

DP 2894

Univerzita Karlova v Praze, Přírodovědecká fakulta  
Ústav hydrogeologie, inženýrské geologie a užití geofyziky



# Interakce povrchové a podzemní vody v Národním parku České Švýcarsko

## Diplomová práce

Diplomant : Lucia Lencsesová  
Vedoucí diplomové práce : Mgr. Ondřej Nol

Praha, květen, 2008

## Čestné prohlášení

Čestně prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma Interakce povrchové a podzemní vody v Národním parku České Švýcarsko vypracovala samostatně a použila jsem pouze uvedené prameny a literaturu.

Diplomová práce byla zpracována v rámci zakázky „Hydrogeologický monitoring hraničních povodí Kamenice a Křinice v Národních parcích České a Saské Švýcarsko a CHKO Labské Pískovce“ firmy AQUATEST a.s. S pracovníky firmy AQUATEST a.s. jsem se pravidelně aktivně zúčastňovala odběrů vzorků povrchové i podzemní vody a měření průtoků Křinice. Z uvedených měření a odběrů byly autorem diplomové práce vytvořeny všechny obrázky (grafy). Obrázky (grafy), které jsou uvedené v kapitole 4.1 a 4.5 byly již publikovány v uvedené zprávě, nakolik termín odevzdání zprávy byl únor 2008. V rámci zakázky byla zpracována dílčí zpráva „Křinice – Měření průtoků a teplot“ Nakládalem a Mikiskovou. V rámci terénních prací byly provedeny vrtné práce. Vrtné práce jsem provedla s Mgr. Nakládalem. Výsledky (popis sond) již byly publikovány ve zmíněné zprávě.

Lencsesová Lucia

## Poděkování

Na tomto místě bych ráda poděkovala všem, kteří mi poskytli cenné rady při psaní diplomové práce. Byl to určitě můj školitel Mgr. Ondřej Nol, kterému rovněž děkuju za jeho velkou trpělivost a RNDr. Vlasta Navrátilová a RNDr. Jaroslav Skořepa, kteří mi poskytli odborné rady. Panu Ing. Janu Zimovi bych chtěla poděkovat za pomoc při vyhodnocování zasakovacích zkoušek.

## **Abstrakt**

Existují předpoklady, že dochází ke ztrátám kontaminované vody z řeky Křinice do turonského kolektoru v Kyjovském údolí, které je součástí Národního parku České Švýcarsko. Z kolektoru, který potenciálně může být ohrožen znečištěnou vodou z řeky se čerpá pitná voda jak na českém, tak na německém území.

Cílem bylo ověřit a upřesnit ztrátové úseky na Křinici, a zjistit, jestli se voda ztrácí do kvartérního nebo do turonského kolektoru. Vzhledem k tomu, že v zájmovém území se nenacházejí vrty monitorující křídové kolektory, ze kterých by se dala jednoduše zjistit potenciální kontaminace, byly použity nepřímé metody: hydrologické metody (PPP), termometrické měření, hydrodynamické (zasakovací) zkoušky a geomorfologie území.

Bylo zjištěno, že na Křinici se nachází ztrátový úsek, byl zaznamenán na počátku Kyjovského údolí a voda z něj se ztrácí jak do kvartérního kolektoru, tak do kolektoru křídového (turonského).

## **Abstract**

There are presumptions about a loss of contaminated water from the river Křinice to the turonian aquifer in the Kyjovské valley which is located in the National Park České Švýcarsko. Drinking water is being taken from this potentially contaminated channel on both Czech and German sides.

The goal was to confirm and specify places of loss of this contaminated water on the river Křinice and find out whether this water flows into the quaternary or turonian aquifer. Because there aren't any hydrologic bore holes in this area to monitor cetraceous collecting channels, we cannot simply measure the potential contamination. Indirect methods such as hydrological (PPP), thermometric measuring, hydrodynamic (soaking) tests and geomorphology of the area had to be done.

We found out that the river Křinice has an outflow section located at the beginning of the Kyjovské valley. Water from this section flows into the quaternary collecting channel as well as the cetraceous (turonian) aquifer.

---

## Obsah

<b>1. Úvod .....</b>	<b>2</b>
<b>2. Přírodní poměry .....</b>	<b>2</b>
2.1 Vymezení území.....	2
2.2 Geomorfologie území.....	3
2.3 Klimatické poměry.....	3
2.4 Geologické poměry .....	5
2.5 Hydrologické poměry.....	9
2.6 Hydrogeologické poměry.....	10
2.7 Hydrochemické poměry .....	12
<b>3. Metodika .....</b>	<b>20</b>
3.1 Rešerše .....	20
3.1.1 Geologická prozkoumanost.....	20
3.1.2 Hydrogeologická prozkoumanost .....	21
3.2 Terénní práce.....	22
3.2.1 Vrtné práce .....	22
3.2.2 Hydrodynamické zkoušky.....	23
3.2.3 Termometrie .....	24
3.2.4 Hladiny podzemní vody .....	24
3.2.5 Podélný profil průtoků (PPP) .....	24
<b>4. Výsledky a diskuse.....</b>	<b>26</b>
4.1 Hydrologie.....	26
4.2 Termometrie .....	31
4.3 Hydrogeologie .....	34
4.4 Geomorfologie řeky .....	39
4.5 Geochemie vody.....	45
<b>5. Závěr .....</b>	<b>50</b>
<b>6. Literatura .....</b>	<b>52</b>

### Přílohy:

3.2-1 Popis sond

3.2-2 Zasadovací zkoušky

4.1-1 Histogramy objemů ztrát

---

# 1. Úvod

V posledních letech se dostává do popředí otázka kvality hraničních toků. Řeka Křinice je znečišťována odpadními vodami ze závodu COLOR-TEX a splaškovými vodami z Krásné Lípy z částí města, které nejsou napojeny na ČOV (Čistírna odpadních vod). Existují předpoklady, že dochází ke ztrátám kontaminované vody z řeky do turonského kolektoru. Ke ztrátám znečištěné vody do turonského kolektoru zřejmě dochází v Kyjovském údolí, které je součástí Národního parku České Švýcarsko. Z kolektoru, který potencionálně může být ohrožen znečištěnou vodou z řeky, se čerpá pitná voda jak na českém, tak na německém území.

Cílem diplomové práce je ověřit a upřesnit ztrátové úseky na Křinici, které jsou naznačené v archivních zprávách. Dále zjistit, jestli se voda ztrácí do kvartérního nebo do turonského kolektoru a posoudit hydraulickou komunikaci mezi kvartérním a turonským kolektorem vzhledem k možnému ohrožení turonského kolektoru.

Vzhledem k tomu, že v zájmovém území se nenacházejí vrty monitorující křídové kolektory, ze kterých by se dala jednoduše zjistit kontaminace, byly použity nepřímé metody: hydrologické metody (PPP – podélný profil průtoků), termometrické měření, hydrodynamické (zasakovací) zkoušky a geomorfologie. Zájmovou oblast tvoří zaříznuté údolí v Národním parku, kde se ani v budoucnu nepředpokládá zřízení monitorovacích vrtů.

## 2. Přírodní poměry

### 2.1 Vymezení území

Studované území se nachází v severních Čechách, zahrnuje část Národního parku České Švýcarsko a mapové listy 1: 50 000 02-22 Varnsdorf a 02-24 Nový Bor.

Zájmové území tvoří řeka Křinice a její okolí. Řeka vtéká v obci Kyjov do Kyjovského údolí, které je součástí Národního parku. Území, kterým se zabývá diplomová práce, je vymezeno od lužické poruchy v obci Kyjov až po místo, kde řeka opouští české území. Profilu Křinice je přiřazena kilometráž, která začíná profilem P1 (0 km) a končí profilem Kr – 14 (13,2 km). Do

---

profilu (kilometráže) byly zařazeny všechny monitorovací profily a všechny objekty, na kterých bylo prováděno měření.

## **2.2 Geomorfologie území**

Zájmová oblast patří do oblasti Jetřichovických stěn (III A – 3B) členěno podle Demka et. al. 1987, které leží v severovýchodní části Děčínské vrchoviny (III A – 3). Jetřichovické stěny tvoří rozsáhlé partie skalních a lesních komplexů prakticky bez osídlení, velmi výrazně geomorfologicky členité. Mají rozlohu 79 km<sup>2</sup>, střední výška je 356 m a střední sklon 8° 13' (Demek et. al. 1987).

V Českém Švýcarsku poměrně velké výškové rozčlenění území ovlivnila hloubková říční eroze, která rozbrázdila původně celistvý, plochý pískovcový masív. Vytvořil se zde reliéf, který má charakter ploché vrchoviny. Průměrné výšky mezi 350 – 400 m n.m. jsou sice nižší, než je pro vrchoviny obvyklé, ale najdou se i místa, kde převýšení dosahuje hodnot obvyklých v hornatinách. Je to hlavně pod skalními stěnami u Pravčické brány, kde výškový rozdíl mezi vrcholovými plošinami nad stěnami a údolím potoka Suchá Bělá dosahuje 250 m na vzdálenost 500 m.

Pro krajinu parku je typický právě kontrast mezi plošinami a hlubokými soutěskami a kaňony, jež lemují strmé skalní stěny. Nad plošiny vystupují jen izolované vrcholy z tvrdých třetihorních vulkanitů nebo (i když méně často) i proželezněných pískovců (např. Ostroh - Rudolfův kámen 484 m n.m.). Nejvyšším bodem a dominantou kraje je Růžovský vrch - 619 m. n. m. Jeho vrcholovou část až k vrstevnici cca 500 m. n. m. tvoří vulkanické těleso, které ochránilo podložní pískovce před erozí. Vznikl tak, že selektivní erozí se okolní povrch snížil o několik set metrů a obnažil těleso podpovrchového vulkanitu. Jeho vrchol je o více než půl kilometru (přesně o 504 m) výše, než je zdejší nejnižší položené místo v údolí Labe u Hřenska, které je s nadmořskou výškou 115 m n. m. současně i nejnižším místem v České republice.

## **2.3 Klimatické poměry**

Dle klimatického členění ČSSR (Quitt 1971) zasahuje studovaná oblast do mírně teplého rajonu MT7. Oblast je charakterizovaná normálně dlouhým, mírně suchým létem. Počet letních dnů je v rozmezí 30 - 40. Přečhodné období je krátké, s mírným jarem a mírně

---

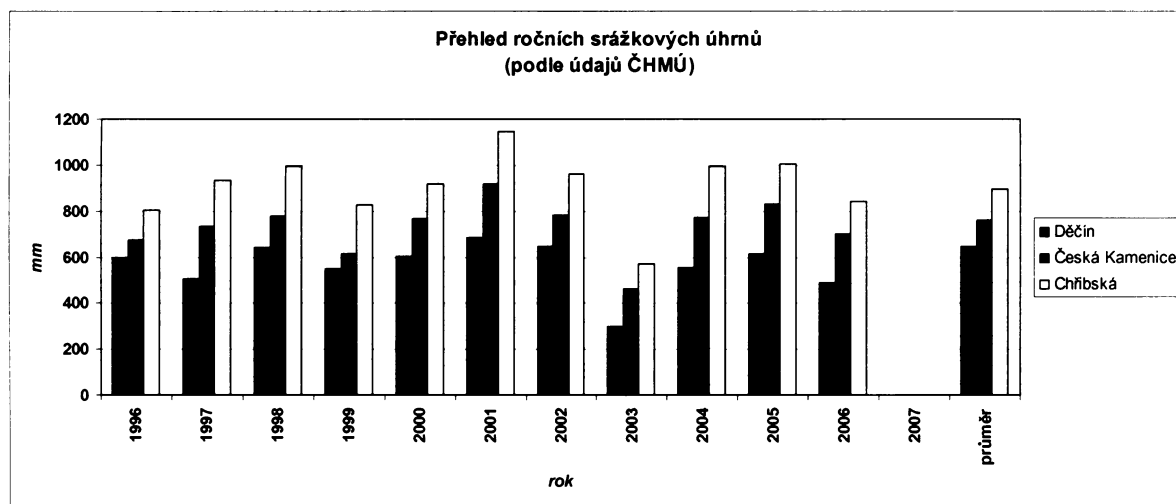
teplým podzimem. Srážkový úhrn ve vegetačním období je 350 - 400 mm. Zima je normálně dlouhá, mírně teplá, suchá až mírně suchá. Počet dnů s sněhovou pokrývkou je 60 - 80.

