

Universita Karlova  
přírodovědecká fakulta  
katedra hydrogeologie a inženýrské geologie

# Metodologie vyhledávání vody pro výlučně pitné účely s příkladem aplikace v Káraném

Diplomová práce

**Jeroným Klimeš**

1990

# Vedoucí diplomové práce: Doc. RNDr. Karel Sarga, CSc.

Bude-li této diplomové práce použito ke studijním účelům, je třeba ji řádně citovat.

Záznam o půjčování diplomové práce:

Jméno a příjmení	Adresa	Číslo	OP	Datum výpůjčky

Prohlašuji, že jsem na předložené diplomové práci pracoval samostatně pod vedením svého školitele doc. RNDr. Karla Sargy, CSc. a všechnu použitou literaturu jsem řádně citoval v textu a v seznamu literatury.

Rád bych poděkoval Doc. RNDr. K. Sargovi z katedry hydrogeologie a inženýrské geologie PŘF UK a RNDr. L. Žitnému z Vodních zdrojů Praha za velkou trpělivost a ochotu, se kterou mi poskytli cenné rady a připomínky.

Dále bych chtěl na tomto místě poděkovat svým rodičům, kterým tuto práci věnuji, za vytvoření vlivného rodinného zázemí pro práci a studium.

Mé poděkování patří rovněž všem, kteří jakýmkoli způsobem přispěli k dokončení této práce.

**Jeroným Klimeš**  
jeronym.klimes@seznam.cz

## Obsah

### 0. Předmluva

#### 1. Úvod (původní verze)

##### 1.1. Metodologie – pojem, etymologie

##### 1.2. Historický význam metodologie

#### 1. Úvod - pojem a etymologie metodologie (definitivní verze)

### 2. Vymezení cíle

#### 2.1. Hierarchie cílů, místo geologické metodologie

#### 2.2. Důležitost a naléhavost cíle

#### 2.3. Důležitost vody

#### 2.4. Naléhavost potřeby pitné vody

#### 2.5. Ekonomické a technologické aspekty důležité pro geologa

##### 2.5.1. Balená voda

##### 2.5.1.1. Úpravna v Golčově Jeníkově

##### 2.5.2. Potřebné množství pitné vody

#### 2.6. Zdravotnické požadavky

### 3. Geologická metodologie - výběr lokalit

#### 3.1. Geologická kvalita

#### 3.2. Současná kvalita vody a vývoj kvality vody v minulosti

#### 3.3. Posouzení druhu struktury vzhledem trendu vývoje kvality vody v budoucnu

##### 3.3.1. Tvorba chemismu a stagnace podzemních vod v horninovém prostředí

#### 3.4. Ochrana

##### 3.4.1. Geologická ochrana

##### 3.4.2. Hydraulická ochrana

##### 3.4.3. Umělá ochrana

##### 3.4.4. Monitoring

### 4. Metody průzkumu

#### 4.1. Výběr archivních dat

#### 4.2. Terénní průzkum

#### 4.3. Možnosti kontaminace a přirozená ochrana vybrané struktury

##### 4.3.1. Radionuklidové stáří vody

##### 4.3.2. Extrahovatelné nepolární látky

#### 4.4. Vrtný průzkum

##### 4.4.1. Čerpací a stopovací zkoušky

##### 4.4.2. Stopovací zkoušky v kombinaci s čerpacími

#### 4.5. Zhodnocení výzkumu

### 5. Příklad vyhledávání vody pro výlučně pitné účely - Káraný

#### 5.1. Přírodní poměry

##### 5.1.1. Geologické poměry

##### 5.1.2. Hydrogeologické poměry

##### 5.1.2.1. Ordovické vrstvy

##### 5.1.2.2. Cenomanská zvodeň

##### 5.1.2.2.1. Hydrogeologické charakteristiky

##### 5.1.2.2.2. Chemismus cenomanské vody

##### 5.1.2.2.3. Plynné složky v cenomanské vodě, minerální vody

##### 5.1.2.3. Turonská zvodeň

##### 5.1.2.4. Kvartérní zvodeň

##### 5.1.2.5. Povrchové vody

#### 5.2. Metodologie výzkumu

- 5.2.1. Archivní údaje
- 5.2.2. Kvalita vody a odběry vzorků
- 5.2.3. Ochrana
  - 5.2.3.1. Geologická ochrana
  - 5.2.3.2. Hydraulická ochrana
  - 5.2.3.3. Umělá ochrana
- 5.3. Zhodnocení výzkumu.

6. Závěr - abstrakt

7. Seznam literatury

8. Přílohy

- 8.1. Přehled dostupných rozborů vod
- 8.2. Situace vrtů tzv. artéského křídla
  - 8.3.1. Vysvětlivky k geologickému řezu 8.3.2.
  - 8.3.2. Profil

## 0. Předmluva

Tato diplomová práce je výsledkem mých pětiletých studií na přírodovědecké fakultě University Karlovy, kam jsem se dostal maturitě na Gymnasiu Vimperk. Již z úvodu je zřejmé, že jsem se celá studia věnoval více filosofii a teologii než přírodovědě, i když nemohu říci, že by mě ta škola nebavila. Bavila a hodně mi i dala, ale měl jsem jiné priority. Především jsem se tou dobou chtěl stát knězem, chodil jsem pravidelně každý den, někdy i dvakrát za den ministrovat do kostela. Ale zároveň jsem měl spoustu pochyb, které ke konci studia vyvrcholily dost vleklou náboženskou krizí.

Co se týká konkrétně této práce mám na ni několik vzpomínek stojících za zmínku. Především jsem ji již psal na 8-bitových počítačích. Zprvu IQ151, pak TNS (Slušovice) a CPN

## 1. Úvod (původní verze)

### 1.1. Metodologie - pojem, etymologie

Metodologie přírodních věd je vědní disciplína, která je na pomezí filosofie a přírodních věd. Dá se říci, že formálním předmětem je filosofie a materiálním předmětem je ta která přírodní věda.

Etymologicky je slovo metodologie složeninou řeckých slov  $\mu\epsilon\theta\omicron\delta\omicron\varsigma$  - methodos a  $\lambda\omicron\gamma\omicron\varsigma$  - logos. Slovo původně označovalo řeč, slovo, soud (výrok), úsudek (sylogismus), důkaz. Později se

význam rozšířil i na prosbu, vyprávění ( $\mu\upsilon\theta\omicron\varsigma$  - mythos), nauku ( $\mu\alpha\theta\epsilon\iota\varsigma$  - mathesis), rozum, řád (světový) ap. Společným jmenovatelem této řady významů je zřejmě "to, co umožňuje porozumění", tedy jakkoliv velká nebo malá jednotka smyslu, konkrétní i abstraktní (Kratochvíl

1989). Substantivum je odvozeno od infinitivu  $\lambda\epsilon\gamma\epsilon\iota\nu$  - legein, což původně znamenalo činiti zjevným, zřejmým, později nabývá významu číst.

První slovo  $\mu\epsilon\theta\omicron\delta\omicron\varsigma$  - methodos označovalo cestu, přesně řečeno "cestu k něčemu" (\*). Spojíme-li oba termíny vidíme, že určením metodologie je učiniti zjevnou cestu k něčemu, porozumět cestě k něčemu. Proto metodologie nemůže být pouhý "souhrn badatelských metod používaných v nějaké vědě" (Filosofický slovník 1976).

- - -

\* M. De Maria S.J. ve svém díle *Philosophia peripatetico- scholastica* (vol. I, str. 293, Řím 1913)

μεθοδος  
píše: Si nominis significatio spectatur, graece idem est latine ac cum via et ratione, seu via ad aliquid, et denotat ordinem disciplinae, qui tutius et facilius dirigit ad veritatis assequutionem, quaemadmodum via brevis et expedita facilius et tutius ducit ad terminum.

## 1.2. Historický význam metodologie

Do předmětu zájmu metodologie spadá i vymezení cíle a vymezení vztahu tohoto cíle k jiným, protože metodologie není jen nauka o cestě, ale nauka o cestě k něčemu. Plné pochopení místa a vztahu metodologie k přírodním vědám je nemožné bez pochopení jejího vzniku.

Ve starověku a i ve středověku byl vztah filosofie a přírodních věd právě opačný, než dnes. Kdy se hledí na filosofii jako na něco (nelze říci vědu), kde si každý může říkat, co chce, kde není žádné jistoty, důkazů ap. Empirické vědy se berou za průkazné, neboť kritériem pravdivosti tvrzení se může opřít o empirii - pokus.

Ve středověku však stále žilo přesvědčení, že filosofie je průkazná, (neboť tenkrát byla opravdu budována přísně logicky,) a přírodní vědy, že jsou nedokazatelné, neboť pokusem lze sice vyvrátit pravdivost nějakého názoru, ani sebevětším počtem pokusů nelze dokázat pravdivost obecného tvrzení: Tento problém střetl i R. Carnap, který se vrací ke starému názoru D. Huma (1711-1776), že "přírodní vědy formulují přírodní zákony jako obecné věty. ale obecné věty nejsou verifikovatelné. ... Příklad: Věta "Každá měď vede elektřinu" je obecná přírodovědná věta, jak má být tato obecná věta verifikována? Fakt, že měď vede elektřinu byl dosud přezkoušen pouze na části mědi. Existuje však měď, která v této souvislosti dosud nebyla přezkoušena. Slavným se stal příklad: "Všechny labutě jsou bílé." Je představitelné, že by mohly mít jinou barvu - fialovou, zelenou, černou. A skutečně v Austrálii se posléze našly černé labutě. Podobně je představitelné, že by se mohla najít měď, která by nevedla elektřinu. (Anzenbacher 1987)

Ztráta autority filosofie byla umožněna mimo jiné dvojím: Zaprvé tím, že středověká filosofie upevnila právě logickou výstavbu vědy, kterou v novověku převzala matematika. A za druhé proto, že středověká filosofie narazila na problém, který nebyla sto uspokojivě vyřešit. Popravdě řečeno, je to problém, který dodnes není uzavřen. Je to onen slavný spor o universalie, neboli spor mezi realisty a nominalisty, (dnes se označuje termínem "sémantika predikátu"). Tento problém lze načrtnout jednoduše takto:

řekneme-li: Toto je hornina.

V tomto soudu je subjektem "Toto", tedy konkrétní věc, která existuje nezávisle na nás. O vlastnostech subjektu nebyly ve středověku vedeny vážnější spory. Problém však vznikl ohledně predikátů. Predikát je něco, co připisujeme subjektu, ale co to je? Co je to hornina, co je to tvrdost? Jak to existuje?

Kolem řešení tohoto problému vznikly dvě krajní školy, byla to zmíněná realistická a nominalistická. Z jednoho z realistických řešení problému je možno považovat teorii Platonových idejí, která říká, že obecné pojmy (universalie) existují nezávisle na lidském myšlení. Stejně jako existuje mimo nás tento kámen, tak existuje mimo nás i obecná hornina, obecná tvrdost ap.

Reakcí na tento extrém byl druhý směr, který říkal, že obecné pojmy neoznačují nic. (To je výsledek abstrakce: nic konkrétního ani nic existujícího mimo nás, ergo nic.) Jsou to tedy pouhá jména, latinsky nomina - odtud název směru - nominalismus. Možno ocitovat závěrečnou větu z románu Umberta Eca *Jméno růže*, která je skvělou ukázkou nominalistického myšlení: *Stat rosa pristina nominae, nomina nuda tenemus.* (Bývalá růže existuje jménem, trvá už jen jako jméno, slovo, pouhá jména si pamatujeme, držíme.)

Nominalismus našel zalíbení v přírodních vědách. Pochopitelně: není-li obecné, pak je jen toto zde, a to je možno poznat toliko empiricky, experimentem. Přírodní vědy získali od filosofie logický aparát na svoji výstavbu. A stará filosofie objektu metamorfovala v filosofii subjektu. Není bez zajímavosti, že jméno prvního filosofa novověké filosofie je spojeno se slovem metoda. Zde začíná vítězná cesta metodologie novověkem. Metodologie je visutým mostem nad propastí, která zeje mezi filosofii (metafyzikou) na jedné straně a empirickými vědami na druhé straně. Je novověkým pokusem opět smířit tyto dva rivaly.

Je obecnější vědou, jelikož nepředjímá apriori svůj předmět, nýbrž chce jej odhalit a učiniti zjevnou cestu k němu. Ostatní vědy však mají jméno svého předmětu již ve svém názvu: např. geo-logie, antro-po-logie ap. V tomto pojetí má stejný charakter jako fenome- nologie: "Výraz 'fenomenologie' primárně znamená pojem metody. Necharakterizuje věcné 'CO' předmětů filosofického bádání, ale jejich 'JAK'. Čím ryzeji se jistý metodický pojem projevuje a čím obsáhleji se určuje principiální trend jisté vědy, tím víc se vzdaluje od toho, co nazýváme technickými obraty, kterých je i teoretických disciplínách hodně." (Heidegger 1969)

## 1. Úvod - pojem a etymologie metodologie (definitivní verze)

Metodologie přírodních věd je vědní disciplína, která je na pomezí filosofie a přírodních věd.

Etymologicky je slovo metodologie složeninou řeckých slov  $\mu\epsilon\theta\omicron\delta\omicron\varsigma$  - methodos a  $\lambda\omicron\gamma\omicron\varsigma$  - logos. Slovo původně označovalo řeč, slovo, soud (výrok), úsudek, důkaz. Později se mohl význam podle kontextu přenést i na vyprávění ( $\mu\upsilon\theta\omicron\varsigma$  - mythos), nauku ( $\mu\alpha\theta\epsilon\varsigma\iota\varsigma$  - mathesis), rozum, řád (světový) ap. Společným jmenovatelem této řady významů je zřejmě "to, co umožňuje porozumění", tedy jakkoliv velká nebo malá jednotka smyslu, konkrétní i abstraktní (12).

Substantivum je odvozeno od infinitivu  $\lambda\epsilon\gamma\epsilon\iota\nu$  - legein, což původně znamenalo spojovat, sčítat. V latině pak nabývá významu číst (legere), až posléze Heidegger ve svém díle Bytí a čas vysvětluje jeho význam až ke smyslu činiti zjevným, zřejmým.

První slovo  $\mu\epsilon\theta\omicron\delta\omicron\varsigma$  - methodos označovalo cestu, přesně řečeno "cestu k něčemu" (\*). Spojíme-li oba termíny vidíme, že určením metodologie je učiniti zjevnou cestu k něčemu, porozumět cestě k něčemu. Proto metodologie nemůže být pouhý "souhrn badatelských metod používaných v nějaké vědě" (3). Proto jsem v této práci odmítl takto chápaný pojem metodologie, tj. jako pouhou metodiku či metodografii, ale důsledně se zaměřil na to, aby při výkladu bylo zjevné, proč ten který krok děláme, jaký je jeho význam a proč si jej můžeme dovolit, čím je odůvodněný.

Jedna z nejdůležitějších otázek, které si musíme uvědomit, je platnost obecných empirických soudů. Představme si, že máme zvodeň, o které máme vyslovit obecný výrok, že je antropogenně neovlivněná. Při jakémkoli zkoumání jsme analyzovali toliko několik málo litrů vody z dané zvodně. I když všechny dopadli negativně, přesto je zmíněný soud vzato přísně logicky platný pouze pro těch několik málo litrů z dané zvodně. Pokud vyslovíme obecný soud, že voda ve zvodni je neovlivněná, je to trochu nebezpečné zobecnění z x litrů na x set tisíc litrů. Proto také musíme být vždy na pozoru, když vyslovujeme takový soud. To je problém všech obecných empirických soudů: Nemůžeme přísně logicky potvrdit jejich platnost, ale můžeme jediným pokusem bezpečně vyvrátit jejich pravdivost. Problém se řeší tak, že zkusíme vyvrátit daný obecný soud, když se to nezdaří, předpokládáme, že daný soud je platný.

\* M. De Maria S.J. ve svém díle Philosophia peripatetico- scholastica (vol. I, str. 293, Řím 1913)

píše: Si nominis significatio spectatur,  $\mu\epsilon\theta\omicron\delta\omicron\varsigma$  graece idem est latine ac cum via et ratione, seu via ad aliquid, et denotat ordinem disciplinae, qui tutius et facilius dirigit ad veritatis assequutionem, quaemadmodum via brevis et expedita facilius et tutius ducit ad terminum.

## 2. Vymezení cíle

Téma této diplomové práce nese název metodologie vyhledávání vody pro výlučně pitné účely. Tímto je dán materiální předmět, který určuje povahu a náplň metodologie, která se jím zabývá. Úkolem jejího formálního předmětu je vlastní vymezení cíle, ukázání na jeho důležitost a naléhavost. A poté označení cesty, která vede k dosažení takto vymezeného cíle.

## 2.1. Hierarchie cílů, místo geologické metodologie

Cíle jsou zajiště hierarchizované. Je tedy nutno znát postavení cílů k sobě navzájem. Pokusme se nyní načrtnout místo geologické metodologie vyhledávání pitné vody v celkové hierarchii cílů:

Posledním, nejvyšším cílem je zajiště život. Hodnotou života se zabývá filosofie. Život je podmíněn zdravím, které je předmětem zdravovědy, lékařství. Zdraví je podmíněno mimo jiné nezávadností vody, tj. kvalitou - tou se zabývá v první řadě geologie. Podle možností geologie se volí technologická úprava. A podle finančních, ekonomických možností se určují podružnosti - rozvoz, druh balení, druh použité vrtné soupravy atd. Uvedené seřadíme do přehledné tabulky:

	Cíl	je předmětem
P		
r	1 život	filosofie
i	2 zdraví	lékařství
o	3 kvalita	hydrogeologie
r	4 úprava	technologie
i	5 distribuce	ekonomie
t		
a		

Z tohoto schématu je patrné postavení geologie a geologické metodologie. Zmíněná hierarchie platí absolutně, (i když je často porušována). Je to zřejmé u zdraví či života, kde žádné ekonomické či úpravárenské obtíže nemohou změnit cenu života, zdraví.

