocení hydrogeologického průzkumu, Vodní zdroje n.p. Praha, Praha
- Čurda S., Krásný J.(2001): Optimální vodárenská exploatace a ochrana povrchových a podzemních vod v jihočeském regionu, Progeo, s.r.o., Roztoky u Prahy
- Čurda S., Petr J., Šantrůček J., Chaloupka J. (1985): Třeboňská pánev – severní část, Závěrečné hodnocení hydrogeologického průzkumu. Vodní zdroje n. p., Praha
- Hynie O. (1949): Vodárensky využitelné vydatné nádrže podzemních vod v Čechách, Státní geologický ústav Československé republiky, Praha: in Čurda S., Petr J., Šantrůček J., Chaloupka J. (1985)
- Chlupáč I., Brzobohatý R., Kovanda J., Stráník Z. (2002): Geologická minulost České republiky, Academia, Praha
- Chrátka F. (1991): Třeboňská pánev severní část – infiltrační oblasti, Vodní zdroje Praha, Praha: in Čurda S. (2006)
- Chrátka F., Jerie R. (1993): Mazelov – indikační systém, Zhodnocení výsledků hydrogeologického průzkumu, Vodní zdroje GLS Praha a.s., Praha
- Kněžek V. (1976): Hodětín – Komárov, Závěrečné hodnocení hydrogeologického průzkumu, Vodní zdroje n. p., Praha: in Čurda S., Petr J., Šantrůček J., Chaloupka J. (1985)
- Krásný J. (1974): Základní hydrogeologický průzkum jihočeských pánví, Ústřední ústav geologický, Praha
- Petránek J., (1993): Malá encyklopedie geologie. Nakladatelství JIH, České Budějovice
- Šantrůček J. (1986): Režimní sledování jakosti vod v severní části třeboňské pánve – I. etapa, Vodní zdroje n.p., Praha
- Šantrůček J. (1988): Režimní sledování jakosti vod v severní části třeboňské pánve – II.etapa, Vodní zdroje Praha, Praha
- Šantrůček J. (1991): Jakost podzemních vod v severní části třeboňské pánve, Vodní zdroje Zličín, Praha
- Zima K. (1959): Zhodnocení stávajících hydrogeologických prací v oblasti Horusic, Vodní zdroje Praha, Praha
- Zima K. (1961): Hydrogeologický průzkum severní části třeboňské pánve u Horusic, Závěrečná

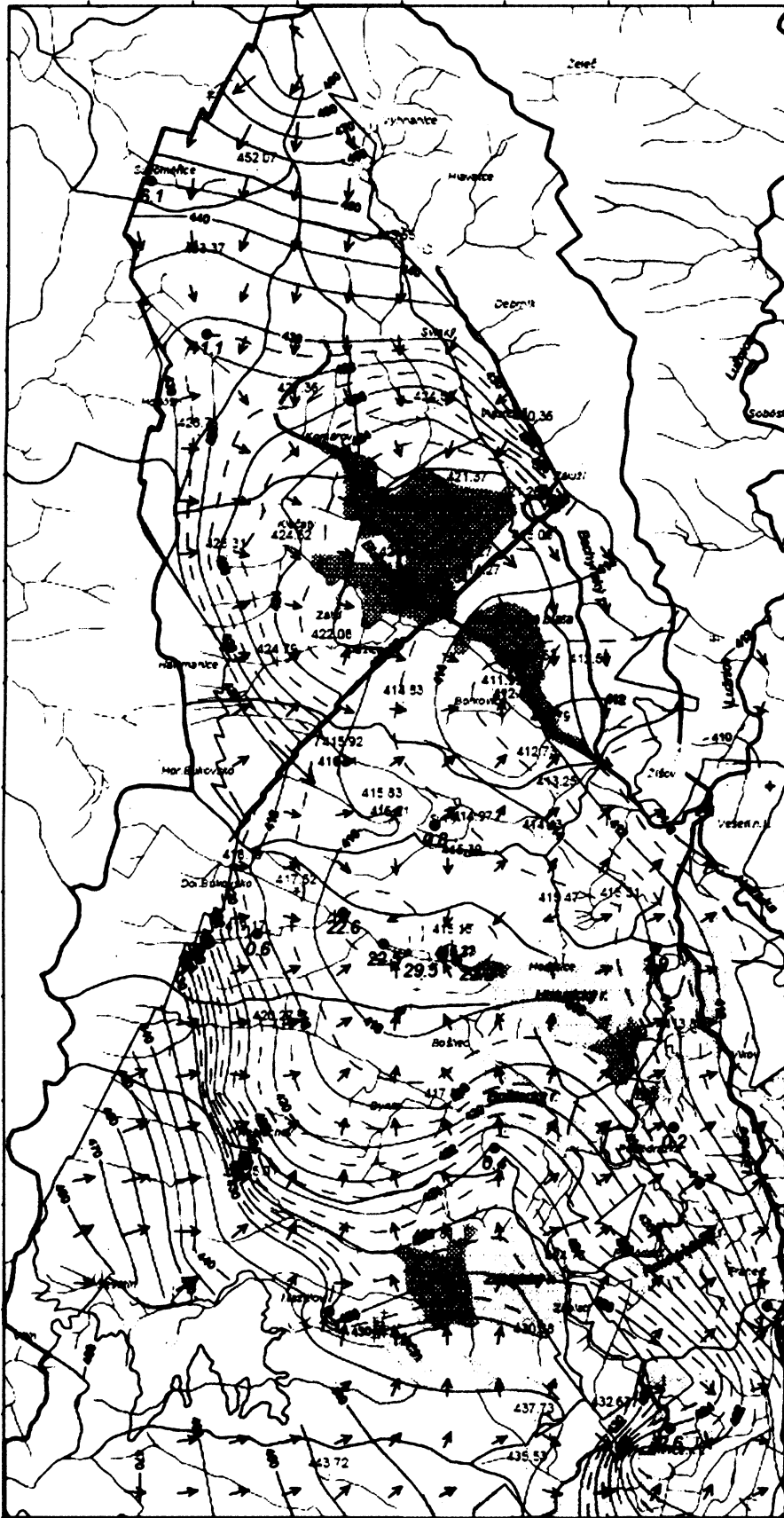
zpráva I. etapy, Vodní zdroje, Praha: in Čurda S., Petr J., Šantrůček J., Chaloupka J.
(1985)