Podle Atlasu podnebí Československé republiky (Tolasz 2007) v údolí Labe směrem na východ se průměrné teploty v souvislosti s nárůstem nadmořské výšky relativně prudce snižují, takže se na pravobřežní straně Labských pískovců, tj. v Národním parku České Švýcarsko, pohybují okolo 6-7°C (s klesající tendencí směrem na východ) a ve vyšších polohách sousedních Lužických hor klesají dokonce pod isothermu 6°C. Rovněž tak v sousední Šluknovské pahorkatině klesají průměrné teploty alespoň v hornatější části tohoto regionu pod 7°C. Je však nutno zdůraznit, že s ohledem na reliéf pískovcového skalního města, jsou pro České Švýcarsko určující poměry mikro až mezoklimatické, které se zvláště v extrémních polohách zásadně liší od makroklimatických charakteristik. Typickým projevem mikro- až mezoklimatických poměrů těchto skalních měst a zaříznutých kaňonovitých údolí vodních toků je klimatická inverze, která se projevuje na vegetaci těchto území v podobě tzv. zvratu vegetačních stupňů.

Pro Národní park České Švýcarsko (a pro celé Labské pískovce) je typický relativně oceánický charakter klimatu, který se projevuje ve výskytu řady atlantských a subatlantských druhů. O srážkových poměrech existuje poměrně detailní představa, neboť v území existuje či v minulosti existovala poměrně hustá síť srážkoměrných stanic. Následující údaje jsou převzaty většinou z tabulek k Atlasu podnebí (Tolasz 2007), jedná se o průměrný roční úhrn srážek za pozorovací řadu 1901-1950.

Srážkový gradient směrem na východ od Labe přes Národní park České Švýcarsko do Lužických hor je neobyčejně strmý: jestliže stanice Děčín, Březiny - Libverda vykazuje 673 mm, pak Horní Chřibská (vzdálená vzdušnou čarou jen 21 km) již 934 mm (v nadmořské výšce pouhých 424 m) a stanice Jedlová dokonce 1015 mm (658 m). Tento strmý srážkový gradient je způsobem přechodem vzdušných mas přes hřeben Lužických hor. Na území Národního parku České Švýcarsko se průměrné úhrny srážek pohybují okolo 800 mm, se zřetelným gradientem k východu (Mezná 746 mm, Rynartice 798 mm, Zadní Doubice 842 mm). Roční srážkové úhrny za roky 1996 – 2007 ze srážkoměrných stanic v okolí zájmového území jsou uvedeny v *grafu 2.3-1*.





**Obr. 2.3-1: Přehled ročních srážkových úhrnů za období 1996 – 2007 včetně průměru za období 1961 -2001 (Pacl in Skořepa 2008)**

Poměr srážek spadlých v období vegetačním (duben až září) k množství srážek spadlým v období mimovegetačním (říjen až březen) se pohybuje na většině stanic děčínského okresu kolem hodnoty 55:45. Tento vyrovnaný roční průběh srážek odráží výše uvedený sklon k oceanitě klimatu (Glöckner 1995).

## **2.4 Geologické poměry**

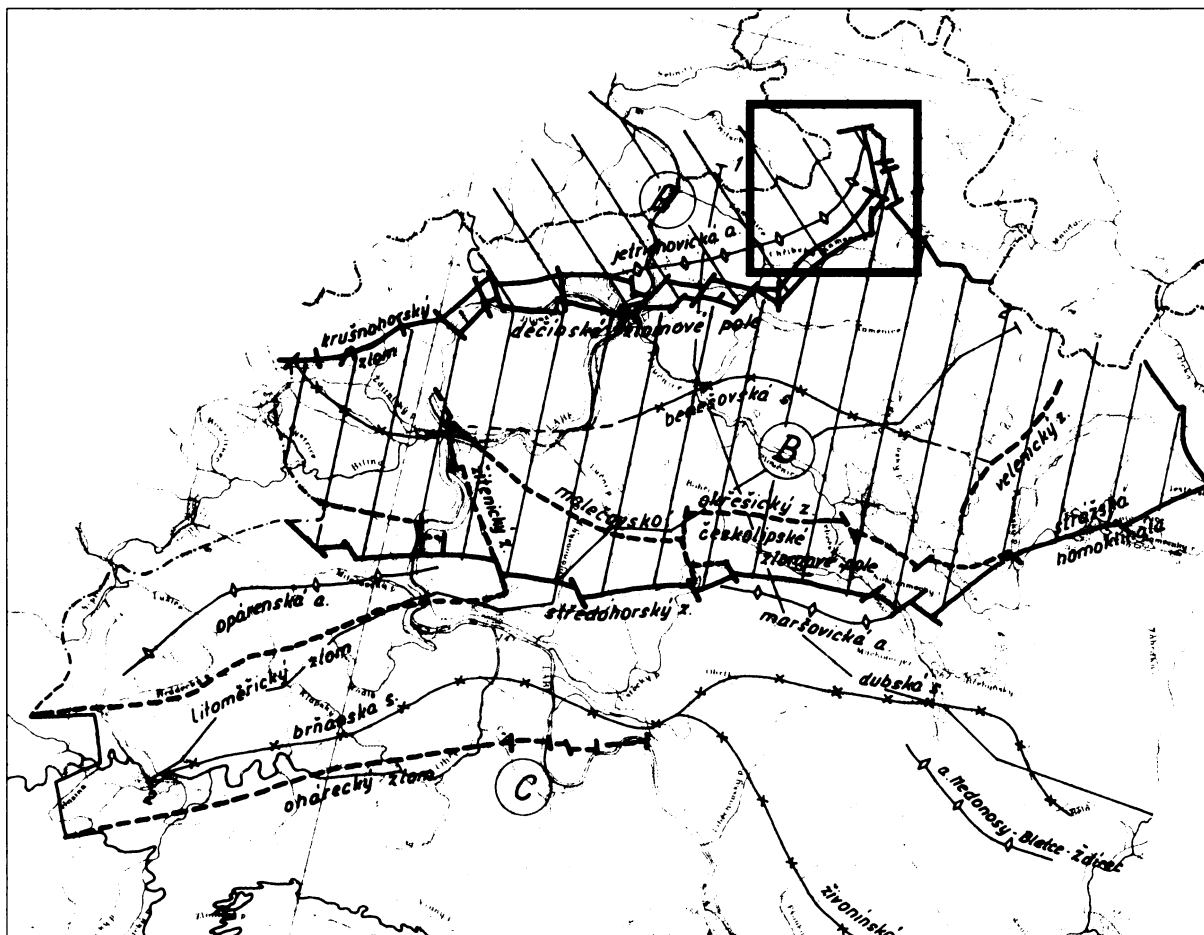
Zájmové území patří do bilančního celku 3 (bc 3) podle Herčíka et. al. 1999, který zaujímá celé povodí Ploučnice, Kamenice a dílčí úseky povodí Labe. Území je přibližně totožné s hydrogeologickým rajónem 466 – Křída Dolní Kamenice a Křinice.

Varisky trvale zkonsolidovaný základ platformního pokryvu, budujícího povrch území, byl postižen postmetamorfní zlomovou tektonikou, spojenou s výstupy magmatických těles (Hazdrová et. al. 1980). Jednotlivé zlomy, které byly založeny během starších tektogenezí, zvláště variské, byly znovu oživeny při kerných pohybech v době sedimentace svrchní křída a miocénu. Zájmové území bylo postiženo intenzivní saxonskou tektogenezí (Malkovský 1979). Jsou přítomny zlomy a vrásy krušnohorského směru (SV-JZ) i sudetského směru (SZ-JV). V bc3 lze vymezit 3 tektonické struktury (severní, centrální a jižní).

Severní strukturu (A) tvoří plochá, asymetrická jetřichovická antiklinála (**obr. 2.7-1**) s osou SV-JZ, která se v blízkosti lužického zlomu stáčí do směru S-J. Jižní křídlo antiklinály

je porušeno krušnohorským zlomem. Výška skoku mezi oblastí antiklinály a jižní krou se pohybuje od desítek m do 400 m v blízkosti lužického zlomu (Nakládal 1987).

Centrální (B), hluboko zakleslá středohorská struktura, je na severu ohraničena krušnohorským zlomem a jižně okrajovým zlomem v děčínském zlomovém poli. Jižní hranicí je středohorský zlom.



Obr. 2.7-1 Tektonická mapa zájmového území (Herčík, Herrmann, Valečka 1999)

Do jižní struktury (C) zasahuje okraj uzávěru maršovické části hradecké antiklinály a jihozápadně od ní krátký úsek ploché dubské synklinály. Zbývající část struktury, až k lužickému zlomu, zaujímá východní část strážské homoklinály (Herčík, Herrmann, Valečka 1999).

Nejvýznamnější zlomové struktury jsou lužický zlom, krušnohorský zlom a středohorský zlom. Lužický zlom ohraničuje na SV křídou proti krystaliniku a granitoidům lužického žulového masivu. Zlom je přesmykového charakteru a došlo na něm k vyzdvižení lužického masivu a jeho přesunutí přes křídové sedimenty, při čemž byly současně podél poruchové linie z podloží vyvlečeny permské a jurské horniny. Výška skoku zlomu se pohybuje od několika m k 1000 m (Malkovský 1979).