Nicméně mohlo by se zdát, že geologický cíl je podmíněn ekonomickými aspekty, avšak při bližším prozkoumání vidíme, že ekonomicky podmíněné jsou jen případkové, nahodilé vlastnosti vody, že podstatné vlastnosti jsou vůči ekonomickým nepodmíněné. Například je volba mezi dvěma vodami, které vyžadují různou úpravu, zde mohou rozhodovat ekonomické důvody za předpokladu, že výsledný produkt bude mít požadovanou kvalitu. Je tedy patrné, že obecně jednoznačné kritérium hierarchie má podmíněnou aplikaci. Musí se upřesnit, že geologické zájmy mají přednost před finančními pouze v případě, kdy se jedná o metodologickou přednost, tzn. když jde např. o pitnou vodu, kterou nelze získat jinak než tímto třeba velice nákladným projektem.

Pro tuto praktickou podmíněnost musí geolog mít alespoň zevrubný přehled o hospodářských a technologických hlediscích. Zde jsme si opět ukázali, že metodologii vyhledávání vody, nelze zúžit jen na pouhý souhrn či přehled používaných metod, ale je nutno mít neustále před očima její intencionalitu k cíli.

## 2.2. Důležitost a naléhavost cíle

Dříve však než přistoupíme k vlastnímu rozboru, je nutno se zmínit o dvou atributech cíle, totiž o důležitosti a naléhavosti. Například člověk potřebuje být vyživován v každém okamžiku, na každý pohyb potřebuje mít dostatek energie. To je důležitost cíle, nicméně člověk pocítuje tuto potřebu jen ve chvílích hladu. Hlad je okamžik naléhavosti cíle. Je zřejmé, že není jednoznačná souvislost mezi naléhavostí a důležitostí cíle: U otlých lidí naléhavost hladu neodpovídá skutečné potřebě a naopak nemocný člověk nepocítuje hlad, ačkoliv třeba už nejedl skoro den.

Dá se říci, že důležitost cíle je veličina objektivně postižitelná, obecně platná, bez větší závislosti na čase, místě ap. A naopak naléhavost cíle je veličina odvislá od subjektu, a proto podmíněná časem, místem, okolnostmi atd.

## 2.3. Důležitost vody

Jedním z nejkrásnějších příkladů podceňování důležitosti věcí z důvodu nepocitování naléhavosti potřeby, je pohádka Sůl nad zlato. Král popírá důležitost soli, protože je to běžná věc, kterou každý má. A bohužel až krajní naléhavost mu otevře oči. Můžeme říci, že totéž se donedávna dělo i v naší společnosti v případě vody. Voda je po pravdě zvana životodárnou tekutinou. Jak bylo už řečeno, život je měřítkem její důležitosti. Voda je v první řadě základní potravina a teprve poté můžeme uvažovat o vodě jako o průmyslové tekutině. Je tedy voda poměřována ne chemickou či biologickou kvalitou, ale účelem použití. Skokový rozdíl mezi vodou

pitnou a užitkovou je teleologický, nemá nic společného v přízemním rozdělováním podle chemické či jakékoliv jiné nezávadnosti.

Je do značné míry dáno naší libovůli, jakou vodou budeme splachovat ulice či zavlažovat pole, jakou vodu budeme používat ve stavebnictví, pro užitkové účely v domácnosti. Neboť zde jsou požadavky jen rámcové: agresivita, vizuální čistota ap. Můžeme používat vody nejlepší jakosti, pokud jí bude dostatek. Avšak tato podmínka dnes není dodržena. Přichází doba, kdy nutně rozlišíme vody podle účelu, neboť není udržitelné, abychom vodu draze upravovali podle normy pro pitnou vodu, a pak s ní myli silnice. Velkou úlevu veřejným vodovodům by přineslo už pouhé rozlišení vody pro domácnosti a pro průmyslové či zemědělské využití.

Spotřeba vody nezadržitelně roste, vodovod s teplou a studenou vodou je civilizační samozřejmostí. Z tohoto standardu nikdo nebude chtít ustoupit. Avšak musíme rozlišovat vodu, která se spotřebuje, a vodu, která se vyplývá. V současné době dosahuje plýtvání vodou v přímé spotřebě pitné vody v bytech 50 i více procent (16). Navrhoval bych malospotřebitelům zdražit na celostátně shodnou cenu a velkospotřebitelům podle místních pořizovacích nákladů: Malospotřebitelé totiž nemohou za to, kde žijí, a je totiž jednou z podstatných vlastností civilizace umenšovat postižení vzniklé od přírodních poměrů, avšak velkospotřebitelé mohou zvažovat podle ceny výhodnost situování podniku do té které oblasti. Touto cestou by se snad růst spotřeby dal zastavit, nebo alespoň podstatně zpomalit.

## 2.4. Naléhavost potřeby pitné vody

Jak bylo řečeno, důležitost cíle je faktor obecný, nezávislý v podstatě na individu. Naproti tomu naléhavost je faktor subjektu a je jedno, zda tím subjektem rozumíme jednotlivce, skupinu či stát.

V Čechách se stále hovoří v tom smyslu, že balená voda je vyhlídkové řešení do budoucna s tím, že nyní můžeme zvažovat, jakého komfortu si dopřejeme: Zda-li umělohmotné obaly či skleněné nevratné, bude-li se voda upravovat atd. V této akademické rozpravě se možná trochu pozapomnělo, že problém pitné vody v Čechách není stejný jako v západních zemích. Na ilustraci postačí příklad z Francie:

Koncem r. 1975 doporučil pařížský zdravotnický úřad všem veřejným nemocnicím, aby ihned přešly na vodu z vodovodu, protože "je minimálně tak bakteriologicky čistá jako lahvová stolní voda a přitom je podstatně levnější". Tento přechod byl vyzkoušen a schválen jak pacienty tak lékaři. (17) Představme si, že by něco podobného bylo vyhlášeno o vodě pražské! Už jednou si musíme uvědomit, že stav životního prostředí v Čechách je nešpatný, ale havarijní!

Je známo, že západní státy mají průměrný věk obyvatelstva až o deset let vyšší než státy východního bloku. To implicitně znamená, že, když někdo emigruje získá, ne-li pro sebe, tak pro své děti v průměru deset let života! A pitná voda má na tom nemalou zásluhu. To se netýká toliko konzumace člověka, ale i zvířat, vždyť škodliviny, které pozře kráva se vylučují žlázami, jdou tedy i do mléka, které pijí především děti! Konec konců není třeba srovnávat průměrný věk lidí: Dříve byl průměrný věk chovných krav 9 let, ale i více, dnes 3-5 let.

Řešení otázky pitné vody v Čechách musí být okamžité třeba částečně provizorní. Tímto se metodolog dostává na rozcestí: Buď pokračovat dále v akademické rozpravě "na palubě Titaniku", nebo hledat rychlé účinné řešení.

## 2.5. Ekonomické a technologické aspekty důležité pro geologa

Z ekonomických aspektů je důležité umístění plnirny vzhledem k místu distribuce a dále otázka, zda důsledná ochrana území, o které bude pojednáno později, nepřinese zbytečné ekonomické ztráty. Slovem zbytečné rozumíme ve smyslu odstavce 2.1., totiž zda by se nedala najít jiná hydrogeologická struktura, která by poskytovala vodu obdobné kvality, avšak s menšími ekonomickými ztrátami.

Z technologicko-distribučních otázek, jak se zdá, zvítězila balená pitná voda, nicméně musíme se okrajově zmínit o jiných možnostech zásobování pitnou vodou. Návrhy lze rozdělit do dvou skupin. Jedná předpokládá úpravu vodovodní vody v domácnosti, zatímco druhá je pro centrální úpravu s následnou distribucí. Do první skupiny patří iontoměniče pro domácnosti a destilační přístroje. V druhé skupině zastihneme dvojí rozvod a zmíněnou balenou vodu:



### **a/ Iontoměniče v domácnosti**

Jedním z návrhů jak odstranit nadměrné množství dusičnanů z vody z kohoutku, byl návrh iontoměničů. K dostání by byly iontoměničové náplně s pryskyřicí, které by se napojily na běžný vodovod, a umožnily by úpravu jistého množství vody.

Iontoměniče mají řadu nevýhod: Především odstraňují toliko určité látky, tj. např. dusičnany, ostatní škodliviny tedy přechází do upravené vody. Vyžadují poměrně složitou obsluhu, (např. nesmí se do nich dostat vzduchové bublinky ap.) Jsou na jedno použití a regenerace náplně v domácnosti je vyloučena. Není žádná kontrola výsledné kvality upravené vody.

K tomu však musíme poznamenat, že na západě se prodávají filtry na zlepšení kvality vodovodní vody, jako například filtr Brita, který se vyrábí v Kanadě: Výměnná náplň je tvořena postříbřeným aktivním uhlím (activated silverized carbon) a iontoměničovou pryskyřicí. Jedna náplň (za necelých 6 dolarů) postačí k úpravě 140 litrů vody, denně však je možno přefiltrovat maximálně 6 litrů, což je dostatečné množství pro tři lidi na den. Tento filtr je možno použít toliko na vodu, která vyhovuje normám a je mikrobiologicky nezávadná, tzn. neodstraňuje dusičnany, ale asi 90% olova a mědi, dále produkty chlorování, měkčí vodu, brání vzniku kotelního kamene, odstraňuje sedimenty a mechanické nečistoty, inhibuje bakterie ve filtru. (Podrobnější informace je možno získat na adrese (1).)

### **b/destilační přístroje**

Návrh předpokládá, že v domácnosti by byl jednoúčelový destilátor, který by, např. pomocí vakuové destilace, vyráběl destilovanou vodu. Jelikož však destilovaná voda není pitná, byla by nutná následná remineralizace, např. pomocí rychle rozpustných šumivých tablet. Takový přístroj by mohl být součástí domácnosti podobně jako chladnička či automatická pračka. Bohužel technické rozpracování návrhu chybí. Velká energetická náročnost by se dala vyvážit tak, že zbytkovým teplem by se ohřívala užitková voda v boileru ap.

### **c/ Dvojitý rozvod**

Vodovod byl vymožeností antického světa už v 6.st. před Kr. V roce 312 př.n.l. byl zřízen tzv. Aqua Appia, první římský akvadukt (což mimochodem doslovně znamená vodovod: aqua - voda, duco - vedu). Měl by člověk 20. století upustit od této civilizační vymoženosti a znovu vodu do svého domova nosit?! Asi ano, ekonomická nákladnost nedovolí vybudovat druhou vodovodní síť. Podle Směrného vodohospodářského plánu ČSR (19) se počítá i nadále s jednotným vodovodním systémem.

## **2.5.1. Balená voda**

Nejschůdnějším ze všech řešení se v současné situaci jeví balená voda. Jelikož tento způsob je běžný v západních zemích uvedme několik informací o jejich praxi (17):

Existují dva základní přístupy k balené vodě. První, dá se říci americký, používá balenou vodu jako zdroj veškeré pitné vody v domácnosti, k tomuto účelu přizpůsobili i objem balení: V roce 1982 5-gallonové lahve (18,9l) představovaly 80% veškeré balené vody, zatímco 1-gallonové (3,7l) tvořily přibližně 20% celkového objemu.

Druhý způsob - evropský - používá balenou vodu spíše jako doplněk vody z kohoutku, např. na cesty, v restauracích, z estetických důvodů atd. Tento způsob použití předurčil i objem balení: nejčastější je 0,7l - cca 76% v NSR, v jiných státech převažují lahve o objemu 1,5l.

V ČSFR se s balenou vodou uvažuje pro dvojitý účel: Jako voda špičkové kvality pro kojence a nebo pro zásobování veškerého obyvatelstva, které nemá vodu vyhovující kvality, (dnes cca 57% vyráběné vody (26)). První účel se blíží evropskému způsobu, proto tam bychom měli používat i odpovídající balení, pro zásobování obyvatelstva bychom si však měli vzít vzor spíše od Američanů. Oba přístupy předpokládají odlišné způsoby úpravy vody, o tom však až později.

Podle informací uvedených ve VTM (ročník 44., č.5, 1990, str.37) se počítá v Káraném s dovozem balící linky pro umělohmotné obaly 1,5 l. Předpokládaná cena jedné lahve by měla být 2,50 Kčs. Tolik tedy poslední informace. V kruzích kolem balené vody však také kolovala informace, že kdyby se používaly skleněné obaly, byly by nevratné. Myslím, že zjevná neudržitelnost tohoto názoru je nabíledni. Ekonomicky je nepřijatelná cena, kterou by si vyžádala

výroba nových a likvidace starých lahví. Námitka, že není mycí technologie, jež by zaručila perfektní čistotu, je rovněž nedostatečná, neboť dosavadní mycí postupy zaručují dostatečně větší čistotu, než jakou má vodovodní voda. (Zvláště dodrží-li se postup vymývání lahví vodou, kterou se pak budou plnit, jak požaduje EPA a směrnice EHS.)

Podle mého soudu, by nejvhodnější balení pro zásobování obyvatelstva balenou vodou, byly tři litrové, skleněné lahve (demižóny), které by se balily po šesti na přepravku, čímž by se dosáhlo 18-ti litrového balení. Samozřejmě je i distribuce do domácností, jelikož je nepřipustné, aby našim ženám k nákupu tradičních potravin přibýly ještě 2 litry na osobu a den. Nyní bych se zabýval jedním příkladem, jak je možno problematiku balené vody řešit.

### 2.5.1.1. Úpravna v Golčově Jeníkově

Jedná se o úpravnu, která vznikla jako první na území ČSR. Je sice cílená na vodu pro kojence, ale nicméně může být pro nás dobrým příkladem důsledné metodologické nepředpojatosti vůči upravování vody, jelikož k úpravě vody přistupuje podle amerického vzoru. Uvádím Několik údajů o vlastním provozu (8):

Voda sice nesplňuje nejvyšší požadavky kladené na vodu vhodnou pro kojeneckou výživu, avšak v dané situaci pomáhá snižovat nedostatek vody, v níž je limitován obsah dusičnanů max. 15 mg/l a kde ostatní znaky odpovídají ČSN 83 0611 Pitná voda. V citovaném článku bohužel nebyl uveden chemický rozbor upravené vody, nemohl jsem tedy provést porovnání, zda voda bude splňovat požadavky nové normy ČSN 75 7111.)

Koncern Pivovary a sladovny, Praha po dohodě s ministerstvem zdravotnictví ČSR a ministerstvem zemědělství a výživy ČSR začaly vytypovávat lokality vhodných vodních zdrojů, kam dislokovat vhodný provoz, ve kterém by bylo možno instalovat a vyzkoušet zařízení na odstraňování dusičnanových iontů z vody za pomoci iontoměničů. V úzké součinnosti s koncernovým podnikem Východočeské pivovary a s Krajskou hygienickou stanicí v Hradci Králové bylo nakonec rozhodnuto toto zařízení vybudovat v Golčově Jeníkově, kde je sodovkárenský a pivovarský provoz. Roční objem výroby by měl být asi 20 000 hl. vody, tomu odpovídá technologická linka o výkonu 400 l/h.

Voda se upravuje selektivně působícím pryskyřičným anexem Wolfatit Y-53 odstraňujícím z vody dusičnany, dále se sterilizuje dávkou ozónu a akumuluje v zásobních tancích asi 50 h. Voda je sycena oxidem uhličitým a stáčená do lahví nealko o objemu 0,33 l uzavíraných litografovanými korunkami. Před stáčením vydá laboratoř atest o jakosti.

V Golčově Jeníkově jde o jakostní městskou vodu z turonských sedimentů Čáslavska, v níž se obsah dusičnanů pohybuje kolem 22 mg/l, z ostatních znaků vynikají zejména nízké koncentrace síranových, chloridových a hydrouhličitánových iontů. Oxidovatelnost vody není větší než 1 mg/l, celková alkalita se blíží 3,0 mval/l, pH se pohybuje kolem 7,8.

V provozu pivovaru se voda musí nejprve dechlorovat, např. na dechlorizačním filtru s náplní aktivního uhlí, bazický anex je totiž na přítomnost oxidačních činidel velmi citlivý a ztrácí funkčnost. Po dechlorizaci voda protéká filtrem pro zadržení možných mechanických nečistot. Další etapou je již vlastní denitrifikace pomocí jedné ze dvou denitrifikačních kolon o objemu 30 l, naplněných silně bazickým anexem Wofanit Y-53 z NDR, který byl předložen ke zdravotnímu posouzení na IHE Praha, kde žádné závady nebyly zjištěny. Po tomto se voda ozónuje v ozonizační věži pomocí zařízení KPS, np. Brno na hodnotu 0,019 - 0,025 g/l. Poté se voda vede do sběrného tanku k akumulaci. Nedílnou součástí iontoměničové technologie je i následná regenerace anexu a aktivního uhlí, která trvá 7 - 8 h, náklady na ni jsou 1,50 Kčs na 1 m<sup>3</sup> upravené vody.

Investiční náklady na výstavbu tohoto zařízení byly přes 600 000 Kčs, z toho 80 000 Kčs se týká stavební části. Tolik tedy úpravna v Golčově Jeníkově.

V příloze 8.1. je pro ilustraci citováno několik dostupných rozborů stolních vod prodávaných v zahraničí. Z pohledu geologa je zajímavé, že tyto vody mají většinou nízkou celkovou mineralizaci. Tento fakt je pochopitelný, když si uvědomíme, že směrnice EHS požadují prakticky jen mechanicko - fyzikální úpravu vody, je pak zřejmé, že vody s vyšší celkovou mineralizací budou mít větší pravděpodobnost překročení normy než vody nízké či středně mineralizované a budou tedy vzhledem k směrnici nepoužitelné.

## 2.5.2. Potřebné množství pitné vody

Z hlediska vyhledávání vody nás sice celkové množství potřebné vody nezajímá, nicméně je pro nás instruktivní vzhledem ke způsobu, který hodláme použít při úpravě vody.

Základní koncepci rozvoje veřejných vodovodů můžeme najít v novelizovaném znění Směrného vodohospodářského plánu ČSR (19). Skutečný a plánovaný rozvoj veřejných vodovodů v ČSR podle koncepce SVP ukazuje tabulka 1.

M. Vrána (26) dospívá po zhodnocení společenských i přírodních perspektiv k názoru, že současný trend bilancování potřeby pitné vody pro rozvoj veřejných vodovodů je bez radikálních zásahů do celkové koncepce v budoucnu neudržitelný. Rovněž je v budoucnu nereálné zajištění kvalitní pitné vody (odpovídající zpřísňujícím se kritériím na ni kladeným) v množství předpokládaném vodohospodářským plánem a jemu odpovídajících chráněných územích.