Příloha

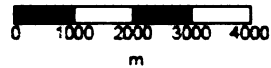
V příloze 1 jsou uvedeny hladiny a směry proudění podzemní vody na konci hydrologického roku 2005 a významné odběry podzemní vody v roce 2005.

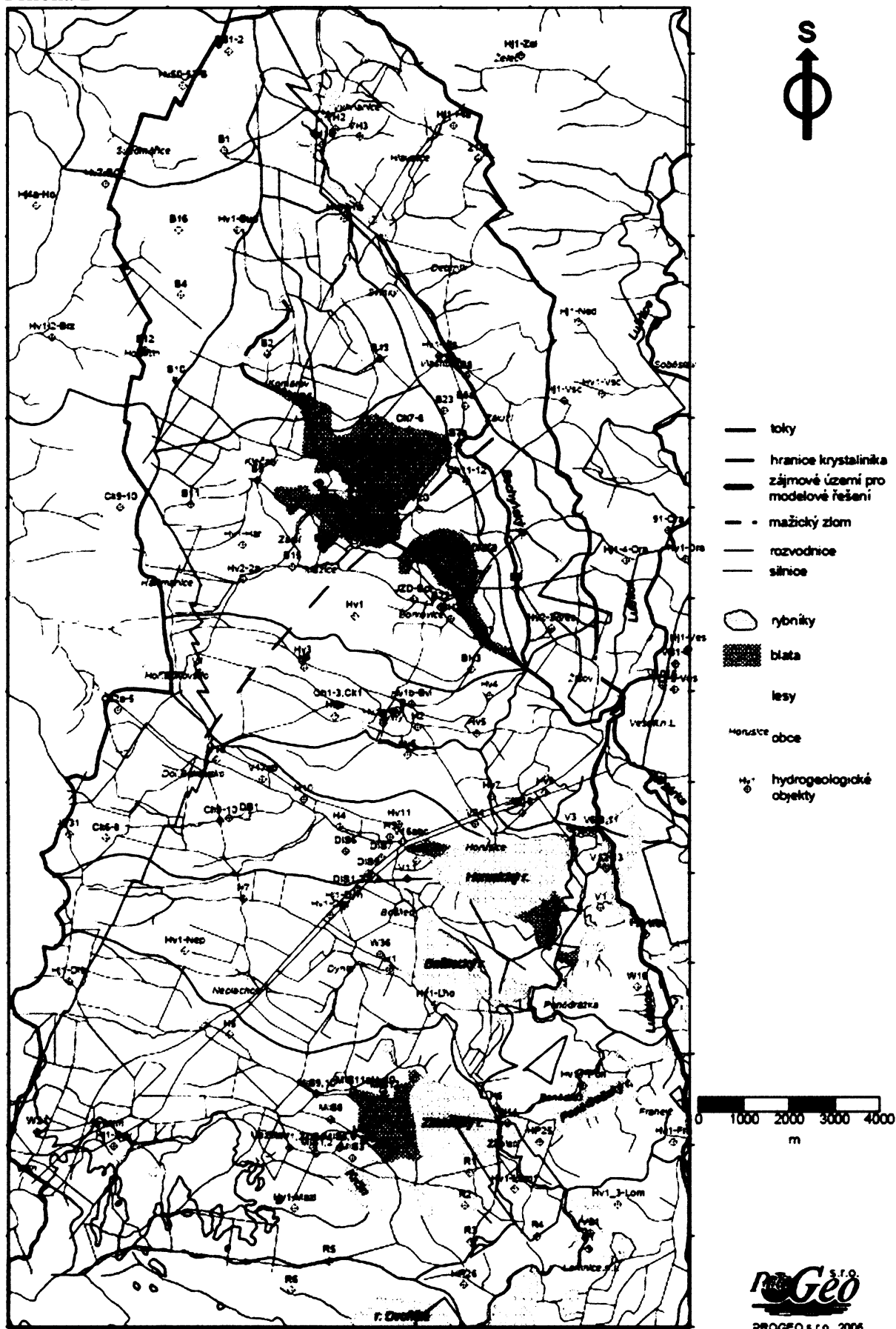
V příloze 2 je základní situace s hydrogeologickými objekty.

Obě dvě přílohy byly převzaty ze zdroje (Čurda 2006).



- S
↑
⊙
- toky
 - hranice krystalinika
 - zájmové území pro modelové řešení
 - - - mažický zlom
 - rozvodnice
 - rybníky
 - ▨ blata
 - ▨ lesy
 - obec
 - 414.28 měřené hladiny na konci hydro. roku 2005
 - 24.4 významné odběry podzemní vody (l/s) r. 2005
 -
 - 414 - hydrozohypsy
 - ↗ směry proudění podzemní vody





Převzato z Čurda 2006.