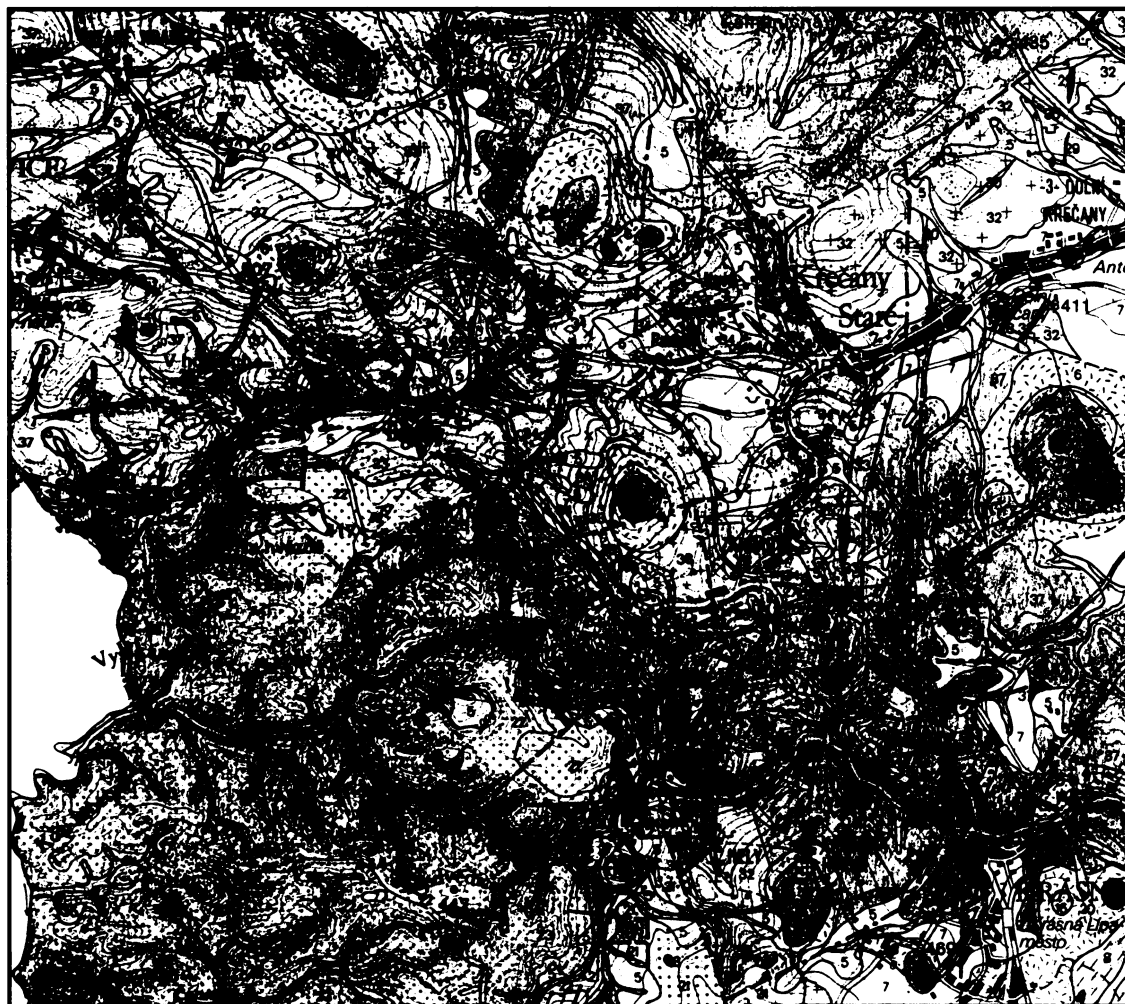
---

Podloží křídly tvoří krystalinikum proterozoického až spodnopaleozoického stáří a výplň permokarbonských pánví. Krystalinikum je řazeno do dvou oblastí. Oblast saxothuringika, s převahou rul, zaujímá jihozápadní část bc 3. Severovýchodní část bc3 spadá do oblasti lužické s pestřejší škálou převážně slaběji metamorfovaných hornin (fylity, zelené břidlice aj.). V obou oblastech se vyskytují tělesa granitoidů.

Cenoman je zde zastoupen peruckými a korycanskými vrstvami. Perucké vrstvy jsou rozšířeny nesouvisle v řadě výskytů, mají cyklickou stavbu s proměnlivou mocností 35 - 40 m (Valečka 1975). Cykly jsou z menší části tvořeny do nadloží se zjemňujícími pískovci, většinou ukončenými tmavými jílovci, či jílovitými prachovci. Počet cyklů je kolísavý. V jednotlivých profilech tvoří vrstvy obvykle 2-5 cyklů. Místy jsou vrstvy tvořeny jen jedním cyklem, nebo pouze polohou jílovců. Jejich vývoj je prakticky výhradně psamitický. Mocnosti korycanských vrstev dosahují většinou několika desítek metrů. V místech elevací podloží jsou mocnosti nižší, většinou méně než 30 m, místy i pod 10 m. Sedimenty korycanských vrstev jsou reprezentovány převážně psamity, vzácněji i vložkami pelitů (Nakládal 1987). Turon je zde zastoupen 3 souvrstvími. Bělohorské souvrství se od podložního perucko – korycanského souvrství odlišuje generelně nižším obsahem hrubší terigenní složky a je zastoupeno převážně jen slínovci. V jihovýchodní a západní až severozápadní okrajové části pánve jsou slínovce obvykle pevné, jemně písčité, spikulitové, s projevy silicifikace a bývají běžně označovány jako „opuky“. Silněji silicifikované spikulitové slínovce nabývají místy až charakteru spongilitů (silicitů). V severozápadní části pánve tvoří slínovce jen bazální část souvrství, výše následují jílovité a vápnité jemnozrné pískovce a souvrství končí křemennými pískovci. Souvrství zde tvoří přes 100 m mocný, do nadloží hrubnoucí, tzv. inverzní cyklus. Pískovce bělohorského souvrství tu jsou většinou překryty pískovci jizerského souvrství, s nimiž vytvářejí jeden kolektor (Herčík 1987). Sedimentace jizerského souvrství, alespoň jeho počáteční fáze, probíhala v podmínkách další transgrese. Spodní hranice souvrství je proto dobře určitelná všude, kde bělohorské souvrství končí pískovci či pevnými, spikulitovými písčitými slínovci. Na tyto litotypy se zpravidla ostře ukládají měkké, homogenní slínovce bazální části jizerského souvrství – nebo jílovité, jemnozrné pískovce na hruběji zrnité křemenné pískovce ve stropu bělohorského souvrství. V centrální části pánve je spodní hranice souvrství určitelná jen paleontologicky, protože jeho spodní část tvoří slínovce identické se slínovci bělohorského souvrství.

Souvrství se vyznačuje ze všech stratigrafických jednotek největšími změnami ve faciálním vývoji a největšími, až řádovými změnami v mocnostech (Herčík 1987).

Na přechodu mezi krystalinikem a křídovou oblastí zde na povrch vystupují i jurské vápence usazené před transgresí křídového moře. Jejich hydrogeologický význam je však minimální z důvodu jejich minimálního výskytu.



*Obr. 2.4-1: Geologická mapa (Opletal et. al. 1996)*

Terciární horniny jsou v Českém Švýcarsku zastoupeny čedičovými žilami tvořícími morfologicky výrazné vrcholy a dále erupcemi komínových brekcií, nacházejícími se převážně v depresích (Jetelová 1969). Maximální mocnosti vulkanického komplexu se pohybují kolem 300 m (Nakládal 1987).

Kvartér je v zájmovém území zastoupen převážně deluviálními, fluviálními a eolickými sedimenty (sprašové hlíny).

Tvoří jej svahové písčité hlíny s tenkou povrchovou vrstvou humózních hlín (mocnost do 1-2 m) a v severovýchodní části jsou to glaciofluviální sedimenty (Nakládal 1987). Fluviální sedimenty jsou zastoupeny pleistocénními říčními terasami a holocenními náplavy.

---

Říční terasy se ukládaly v údolí větších toků, byly však většinou odstraněny erozivními procesy nebo svahovými pohyby. Časté je i jejich překrytí mocnými polohami spraší. Opakovanými účinky soliflukce, eroze a deflace se vytvořili různé typy deluvií. Jde o písčité, písčitohlinité a kamenité sedimenty dosahující až 10 m mocnosti (Příbylová 1986).

## **2.5 Hydrologické poměry**

Křinice pramení na úpatí Lužických hor západně od obce Studánka ve výšce 494 m n.m. Protéká obcí Krásná Lípa a za obcí Kyjov vstupuje do pískovců Českého Švýcarska, kde protéká hluboce zaříznutým Kyjovským údolím. Asi po pěti km se u bývalé Zadní Doubice nachází soutok Křinice s Brtnickým a Bílým potokem. Tady se stává hraničním tokem mezi ČR a SRN (v SRN nese Křinice jméno Kirnitzsch). Západně od Jankova kopce ve výšce 250 m n.m. u bývalé osady Zadní Jetřichovice opouští státní hranici (hraniční profil Kozí Důl) a dále pokračuje Saským Švýcarskem až do svého ústí do Labe poblíž Bad Schandau. Na území ČR se jedná o č. hydrologického pořadí 1-15-01-001. Plocha povodí na našem území činí 81,3 km<sup>2</sup>.

Největším pravostranným přítokem Křinice je Brtnický potok, pramenící na jižním úbočí Ptačího vrchu s. od Brtníků v nadmořské výšce 487 m. Po průtoku obcí potok pod osadou Kopec vtéká do území národního parku. Žulové podloží utvářející pahorkatinný ráz krajiny se zde ostře hraničí s pískovci (v důsledku lužické poruchy) a to má opět za následek náhlou morfologickou změnu území v skalnatou roklí. Asi po 5 km se Brtnický potok u státní hranice vlévá do Křinice. Dalšími přítoky Křinice jsou Vlčí potok s přítokem Panského potoka, Bílý potok, Červený potok a Jetřichovický potok. Vlčí potok pramení v nadmořské výšce 470 sz. od Vlčí Hory. Záhy vtéká do území národního parku a po spojení s Panským potokem se do Křinice vlévá u Turistického mostu. Vlčí potok je typickým příkladem hydrologické a hydrogeologické pozice většiny zdejších vodních toků, kdy jejich pramení oblast a horní tok se nacházejí mimo území národního parku, zpravidla na žulovém nebo čedičovém podkladu. Poté co Vlčí potok přitéká na propustné pískovce v národním parku, dochází ke ztrátě jeho vodnosti až k jeho úplnému zasáknutí po určitou část ročního období. Teprve v dolní části dochází k opětovnému obnovení vodního toku vlivem drenáže podzemních vod. Koryto Vlčího potoka je i v celém úseku protékajícím pískovcovou oblastí vyplněno čedičovými balvany donesenými sem vodou od vulkanické Vlčí Hory. Bílý potok (Weißbach) pramení jižně od Mikulášovic a tvoří státní hranici s Německem až po soutok

---

s Křinicí (Vlček et. al. 1984). V horní části protéká opět nejprve krystalinikem, dolní část tvoří pískovce.

## **2.6 Hydrogeologické poměry**

V povodí Křinice lze rozlišit 2 samostatné kolektory podzemních vod (Herčík, Herrmann, Valečka 1999) a kvartérní kolektor.

Bazální kolektor A tvoří sedimenty perucko-korycanského souvrství (cenoman). Pokrývá téměř souvisle celé území bc 3. Bází kolektoru je komplex proterozoických hornin, který je s výjimkou západního okraje považován za nepropustný. Litologicky je kolektor A tvořen pískovci proměnlivé zrnitosti, místy s vložkami jílovců a prachovců. Na bázi kolektoru jsou často zachovány málo mocné polohy jílovitých slepenců. Mocnost kolektoru se pohybuje mezi 40-70 m, směrem k lužickému zlomu roste až na 110 m. Propustnost kolektoru A je průlinově-puklinová s průměrnou transmisivitou  $60 \text{ m}^2/\text{d}$  (Herčík, Herrmann, Valečka 1999). Ta generelně klesá od SV k JZ a Z v souladu s celkovým poklesem písčité složky v pískovcích kolektoru. Oběh podzemních vod kolektoru A v bc 3 je neuzavřený. Podstatná část zdrojů podzemních vod vzniká v pruhu podél lužického zlomu, kde jsou sedimenty v písčitém vývoji, který umožňuje infiltraci srážek celým křídovým profilem až do bazálního kolektoru. Od lužického zlomu proudí podzemní voda kolektoru A generelně k ZJZ ve třech relativně oddělených strukturách.

V severní struktuře směřuje proud podzemní vody kolektoru A od lužického zlomu k Z a odvodňuje se převážně v dolní části toku Kamenice společně s kolektorem BC. Menší část podzemních vod kolektoru A se odvodňuje v labském údolí v místech výchozů kolektoru na povrch. V zakleslé středohorské kře proudí podzemní voda kolektoru A od lužického zlomu k Labi. Jižní struktura je tvořena strážským blokem a jeho JZ pokračováním do oblasti maršovické elevace. Od lužické poruchy se strážský zlom až k maršovické elevaci jeví jako nepropustný. Podzemní voda kolektoru A proudí od lužického zlomu k ZJ do bc 1, kde se odvodňuje skrytými přírony do Labe. Pro velkou hloubku kolektor A není vodárensky využíván.