V ČSR nevyhovuje požadavku obsahu dusičnanů nad 15 mg/l v celostátním průměru voda, kterou je zásobováno více než 70% obyvatelstva (26). S uvážením této skutečnosti vzhledem k prognóze vývoje počtu narozených dětí, s předpokladem spotřeby 1 l (popř. 2, 5 l) na kojence a den po dobu jednoho roku, dospěl M. Vrána (26) k tabulce 2. Dalšími zohledněnými údaji je prognosa pro veškeré obyvatelstvo ČSR s předpokládanou spotřebou 2 l/den. Vzhledem k provozním rezervám, ztrátám ap. jsou uvedeny i varianty pro 5 a 10 l na osobu a den.

**Tabulka 1: Skutečný a plánovaný rozvoj veřejných vodovodů podle SVP**

Ukazatel	[Měrná jednotka]	1970	1980	1985	2000	2030
Počet obyvatel zásobovaných z veřejných vodovodů	[%]	65,2	74,3	79,5	90,0	95,2
Specifická spotřeba vody	[l/obyv/d]	193	375	387	415	455
Potřeby pitné vody	[m <sup>3</sup> /s]	21,7	33,2	36,8	45,5	53,7
Kapacita vodovodů	[m <sup>3</sup> /s]	31,9	51,7	57,5	65,2	78,2
Z toho zdroje:						
podzemní	[m <sup>3</sup> /s]	14,0	17,5	22,1	22,6	23,9
	[%]	43,9	33,8	38,4	34,7	30,6
povrchové	[m <sup>3</sup> /s]	17,9	34,2	35,4	42,6	54,3
	[%]	56,1	66,2	61,6	65,3	69,4

(citováno z (26))

**Tabulka 2: Prognóza vývoje potřeby balené pitné vody v ČSR**

Věková kategorie	Denní spotřeba l/osobu/den	1987 l/s	2000 l/s	2010 l/s
Věk 0	1.0	1.50	1.77	1.47
	2.0	3.00	3.54	2.94
	5.0	7.50	8.85	7.35
Veškeré obyvatelstvo	2.0	239.6	243.6	245.6
	5.0	599.0	609.0	614.0
	10.0	1198.0	1218.0	1228.0

## 2.6. Zdravotnické požadavky

Hned zpočátku je nutno podotknout, že je rozdíl mezi zdravotnickou a geologickou kvalitou vody. Pro je metodologickou chybou přenášet požadavky zdravotníků jen tak beze všeho na geology. To je případ MZVž ČSR, které v požadavcích konkurzu na výstavbu závodu pro výrobu kojenecké pitné vody zapovídá jakoukoliv chemicko-fyzikální úpravu vody ze zdroje. Dovolil bych si

pochybovat o udržitelnosti tohoto požadavku. Znova bych zdůraznil to, co jsem popsal v kapitole 2.4. o naléhavosti vody v Čechách totiž, že žijeme ve sladké iluzi sníce o vodě špičkové kvality.

Když si povšimneme zahraničních zkušeností vidíme, že i přísnější evropské požadavky, které se týkají minerálních vod, připouští separaci "nestálých složek" jako jsou sloučeniny železa nebo síry filtrací nebo dekantací, eventuálně s předcházející oxidací, pokud se nezmění složení vody (její hlavních složek, které jí dodávají její vlastnosti).

Tyto požadavky bychom mohli v Čechách rovněž požadovat pro vody určené pro kojence, ale pro zásobování obyvatelstva, jak jsem řekl, by bylo vhodnější se držet zásad používaných v Americe:

Každá voda v lahvích musí být nějakým způsobem upravena. Obchodní společnost International Bottled Water Association (IBWA), která distribuuje přes 85 % lahvové vody v USA, požaduje, aby každá voda byla před stáčením do lahví upravena mechanickou filtrací a ozonizací. V případě, že se použije chlorované vody z veřejné dodávky, se voda musí filtrovat přes aktivní uhlí a poté ozonizovat. Avšak v každém případě se požaduje ozonizace jako desinfekce, jelikož ji FDA považuje za neškodnou. Jinak při úpravě vody se může použít jakákoliv úpravárenská technologie, která neohrozí požadovanou kvalitu vody: např. demineralizace destilací, deionizací, reverzní osmózou a to buď samostatně nebo v kombinaci. Demineralizovaná voda se pak remineralizuje přidáním vhodného množství minerálních látek. (7)

Zdravotnické normy jsou diktovány nebezpečností látek pro člověka, uveďme několik příkladů:

Arzen	karcinogenní
Kadmium	karcinogen, mutagen, ničí ledviny
Chrom	rakovina
Kyanidy	akutní toxicita
Fluoridy	kostní fluorosa
Olovo, rtuť	nervový systém
Dusičnany	alimentární dusičnanová methemoglobinémie
Selen	trávicí systém

Následující tabulka uvádí normy pro balenou vodu v NSR, USA, Francii a ČSN 75 7111, která též odpovídá Směrnicím WHO:

Látka mg/l **	USA	NSR	Francie	ČSN 75 7111
Arzén	0.05	0.05	0.05	0.05
Barium	1.0			1.0
Kadmium	0.01	0.005		0.005
Chloridy	250.0	200.0		100.0
Chrom	0.05	0.05	0.0	0.05
Měď	1.0	3.0	1.0	0.1
Železo	0.3	0.2	0.1	0.3
Olovo	0.05	0.05	0.1	0.05
Mangan	0.05	0.05	0.05	0.1
Rtuť	0.002	0.001		0.001
Dusičnany	10.0 (N)	50	10 (N) (NO3)	50 (NO3)
Fenoly	0.001	0.001	0.000	0.05
Selen	0.01	0.010	0.05	0.01
Stříbro	0.05	0.010		0.05
Sírany	250.0	250.0		250.0
Veškeré rozp. látky	500.0	--	--	1000.0
Zinek	5.0	5.0	5.0	5.0
Nikl	--	0.05		0.1
Antimon	--	0.01		
Kyanidy	--	0.05	0.00	0.01

Zákal	5.0			5 ZF
Barva	15.0			20.0
Zápach	3.0			3. st

Látka [mg/l]**	USA	NSR	Francie	ČSN 75 7111
Korozivita	0 (EPA)			
Pěnidla	0.5 (EPA)			
pH	6.5 - 8.5 (EPA)			6 - 8
Pesticidy každý		0.0001		
Pesticidy celkem		0.0005		
Endrin	0.0002			
Lindan	0.004			0.003
Methoxychlor	0.1			0.03
Toxafen	0.10			
2,4-D	0.1			
2,4,5-TP Silvex	0.01			
PCA celkem *		0.0002		0.04 ng/l
Radioaktivita				
celk. alfa+	<5 pCu/l			1.0 Bq/l
celk. beta				1.0 Bq/l
Radon 222				20 Bq/l
Trihalometany	0.10			0.1
Halogenované látky		1 mikrog/l		

\* Polycyklické látky aromatické (fluoranthen, benzo - 3,4 fluorathen; benzo 11, 12 - fluorathen; benzo - 3,4 pyren; benzo - 1,12 - perylen; inden (1,2,3 - cd) pyren)

\*\* není-li uvedeno jinak

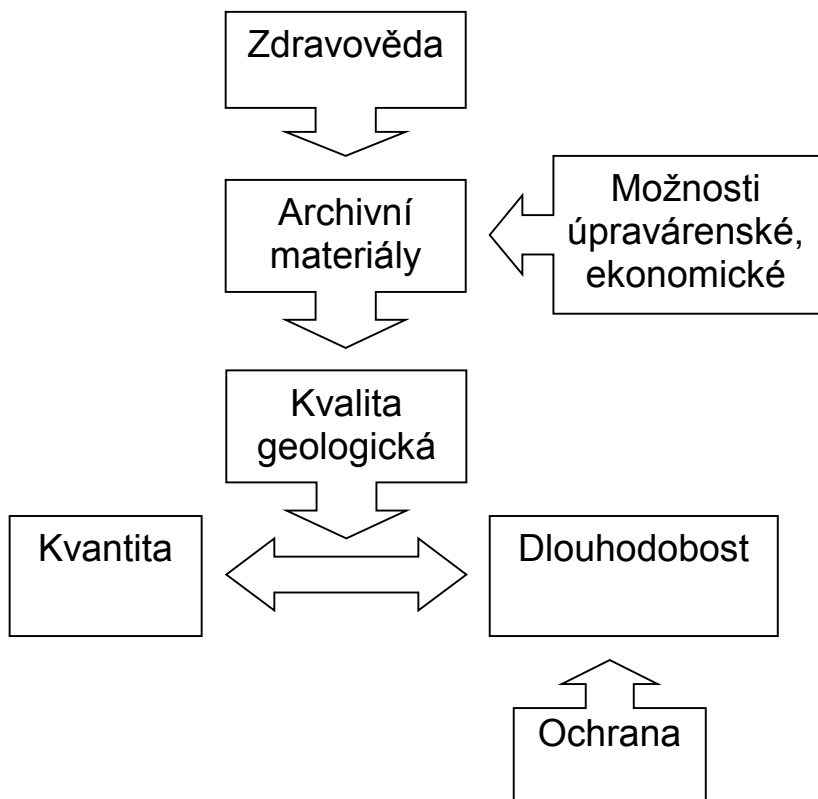
Z české normy byly vybrány po větce toliko ty hodnoty, ke kterým byly nalezeny ekvivalenty v cizích normách. Srovnáním vidíme, že nová norma, jenž přijde v platnost 1. 1. 1991 vyhovuje světovým parametrům.

Největším problémem zdravotníků je zjištění míry nebezpečnosti pro člověka. Analytické schopnosti chemiků jsou v předstihu čtyř až pěti řádů před schopnostmi epidemiologů či toxikologů, určit jejich nebezpečnost pro lidské zdraví. Ve vodě se objevuje široké spektrum nových látek a nikdo neví, jaký mohou mít dopad na lidské zdraví. Skutečnost je ještě komplikována tím, že látky jinak působí jednotlivě a jinak v kombinaci. (18)

Geologovi z tohoto plyne závěr, že pro bezpečnost vody je vhodná absence antropogenních látek, ovšem pokud se nebude uvažovat způsob totální de- a remineralizace.

### 3. Geologická metodologie - výběr lokalit

Pokračujeme nyní v podrobném rozpracování hrubého metodologického postupu, jak byl naznačen v 2.1. Následující schéma naznačuje tuto hierarchii:



Toto schéma je platné pro všechny etapy průzkumu, tzn. od orientačního až po provozní. Kvantita je vzájemně podmíněná s dlouhodobostí, jelikož zde dlouhodobost není nic jiného než kvantita vztahovaná k času. Vztah mezi ochranou a dlouhodobostí je příčinný.

### 3.1. Geologická kvalita

Slovo kvalita je odvozeno z latinského qualis - jaký, podle tohoto vzoru byl odvozen i český ekvivalent jakost. Kvalita se chápe jako protiklad kvantity (quantus - kolik - kolikost) - počítatelnosti věci. Chceme se tedy v této kapitole zaměřit na geologické vlastnosti vody z pohledu jejich neměřitelnosti: Uvedené je možno ukázat na příkladu stáří vody" Stáří vody se sice primárně vyjadřuje číslem, ale sekundárně vyjadřuje kvalitu: 7000 let je kvantitativní údaj, totiž číslo, říkající nám však něco o zdrojové struktuře, což je informace kvalitativní.

Problematikou chápání pojmů kvalita a kvantita se zde podrobněji zabývám proto, že navrhuji rozlišovat mezi kvalitou geologickou a zdravotnickou. Výběr kvalitativních ukazatelů obecného předmětu je dán metodologicky, tj. vzhledem k cíli, proto hovoříme i o kvalitě zdravotnické a geologické. Kvalita zdravotnická se dívá na vodu jen z pohledu možného dopadu na zdraví lidského organismu, proto ji zajímají především obsahy jednotlivých složek, a naopak nezajímá stáří vody, antropogenní ovlivněnost, chemický typ vody či charakter zdrojové zvodně ap., což je předmětem zájmu geologie.

Je právě úkolem geologické metodologie z požadavků zdravotníky formulovaných v předcházející kapitole vyvodit požadavky na geologické vlastnosti vody s ohledem na technické a ekonomické možnosti (viz kap. 2.5.).

V této kapitole se budeme věnovat i vývoji kvality v minulosti a jejího trendu v přítomnosti. Neboť třebaže by se mohlo zdát, že tento problém je spíše otázkou dlouhodobosti, je zde podstatný rozdíl. Minulý vývoj vody a její stávající trend je na nás nezávislý. Avšak u dlouhodobosti v obrázku na úvodu kapitoly 2.7. se předpokládá podmíněnost či ovlivnitelnost ochranou. Jedná se tedy o "dlouhodobost dopřednou", nebo-li budoucí vývoj kvality vody, zahrnující i možnost změny stávajícího trendu.

Budeme-li metodologicky vycházet z požadavku pitné vody pro zásobování veškerého obyvatelstva, jež má vodu nevyhovující kvality, vidíme, že potřebné množství vody je poměrně velké. Bude obtížné vyhledat dostatečně vydatné zdroje vody, které by pouze jednoduchou

úpravou (jak požadují směrnice EHS) dosáhly požadované kvality. Kromě toho nejsou tyto zdroje rovnoměrně rozsety po území ČSR, ekonomické těžkosti, které by přineslo převážení stovek hektolitrů vody, by byly neúnosné.

Je tedy lepší přijmout způsob americký, který připouští jakoukoliv úpravu vody při splnění požadované kvality. Jak bylo řečeno, úpravna podobného druhu již na území ČSR vznikla. (viz 2.5.1.1.) Avšak při americkém způsobu úpravy vody může být voda nejrůznějšího druhu, protože možná demineralizace s následnou remineralizací zcela ruší původní typ vody. Tento přístup je pro hydrogeologa nezajímavý, jelikož neklade nijaké zvláštní požadavky na kvalitu vstupní vody. Přitažlivější je zřejmě metodologický postup mající za cíl vody pro kojence, kde distribuční těžkosti nebudou tak vážného rázu, jaké by měl předchodzí případ. Můžeme tedy přistoupit na Evropský způsob, tj. jen omezená úprava.

### **3.2. Současná kvalita vody a vývoj kvality vody v minulosti**

Současná kvalita vody musí splňovat vysoké požadavky kladené na její složení. Musíme si uvědomit, že závadnost vody ve zvodni může mít dvojí původ: Může pocházet z horninového prostředí, které obsahuje škodlivé látky, které se vyluhují do vody, a tak ji znehodnocují, a nebo škodliviny pocházejí od činnosti člověka, jsou tedy antropogenního původu.

Vývoj kvality vody ve zvodni musí mít přijatelný trend. Je samozřejmě nejlepší, je-li pozitivní, ale i když se pomalu zhoršuje, nemusí být zvodeň s takovou vodou a priori vyloučena pro sledovaný záměr. Neboť za předpokladu, že pomalu narůstá, je určitá jistota, že budeme moci ze zvodně čerpat vodu s dobrou kvalitou dostatečně dlouho. Tato jistota se opírá o modifikovaný princip aktualismu. Ten říká, že zákony, které platí v přítomnosti, platily i v minulosti. My jej zde chápeme tak, že trend, který voda má v přítomnosti, či měla v minulosti, si podrží i v budoucnosti. Toto tvrzení není však tak jisté, jako původní princip aktualismu, neboť dopředný trend není výsledkem jen přírodních dějů, ale i negativního ovlivnění člověkem. Proto abychom mohli takový fakt předpokládat, musíme zaručit, že toto riziko je minimální, tj., že zvodeň je schopna si i nadále udržet požadovanou jakost vody.

### **3.3. Posouzení druhu struktury vzhledem k trendu vývoje kvality vody v budoucnu**

Směrnice WHO, které paralelizuje i ČSN 75 7111, jsou tak přísné, že takřka žádný zdroj povrchové či mělce podpovrchové vody nebude moci vyhovět těmto požadavkům. Je pravda, že stále ještě existují takové zdroje, ale i kdybychom vyloučili jakoukoliv možnost přímé kontaminace ať již zemědělského či průmyslového původu, zbude nám dálkový přenos polutantů. Intenzivní suchá a mokrá depozice časem znehodnotí kvalitu jakéhokoliv povrchového zdroje. Je všeobecně známo, že zdroje s rychlým oběhem podpovrchové vody vykazují rychlou degradaci kvality vody i bez přímé kontaminace člověkem, důvodem toho je zmíněný dálkový přenos polutantů, kterému nejsme sto zabránit. To je spolu s velkou zranitelností kvality důvod, proč směrnice EHS zapovídají použití povrchového zdroje pro plnění stolní vody.

Z podobného důvodu musíme vyloučit i všechny vody ze struktur s rychlým oběhem, tj. struktury, které mají otevřené pukliny či kaverny. Bývají to hydrogeologické struktury v územích budovaných rozpučenými krystalickými horninami a zkrasovatělými karbonátovými komplexy, poněvadž voda v nich rychle cirkuluje a je tedy recentního stáří, kontaminovaná.

Vyloučíme-li však všechny povrchové, mělce podpovrchové zdroje vody či struktury s rychlým oběhem, pak nám zbývají struktury, které mají dlouhodobý oběh. To jsou především artéské systémy.