Svrchní kolektor BC je tvořen pískovci bělohorského a jizerského souvrství (spodní a střední turon). Souvislý kolektor BC je rozšířen na většině území bc 3. Na bázi kolektoru BC jsou prachovce a slínovce bělohorského souvrství, které jsou izolátorem A/B oddělujícím bazální kolektor A od nadložních kolektorů. V pruhu podél lužické poruchy jsou na bázi

---

kolektoru BC pískovce kolektoru A. Nadloží kolektoru BC kryje v centrální a jz. části bc 3 jizerské a teplické souvrství tvořeno jílovci a vápnitými jílovci, které jsou izolátorem BC/D. Tento izolátor je artéským stropem kolektoru BC. Hladina podzemní vody kolektoru BC je v místech výskytu izolátoru BC/D napjatá. Pouze v úzkém pruhu podél lužického zlomu je hladina podzemní vody pod úrovní artéského stropu volná. Úplné mocnosti kolektoru BC se pohybují od 60 – 70 m na JZ do 510 – 530 m na S a SV. Oběh podzemních vod v kolektoru BC je v podstatě uzavřený. Lze zde vymezit samostatné oblasti proudění podzemních vod podobně jako v kolektoru A. Jejich samostatnost je dána existencí zakleslé středohorské kry omezené zlomy, jejichž výška skoku převyšuje mocnost kolektoru. Proud podzemní vody směřuje generelně od VSV k ZJZ z prostoru lužického zlomu do údolí Labe. V severní struktuře má kolektor BC volnou hladinu podzemní vody a je napájen převážně infiltrovaným podílem srážek. Alochtonním zdrojem podzemních vod je přítok ze středohorské zapadlé struktury přes doubické zlomové pole, který byl modelem stanoven na 127 l/s (Herčík, Herrmann, Valečka 1999). Tok Kamenice zajišťuje úplné odvodnění kolektoru BC s výjimkou severního okraje struktury, který je drénován na území Německa. V zakleslé středohorské kře proudí podzemní voda kolektoru BC generelně od SV k JZ obdobně jako v bazálním kolektoru A. Kolektor BC je napájen v úzkém pruhu podél lužického zlomu a v horní části povodí Panenského potoka, kde má volnou hladinu podzemní vody. Na ostatním území má kolektor BC artéský charakter. Propustnost kolektoru BC je průlinově-puklinová s průměrnou transmisivitou 232 m<sup>2</sup>/d (Nakládal 1987). Kolektor BC je vodárensky využíván na prameništi Hřensko.

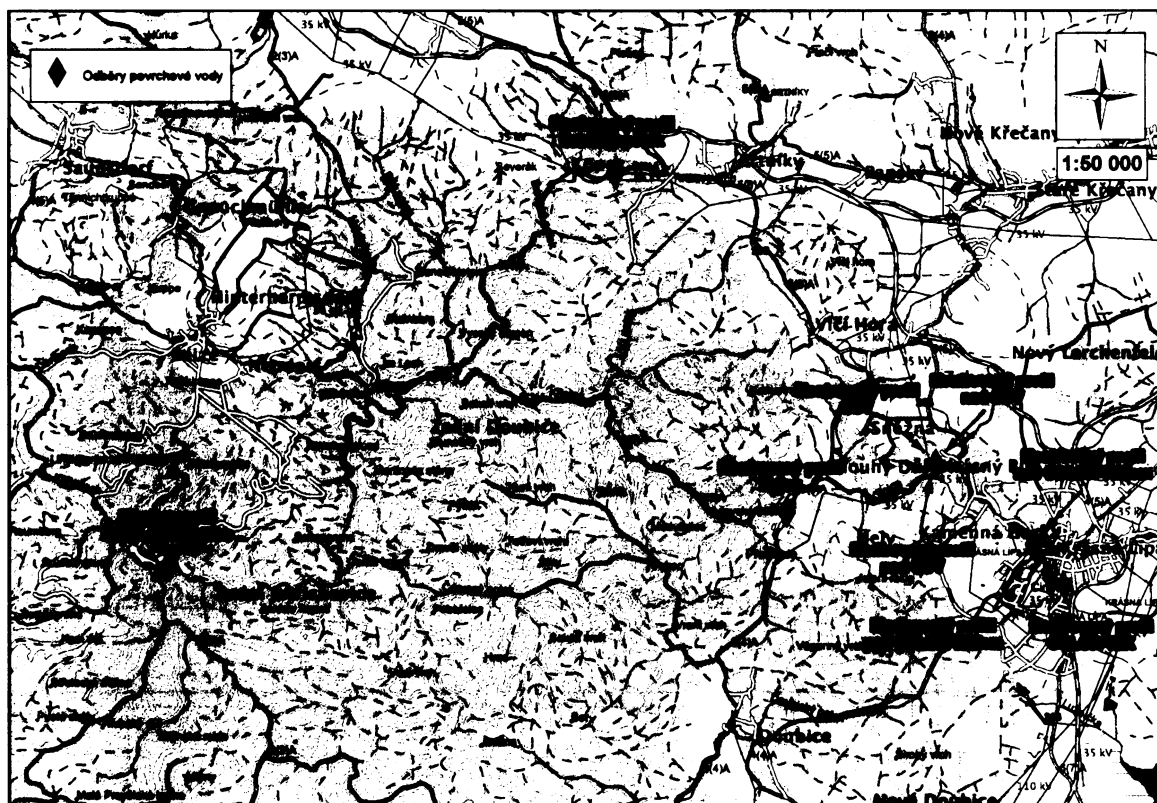
Kvartérní kolektor Křinice je tvořen fluviálními a deluviofluviálními uloženinami šterků a písků. Vytváří se v nich mělká zvodeň s volnou hladinou, korespondující s hladinou v povrchovém toku. Kvartérní kolektor Křinice je dotován infiltrací z atmosférických srážek a z drenáže křídových kolektorů. Ve ztrátových úsecích Křinice může rovněž docházet k lokální dotaci podzemní vody kvartérního kolektoru z povrchového toku. Z regionálního hlediska Křinice zajišťuje přirozenou drenáž kvartérních kolektorů. Propustnost fluviálních uloženin lze vyjádřit průměrnou hodnotou koeficientu filtrace  $k = 1-3 \cdot 10^{-4}$  m/s a transmisivita fluviálních šterků a písků je vyjádřena průměrnou hodnotou koeficientu transmisivity  $T = 2 \cdot 10^{-3}$  m<sup>2</sup>/s (Hazdrová et. al. 1980).

## 2.7 Hydrochemické poměry

### 2.7.1. Jakost povrchových vod

*Kapitola je zpracována podle Šupíkové in Skořepa (2008)*

Jakost povrchových vod na řece Křinice byla v posledních letech, konkrétně od roku 2003, podrobně sledována. Povrchový tok znečišťuje závod na barvení textilu COLOR-TEX a splaškové vody z okolí, které nejsou připojeny na ČOV Krásná Lípa. Odběrová místa povrchové vody jsou znázorněná na *obr. 2.7.1-1*.



*Obr. 2.7.1-1: Situace monitorovaných profilů povrchové vody (Nol in Skořepa 2008)*

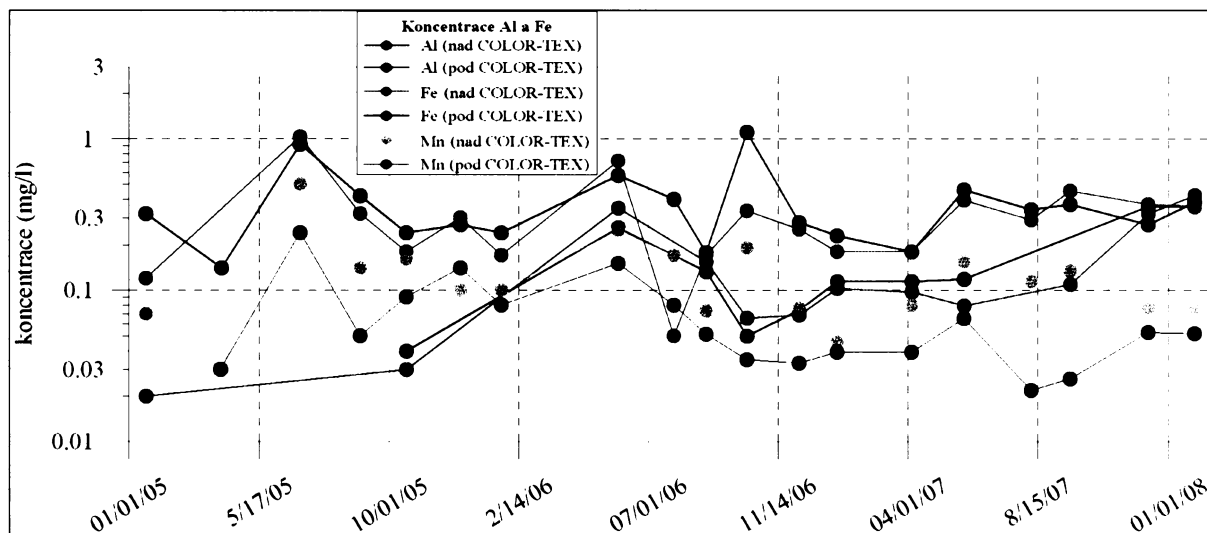
*Profily „pod“ závodem COLOR-TEX a „nad“ závodem COLOR-TEX*

Závod COLOR-TEX významně ovlivňuje povrchovou vodu v Křinici. V minulosti byla Křinice významně dotována odpadními vodami ze závodu, která obsahovala především dusitany a organické dusíkaté látky. Od poloviny roku 2006 je však dotace těchto látek minimální. I přes znatelný pokles koncentrace organických látek v Křinici odpadní voda ze



závodu zvyšuje všechny změřené parametry organického znečištění (CHSK<sub>Cr</sub>, BSK<sub>5</sub>, TOC, AOX, NEL a PAL-A).

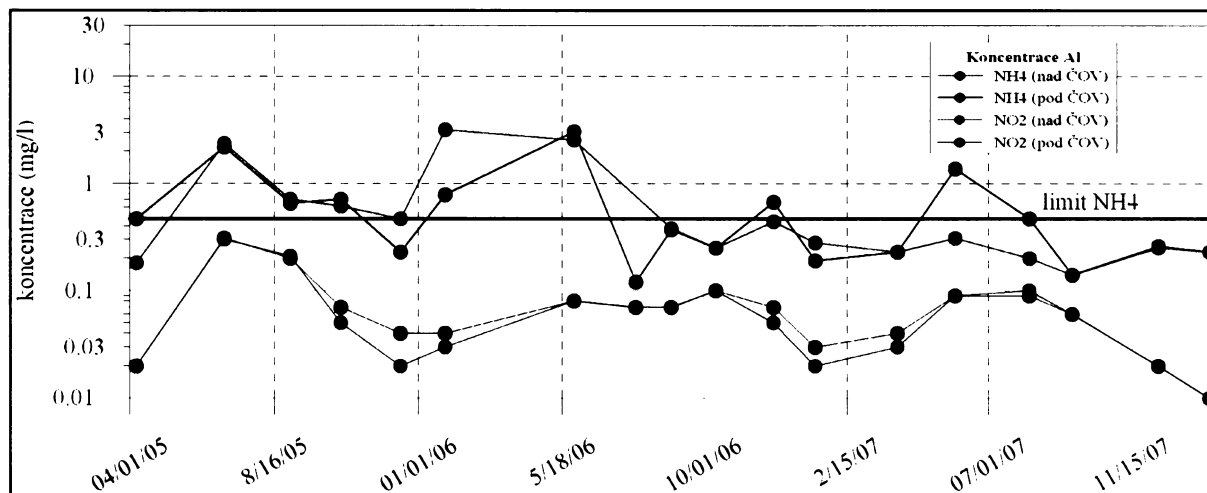
Z obr. 2.7.1-2 vyplývá, že dotace kovů ze závodu je minimální a poslední 3 roky se koncentrace kovů (Al, Fe, Mn) téměř nemění.



Obr. 2.7.1-2: Koncentrace Al, Fe a Mn v profilech „pod“ a „nad“ závodem (data Skořepa et. al. 2008)

### Profily „pod“ ČOV Krásná Lípa a „nad“ ČOV Krásná Lípa

Z obr. 2.7.1-3 je patrné mírné snížení koncentrací dusíkatých látek (amonné ionty a dusitany) v obou profilech. V grafu je uveden limit amonných iontů podle Nařízení vlády č. 229/2007 Sb., tj. „Limitující imisní standardy ukazatelů přípustného znečištění povrchových vod“.



Obr. 2.7.1-3: Koncentrace amonných iontů a dusitanů v profilech „nad“ a „pod“ ČOV (data Skořepa et. al. 2008)

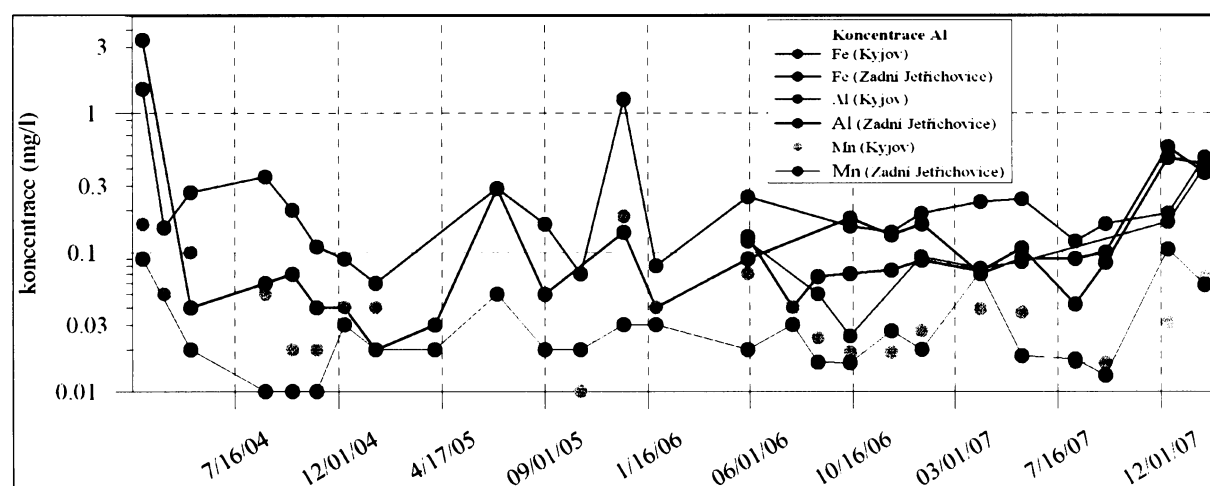
V úseku mezi profily „pod“ závodem COLOR-TEX a „nad“ ČOV Krásná Lípa není zdroj, který by přispíval k dotaci nutrientů, které dlouhodobě zhoršují kvalitu vody Křinice (dusitany, amonné ionty), i přesto zde dochází ke zvýšení koncentrací těchto ukazatelů. Vysvětleno je to rozkladem organických dusíkatých látek na dusičnany, dusitany a amonné ionty nebo v desorpci amonných iontů ze sedimentů, který se pak dostává zpět do povrchového toku (Šupíková in Skořepa 2008).

V obou profilech je od roku 2005 zaznamenán klesající trend koncentrací celkového fosforu a organických látek. V obdobích nízkých průtoků dochází k nárůstům koncentrací fosforu z důvodu minimálního ředění.

#### *Profily Kyjov a Zadní Jetřichovice*

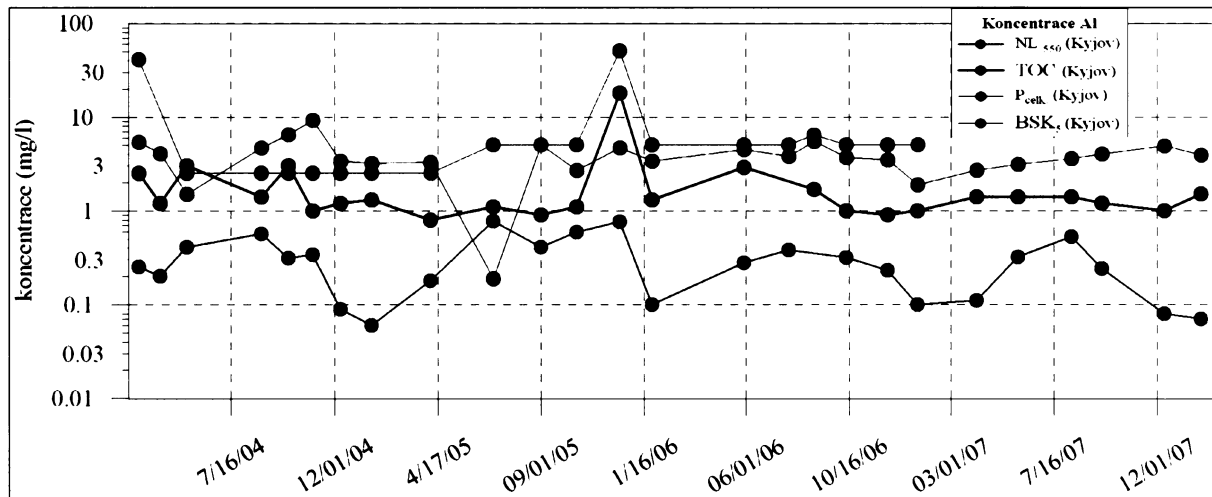
Mezi profily dochází ke zlepšování situace. Látkové množství síranů převažuje nad látkovým množstvím chloridů.

Mezi profily byla zjištěna dotace Fe do povrchové vody. Na profilu Zadní Jetřichovice mírně roste koncentrace Fe. Koncentrace Al v obou profilech má rostoucí trend. Nárůst koncentrací Fe a Al (*obr. 2.7.1-4*) podél toku Křinice mezi profily je způsobena poklesem pH. Naakumulované kovy jsou uvolňovány z říčních sedimentů díky nízkému pH a vysokým průtokům (Šupíková in Skořepa 2008).



**Obr. 2.7.1-4: Koncentrace Fe, Al a Mn na profilech Kyjov a Zadní Jetřichovice (data Skořepa et. al. 2008)**

Koncentrace dusíkatých látek a fosforu (*obr. 2.7.1-5*) podél toku Křinice mezi profily klesají. Na profilu Kyjov je pokles výraznější. Fosfor, stejně jako kovy, je naakumulován v říčních sedimentech a díky nízkému pH a vysokým průtokům se uvolňuje a dochází k mírné dotaci fosforu do Křinice.



*Obr. 2.7.1-5: Koncentrace  $NL_{105}$  ( nerozpuštěné látky při 105° C), TOC, P<sub>celk.</sub> a BSK<sub>5</sub> na profile v Kyjově (data Skořepa et. al. 2008)*

Organické znečištění, jak lze posoudit z *obr. 2.7.1-5*, je poměrně stabilizováno. Poměry BSK<sub>5</sub>/CHSK byly v obou profilech v rozmezí 0,04 – 0,18, což ukazuje na biologicky vyčištěné vody (Šupíková in Skořepa 2008).

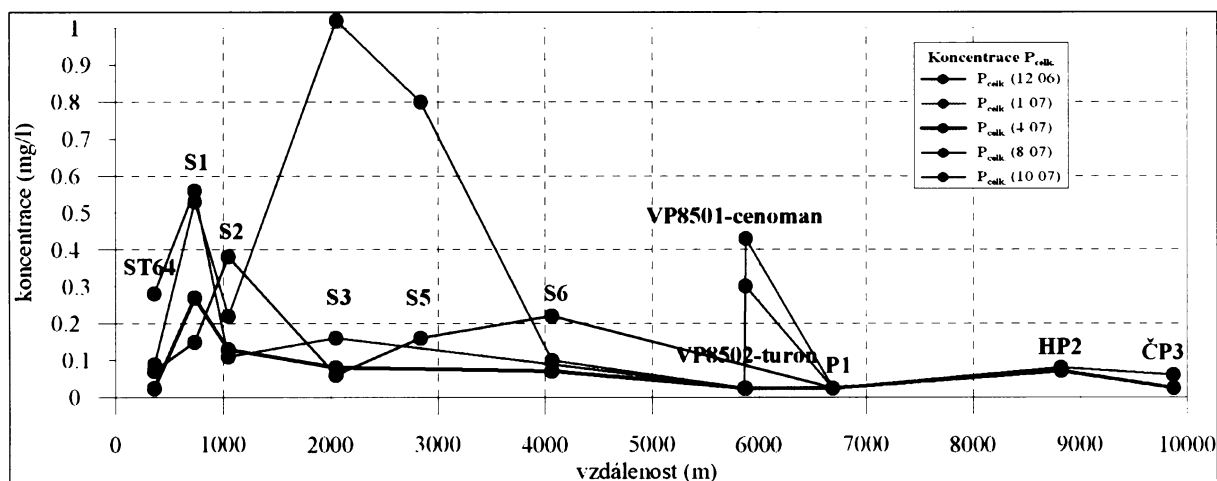
## 2.7.2 Jakost podzemních vod

Pro zhodnocení jakosti podzemních vod v zájmovém území byly zpracovány data AQUATESTU a.s. (Skořepa et. al. 2007 a 2008).

Podzemní voda byla monitorována ve studni v obci Kyjov (ST 64), v sondách vyhloubených v kvartéru podél řeky Křinice (S1 – S7) viz. kapitola 3.2.1, pramenech zachycující turonský kolektor (P1, HP2, ČP3) a ve vrtech ČHMÚ (VP 8501 - cenoman, VP 8502 - turon). Všechny monitorované objekty podzemní vody jsou znázorněny na *obr. 2.7.2-1*.

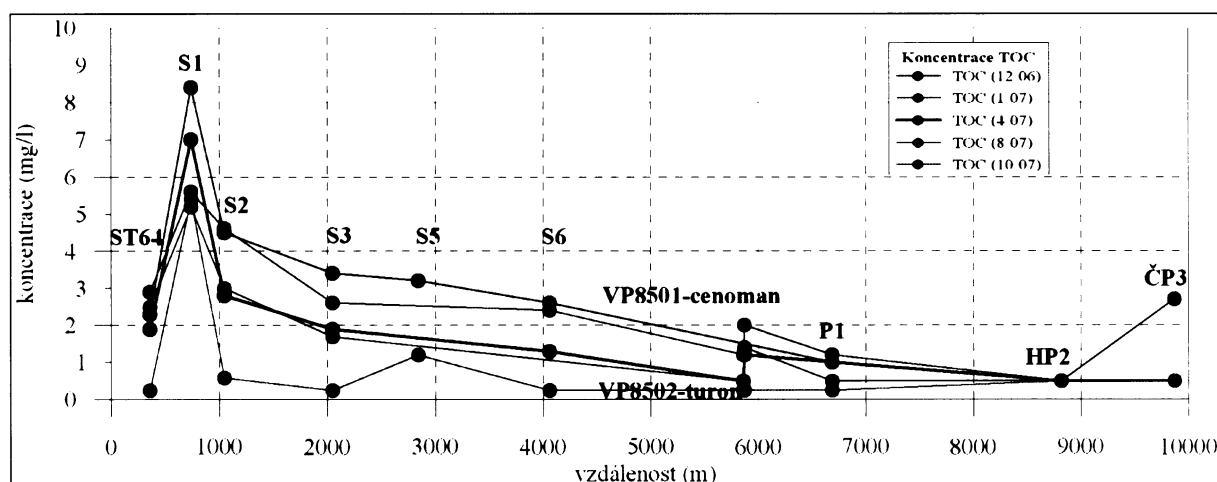


hydroxo – komplexů s železem a hliníkem v závislosti na pH jsou komplexy uvolňovány do podzemní vody. Při poklesu pH se komplexy rychle uvolňují do prostředí (Šupíková in Skořepa 2007).



Obr. 2.7.2-3: Koncentrace celkového fosforu v podzemní vodě podél Křinice (data Skořepa et. al. 2008)

Koncentrace TOC (celkový organický uhlík) byly zvýšené (od 6 do 8 mg/l) jenom v podzemní vodě v S1 (obr. 2.7.2-4), v ostatních objektech byly hodnoty TOC nízké (cca 1 mg/l).