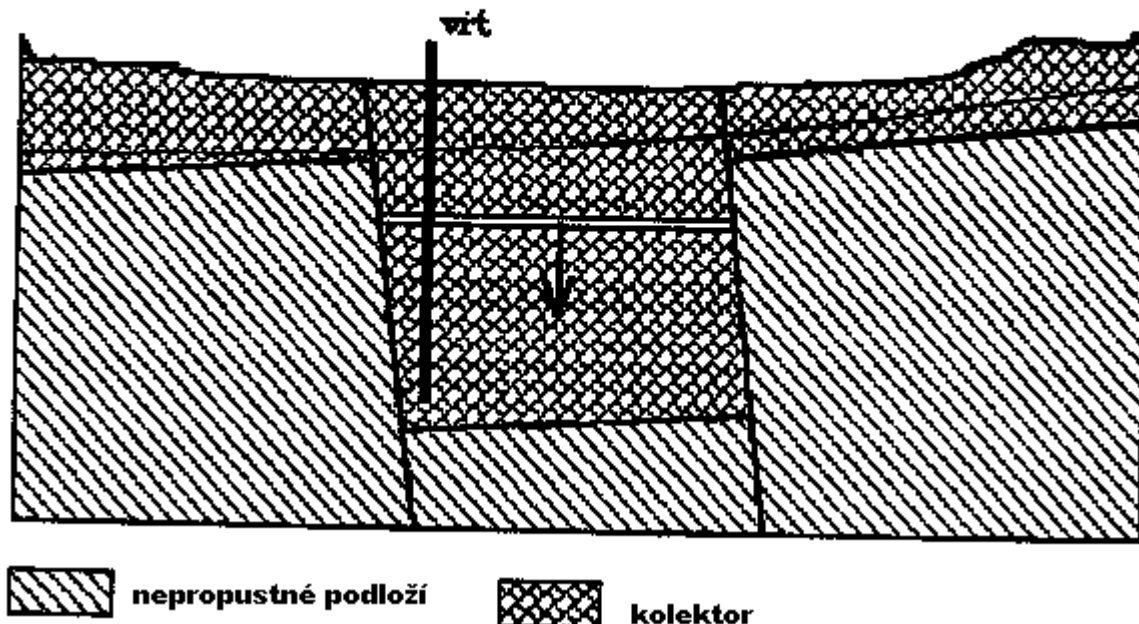
Artéská struktura má tu výhodu, že díky stropnímu izolátoru proudící voda získává nejen artéské napětí, ale i ochranu před kontaminací povrchovou či mělce podpovrchovou vodou. Nicméně ne každá struktura s napjatou hladinou podzemní vody je vhodná. Nejlépe je zřejmě, když má pozitivní výtlačnou výšku, tj., která po navrtání vystupuje nad terén. V případě, že je napjatá hladina negativní, je nutno vybrat toliko takové struktury, u nichž vystupuje hladina alespoň nad hladinu mělce podpovrchové vody. Přičemž artéská hladina musí vystupovat nad hladinu mělce podpovrchových vod i během čerpání, neboť v opačném případě se vytváří hydraulický gradient, který v případě propojení napomáhá proudění ze svrchního kolektoru do spodního.

Nejklasičtějším příkladem u nás je zřejmě oblast české křídové pánve, u které je vrstva stropního izolátoru převážně souvislá na plošně rozsáhlém území a struktura je tedy rozdělena do dvou zvodní: Jednu svrchní s mělkou podpovrchovou vodou a druhou je spodní kolektor, který se vyznačuje dlouhodobým oběhem.

Dalším typem artéských struktur jsou jihočeské pánve, jejichž výplň je de facto komplex střídajících se izolátorů, poloizolátorů a kolektorů, které spolu lokálně nesouvisí, avšak v regionálním měřítku tvoří jeden hydrogeologický a hydraulický systém. Ve svrchní části pánevní výplně převládá lokální oběh podzemní vody, zatímco v hlubších částech pánve se uplatňuje regionální oběh, který je podstatně pomalejší. Drenážní oblasti obou typů oběhu nemusí být vždy totožné. Charakteristickým rysem tohoto typu struktury je vzestupná tendence ve spodní části. Tím jsou dány základní předpoklady pro situování jímacího objektu ve spodní části pánevní výplně s pomalým regionálním oběhem až stagnací podzemní vody. Hloubka jímání se pohybuje v rozmezí 150 - 250 m. (23)

Další strukturou s dlouhodobým oběhem jsou kolektory, které mají mocnost řádově stovky metrů. Příkladem takového kolektoru mohou být pískovce v Zdislavě. V nejsvrchnějších partiích zvodně je oběh vody poměrně rychlý, ve spodních partiích se pohyb vody zpomaluje, až může dojít ke stagnaci. Z těchto míst by bylo možno čerpat omezené množství vody, jelikož voda zde je velice stará, antropogenně neovlivněná, má tedy nejlepší předpoklady splnit kvalitativní požadavky na ni kladené. Vodu čerpáme z nejhlubších partií, jelikož zde je nejstarší, a je zároveň nejmenší pravděpodobnost, že vlivem hydraulického gradientu vyvolaného čerpáním nedojde k protékání vody podél vrtu ze svrchních partií k jeho perforaci. Cílem totiž je, aby deprese vyvolaná na hladině byla, co možno, nejvíce plochá, aby přitékající voda, jež vyrovnává úbytek vyvolaný čerpáním, proudila podle zákonitostí pístového proudění. (viz obr. 1)

obr. 1



### 3.3.1. Tvorba chemismu a stagnace podzemních vod v horninovém prostředí

Jak bylo řečeno, u těchto struktur stagnace vody není výjimkou. Tento fakt se zdá být vítaný, protože pak nemůže docházet ke kontaminaci zvodně znečištěnou přitékající vodou. Nicméně je jisté nebezpečí, že voda sice není kontaminována přitékající vodou ale, že dlouhodobým stykem s horninovým prostředím získala velkou mineralizaci, která je rovněž pro sledovaný účel



nepřijatelná. Z toho vyplývá, že nejenom člověk je příčinou znehodnocení vody ale, že i přírodní, člověkem nedotčené vody mohou být nevhodné.

Stupeň vyluhování minerálů je závislý na době, po kterou je voda ve styku s horninou, a dále na obsahu vyluhovatelných minerálů v hornině, proto nebezpečí vzniku nevhodného složení z horninového prostředí se sice vyskytuje u každé ze zmíněných struktur, avšak největší je v případě velmi mocných zvodněných kolektorů, neboť ty nemají jiné ochrany před kontaminací, než tuto praktickou stagnaci vůči rychlému podpovrchovému oběhu. K vyluhování z horniny však nemusí docházet vždy, například voda stagnující v pískovcích nemusí mít vysokou mineralizaci, pokud pískovce nebudou mít vyluhovatelné komponenty.

U artéských systémů však dáme většinou přednost vodě proudící, jelikož tyto kolektory nemají takovou mocnost, aby využitelné množství stagnující, byť velice kvalitní vody, stačilo pokrýt spotřebu plnění závodu. Máme-li však co do činění s proudící vodou, musíme vědět odkud kam daná voda proudí. Hydrologické poměry je nutno znát pro přesné situování vrtu. Pokud voda proudí z infiltrační do drenážní oblasti znamená to, že ve výstupní oblasti je voda nejstarší, že právě tam musíme situovat vrt, ze kterého chceme využít maximální množství kvalitní vody.

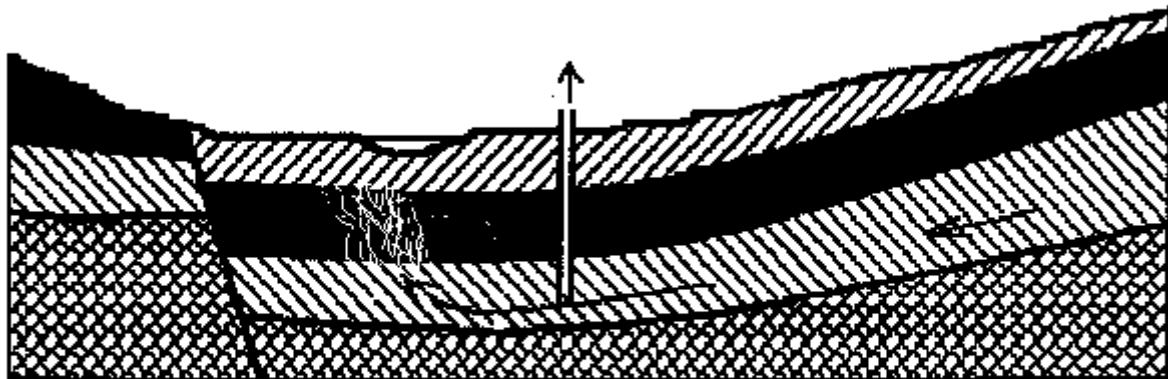
Je možná ještě vhodnější říci, že je lépe odvodňovat zvodně uměle, vrty než využívat přírodních vývěrů. To proto, že přírodní vývěry artéské vody jsou nejčastěji vázány na zlomové poruchy, a pokud artéská hladina nevystupuje příliš nad terén, je vážné nebezpečí, že může dojít (nebo již došlo) k reverznímu proudění vody do zvodně, takže hornina ve výstupní oblasti může být kontaminovaná touto vodou. Proto situování finálního vrtu je řízeno kompromisem mezi tímto nebezpečím a požadavkem předcházejícího odstavce.

Uvedené je zřejmé, avšak v praxi ztěžuje situaci skutečnost, že infiltrační a drenážní oblast nejsou předem trvale dány ale, že jejich přírodní stav můžeme uměle narušit. Vrty je možno dotovat nebo odvodňovat zvodně, jsou pak uměle vytvořeným vstupním či výstupním zdrojem. Hydrogeolog musí zvážit, do jaké míry mohou umělé zásahy ovlivnit přírodní poměry vzhledem ke sledovanému úkolu. Protože chceme mít čerpací vrty poblíž drenážní oblasti, vzniká nebezpečí, že zvodně bude odvodňována převážně uměle tak, že se ze stávající odvodňovací oblasti stane infiltrační. Směr proudění se obrátí a do využívaných vrtů bude proudit voda z bývalé drenážní, nyní však infiltrační oblasti, která bude vzhledem k relativně malé vzdálenosti mezi vrtem a touto oblastí recentní a tedy nežádoucí.

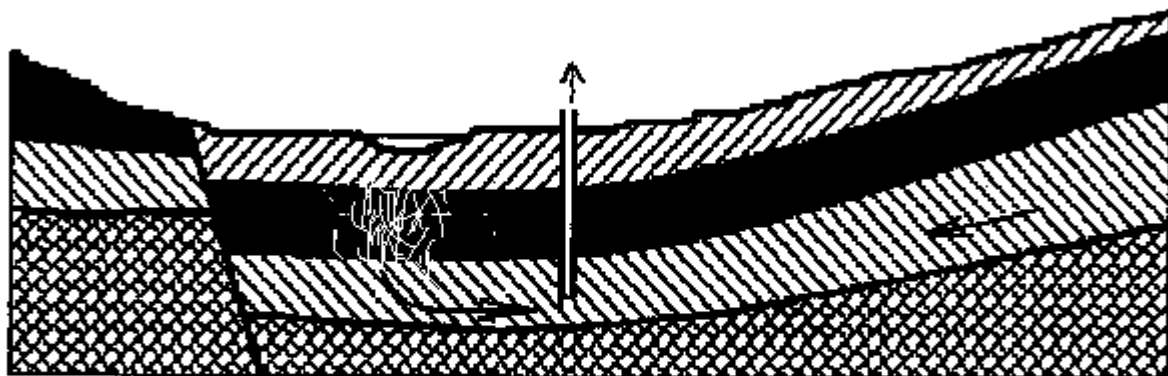
Toto rozlišování mezi infiltrační resp. drenážní oblastí in actu či in potentia je patrné v řezu na obrázcích obr. 2, 3).

Úkolem geologa je tedy vytipovat všechny drenážní a infiltrační oblasti a to jak aktuální tak potenciální.

obr. 2



obr. 3



### 3.4. Ochrana

Ochranou zde rozumím nejen jakoukoliv možnost člověka aktivně ovlivňovat kvalitu, množství a trend vývoje kvality vody, ale i zabránění možnosti znečištění tím či oním způsobem.

Ochranu je možno (viz (23)) rozdělit následovně:

- 1) ochrana geologická
- 2) ochrana hydraulická
- 3) ochrana umělá

### 3.4.1. Geologická ochrana

Geologická ochrana je převážně rázu pasivního, je to de facto nemožnost průniku kontaminantu ze svrchních partií či pokryvných útvarů do využívaného kolektoru. Je dána především přírodní strukturou. Tuto nepropustnost může geolog aktivně ovlivnit pozitivně pouze omezeně - utěsnění vrtů, tamponáž, oprava porušené výstroje či injektáž zlomů a puklin. Avšak ovlivnění negativní může být pro záměr osudné. Několik kubických metrů znečištěné vody může nevratně znehodnotit zvodeň.

Ochranná vrstva může být v zásadě porušena dvojitým způsobem: Buď přirozeně, např. zlomy, puklinami, po kterých dochází k pohybu kontaminantů. Nebo uměle, působením člověka, např. starými, nezatamponovanými vrty, neutěsněnou výstrojí využívaných vrtů.

Geologická ochrana patří sice mezi neúčinnější, ale pokud je nějak porušena, její obnova je poměrně obtížná, ne-li nemožná. Tamponace vrtů, obnova pažení, injektáž poruchy ap. - to jsou operace, které jsou jak technicky, tak i ekonomicky náročné, včetně nejistých výsledků. Proto k takovým činům přistupujeme, když už není zbylí, kdy jiný způsob ochrany (hydraulický, umělý) je neúčinný.

### 3.4.2. Hydraulická ochrana

Hydraulická ochrana spočívá v podstatě v zachování přírodního stavu proudění, tj. v přetlaku vůči povrchové zvodni. Je to zachování původních infiltračních a drenážních oblastí pomocí uváženého a řízeného odběru.

V oblastech s reálným nebezpečím změny směru proudění je nutno vybudovat pozorovací vrty, kterými se bude sledovat artéská a mělce podpovrchová hladina. Podle těchto údajů se má řídit odběr tak, aby artéská hladina byla nad podpovrchovou. Při využívání struktur typu jihočeských pánví je nutno regulovat i vodárenský odběr podpovrchové vody, neboť, jak bylo řečeno, tyto pánve jsou bez spojitého izolátoru, hranice mezi nimi je převážně hydrologická. Nadměrným odběrem podpovrchové vody se zvýší i hydraulický gradient v hlubinných partiích, dojde tak k rychlejší výměně a tak i kontaminaci zdroje.

### 3.4.3. Umělá ochrana

Zmínil jsem se o nemožnosti vyloučit mísení vod, proto známe-li oblasti, kde může k tomuto mísení docházet, musíme navrhnout účinná ochranná pásma.

Mezi lidmi zabývajícími se touto problematikou panuje obecný konsensus o zákazu povolování vyjímek v ochranných pásmech těchto zdrojů. Je to požadavek zcela opodstatněný, vždyť se jedná o cíl prvořadé důležitosti. Viz kapitulu 2.3.

Vlastnímu vymezení ochranných pásem musí nutně předcházet mapování znečišťovatelů a zhodnocení jejich nebezpečnosti. V případě nevyhnutelnosti je nutno původ znečištění odstranit. Pokud by to nebylo možné, je nutno zamezit možnosti proudění do spodního kolektoru. To ve smyslu geologické ochrany tamponací, utěsněním výstroje, injektáží poruchy ap.

Umělá ochrana by se měla vztahovat i na infiltrační oblast, nicméně je-li vlastní infiltrační oblast příliš daleko od drenážní, kde je situován vrt, je i doba, po kterou přitéká voda, delší než plánovaná životnost plnírny. nemusíme se vlastní infiltrační oblastí podrobněji zabývat. Je-li však tato blízko, je možno očekávat podstatné ovlivnění odebírané vody vodou mladšího data vzniku. V tomto případě musíme zaručit, že nová voda je zaručeně nezávadná, musíme tedy znát dokonale infiltrační oblast se vším všudy, např. i se systémem hospodaření. Infiltrační oblast, popř. směr proudění se zjišťuje ze spádu hydroizopies. U struktur s dlouhodobým oběhem nám jistotu, že nedochází k mísení vod, zaručí nepřítomnost tritia a informace o radiouhlíkovém stáří vody.

### 3.4.4. Monitoring

V úvodu této práce jsem poukázal na problematičnost jakéhokoliv obecného soudu v této vědní oblasti, na problém zobecňování. Podobně jako je jen částečně odůvodněné zobecnění z několika litrů na celý objem zvodně, tak je problematické toto zobecnění i v časovém smyslu: Je otázkou zda soud o kvalitě vody v tomto okamžiku bude stejně platný i za rok, za měsíc či ještě zítra. Proto nezbytnou součástí ochrany je i řádný monitoring a pravidelné kontroly kvality vody.

## 4. Metody průzkumu

V tomto oddíle se pokusíme popsat již jednotlivé metody, které je možno využít při vyhledávání vhodných struktur. Nemůžeme se vyhnout jisté metodografii, tj. popisu provádění jednotlivých metod, jelikož musíme znát, co ta která metoda zkoumá abychom byli sto správně interpretovat výsledky.

### 4.1. Výběr archivních dat

Využívání archivních dat má dvojí užitek: jednak šetří náklady na průzkum a dává nám přehled o možných lokalitách, ale kromě toho má jednu nenahraditelnou cenu totiž, že nám umožňuje získat přehled o vývoji kvality v minulosti. Podle toho můžeme odhadnout, jak se bude vyvíjet kvalita v budoucnu.

Je zřejmě zbytečné zdůraznit, že často je nutno hledat informace i jinde než v Geofondu, neboť jsou roztroušeny po mnoha podnicích, které nemusí být geologicky zaměřené, např. Hydrofond, Povodí Labe, hydrometeorologický ústav, meliorační podniky ap.

Další nenahraditelnou informací je rozmístění starých, třeba nevyužívaných vrtů, u kterých nebezpečí netěsností, např. v důsledku nefunkční tamponáže, může být veliké.

### 4.2. Terénní průzkum

Terénní průzkum patří mezi ekonomicky nejlevnější a při tom nám poskytuje nenahraditelné informace. Mezi nejdůležitější patří mapa znečišťovatelů, která je pro nás důležitá zvláště z hlediska ochrany, a dále poznání přirozených vývěřů vody, tj. aktuálních drenážních, avšak možných infiltračních cest.

Jsme-li v oblastech, ve kterých je relativně malá vzdálenost mezi infiltrační a drenážní oblastí, čerpáme vodu, která je již recentního stáří. Takovou zvodeň můžeme využívat za předpokladu, že známe dokonale infiltrační povodí a možnosti ovlivnění srážkami z nedávné doby, dále všechny existující znečišťovatele včetně způsobu obhospodařování.

V tomto směru je pro nás instruktivní příklad Polické pánve, kde byl rovněž prováděn průzkum ohledně vody pro kojence (viz (10)). Odběry vzorků byly odebrány z vrtu VS-5, který je poblíž Teplice nad Metují, okr. Náchod. Využívání severní části Polické pánve, která má zde tvar lichoběžníku o ploše 80 km<sup>2</sup>, má tu výhodu, že Státní přírodní rezervace Teplické skály z této plochy zaujímá cca 35 km<sup>2</sup>. Další předností tohoto povodí je, že známe jeho velikost a infiltrační podmínky, kromě toho je detailně zpracován režim hospodaření na zemědělské půdě, to znamená, že v případě potřeby je možno zpřísnit požadavky a tak zlepšit např. případný zhoršující se trend kvality vody.

Při terénním průzkumu rovněž sledujeme kvalitu vody vývěřů, vrtů či studní, kterou posuzujeme jak podle požadavků zdravotníků, tak i z hlediska geologů. Jedna z pro nás důležitých geologických kvalit vody je neovlivněnost člověkem. Proto nyní uvedu výčet několika metod používaných na zjišťování této vlastnosti.

### 4.3. Možnosti kontaminace a přirozená ochrana vybrané struktury

Vraťme se k úvodu této práce, kde jsme se zabývali správným pochopením pojmu metodologie a její vztahu k přírodním vědám: Když empirik (geolog) vyřkne obecný výrok, např. "Ta zvodeň je člověkem nedotčena.", musíme si být vědomi, že je to zobecnění ve zmíněném smyslu. Jediné, co může geolog s jistotou tvrdit, je, že učinil vše v jeho silách, aby tu větu vyvrátil, avšak nezdařilo se. Proto se i my budeme nyní zabývat tím, jaké jsou metody prokazující znečištění pocházející od činnosti člověka.

Podstatou všech metod, které prokazují antropogenní ovlivněnost zvodně, spočívá v prokázání látky, která nemůže mít svůj původ v horninovém prostředí nebo z přírodních zdrojů, je tedy jiného, antropogenního původu. Obvykle se jedná o přítomnost tritia ve větším množství, než jaké odpovídá přirozenému pozadí, přítomnost extrahovatelných nepolárních látek, tenzidů, koliformního znečištění ap.

Z mnoha používaných metod jsem vybral jako příklad pouze ty, které jsme použili v souvislosti s balenou vodou, ke zjištění možných indicií souvislostí napjaté zvodně s mělkou podpovrchovou vodou. Jedná se o radionuklidové stáří vody a extrahovatelné nepolární látky.

### **4.3.1. Radionuklidové stáří vody - Zjištění doby zdržení podzemní vody a antropogenní neovlivněnosti pomocí izotopů uhlíku, kyslíku a tritia.**

Zpracováno podle (22)

Metoda radiouhlíkového datování byla vyvinuta v Chicagu W. L. Libby v roce 1952 (13) a aplikována pro datování podzemní vody byla Münnich K.O. v roce 1957 (15). Obecné principy metody byly publikovány J. Šilarem v roce 1975 (20) a možnosti její aplikace v přírodních podmínkách Československa byly ověřeny rok poté rovněž J. Šilarem (21).

Výsledky měření radiouhlíkové aktivity uhlíku hydrogenkarbonátů rozpuštěných v podzemní vodě jsou vyjádřeny jako procento aktivity současného světového standardu, kterým je 0,95 aktivity kyseliny šťavelové N.B.S. (National Bureau of Standards). A to se směrodatnou odchylkou 1 sigma. Při této odchylce spadá skutečná hodnota poměrné aktivity  $^{14}\text{C}$  a radiouhlíkové stáří do rozmezí  $\pm 1$  sigma se statistickou pravděpodobností 68%. Při výpočtu střední doby zdržení podzemní vody se nejčastěji vychází z předpokladu, že počáteční aktivita podzemní vody v době její infiltrace byla 85% aktivity současného světového standardu (viz např. (4) a (25)).

Je třeba poznamenat, že radiouhlíkové stáří je výsledkem výpočtu z obsahu radiouhlíku ve směsi složek podzemní vody různého původu, které tvoří zkoumaný vzorek a je tedy fiktivním pojmem. Není totožné ani se skutečným stářím vody jakožto celku po míšení, ani se skutečným stářím jednotlivých složek. Lze je považovat za střední váženou dobu zdržení podzemní vody v hydrogeologické struktuře, přičemž statistické váha je dána relativním podílem jednotlivých složek vody různého původu.

Vyšší zjištěné koncentrace  $^3\text{H}$  nasvědčují, že v podzemní vodě je přítomna příměs současné vody z doby po roce 1950, která vznikla infiltrací srážek kontaminovaných tritiem z výbuchů jaderných zbraní. Výsledky měření se uvádí v tritiových jednotkách (T.U.) s příslušnou odchylkou měření. Jedna tritiová jednotka značí koncentraci 1 atomu tritia mezi  $10^{18}$  atomy stabilních izotopů vodíku.

### **4.3.2. Extrahovatelné nepolární látky**

Obsahy extrahovatelných nepolárních organických látek (dříve ropa a ropné uhlovodíky) bývají pokládány za doklad významné komunikace vody z hlubších obzorů s vodou povrchově znečištěnou.

Stanovení obsahu těkavých nepolárních organických látek ve vzorcích vod se obvykle provádí stripingem, tj. extrakcí proudem inertního plynu v uzavřené smyčce s následnou sorbcí vyextrahovaných polutantů na sorbčním mikrofiltru s aktivním uhlím. Z něho se škodliviny vyjmou malým objemem sirouhlíku (cca 20 mikrog/l). Takto získané koncentráty se analyzují na analytickém přístroji: plynový chromatograf - hmotnostní spektrometr.

Přítomnost látky pocházející od působení člověka znamená, že voda je antropogenně znečištěná a tedy její použití pro sledovaný záměr je vyloučeno. Všimněme si však, jaký je společný znak všech uvedených metod - zkoumají obsahy určitých látek, které mají být dle předpokladu metody výsledkem působení člověka. Musí tomu tak být vždy? U zvýšených obsahů tritia jistě ano, avšak ostatní, např. extrahovatelné nepolární látky mohou pocházet z horninového prostředí. (Viz kap. 5.2.2.) Proto si u každé metody musíme uvědomit, co zkoumá, abychom mohli zhodnotit jejich výsledky.

Z předchozího je zřejmé, že žádný z diskutovaných cílů není cílem sám pro sebe. Totéž platí i o antropogenní neovlivněnosti. V praxi je velice obtížné zaručit, že nedošlo k mísení vod. Pokud např. zjistíme obsah tritia, víme, že došlo k jistému mísení, avšak nemusí nám tento fakt vadit, za předpokladu, že kvalita vody neutrpěla újmou tak, aby nesplňovala požadavky zdravotnické kvality. Proto z tohoto důvodu je nutno znát, která voda se mísí se kterou, odkud každá pochází, kam proudí. Tímto se však zabývá studium hydrologické situace.

## 4.4. Vrtný průzkum

Účelem vrtného průzkumu je ověřit poznatky o zvodni, které jsou založeny jen na teorii, jako je např. typ zvodně. Dále vrtný průzkum nám umožní získat horniny z hloubky a tak přehled o jejich složení. Vrty se mohou též využít pro čerpací zkoušky, o kterých však bude řeč v následující kapitole.

U vrtného průzkumu je nutno požadovat, aby veškeré průzkumné vrty byly po ukončení výzkumu řádně tamponovány, neboť je nebezpečí, že po těchto umělých netěsnostech např. ve stropním izolátoru zvodně může docházet ke komunikaci se svrchní zvodní, která má obvykle horší kvalitu vody, než je požadována. Proto, když k tomu v minulosti nedocházelo, nebo je důvodné podezření, že stávající kvalita výstroje vrtů je v nevyhovujícím stavu, je pak nutno tento podezření potvrdit nebo vyvrátit, např. prohlídkou televizní sondou.

### 4.4.1. Čerpací a stopovací zkoušky

Účelem čerpacích zkoušek je zjistit čerpatelné množství vody, filtrační parametry zvodně, zjistit dosah deprese, odebrat reprezentativní vzorky pro kvalitativní rozbor. Při našem výzkumu v Káraném jsme použili čerpací zkoušky navíc k nalezení indicií propojení spodního a svrchního kolektoru. Souvislost mezi kolektory se nejčastěji prokáže vzájemným ovlivněním jejich hladin a dále na průběhu grafů čerpacích zkoušek, např. při vyhodnocování metodou neustáleného proudění.

### 4.4.2. Stopovací zkoušky v kombinaci s čerpacími

Stopovací zkoušky se obvykle používají ke zjištění směru, rychlosti proudění v dané zvodni, popř. ke zjištění filtračních parametrů. Nicméně je možno je použít i na prokázání funkčnosti přirozené ochrany daného izolátoru mezi kolektory.

Princip spočívá v tom, že čerpáním snížíme výtlačnou hladinu spodní zvodně pod úroveň hladiny horní zvodně. Tím je umožněna komunikace vody z horní zvodně do spodní. Na bázi horního kolektoru nalijeme stopovač a jeho přítomnost, která potvrzuje souvislost obou zvodní, pak sledujeme ve spodní zvodni. Je samozřejmé, že stopovací látka musí být hygienicky nezávadná.

Metody se především zabývají možnou změnou drenážní funkce hydrogeologického objektu v infiltrační. Jedná se především o pukliny, staré vrty, netěsnosti v pažení. Jsou-li známy hydrologické poměry může geolog přistoupit k orientačnímu výpočtu využitelného množství. Jelikož však přesnější než orientační odhad není zapotřebí, můžeme se spokojit s konstatováním, že množství vody v daném kolektoru bude schopno zásobovat plnírnu po několik dekád.

## 4.5. Zhodnocení výzkumu

Výzkum můžeme považovat za skončený, pokud nejsou nejasnosti, které by představovaly nebezpečí vzhledem ke kvalitě vody. Musíme mít jistotu, že voda, která se čerpá si podrží svoji kvalitu alespoň po dobu životnosti plnírny.

Geolog musí svůj výzkum zhodnotit, dát návrhy ohledně případné úpravy či způsobu využívání zvodně. V případě, že ve zvodni proudí voda, která je recentního stáří, popř. dochází k mísení vod je nutno znát přesně, která voda se mísí se kterou, je pak nutno vypracovat i návrhy, které znečišťovatele je nutno odstranit, mít přehled o způsobu hospodaření ap.

## 5. Příklad vyhledávání vody pro výlučně pitné účely - Káraný

Dříve než přistoupíme k popisu přírodních poměrů Káraného, zmiňme se několika slovy o zadaném výzkumném úkolu: Koncem roku 1987 zaslaly Pražské vodárny, závod Káraný, Vodním Zdrojům Praha objednávku na provedení hydrogeologického průzkumu s cílem navrhnout pásma hygienické ochrany pro vrty tzv. "artéského křídla" vodárny Káraný. Později byla objednávka rozšířena o posouzení a dokumentování kvality podzemní vody cenomanské zvodně, ve vztahu k záměru uživatele, který hodlá jímanou vodu použít pro plnění do obalů a distribuovat ji jako "stolní vodu". Objednávka byla u Vodních zdrojů registrována pod číslem 87 0 351. Ze závěrečné zprávy tohoto výzkumu (27) je rovněž většina citovaných údajů v této kapitole.

## 5.1. Přírodní poměry

Posuzované území se rozkládá přibližně ve čtyřúhelníku Brandýs n. L., Úvaly, Poříčany, Předměřice n. Jizerou. Geologicky spadá území do prostoru České křídové pánve.

### 5.1.1. Geologické poměry

V podloží křídových sedimentů jsou paleozoické horniny, patrně ordovického stáří. Jedná se nejčastěji o jílovité břidlice, které se vyznačují omezenou puklinovou propustností. Ordovické uloženiny mají synklinální charakter, jejich osa má směr VSV - ZJZ, jsou tedy nejmladší horniny ve středu synklinály a starší na okraji. Podle všeho byl ordovik zastížen ve vrtu u obce Stratov. Někteří autoři (14) se domnívají, že ordovik zasahuje až do širšího okolí Mílovic.

Sladkovodní cenoman, který transgreduje přes ordovik, má oproti nadložnímu mořskému větší mocnost, neboť zaplnil i předkřídové deprese. Sedimentace sladkovodního cenomanu započala buď hrubými pískovci až slepenci, nebo pozvolným přechodem jílovitých eluvií většinou paleozoických břidlic. Hranice mezi těmito útvary je pak nezřetelná. Ve sladkovodním cenomanu nejsou výjimkou lokální jílovcové polohy, mezi vrstvami pískovců. Mocnost jílovců je velice proměnlivá (0 - 5m) stejně jako kolísá i mocnost celého sladkovodního cenomanu (0 - 15m).

Mořský cenoman má transgresivní charakter, někdy je přechod ze sladkovodního cenomanu pozvolný a pak je hranice mezi nimi nejasná. Jeho svrchní polohy jsou tvořeny glaukonitickými pískovci. Pískovce mořského jsou jemně až středně zrnité. Tmel je povětšinou jílovitý. Vysoce porézní pískovce mají tmel kontaktní, někdy jílu převažuje nad pískem a pískovce tak přechází až do silně písčitých jílovců. Vyskytuje se i tmel limonitický, který tvoří povlaky na zrnech. Vložky jílovců v mořském cenomanu jsou vzácností, jen nejsvrchnější poloha cenomanu je tvořena v průměru 3 m mocnými tmavohnědými jílovci. Mocnost celého cenomanu se pohybuje od 20 - 50m.

V nadloží cenomanu je turon, který ostatně jako všechny křídové uloženiny v této oblasti je vyvinut ve vltavsko-berounské facii. Na levém břehu Labe se vyskytují toliko nejstarší křídové vrstvy, tzn. cenoman popř. sp. turon. Střední turon je souvisle vyvinut až na pravém břehu Labe. Spodní turon tvoří facie slínovců, které přecházejí až v prachovité slínovce místy spongilitické, jsou proto tvrdší než stř. turon. Mocnost sp. turonu kolísá v rozmezí 20 - 30 m. Severně a severozápadně od Labe se větší měrou uplatňuje aleurito-psamitická frakce. V severním okolí Lysé n. L. slínovce přecházejí do prachovitých slínovců až prachovců, které jsou měkké až plastické. Ty zastupují již stř. turon. Vyšší stupně byly denudovány a tudíž chybí.

Erozní bázi tohoto prostoru je Labe, které vytvořilo řadu teras: Na levém břehu západně od Čelákovic je již souvislý pokryv štěrkopískových uloženin. Levé přítoky Labe jsou drobné, v horní části toku mají erozní charakter, v dolní části akumulovaly povodňové hlíny až do mocnosti 3m.

Úpatí svahů, zvláště v blízkosti výchozů algonkických břidlic, buližníků či ordovických křemenců, je zakryto kamenitými sutěmi a svahovými hlínami. Jižní a jihovýchodní svahy jsou pokryty sprašemi, které jsou v tomto území plošně nejrozšířenější. Spraše se však nachází toliko na levém břehu Labe, na pravém břehu jim geneticky odpovídají váté písky, které tvoří četné přesypy. Západně od Lysé n. L. je pravý břeh Labe tvořen mohutnými štěrkopískovými náplavy, jež směrem na východ od Lysé vyklíňují. Terén je pak tvořen stř. turonskými slínovci, které mají chudý štěrkopískový pokryv jen ve větších nadmořských výškách. Náplavy Jizery se při ústí setkávají s Labskými, podle K.Žabery 1956 in (23) je možno rozlišit až 11 stupňů, které vznikaly Riss I až Würm III.

Osa křídové pánve je prohnutá ve směru JV-SZ. Pánevné není symetrická, SV křídlo od Lužické poruchy zapadá nejprve příkřeji, ale pak pozvolněji než jižní, kde je úklon vrstev cca 3 stupně. Křídová sedimentace byla neklidná, četné synsedimentární pohyby zapříčinily kolísání jak v mocnosti mořského cenomanu, tak i kolísání mocnosti a faciálního vývoje mladších souvrství. Po regresi křídového moře se křídová tabule rozpadla na kry podél radiálních dislokací. Podle V. Kněžka, L. Žitného (11) je tabule rozpadlá na řadu malých ker omezených těmito systémy zlomů:

- SZ-JV - železnohorský
- SV-JZ - krušnohorský
- S-J - jizerský, ke kterému je podle R. Sokola in (23) ekvivalentní směr:
- V-Z

Podél těchto zlomů došlo k vzájemným pohybům, které je možno ověřit jen obtížně. Jednak transgrese cenomanu probíhala v značně členitém území a potom výška skoku mezi jednotlivými krami není veliká, řádově do deseti metrů, ale přesto tyto pohyby zvýrazňují pokles křídových vrstev.

Geofyzikálně potvrzená je dislokace Vykáň - Brandýs n. L., podél které došlo k poklesu až o 40m (podle jiných autorů až 60m.) Tato dislokace je důležitá hlavně hydrogeologicky, neboť zde se stýkají cenomanské pískovce s turonskými slínovci, jenž tvoří hydrogeologicky nepropustnou bariéru. (viz 8.3.)

## 5.1.2. Hydrogeologické poměry

### 5.1.2.1. Ordovické vrstvy

Ordovické jílovité břidlice jsou takřka nepropustné. Pukliny jsou sepnuté. Pouze vložky křemenců a křemitých pískovců, které jsou vázány na vrstvy kosovské a dobrotivské, jsou v důsledku rozpukání propustné. Specifické vydatnosti vrtů v ordovických uloženinách jsou malé (0,001 - 0,1 l/s), v tomto směru je jejich hydrogeologický význam mizivý. Avšak významnější je jejich ovlivňování chemismu křídových vod. Podle Vysvětlivek 1963 in (23) přináležejí ordovické vody k typu kalcium sulfatickému a kalcium bikarbonátovému. Čím pomalejší je oběh, tím větší je celková mineralizace i obsah Mn a Fe. Zdroj sulfidového aniontu je dle předpokladu pyrit obsažený v břidlicích, který oxiduje na sírany. Odtud též i síranová agresivita těchto vod. Palmerova klasifikace klade tyto vody do III. třídy typu  $S_2A_2S_1$  nebo  $A_2S_2S_1$ . Co se týče tvrdosti, jedná se o vodu středně tvrdou až tvrdou s převládající stálou tvrdostí a s celkovou mineralizací přes 0,5 g/l.