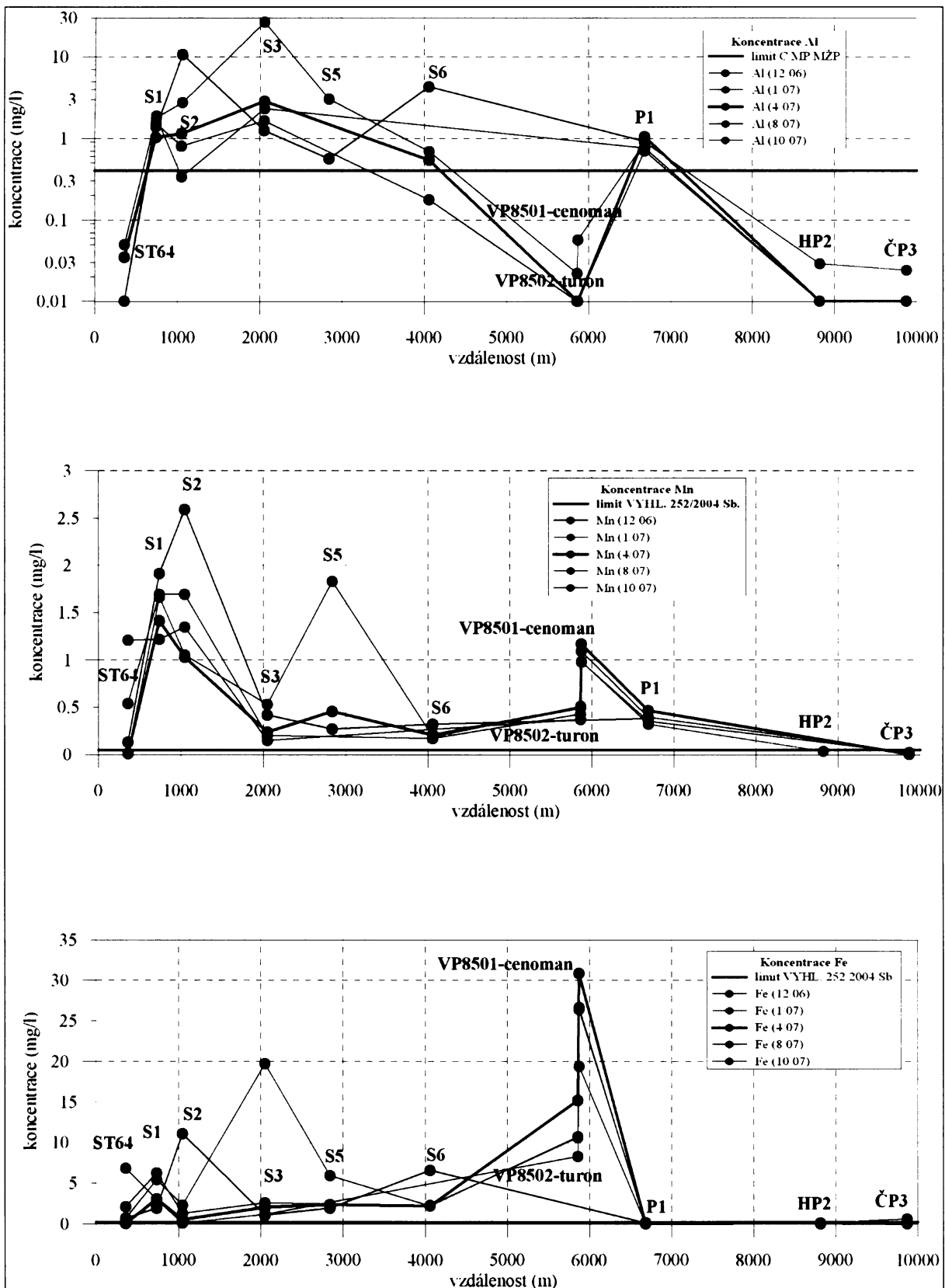
Obr. 2.7.2-4: Koncentrace TOC v podzemní vodě podél Křinice (data Skořepa et. al. 2008)

Z ostatních organických látek byly zvýšené koncentrace AOX (absorbovatelné organicky vázané halogenderiváty) a PAL-A (anionaktivní tenzidy).

Z kovů (obr. 2.7.2-5) byly zjištěné zvýšené koncentrace u všech měřených koncentrací (Fe, Mn, Al). U hliníku byly zvýšené (cca od 1 do 10 mg/l) koncentrace ve všech kvartérních sondách S1-S6 a v pramenném vývěru P1. Koncentrace manganu byly zvýšené (až do 2,5

---

mg/l) ve všech monitorovaných objektech kromě pramenů HP2 a ČP3. Železo má zvýšené koncentrace (cca 3 až 10 mg/l) ve všech objektech kromě pramenů. Železo a hliník mají výrazné kumulační, sorpční a komplexační vlastnosti, je tak pravděpodobné, že se kumulují v sedimentech a v horninovém prostředí a díky nízkému pH (cca 5) jsou pak uvolňovány zpět do prostředí (Šupíková in Skořepa 2007).



Obr. 2.7.2-5: Koncentrace kovů (Fe, Al a Mn) v podzemní vodě podél Křinice (data Skořepa et. al. 2008)

---

## 3. Metodika

### 3.1 Rešerše

V rámci diplomové práce byla provedena rešerše prací z archivů Přírodovědecké fakulty University Karlovy v Praze (PřF UK), České geologické služby (ČGS), ČGS - Geofondu (Geofond) a AQUATESTU a.s.

#### 3.1.1 Geologická prozkoumanost

První oficiální výzkumy byly zahájeny po založení c.k. říšského geologického ústavu v letech 1857 – 1859 ve Vídni. V rámci geologických prací tohoto ústavu provedl přehledné mapování 1: 144 000 Jokély, který navázal na Geinitzovo a A. E. Reussovo dělení křídly, přizpůsobené lokálním stratigrafickým poměrům. V pozdější době se výzkumem zabýval J. E. Hibsich, který zpracoval v letech 1898 - 1910 edici geologické mapy Českého středohoří v měřítku 1: 1 000 000 s německy psanými vysvětlivkami. Je také autorem geologické mapy okolí České Kamenice a oblasti západně od České Lípy, vydané v roce 1927 resp. 1930 v měřítku 1: 25 000.

V období po druhé světové válce začíná systematický výzkum české křídly. Práce Soukupa (1959, 1961) z této doby řeší stratigrafii svrchnokřídových sedimentů. V 1960 předkládají J. Soukup a L. Kopecký geologickou mapu v měř. 1: 50 000, která byla základem pro základní geologickou mapu 1:200 000, list Děčín, publikovanou spolu s Vysvětlivkami k přehledné geologické mapě ČSSR 1: 200 000 v 1963. Zájmové území je zobrazeno na mapách v měřítku 1: 200 000 - Základní hydrogeologická mapa ČSSR 1:200 000. List 02 Ústí nad Labem (Hazdrová 1980), Strukturně - geologická mapa ČSR 02 - Ústí nad Labem (Zeman 1986) a v měřítku 1: 50 000 - Geologická mapa ČR 02-22 Varnsdorf (Opletal et. al. 1996), Hydrogeologická mapa ČR 02-22, 03-11 Varnsdorf (Hrazdíra et. al. 1998), Mapa geochemie povrchových vod ČR 02-22, 03-11 Varnsdorf (Sirotek et. al. 1994).

V letech 1961 až 1971 proběhl dlouhodobý úkol – Výzkum geologické stavby podloží české křídly. Výsledky jsou shromážděny v řadě publikací, jejichž syntézou je rozsáhlá závěrečná zpráva Malkovského et. al. (1971). Ucelenou práci, zabývající se litofaciálním vývojem svrchnokřídových sedimentů v severních Čechách předložil Valečka (1974).



---

První práce užité geofyziky se datují v souladu s rozvojem této vědné disciplíny od konce 50. let. Výsledky veškerých geofyzikálních měření v oblasti české křídly do roku 1965 souhrnně zpracoval v rámci výzkumu podloží české křídly Mazač (1966), přehodnocení starších měření a interpretace z let 1966 až 1970 zpracoval kolektiv vedený Mašínem (1970). Syntetické zpracování geofyzikálních dat pro účely regionálního průzkumu zpracovali Rejlová, Mareš (1980).

### 3.1.2 Hydrogeologická prozkoumanost

Základní hydrogeologickou charakteristiku oblasti, zabývající se hydrogeologickými vlastnostmi horninových celků, zákonitostmi pohybu podzemních vod a jeho zvláštnostmi, jejich chemismem a genezí podal Hynie (1961, 1963). Ve svých dřívějších pracích se vedle účelových posouzení prostých podzemních vod zabýval také možnostmi zachycení a využití termálních vod na Ústecku a Děčínsku (1949).

Velká pozornost byla zaměřena na povodí Kamenice, Křinice a Ploučnice. První hydrogeologická studie byla zpracována Pištorou (1962). V roce 1967 byl zpracován projekt regionálního hydrogeologického průzkumu Jetelovou, která v roce 1969 předkládá výsledky regionálního hydrogeologického průzkumu v dolním povodí Kamenice a Křinice s oceněním využitelného množství podzemních vod. Hydrogeologické průzkumné práce dále vedl Nakládal (1973, 1974). Souhrnnou zprávu o výsledcích regionálního hydrogeologického průzkumu v povodí Ploučnice, Kamenice a Křinice podala Jetelová (1972). Etapovou zprávu o regionálním hydrogeologickém průzkumu v dolním povodí Kamenice a Křinice, s výpočtem zásob podzemní vody zpracoval Žitný (1973). Některé průzkumné práce z této oblasti se zabývali řešením problematiky umělého obohacení podzemních vod (Žitný, Bittman 1972, Žitný 1975). Souhrnným hodnocením křídového útvaru z hlediska bilance zdrojů a přebytku podzemních vod se ve své práci zabýval Hercog (1968, 1971) a Slepíčka (1971). Výskyty a problematiku minerálních vod popsal Kačura (1972). V roce 1987 dokončil kolektiv V. Nakládala součást Hydrogeologické syntézy české křídové pánve – bilanční celek 3, středohorský, zahrnující poznatky a výzkumy ze zájmového území.

V horním povodí Ploučnice probíhal intenzivní hydrogeologický průzkum zaměřený na průzkumnou oblast ložiska radioaktivních surovin. Výsledky průzkumu byly zpracovány v souhrnné práci Herčíka et. al. (1971). V této práci jsou podrobně zpracovány hydrodynamické poměry cenomanu, propustnost cenomanských hornin a chemismus

---

podzemních vod strážské oblasti. Propustnost svrchnokřídových sedimentů mimo cenomanské je zkoumána méně podrobně.

V letech 1977 – 1987 byl řešen úkol, jehož cílem byla bilance zásob podzemní vody v české křídové pánvi, vyhodnocení její kvality a návrh ochrany. Výsledkem byla rozsáhlá závěrečná zpráva (Herčík, Herrmann, Nakládal 1987).

„Hydrogeologie české křídové pánve“ (Herčík, Herrmann, Valečka 1999) shrnuje geologické a hydrogeologické poznatky z předchozí zprávy. Publikace popisuje regionální geologii a hydrogeologii české křídové pánve, předmětem zájmu je souvislá pánevní struktura na území České republiky. Hydrogeologie je zpracována odděleně v 10 bilančních celcích, jejichž součástí je 24 hydrogeologických rajonů.

V posledních letech se hraničním tokem Křinice zabývá Skořepa et. al. (2005, 2006, 2007, 2008). Řeší se hydrologie, hydrogeologie i geochemie zájmové oblasti.

## **3.2 Terénní práce**

### **3.2.1 Vrtné práce**

Terénní práce zahrnovaly kromě nutné rekognoskace terénu hydrometrování na toku Křinice. Měření podélných průtoků bylo prováděno pracovníky firmy AQUATEST a.s. se spoluprací autora diplomové práce. Za rok 2006 proběhlo 2 krát, v roce 2007 1 krát. Během terénních prací bylo v prosinci 2006 v kvartéru nivy řeky Křinice vyhloubeno Nakládalem (2007) 7 sond o vnitřním průměru 45 mm s PVC zárubnicí (**obr. 3-2.2**). V 5 sondách (S1, S2, S3, S5, S6) byla zastižena hladina podzemní vody, která byla zaznamenána do 1,10 m p.t..