### 5.1.2.2. Cenomanská zvodeň

#### 5.1.2.2.1. Hydrogeologické charakteristiky

Cenoman je litologicky tvořen dvěma základními, odlišnými horninami: Tříděné pískovce středně až hrubě zrnité, které místy přechází až ve slepence buď, a nebo až v písčité jílovce. Tato faciální rozdílnost způsobuje kolísání koeficientu filtrace až o dva řády. Cenomanské pískovce jsou slabě anizotropní: Ve směru vrstevnatosti 6,92 - 108 cm/den a ve směru kolmém na vrstevnatost 2,25 - 129,6 cm/den a je-li možno takové hodnoty zprůměrovat, pak se propustnost pohybuje řádově kolem  $10^{-5}$  m/s. Efektivní pórovitost se pohybuje v rozmezí 6,2 - 22,2 %, v průměru však 12 - 15 %. (23)

Druhý druh hornin jsou jílovce, které tvoří bazální a stropní partie mořského cenomanu a sp. turonu. Hydrogeologicky jsou významné pro svoji nepropustnost, která je způsobena jejich plasticitou. Jílovce tvoří nepropustný strop sladkovodního cenomanu a dílčí napjaté obzory v mořském cenomanu. V celém území je vyvinuta nepropustná jílovcová poloha na rozhraní mořského a sladkovodního cenomanu, která dělí zvodeň na dva dílčí obzory. Tam, kde jsou jílovcové polohy uvnitř sladkovodního cenomanu vyvinuty průběžně (tj. jen v širším okolí Vyšehořic), vznikají dílčí obzory s různou piezometrickou úrovní.

Mocnost zvodněných vrstev odpovídá mocnosti cenomanských pískovců. Následující tabulka uvádí mocnosti cenomanu v několika místech i mimo studované území:

Místo	mocnost cenomanu v m
Hrádek, Sadská, Velenka	3
Satalice, Vinoř	8
H. Počernice	10
Jirny, Horoušany	12 - 20
v artéské oblasti kolem	30
Benátky n. J.	20 - 30
Luštěnice	48



Zbožíčko	53
Lysá n. L.	56
Čelákovice	57

zpracováno podle (23)

Specifické vydatnosti cenomanských vrtů ukazuje následující tabulka:

Místo	q – specifická vydatnost v l/s
Čelákovice, Káraný	2 - 4
Zbožíčko	1,3
Horoušany	1
východně od Vyšehořic	okolo 0,1
okraje pánve	méně než 0,1

zpracováno podle (23)

Číslo specifického zvodnění  $z = \log(10^6 \cdot q/M)$ , přičemž  $q$  je specifická vydatnost v l/s,  $M$  je mocnost zvodnění v m a  $q/M$  je specifické zvodnění. Číslo specifického zvodnění je nízké (tzn. 2 - 4) v okolí Klánovic, Satalic, H. Počernic, a v trojúhelníku Kounice - Velenka - Sadská. A vysoké  $z$  je (tj. 4,4 - 5,5) v trojúhelníku Čelákovice - Káraný - Lysá n. L.

Hladina cenomanské zvodně je, jak známo, napjatá, zvláště na pravém břehu vystupuje piezometrická hladina nad terén. Rozdílná je však situace dnes, kdy intenzivním čerpáním došlo v mnohých místech k poklesu piezometrické hladiny pod terén, to je také případ Čelákovic, Houštky, Toušně a Káraného, kde byla zastižena hladina 5,7 m nad terénem a dnes je na úrovni terénu. Nad terén vystupuje dnes hladina v Lysé n. L., Litoli a Zbožíčku - 21,2m, Novém Vestci 1,86 m. V rozmezí 4 - 10 m n. t. se pohybuje hladina sv od Kounic, tzn. v okolí Velenky, Hradištky až k Nymburku. Směrem na sever artéské napětí klesá. (23)

Infiltrační oblast pro artéskou větev na pravém břehu Labe se hledá na základě studia hydroizohyps kdesi na severu: Sklon tlakové čáry směřuje od sv k jz. Sklon v severní části je cca 0,12 promile, podél Labe pak stoupá na 0,35 promile. Z tohoto se usuzuje, že infiltrační oblast se nachází na severu křídové pánve, na Turnovsku, tzn. na sv od Káraného v centrální části křídové pánve, popř. ještě dále na sever k jejímu okraji. J. Švoma a D. Herešová odhadují vzdálenost infiltrační a drenážní oblasti na 60 až 70 km. (23)

K přírodnímu odvodnění dochází netěsnostmi v artéském stropu do Labe či Labských náplavů. Intenzivním odběrem cenomanské vody dochází ke sčítání drenážních účinků a k umělému hydraulickému propojení drenážních oblastí na levém a pravém břehu Labe. Skryté vývěry cenomanské vody podminily dle G. Kačury a Z. Dohnala 1960 in (23) vznik sirnoželezitých, rákosovo-ostřicových slatin v lázních Toušni (na levém břehu Labe) a obdobného druhu západně od Byšiček a sv od vrtu C na pravém břehu Labe. (27)

Velice intenzivní je však i umělé odvodnění. Neověřitelný počet vrtů, ze kterých se čerpá, či netěsnostmi uniká nekontrolovatelné množství vody, do té míry narušuje hydrologický režim, že přírodní stav je nemožno zrekonstruovat. Jedná se o desítky používaných i opuštěných, špatně utěsněných vrtů, v okolí sídel: Horoušany, Vyšehořice, Mochov, Čelákovice, Jirny atd.

### 5.1.2.2.2. Chemismus cenomanské vody

#### a/ Levý břeh Labe

Na okrajích křídové pánve na styku cenomanských pískovců s ordovickými břidlicemi jsou podzemní vody typu kalcium sulfat bikarbonátového s přechodem do typu kalcium sulfatového, (to zvláště k okraji pánve.) Někdy se z kationtů uplatňuje i hořčík. Podle Palmerových charakteristik hypotetických solí spadají do III. třídy, nejčastěji  $A_2S_2S_1$ , eventuálně  $S_2A_2S_1$ . Přičemž první salinita se pohybuje kolem 2, výjimečně 6 - 10, druhá salinita 10 - 15, maximálně 20, ve stejných mezích se pohybuje i druhá alkalita.

Vysoká mineralizace v oblasti infiltrace (kolem 0,8 g/l) se vysvětluje stykem s ordovickými břidlicemi, jejichž vody mají celkovou mineralizaci přes 1 g/l. Mineralizace pochází z rozkladu pyritů v ordovických vrstvách, který oxiduje na sulfátový aniont. Ordovické pyrity mají význam i sekundární: V době sedimentace cenomanu rovněž docházelo k oxidaci sulfidů, které v podobě

roztoků přešly do cenomanských vrstev, kde posléze v redukčním prostředí vytvořily povlaky či konkrece pyritu. V okrajových částech pánve je obsah železa stopový.

Směrem k Labi ubývá celkové mineralizace na hodnotu 0,6 - 0,7 g/l, rovněž ubývá i koncentrace síranů a typ vody přechází na kalcium bikarbonát sulfátový typ. Celková mineralizace je však přímo úměrná rychlosti proudění, proto třeba před dislokací Záluží - Vykáň, kde dochází ke zpomalení, byla v Nehvizích zjištěna koncentrace 1 g/l. Vzrostla koncentrace železa na 0,1 - 0,3 mg, které má původ taktéž v podložních břidlicích. V santoriu Houšťka je koncentrace železa 10,7 mg/l, v Lázních Toušeň 24 mg/l. S rostoucí koncentrací železa pochopitelně roste i koncentrace síranového iontu. (23)

#### **b/ Pravý břeh Labe**

Narozdíl od levého břehu Labe na pravém převládá mineralizace typu natrium bikarbonátová. Jednou z nejparadoxnějších skutečností je, že ve vzdálenosti 15 km severně od Labe v hloubce 150 - 200 m byla u obce Zbožíčka zastižena celková mineralizace pouhých 0,26 g/l. Směrem k jihu se typ vod mění Na - Ca - HCO<sub>3</sub> a současně s tím roste i obsah chloridů. Podle Palmerových charakteristik tyto vody přináležejí do I. třídy, typu S<sub>1</sub>A<sub>2</sub>A<sub>1</sub>, resp. A<sub>2</sub>S<sub>1</sub>A<sub>1</sub>, přičemž A<sub>1</sub> má hodnoty 1 - 1,5, A<sub>2</sub> 2,3 - 4, S<sub>1</sub> 1,5 - 2,6; obsah železa je v průměru 2 mg/l.

V Káraném je poněkud jiná situace z důvodu, který byl již zmíněn totiž, že intenzivním odběrem cenomanské vody dochází ke sčítání drenážních účinků a k umělému hydraulickému propojení drenážních oblastí na levém a pravém břehu Labe, tento fakt byl zjištěn chemickou analýzou vody v Káraném, která je kombinací vody z jižního a severního artéského křídla. (23)

Výzkum, na kterém jsem se podílel u svého školitele, dospěl k těmto závěrům: "Jímaná voda je vesměs středně silně mineralizovaná (250 - 420 mg/l), má slabě kyselou - neutrální chemickou reakci (pH 6,0 - 7,0), je měkká až středně tvrdá. Při porovnání s ČSN překračuje ji zachycená voda obsahem železa, amonných iontů, někdy alfa aktivity a zřídka obsahem nepolárních extrahovatelných organických látek. ... Při porovnání rozborů z let 1902 - 3 s rozborů z let 1988 - 9 vyplývá zvyšování mineralizace a prakticky všech porovnatelných složek s výjimkou chloridů." (27)

### **5.1.2.2.3. Plynné složky v cenomanské vodě, minerální vody**

Ve Vinoři a ve Velkých Jirnách byl analyzován CO<sub>2</sub> a N, ve Vinoři kromě toho i sirovodík. A. Matějka, Z. Roth 1950 in (23) potvrzují atmosférický původ dusíku. Oxid uhličitý je juvenilního původu, s jeho obsahem roste i obsah Na, HCO<sub>3</sub>, který je provázen vysokým obsahem chloridů. Celková mineralizace v Kounicích je 2,19 g/l, v Poděbradech (Hohenlohe) 3,7 g/l a ve Velkém Zboží 2,7 g/l. Podle Kurolova se tyto vody řadí do typu Na - HCO<sub>3</sub> - Cl, podle Palmera se jedná o A<sub>2</sub>S<sub>1</sub>A<sub>1</sub> nebo S<sub>1</sub>A<sub>2</sub>A<sub>1</sub>. Tyto informace o vodě mimo vlastní studované území jsou důležité, protože se předpokládá, že voda proudící od Kounic postupně přitéká do Káraného. Západní hranice proplyněných vod prochází Kounicemi, kde koncentrace CO<sub>2</sub> je 1,3 g/l. V Kersku se pomocí titrace určila koncentrace CO<sub>2</sub> na 890 mg/l, v Hradištku už jen 450 mg/l, ve Strátově jen 118 mg/l. (23)

### **5.1.2.3. Turonská zvodeň**

Turonské vrstvy jsou zvodněné jen v nejsvrchnější části do 20 - 30m, avšak nejedná se o souvislý obzor, neboť horninové prostředí je propustné puklinově, ne průlinově. Puklinová propustnost je v oblastech, kde horniny obsahují více křemitého tmelu, pak jsou horniny rigidnější, a tak umožňují vznik puklin a trhlin. Tvrdší horniny tvoří spodní turon - slínovce s křemitým podílem a spongilitické slínovce - a dále střední turon v okolí Mílovic. Rozpukání je někdy tak intenzivní, že tyto horniny svou vydatností překonávají cenomanskou zvodeň!

Chemismem se řadí do typu Ca - HCO<sub>3</sub> -SO<sub>4</sub>, resp. Ca - Mg - HCO<sub>3</sub> - SO<sub>4</sub>, s celkovou mineralizací 0,5 - 0,8 g/l, podle Palmerových charakteristik: III. třída A<sub>2</sub>S<sub>2</sub>A<sub>1</sub> (A<sub>2</sub> = 11, S<sub>2</sub> = 4, S<sub>1</sub> = 2 - 3). Vody jsou kontaminovány povrchovým fekálním znečištěním.

### **5.1.2.4. Kvartérní zvodeň**

Labe a Jizera jsou erozní bází území, zvodnění jejich náplavů bylo v minulosti uskutečňováno toliko z atmosférických srážek, dnes, po vybudování umělé infiltrace jejich význam podstatně

vzrostl. V přírodním stavu totiž byly zavodněny pouze údolní nivy, vyšší terasové stupně byly zvodnělé jen v nejspodnějších částech. Vsakovací vany byly vybudovány v právě těchto stupních. K dotaci se používá mechanicky předupravená voda z Jizery. Odtokové poměry a rozsah povodí jednotlivých toků jsou výrazně ovlivněny reliefem předkvarterního podloží. Koeficient filtrace se pohybuje v rozpětí  $5 \cdot 10^{-4}$  -  $1 \cdot 10^{-3}$ .

### 5.1.2.5. Povrchové vody

Kvalita povrchových vod je špatná, podle Ročenky čistoty toků, kterou vydalo HMÚ, jsou vody Labe klasifikovány do III. třídy a vody Jizery do II. třídy čistoty. Kdyby však v Jizeře nebylo koliformní znečištění toku, odpovídala by její kvalita Ia a Ib třídě čistoty. Naproti tomu Labe je znečištěno vysokým obsahem nerozpuštěných látek, manganu, dusičnanů, amoniaku a rovněž koliformního oživení povrchové vody.

## 5.2. Metodologie výzkumu.

V této kapitole se budeme zabývat postupem, který byl použit při výzkumu v Káraném, na kterém jsem se rovněž podílel. Jak bylo řečeno, požadavkem objednavatele bylo zjistit bez větších technických prací, do jaké míry tato lokalita vyhovuje podmínkám Ministerstva zemědělství a výživy na vyhledání vhodného zdroje vody pro výrobu umělé kojenecké stravy. Z tohoto důvodu též nebyl výzkum doveden zcela do konce a dále zůstává částečně otevřen.

### 5.2.1. Archivní údaje

Údajů o křídové tabuli je málo, jelikož geologický zájem v této oblasti byl soustředěn na studium kvartérních pokryvných útvarů z důvodu zavedení umělé infiltrace. Vlastně jediný geologický a hydrogeologický průzkum spojený s rozsáhlejšími technickými pracemi pochází z přelomu století od A. Thiema (24). Další fakt, který komplikoval situaci, byla neúplnost vrtného registru v Geofondu, zlomek údajů o vrtných profilech byl nalezen v archivu Pražských vodáren.

Důležitým zjištěním, ke kterému došel A. Thiem (24), a který opět potvrdil i V. Kněžek (9), bylo shledání rozpukanosti spodní části slínovcového komplexu. Tento fakt vyplývá ze vzestupu úrovně hladiny ve vrtu ještě vysoko nad rozhraním slínovců a pískovců. Z průběhu izopies se zjistilo, že infiltrační oblast této zvodně se nachází na sever či severovýchodně v centrální části křídové tabule nebo ještě dále k severu.

Znepokojujícím faktem bylo a je nadměrné čerpání vody na levém břehu Labe, které patrně převyšuje přirozenou dotaci zvodně. V podstatě není známo přesné odebrané množství vody, možný byl jen odhad prostřednictvím údajů na štítcích čerpadel bez sledování vyvolaného snížení hladin vody ve vrtech. Počet vrtů je značný. Soustředěné odběry jsou v prostoru Čelákovic (11 jímacích objektů), Jiren (9 objektů), Mochova (7 objektů) a dále v oblasti Horoušan a Vyšehořovic. Proto zde je opravdu oprávněné nebezpečí reverzního proudění, zvláště uvědomíme-li si hydraulickou spojitost cenomanské zvodně na levém i pravém břehu Labe.

### 5.2.2. Kvalita vody a odběry vzorků

Vzorky byly odebírány jak z cenomanské, tak i z kvartérní zvodně. To proto, aby bylo možné srovnání kvality a chemismu za účelem prokázání či vyloučení možné komunikace mezi jednotlivými zvodněnými obzory. Voda se odebírala jednak pro rozbory a jednak i pro stanovení radiouhlíkového Využívání zvodně pro pitné účely vyžaduje kompletní chemický, bakteriologický a biologický rozbor její vody. Kromě toho jsme dále určili koncentrace kovových mikrokomponent (metodou AAS), koncentrace kyanidů, tenzidů, látek PCB, ropy a ropných látek, fenolů, těkavých nepolárních organických látek a stanovení alfa aktivity.

Jímaná voda je vesměs středně silně mineralizovaná (250 – 420 mg/l), má slabě kyselou-neutrální chemickou reakci (pH 6,0-7,0), je měkká až středně tvrdá. Při porovnání s ČSN ji překračuje obsahem železa, amonných iontů, někdy alfa aktivitou a zřídka obsahem nepolárních extrahovatelných organických látek.

Zatímco zvýšené obsahy Na a Cl lze přisuzovat výhradně příronu z podloží, mohou být obsahy  $SO_4$  způsobeny nejen rozkladem pyritů, ale i příronem z nadloží z atmosférických srážek.

Výsledky bakteriologických a biologických rozborů z čerpací zkoušky vyhovují ČSN. Maximální koncentrace organických látek ve vzorcích byla 0,15 mikrog/l. Z konkrétních sloučenin byl ve vzorcích zjištěn toluen, aromáty C8 a C9, ale žádný z kontaminantů nepřesáhl hodnotu 0,1 mikrog/l.

K posouzení trendu kvality byly využity rozborů A. Thiema (24) z let 1902-3 ve zprávách o hydrogeologickém zkoumání území u Staré Boleslavi. Obtíže však nastaly v tom, že analytické metody v té době byly odlišné a prováděná stanovení nelze vždy s pozdějšími údaji srovnávat. Rovněž sortiment stanovení se nekryje se současně prováděným. Z dalších archivních rozborů byly nalezeny toliko tři rozborů z let 1960-1 od V. Kněžka (9).

Z porovnání výsledků zjištěných koncentrací vyplývá vzrůst koncentrace prakticky všech porovnatelných složek včetně síranů a dusíkatých látek a železa. Jedinou výjimkou jsou chloridy. Tento jev byl shodně pozorován u všech vrtů soustavy. Zvyšování obsahu dusíkatých látek může signalizovat zvýšení příionu z úrovně terénu. Naproti tomu existence nepolárních extrahovatelných látek v jímané vodě je způsobena vyluhováním organodetrického materiálu, který je součástí jílovcových poloh.

Podle výsledků chemických rozborů se dále modifikoval výzkum. Protože voda překračuje ČSN obsahem Fe, amonných iontů, někdy alfa aktivitou a zřídka obsahem nepolárních extrahovatelných organických látek, byl zájem potvrdit nebo vyvrátit možnou komunikaci s kvartérní zvodní. Pokud by totiž tato kvalita odrážela přírodní stav, byla dobrá záruka, že kolísání kvality v čase nebude velké. Ale pokud je tato kvalita výsledkem míšení s kvartérní vodou, je prakticky nepředvídatelné, jak rychle se bude kvalita vody měnit. Na zjištění komunikace s kvartérní zvodní se použily metody zjišťující stáří vody z radionuklidů a z obsahu tritia, jejichž metodika je popsána v kapitole 4.3.1.

Izotopová analýza vzorků prokázala, že z devíti odebraných vzorků pouze dva vykazují reálné nižší radiouhlíkové stáří, jsou bez obsahu tritia a nejeví příznaky přítomnosti vody současného stáří. Šest vzorků vyazuje různá radiouhlíková stáří přibližně od 500 do 16 600 roků, avšak současně obsahuje tritium v měřitelných recentních koncentracích. Toliko jeden ze vzorků vyazuje současné radiouhlíkové i současné tritiové stáří. (22)

Z uvedeného vyplývá, že podzemní voda z většiny zkoumaných vrtů obsahuje současnou složku, která do ní byla nasáta dlouhodobým provozem násoskového řadu, a to velmi pravděpodobně vlivem netěsností artéského stropu, které mohou být původu jak přírodního tak umělého.

Jeden z možných původů extrahovatelných nepolárních látek může být kromě ropných uhlovodíků pocházejících z působení člověka též horninové prostředí. Jímací oblast "artéské větve" je v prostoru poměrně málo znečištěným, obsah těchto látek v mělké podzemní vodě nepřevyšuje podstatně koncentrace zastižené v cenomanu. Z těchto skutečností se zdá být pravděpodobné, že obsažené uhlovodíky pocházejí z horninového prostředí. Tento předpoklad se ověřil pokusem. V povrchovém lupkovém dole Kamenná panna u Vyšehovic se odebraly vzorky jílovců ze svrchní i spodní jílovcové polohy, které se rozmělnily a vyluhovaly po pět dnů. Výluhy i pevné vzorky se analyzovaly jednak za účelem zjištění extrahovatelných nepolárních látek, ale i ke zjištění původu alfa aktivity, jejíž zdroj je rovněž možno hledat v těchto horninách.

Všechny uvedené předpoklady se podařilo ověřit. Lze tedy předpokládat, že přítomnost extrahovatelných látek v podzemní vodě má svůj původ v přirozeném prostředí a neindikuje těsnou souvislost cenomanské zvodně s mělkou podzemní vodou. Z výsledků radiochemické laboratoře vyplynulo, že na zvýšení hodnot alfa aktivity se prakticky rovnou měrou podílejí jílovce spodní i svrchní polohy.

### **5.2.3. Ochrana**

#### **5.2.3.1. Geologická ochrana**

Jak již bylo řečeno, v prostoru Káraného je, když pomineme přirozené netěsnosti artéského stropu, velké množství používaných i starých nejspíš špatně zatamponovaných vrtů, jejichž nebezpečí je nasnadě. Za účelem potvrdit či vyvrátit tuto možnost se uskutečnily následující

práce: čerpací zkoušky, stopovací zkoušky a dále prohlídka vrtů "artéského křídla" televizní kamerou.

Čerpací zkoušky kromě svého hlavního účelu, tj. odebrat reprezentativní vzorky pro kvalitativní rozbor, měly pomoci nalézt indicie propojení cenomanské zvodně s kvarténní.

Nejprve se uskutečnily ověřovací zkoušky, doba čerpání se pohybovala mezi 6 - 10 hodinami. V době před zahájením čerpání i během něho byly sledovány úrovně hladin u okolních kvarténních vrtů. Čerpací zkoušky byly ukončeny odběrem vzorků vody. Z reakce hladiny v pozorovaných objektech vcelku jednoznačně vyplývá souvislost cenomanské a kvarténní zvodně u dvou vrtů (jmenovitě D a E).

Dlouhodobé čerpací zkoušky byly kombinovány se stopovacími. Stopovací zkouška byla uskutečněna u tří vrtů artéského křídla. Jako stopovací látka byl použit roztok 250 kg NaCl v 1500 l vody. Stopovací látka byla jednorázově nalita 24 h před započítáním čerpání do pozorovacích vrtů, které jsou cca 5 m od čerpaných vrtů. Téměř nasycený roztok se rozšířil všestranně kolem vrtu. Předpokládali jsme, že pokud v blízkosti čerpaných vrtů existují umělé komunikační cesty, dojde k proniknutí označené kapaliny do jímané vody a v ní dojde ke zvýšení koncentrace chloridů. Intervalů odběrů vzorků byly opřeny o orientační výpočet.

U dvou vrtů se vliv označené kapaliny na čerpanou vodu neprojevil. Pouze u třetího vrtu došlo ke zvýšení obsahu chloridů z 42 na 50,5 mg/l. Toto zvýšení bylo registrováno u vzorků odebraných mezi 60 - 80 hodinou. Předpokládá se, že stopovací látka pronikla mezikružím mezi výstrojí a někdejší stěnou vrtu k jeho perforaci.

Prohlídka vrtů "artéského křídla" televizní kamerou a posouzení jejich technického stavu ukázalo, že část vrtů je v neuspokojivém až havarijním stavu, ostatní jsou sice ve vyhovujícím technickém stavu, ale buď z důvodu malé vydatnosti či možné komunikace mezi zvodněmi je vyloučeno jejich využití pro sledovaný účel.

### 5.2.3.2. Hydraulická ochrana

Artéská struktura má přirozenou ochranu v přetlaku vody vůči mělké podpovrchové vodě, tímto faktem je zaručeno, že povrchová, snadno znečištělná voda nemůže proudit do spodního kolektoru. V Káraném je problém ten, že cenomanská zvodně se přirozeně odvodňovala do náplavů Labe poruchami ve vrstvě izolátoru. Bohužel vrty tzv. artéského křídla (viz 8.2.) byly vybudovány poměrně blízko vlastního toku Labe: od 300 do 1600 m, v průměru však do 800 m. Potencionálně nejvíce ohrožen je vrt B, který je umístěn na břehu "slepého ramene", kde je gradient podstatně menší. Tento vrt má výtlačnou výšku 170,20 m, je vzdálen od Labe 300 m, hladina v Labi má nadmořskou výšku 172,00 m. Z toho vyplývá průměrný hladinový spád  $6 \cdot 10^{-3}$ .

Skutečně naměřené hodnoty výtlačné úrovně hladiny vody neodpovídají plně tlakovým poměrům za pláštěm vrtu, jelikož obsyp je kolmatován, perforace zarostlá apod. Se vzdáleností od čerpaného vrtu klesá tlakové ovlivnění zvodně odběrem, ale na druhé straně se sčítají tlakové ztráty vyvolané čerpáním vody z celého řadu. Takže otázka, zda skutečně dochází k reverznímu proudění, nemůže být vyřešena, dokud se nevybudují vrty na břehu Labe, které pomohly stanovit skutečnou piezometrickou výšku cenomanské zvodně. Tyto vrty by pak sloužily i k případnému monitoringu.

### 5.2.3.3. Umělá ochrana

Jak bylo řečeno v kapitole 3.4.3., umělá ochrana zahrnuje ochranu infiltrační oblasti, oběhových cest i vlastní drenážní oblasti. Infiltrační oblast artéské struktury Káraného je vzdálená asi 60 km (viz kapitolu 5.1.2.2.1.) od vlastní drenážní oblasti, tento fakt je rovněž doložen i stářím vody, které vylučuje kratší oběhovou dráhu. Z tohoto důvodu si můžeme dovolit neznat důkladně poměry v infiltrační oblasti. Neboť voda, která přichází z infiltrační oblasti připutuje do drenážní za dobu, jež s největší pravděpodobností, jak nasvědčuje zjištěné radionuklidové stáří vody, převyšuje životnost plnicího závodu.

Hydrogeologické a hydrologické poměry výstupní oblasti a části oběhových cest jsou dobře známy. V zájmové oblasti se provedlo mapování pouze znečišťovatelů, protože geologické a hydrologické mapy v měřítku 1:50 000 byly k dispozici. Musíme si však uvědomit, že mapování znečišťovatelů mělo dvojí využití: prvním, hlavním bylo vymezení ochranných pásem pro umělou

infiltraci. Druhým, v případě balené vody, bylo zjistit možné kontaminanty, které by mohly v případě reverzního proudění znečišťovat cenomanskou vodu.

Znečišťovatele jsme rozdělili na dva základní druhy: zemědělské a průmyslové, přičemž průmyslové objekty jsme dále rozdělili podle jednotlivých resortů. Mezi vážné znečišťovatele patří Kovohutě Čelákovice s podniky strojírenského a elektrotechnického průmyslu, jako jsou okresní kovopodniky, ČKD Dukla Praha, Škoda Universum atd., které produkují odpady z moření, galvanického pokovování apod.. Tyto odpady obsahují procento těžkých kovů, kyanidů, minerálních olejů ap. Potravinářský průmysl, zvláště pak masný, produkuje velké množství bakteriologicky závadných polutantů. Chemický a další průmysl je vážným znečišťovatelem v podobě ropných uhlovodíků, např. podél produktovodu Benziny Mstěnice. Největším znečišťovatelem byla Sovětská posádka v Mladé - Milovicích.

Zemědělské znečištění je jak organické i anorganické povahy, tj. hnojiva, postřiky pro ochranu rostlin. Charakteristické je znečištění silážních žlabů, (nízké pH: 3,5 - 4,5; vysoké BSK5: 30 - 60 g/l; vysoký obsah železa). K nerozlišeným znečišťovatelům patří skládky TDO (technického a domovního odpadu).

Znalost znečišťovatelů je pro nás cenná i z hlediska případného monitoringu. V Káraném se spoléhá především na přirozenou hydrologickou ochranu, která by měla zaručit, že kontaminanty z povrchové zóny nepřejdou do cenomanské zvodně.

### 5.3. Zhodnocení výzkumu

Kvalita vody od roku 1902, kdy se prováděly první rozbory, prakticky nezměnila. Jímaná voda však musí být před plněním upravována. Během úpravy se z vody odstraní komponenty nevyhovující platné ČSN i uvedenému záměru, které mají původ v horninovém prostředí. Jedná se o obsah železa, amoniaku, alfa aktivity a extrahovatelných uhlovodíků.

Při plnění do obalů se požaduje zdroj o vydatnosti 4 l/s, dva litry na plnění, dva na provozní, hygienické účely. (Koeficient zabezpečení zdroje je minimálně dvojnásobný.) Z hlediska vydatnosti by tento požadavek splňovaly toliko vrtů B a E z artéské větve, avšak není možno počítat se stávající kvalitou výstroje.

Vrt E má dostatečnou kapacitu, patrně nejlepší kvalitu jímané vody včetně obsahu sodíku, jehož vysoké obsahy by byly rovněž nevhodné pro konzumaci kojenců. Z hlediska průsaku vody z Labe je snad nejlépe chráněn ze všech vrtů "artéského křídla", to je jeho hlavní přednost oproti vrtu B, avšak i on má nevyhovující výstroj, kterou je nutno opravit.

A nebo se nabízí ještě jedno řešení, totiž pokusit se vybudovat jímací objekty severněji od Labe, v prostoru Sojovic a Otradovic, kde by měla být kvalita vody stejná, ale zlepšila by se ochrana slínovcovou vrstvou. Dále by se zmenšilo nebezpečí reverzního proudění jak z Labe, tak i podél výstroje či špatnou tamponací vrtů.

Vlastní výzkumný úkol končíme návrhem nejnaléhavějších prací, které je nutno uskutečnit, aby se zaručila kvalita a bezpečnost vody. Návrh se zabývá úpravou, popř. rekonstrukcí výstroje a okolí vrtů, včetně tamponáže starých, nepoužívaných a vyhlášených PHO vrtů. Z hlediska monitoringu je jedním z nejdůležitějších požadavků vybudování dvou pozorovacích objektů na břehu Labe pro sledování úrovně a pohybu výtlačné výšky.

## 6. Závěr - abstrakt

Tato diplomová práce se zabývá podrobným rozpracováním metodologie vyhledávání vody pro výlučně pitné účely. Přínosem je podrobné rozpracování teoretického postupu a významu pojmů, např. metodologie či kvality.

Zvážením všech okolností se jeví v dnešní době nezbytné rozlišovat vodu k pitným a jiným účelům. Pitná voda má však své výlučné postavení vzhledem ke svému vztahu k lidskému zdraví, to jí dává prioritu před ekonomickými a technologickými problémy.

V práci jsou stručně shrnuty východiska, která musí geolog znát pro optimální rozpracování geologické metodologie: Kromě samozřejmých směrnic ČGÚ se jedná především o srovnání zahraničních norem pro pitnou vodu a dále základní přístupy k balené vodě, která se u nás podobně jako v zahraničí shledává nejvýhodnější pro sledovaný účel.

Rozpracování geologické metodologie vychází z požadavku minimální úpravy vody. Tímto měřítkem jsou též porovnávány geologické struktury, které mohou zaručit na jedné straně kvalitní vodu, pokud možno antropogenně nedotčenou, a na druhé straně zajistit ji v dostatečném množství a po dostatečně dlouhou dobu. Zachováním kvality vody v budoucnu závisí na ochraně zdroje. Otázkami praktického ověřování vhodnosti vybrané zvodně se zabývá kapitola Metody průzkumu.

Závěr práce je věnován ukázce praktické aplikace této metodologie při průzkumu v Káraném, který vedl můj školitel RNDr. L. Žitný z Vodních zdrojů Praha, a na kterém jsem se rovněž podílel.

## 7. Seznam literatury

1. Brita (Canada) inc., 7510 Airport road, Mississauga, ON L4T2H5
2. Federal Register, Bottled Water Quality Standard, Vol. 45, No. 116., str. 40153-5, 1980/6
3. Filosofický slovník, Nakladatelství Svoboda, Praha 1979
4. Geyh, M.A. (1972): Basic studies in hydrogeology and <sup>14</sup>C and <sup>3</sup>H measurements. Int. Geol. Congr., 24th Sess., Sect. 11, Hydrogeology, 227 234, Montreal.
5. Hoppe P. (1976): Soutok Labe - Jizera, in (6)
6. Hoppe P. (1985): Podzemní vody ČSR z hlediska možnosti využití k přípravě umělé výživy kojenců, Geofond P 52831
7. Hutton, J. T.: Bottled water: an alternative source of safe drinking water, in (8)
8. Jánošík S.: Výroba vody pro kojence, Průmysl potravin 1988, sv.39, č.7
9. Kněžek V. (1962): Zhodnocení provedených prací na akci Káraný - artéská větev. Archiv VZ
10. Kněžek V., Santruček J., Řeháčková O.,(1986): Voda pro kojence, Geofond P 54557
11. Kněžek V., Žitný L. (1963): Hydrogeologické poměry jižního okraje křídové pánve mezi Lysou n. L., Brandýsem n. L., Rostoklady a Újezdem n. L., Geofond P 13644
12. Kratochvíl Z. (1989): Mýtus, filosofie a věda, I. Antika, Nakl. ZP ČSTV při FgÚ ČSAV
13. Libby, W. L.(1952): Radiocarbon dating. The University of Chicago Press, 175 s. Chicago
14. Mazač O. (1966): Geologický výzkum podloží české křídly - širší oblast Poděbrad, in (4)
15. Münnich, K.O. (1957): Messungen des <sup>14</sup>C Gehalts von hartem Grundwasser. Naturwissenschaften 44, 32 - 33.
16. Plainer J.: Využívání a ochrana vodních zdrojů, Účelová publikace MLVH ČSR v SZN Praha, 1983, 211 s.
17. Rice, R.G.; Miller, G.W.: Structure and regulations of the European bottled water industry, in (8)
18. Safe drinking water, The impact of chemicals on a limited resource, (1985), editor Rice G., STI VÚPP
19. Směrný vodohospodářský plán ČSR - Rozvoj veřejných vodovodů; Publ. SVP č. 18, Výzk. úst. vodohospodářský, Praha, MLVH ČSR, 1986, 92 s.
20. Šilar, J. (1975): Aplikace výzkumu přírodních radionuklidů tritia a radiouhlíku v hydrogeologickém výzkumu. - Geol. práce, Správy (62), GÚDŠ, Bratislava, s. 77 - 83
21. Šilar, J. (1976): Radiocarbon ground-water dating in Czechoslovakia, 1rst results. - Věstník ÚÚG, 51, Praha , s. 209 - 220.
22. Šilar J.(1988): Zjištění doby zdržení podzemní vody v artéském křídle u Káraného, příloha (6)
23. Švoma J., Herešová D. (1968): Ocenění využitelnosti prostých podzemních vod z okrajových částí České křídly. Geofond P 21 866
24. Thiem A. (1903): Zpráva o hydrogeologickém zkoumání u Staré Boleslavi 1902 - 1903. Archiv B. Jedličky
25. Vogel J.C. (1970): Carbon 14 dating of groundwater. - Isotope hydrology 1970, IAEA, 225 - 239. Vien.
26. Vrána M. (1989): Studie. Hydrologické aspekty pro vyhledávání a preventivní ochranu zdrojů podzemní vody určených výlučně pro pitné účely - ("balená voda"), Archiv autora
27. Žitný L. (1989): Káraný - Zhodnocení hydrogeologického průzkumu - balená voda - 87 0 351

## 8.1. Přehled dostupných rozborů vod - příloha

Název: **Zagori Table Water**

Výrobce: Řecko

Objem balení: 1,5 l

Trvanlivost: 1 rok

Celkový obsah CaCO<sub>3</sub>: 193 ppm

Vodivost při 20 °C: 3,68 mikroS/cm

pH: 7,55

Kationty	mg/l	Anionty	mg/l
Ca	68,73	HCO <sub>3</sub>	216,25
Mg	5,75	SO <sub>4</sub>	7,85
K	0,78	Cl	8,27
Na	1,85	NO <sub>3</sub>	4,35