Sondy byly vyhloubeny do hloubek v rozmezí od 0,90 m do 1,90 m a ukončeny na bázi štěrkopísků (**Příloha 3.2-1**). V nadloží byly zastiženy prachovitojílovité a písčité sedimenty (**obr. 3.2-1**) světle hnědé až hnědé barvy, které dosahovaly mocnosti od několika centimetrů do 1,5 m. Ve svrchní části sond byla zastižena tmavě hnědá až černohnědá humózní vrstva a lesní hrabanka, které zasahovaly do hloubek od 10 do 40 cm.



*Obr. 3.2-1: Jádro sondy S1 – písčité sedimenty*

Vyhlobené sondy umožnily odběr vzorků podzemních vod a termometrická měření (Nakládal, Mikisková 2007).

Zaměření vyhloubených sond proběhlo odečtením z mapy. Vzhledem k hluboce zaříznutému Kyjovskému údolí nebylo možné použít GPS.

### **3.2.2 Hydrodynamické zkoušky**

Ve všech sondách byly provedeny krátkodobé hydrodynamické zkoušky metodou tzv. slug-testu. Tato metoda se používá pro rychlé stanovení orientačních hodnot parametrů horninového prostředí v blízkém okolí zkoušeného vrtu. Výhodou této metody je krátká doba trvání (zkoušku můžeme ukončit za několik minut, maximálně za několik hodin). Další velkou výhodou je, že se dá použít i na úzkoprofilových monitorovacích vrtech, kam nelze zapustit vhodné čerpadlo, nebo na vrtech, které nelze z různých důvodů čerpat, např. s kontaminovanou vodou. Předpoklady pro použití téhle metody je volná hladina, okamžitý nálev a úplná studna.

Metoda je založena na vyhodnocení průběhu křivky poklesu a nástupu hladiny, způsobený náhlou změnou výšky hladiny podzemní vody ve vrtu jednorázovým nálevem. Během tohoto nálevu se měří rychlost poklesu hladiny. Pohyb hladiny podzemní vody je měřen pomocí tlakového čidla s přesností 1 mm. Hladina byla zaznamenávána ručně s intervalem 5 sekund, resp. 10 sekund.

---

Při samotném vyhodnocení hydraulických parametrů se průběh poklesu hladiny vynáší v závislosti na čase do semilogaritmického grafu. Podle znalostí o geologickém profilu zvodněného kolektoru a technickém profilu vrtu (průměr vrtání a výstroje vrtu, rozsah perforace a druh obsypu) se provádí vlastní vyhodnocení. K vyhodnocení byla použita přímková metoda Bouwer-Riceho. Při této metodě se prokládají charakteristické rovné úseky křivky přímkou a stanovuje se hodnota hydraulické vodivosti (**Příloha 3.2-2**).

### **3.2.3 Termometrie**

V rámci terénních prací byla provedena termometrická měření. Princip metodiky spočívá v existenci výronových ploch podzemních vod do vodoteče. V období s velkým teplotním kontrastem mezi teplotou podzemní vody (cca 7° C) a vody v řece (v létě cca 20° C, v zimě 0° C) lze dobře identifikovat oblast výronů podzemních vod do řeky. Teplota břehů ztrátových úseků a úseků bez komunikace řeky s podzemní vodou v okolním horninovém prostředí se projevují malým rozdílem teplot. Měří se teplota vody v řece a následně výronů, které oteplují, resp. ochlazují vodu v řece. Z těchto dat se pak vyhodnotí ovlivnění řeky podzemní vodou. Měření bylo poprvé provedeno Nakládalem v létě 2006 a potvrzující termometrická měření 2 krát v zimě 2008.

### **3.2.4 Hladiny podzemní vody**

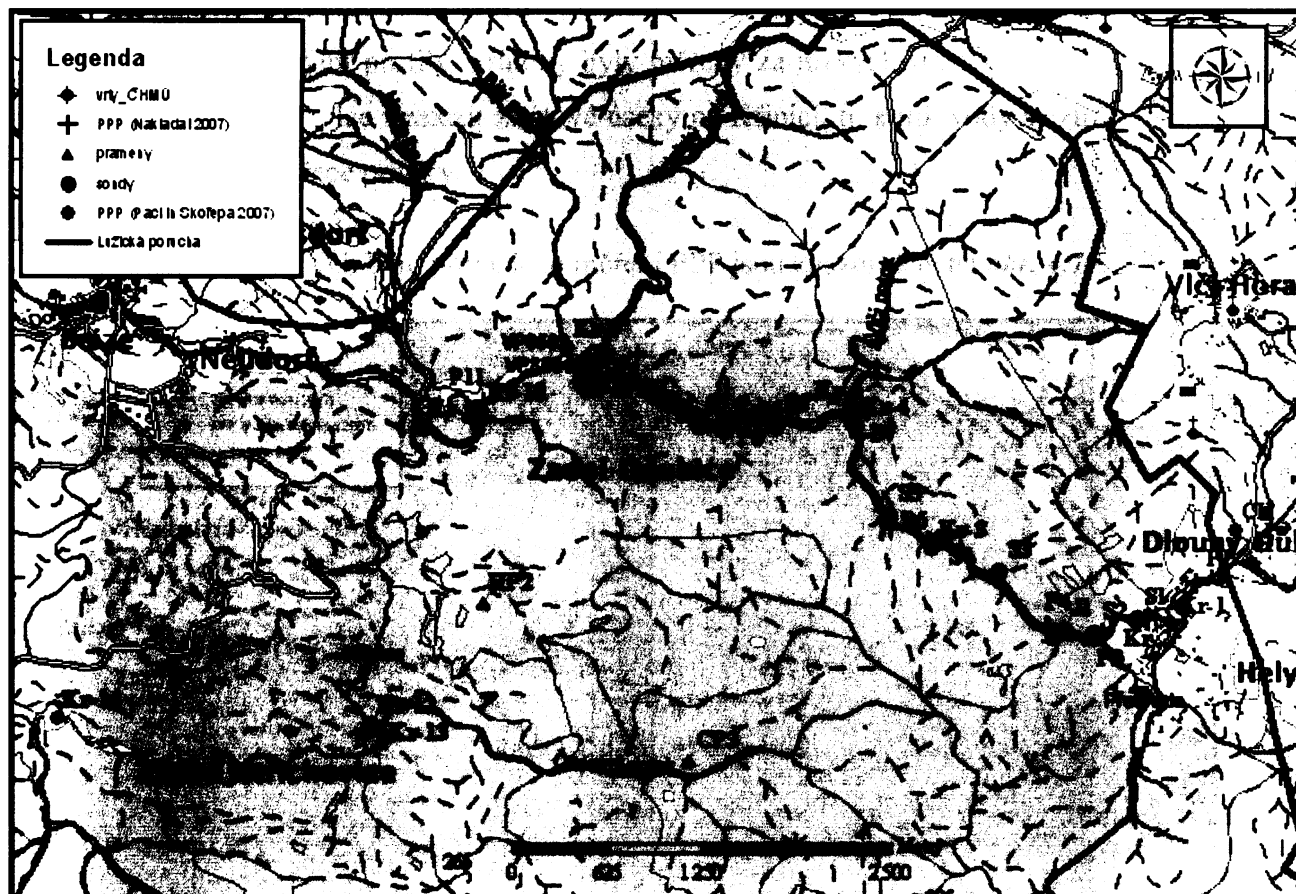
Měření úrovně podzemní vody byla v rámci diplomové práce prováděna Rangovou píšťalou. Hloubka hladiny podzemní vody byla vždy měřena od horní hrany poklopu v případě studny, od vnitřního okraje ocelové chráničky v případě vrtů a od vnitřního okraje PVC zárubnice v případě sond. Situace s monitorovacími objekty je na **obr. 3-2.2**.

### **3.2.5 Podélný profil průtoků (PPP)**

Metodou postupného proměření průtoků lze dobře vymežit příronové, ztrátové a indiferentní úseky toků a získat tak přehled o plošné tvorbě odtoků v jednotlivých dílčích povodích toku. Měření se provádí hydrometrickou vrtulí, kde se měří rychlost proudění v několika profilech (závisí na šířce toku). Zároveň se měří hloubka a šířka koryta, ze které se určí plochy dílčích průtočných profilů.

Měření se provádí obvykle za ustáleného počasí bez srážkové činnosti za nízkých průtoků, kdy celkové odtoky ve vodotečích jsou zcela nebo z větší části tvořeny podzemním odtokem.

Měrné profily toků byly vybrány s ohledem na morfologii území, spádové poměry, v místech, kde např. dochází k přechodu od jedné geologické struktury k další, v místech známých či předpokládaných tektonických linií, v profilech prokázaných nebo očekávaných ztrát vodnosti .



Obr. 3-2.2: Situace s monitorovacími objekty

**Seznam objektů v mapě:**

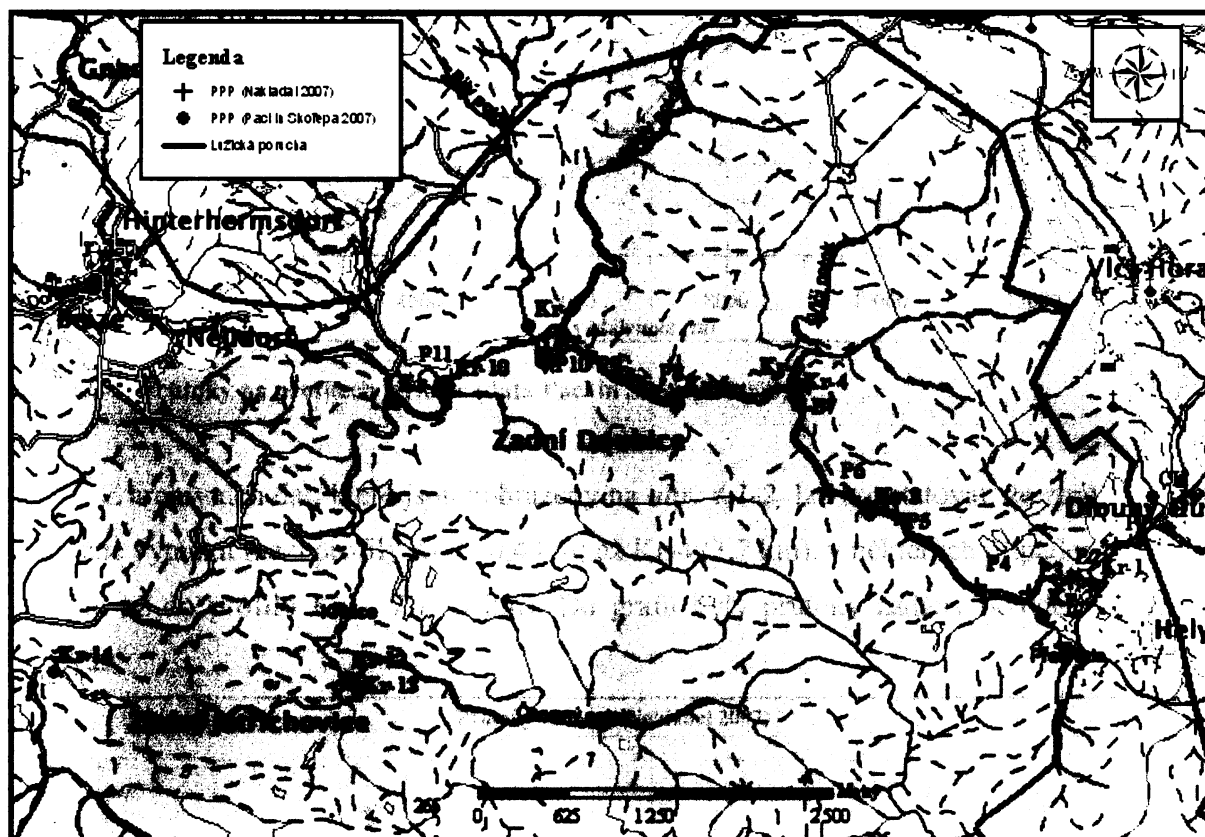
- Kr-1 až Kr-14      profily na toku Křinice měřené firmou AQUATEST a s
- P 1 až P 11        profily na toku Křinice měřené Nakládalem (2007)
- S 1 – S 7          vyhloubené sondy monitorující kvartérní kolektor
- J 1                  jezírko u toku Křinice
- VP 8501,VP 8502    vrty ČHMÚ monitorující křídové kolektory
- P 1                  bezejmenný pramen u Hraničního mostu
- HP 2                Hadí pramen
- ČP 3                pramen Červeného potoka