Název: **Iris, Loutraki Water Natural Mineral**

Výrobce: Řecko

Objem balení: 1,5 l

Celková mineralizace: 380 mg/l

Specifická vodivost mikroMHOS/25 °C/cm: 710

pH: 7,75

SiO<sub>2</sub>: 27,00 mg/l

Kationty	mg/l	Anionty	mg/l
Ca	4,0	HCO <sub>3</sub>	433,10
Mg	89,98	SO <sub>4</sub>	12,77
K	0,63	Cl	26,63
Na	11,50	NO	3,15
Mn <sup>2</sup>	<0,001	CO <sub>3</sub>	0,00
Fe <sup>2</sup>	<0,02		

Název: **Dirfys Table Water, Drilling**

Výrobce: Řecko

Objem balení: 1,5 l

Pevné residuo při 550 °C: 212 mg/l

Celková tvrdost: 238 ppm CaCO<sub>3</sub>

Kationty	mg/l	Anionty	mg/l
Ca	62,52	HCO <sub>3</sub>	275,61
Mg	19,95	SO <sub>4</sub>	9,61
K	0,39	Cl	14,18
Na	8,77	NO <sub>3</sub>	0,00
		B ppm	0,00

prvek	ppm	prvek	ppm
I	0,00	Pb	0,025
Cd	0,003	Ni	0,01
Co	0,09	Cr	0,00
As	0,00	SiO <sub>2</sub>	7,50

Název: **Sariza - natural oligometallic table water**

Výrobce: Itálie

Celková tvrdost: 9,9 St. německých, 17,6 st. francouzských



Specifická vodivost mikroMHOS/25 °C/cm: 560  
pH: 6,8

Kationty	mg/l	Anionty	mg/l
Ca	46,5	HCO <sub>3</sub>	147,9
Mg	14,6	SO <sub>4</sub>	21,4
K	4,0	Cl	78,8
Na	35,0	NO <sub>3</sub> ,NO <sub>2</sub> ,NH <sub>3</sub>	0,0

Název: **Levissima, acqua minerale naturale**

Výrobce: Itálie

Pevné residuo při 180 °C: 66,5 mg/l

Celková tvrdost: 5,15 st. francouzských

Specifická vodivost při 18 °C: 92,5 mikroS/cm

pH: 7,75

Celková alkalita (cm<sup>3</sup>, HCl 0,1 N/l): 8,9

Organické substance: 0,0002 mg/l

Kationty	mg/l	Anionty	mg/l
Ca	17,45	HCO <sub>3</sub>	54,30
Mg	1,90	SO <sub>4</sub>	10,95
K	1,65	Cl	0,60
Na	1,30	NO <sub>3</sub>	0,75
Li, Sr	stopy	NH <sub>3</sub>	0,0
Fe <sup>2</sup>	0,02		

Plyn a jiné	cm <sup>3</sup> /l
CO <sub>2</sub>	1,7
O <sub>2</sub>	6,5
N <sub>2</sub> + vzácné	15
SiO <sub>2</sub> mg/l	5,0

Obsahy Mn, Co, La, Ba, Zn, F, B jsou minimální

Název: **San Benedetto, Aqua mineralia naturalia**

Výrobce: Itálie

Pevné residuo při 180 °C: 271 mg/l

Celková tvrdost: 24,3 st. francouzských

Vodivost při 20 °C: 421 mikroS/cm

pH: 7,5

Spotřeba kyslíku: 0,32 mg/l

Teplota pramene: 13,9 °C

Kationty	mg/l	Anionty	mg/l
Ca	55,5	HCO <sub>3</sub>	265,5
Mg	25,5	SO <sub>4</sub>	22,7
K	0,8	Cl	1,9
Na	3,8	NO <sub>3</sub>	2,2
Sr	stopy	NH <sub>3</sub> ,NO <sub>2</sub> ,PO <sub>4</sub>	0,0
		F	stopy

Plyn a jiné	cm <sup>3</sup> /l
CO <sub>2</sub>	4,8
O <sub>2</sub>	4,7

N <sub>2</sub> + vzácné	14,1
Si (jako SiO <sub>2</sub> )	11,2 mg/l

Název: **Hayat**

Výrobce: Turecko

Objem balení: 1,5 l

Celková mineralizace: 90 mg/l

Celková tvrdost: 8 st. francouzských

SiO<sub>2</sub>: 4,8 mg/l

Kationty	mg/l	Anionty	mg/l
Ca	23,3	HCO <sub>3</sub>	107,0
Mg	5,4	SO <sub>4</sub>	8,2
K	0,3	Cl	5,4
Na	3,7	NO <sub>3</sub>	1,3

Název: **Spa, pramen Reine**

Výrobce: Belgie

Objem balení: 0,5 l

Trvanlivost: 1 rok

Pevné residuo: 33 mg/l

pH: 5,8

SiO<sub>2</sub>: 7 mg/l

Kationty	mg/l	Anionty	mg/l
Ca	3,5	HCO <sub>3</sub>	11
Mg	1,3	SO <sub>4</sub>	6,5
K	0,5	Cl	5
Na	3	NO <sub>3</sub>	1,9

Název: **Dolomiti**

Výrobce: Itálie

Specifická vodivost při 18 °C: 416 mikroS/cm

Pevné residuo při 180 °C: 255,0 mg/l

Kationty	mg/l	Anionty	mg/l
Ca	53,15	HCO <sub>3</sub>	247,1
Mg	26,8	SO <sub>4</sub>	39,0
K	1,3	Cl	1,20
Na	1,2	NO <sub>3</sub>	2,1
Li	0,1	F	0,4

Plyn a jiné	cm <sup>3</sup> /l
CO <sub>2</sub>	3,3
O <sub>2</sub>	7,3
N <sub>2</sub>	16,3
SiO <sub>2</sub> mg/l	7,4

Název: **Sidi Harazem**

Výrobce: Maroko

Kationty	mg/l	Anionty	mg/l
Ca	70	HCO <sub>3</sub>	335
Mg	40	SO <sub>4</sub>	20

K	8	Cl	220
Na	120	NO <sub>3</sub>	4

Název: **Biskmark**

Výrobce: NSR

Kationty	mg/l	Anionty	mg/l
Ca	82	HCO <sub>3</sub>	212
Mg	5,5	SO <sub>4</sub>	50,3
Na	11,8	Cl	18,3

Název: **Fonte Guizza**

Výrobce: Itálie

Pevné residuo při 180 °C: 282 mg/l

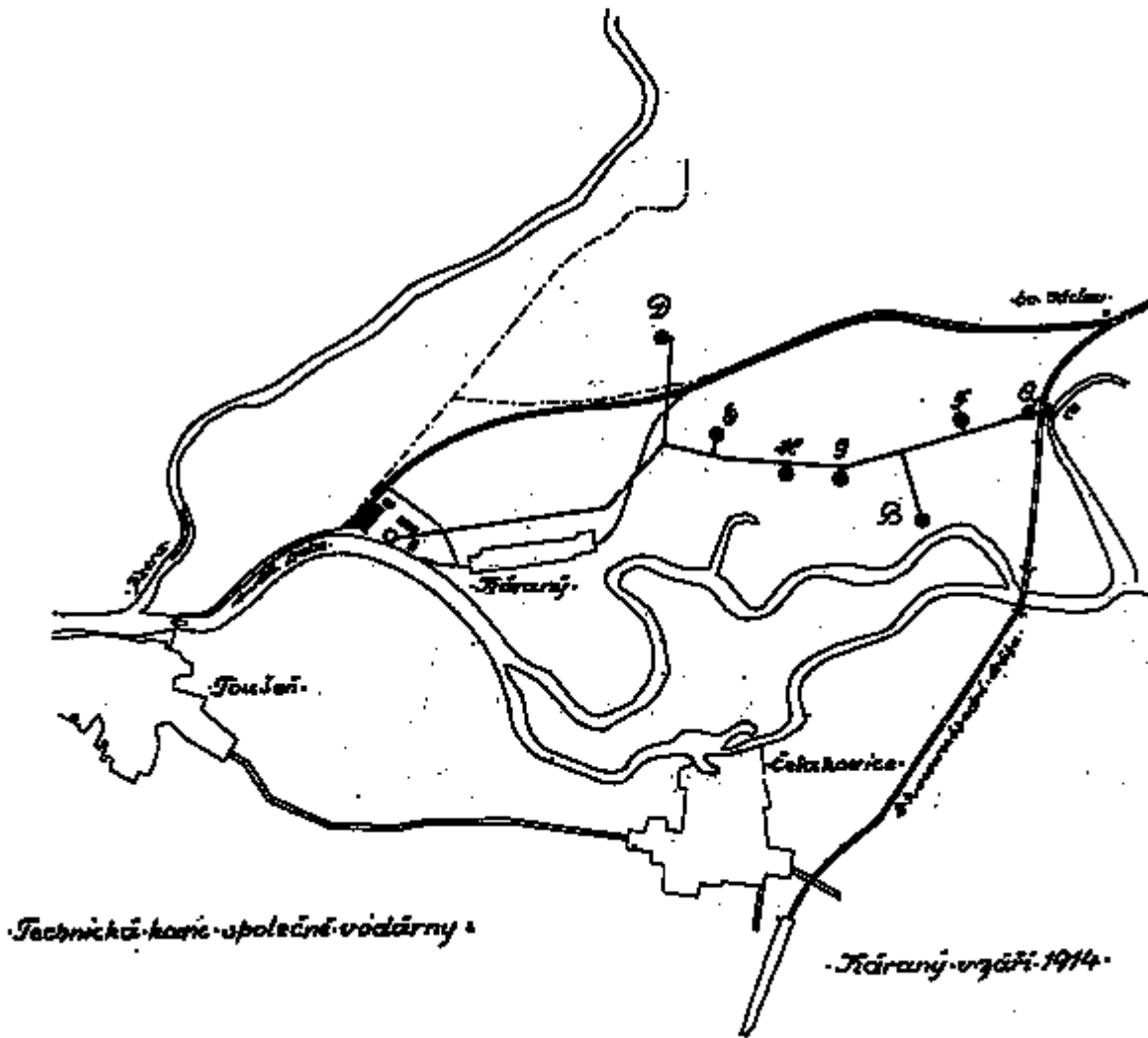
pH: 7,48

Kationty	mg/l	Anionty	mg/l
Ca	53,1	HCO <sub>3</sub>	256
Mg	22,1	SO <sub>4</sub>	32,5
K	7,1	Cl	15,2
Na	16,1	NO <sub>3</sub>	2,9
Fe	0,1	Br	0,1
		PO <sub>4</sub>	0,4

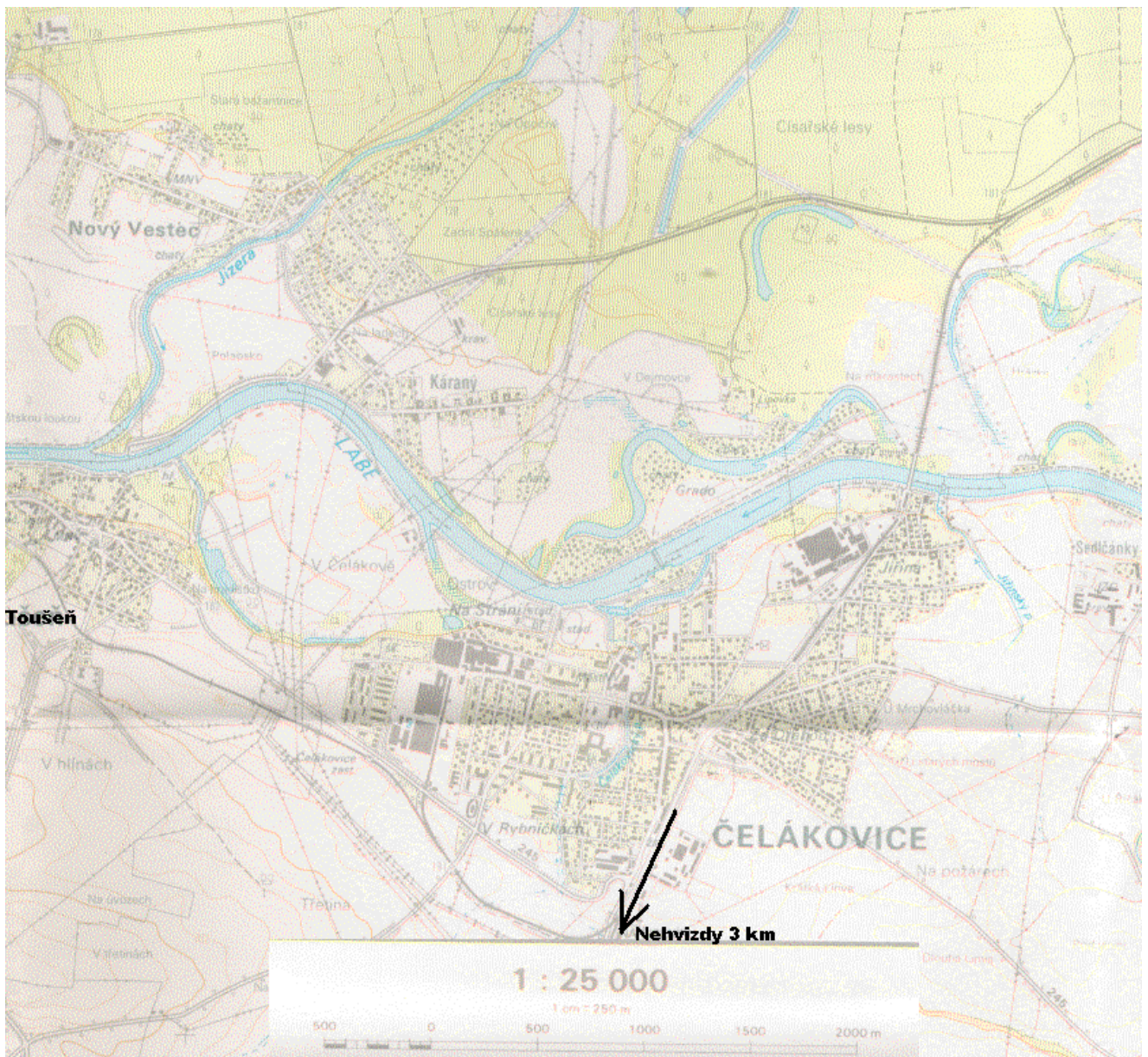
Plyn a jiné	cm <sup>3</sup> /l
CO <sub>2</sub>	22,3
O <sub>2</sub>	7,6
N <sub>2</sub>	14,1
SiO <sub>2</sub> mg/l	4,4

## 8.2. Situace artézských vjurtů.

čís. 1:25 000.



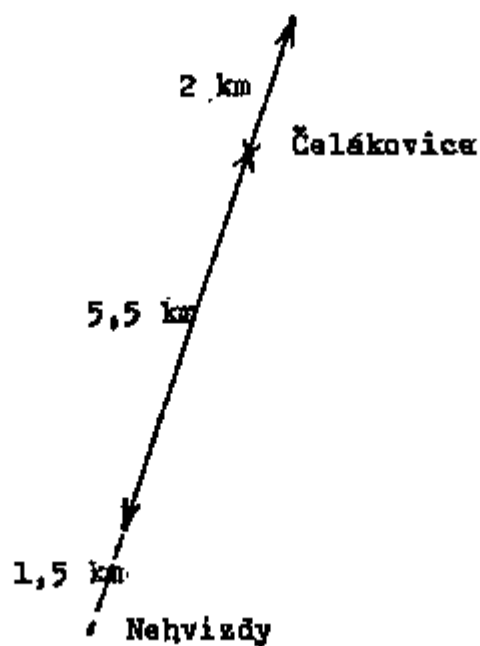
## 8.2.1 Mapa



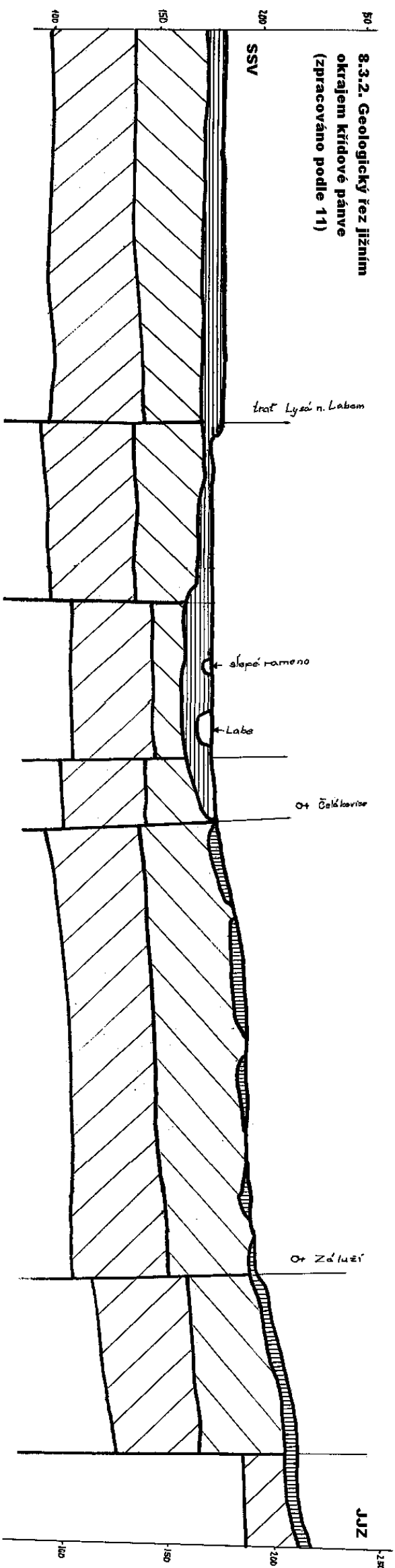
8.3.1. Vysvětlivky k příčnému geologickému řezu 8.3.2.  
jižním okrajem křídové pánve  
Zpracováno dle (11)

Měřítko výšek 1: 1 000, délek 1 : 10 000; převýšeno 10x

Lokalizace:



8.3.2. Geologický řez jižním  
okrajem křídové pánve  
(zpracováno podle 11)



- Hliny a  
suté
- Terasy a  
recentní  
náplavy
- Spodní turon
- Cenoman
- Starší  
paleozoikum

Měřítko výšeke: 1:1 000  
délek: 1:10 000