## 4. Výsledky a diskuse

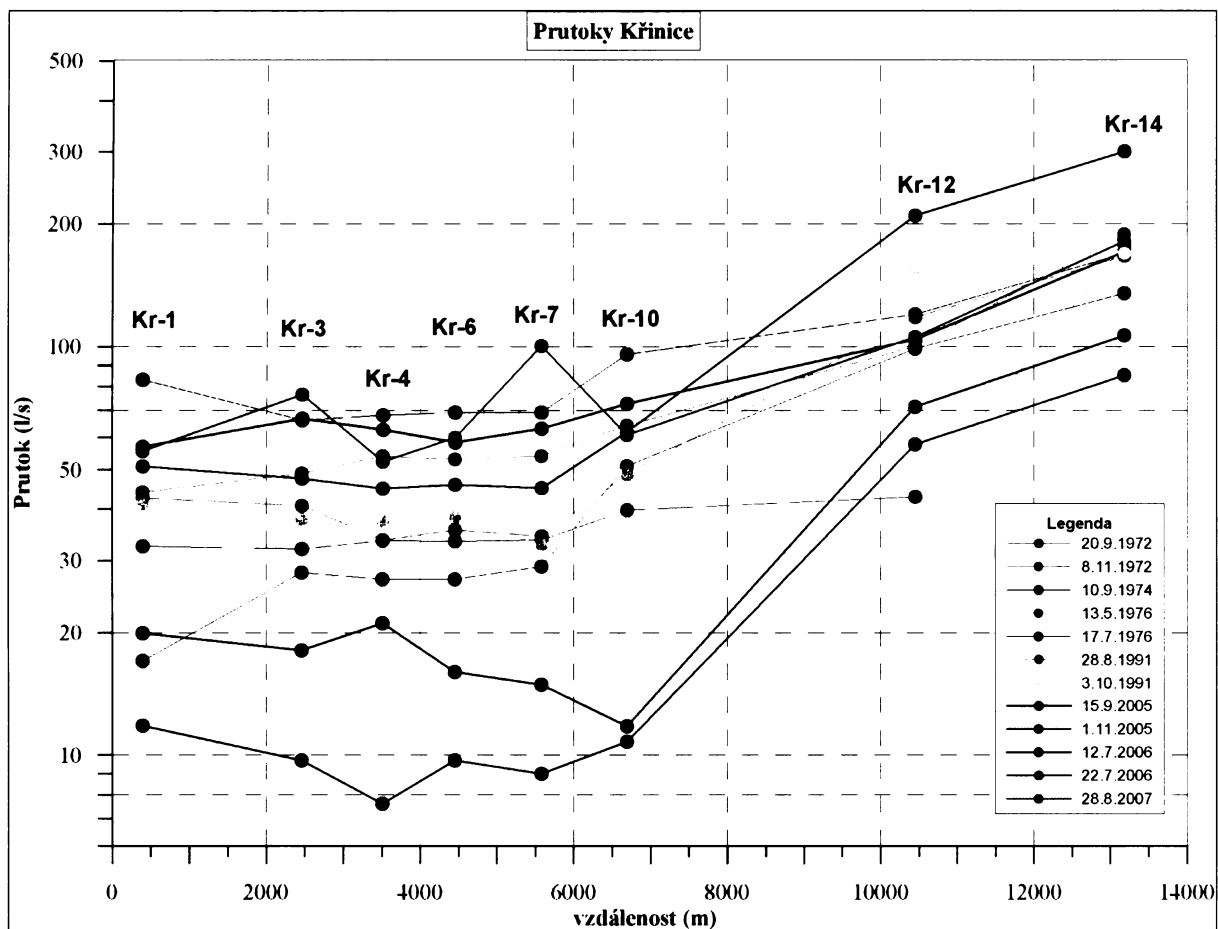
### 4.1 Hydrologie

Na základě PPP (podélné profily průtoků) lze zjistit a vymežit hodnoty ztrát nebo nárůstu mezi jednotlivými profily. Průtoky byly měřeny za nízkých stavů a se všemi svými přítoky. Na základě PPP lze vymežit ztrátové úseky na Křinici, tj. kolik vody se ztrácí a jaké je ovlivnění průtoků v řece přítoky.

Všechny profily na kterých bylo provedeno měření PPP jsou znázorněny na *obr. 4.1-1*.

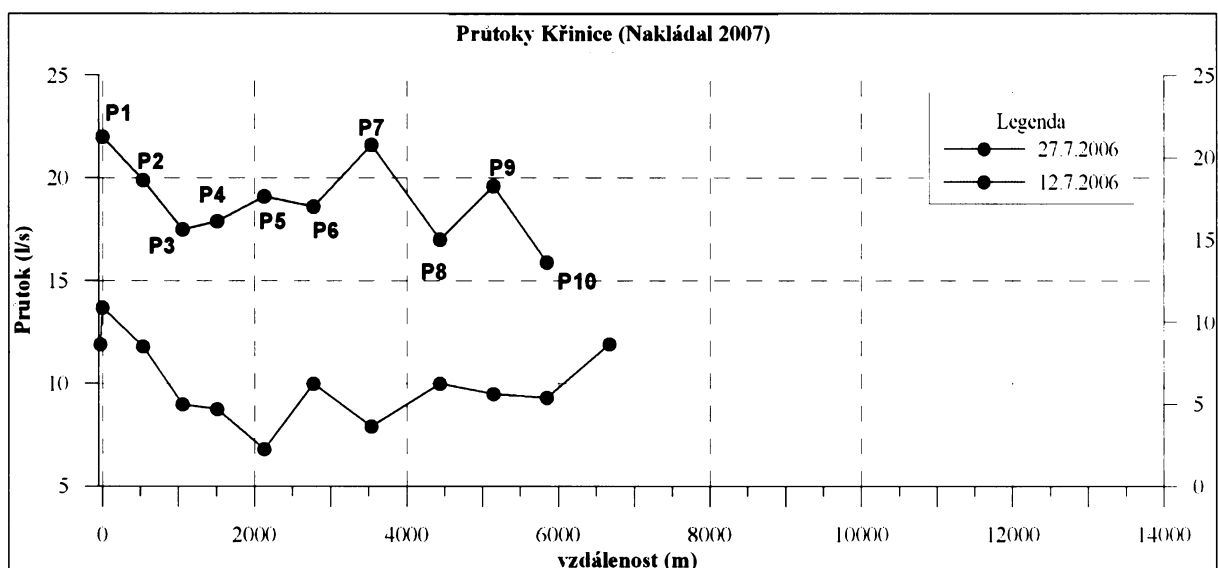


*Obr. 4.1-1: Situace všech měřených profilů PPP*



Obr. 4.1-2: Průtoky na profilech Křinice (data Pacl in Skořepa 2008)

Z archivních dat, které jsou zobrazeny na *obr. 4.1-2*, lze konstatovat, že ztrátový úsek je možné vymezit mezi profily Kr-1 (0,4 km) až Kr-4 (3,7 km), v některých případech se voda ztrácela až do profilu Kr – 7 (5,6 km). Do grafu byly průtoky zadány po odečtení všech přítoků.



Obr. 4.1-3: Průtoky na profilech Křinice (data Nakládal, Mikisková 2007)

Z měření Nakládala (2007) je patrná přibližná shodnost ztrátového území s územím (*obr. 4.1-3*), které bylo vymezeno na základě dat AQUATESTU a.s. Při měření PPP Nakládačem nebyly měřeny průtoky přítoků Křinice, nebylo proto možné je zohlednit ve výsledcích. Je proto pravděpodobné, že by ztráty byly v některých úsecích výraznější.

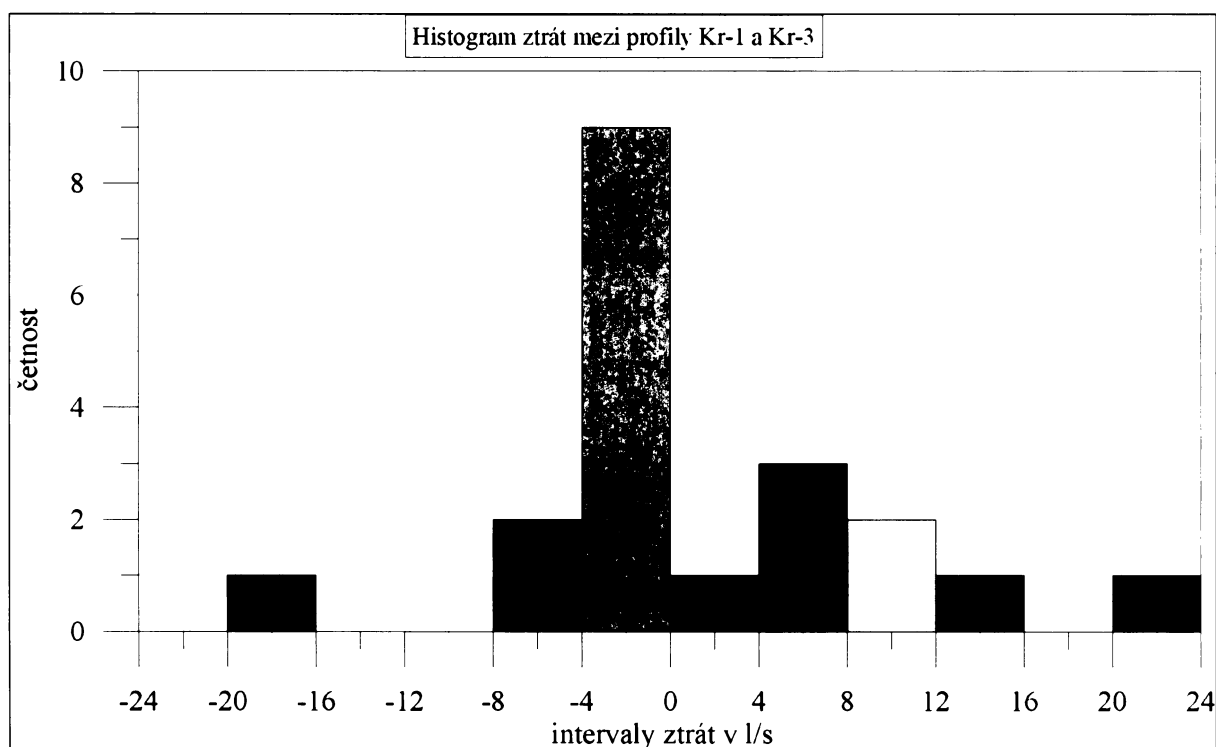
Na vyhodnocení všech dostupných měření byly použity prvky popisné statistiky. Vypočtené hodnoty jsou uvedeny v *tabulce 4.1-1*. Hodnocení bylo provedeno na 20 měřeních, které byly k dispozici z archivu AQUATESTU a.s..

**Tabulka 4.1-1: Hodnoty popisné statistiky mezi profily**

	Kr 1- Kr 3	Kr 3- Kr 4	Kr 4- Kr 6	Kr 6- Kr 7	Kr 7- Kr 10	Kr 1- Kr 7
ztráty ze všech měření	55%	60%	45%	40%	15%	50%
maximální hodnota	-17	-23,9	-13	-5,4	-39,58	-14
medián	-1,15	-0,85	0,2	0,65	12,75	-0,6
směrodatná odchylka	8,19	7,98	4,26	10,88	14,19	15,07

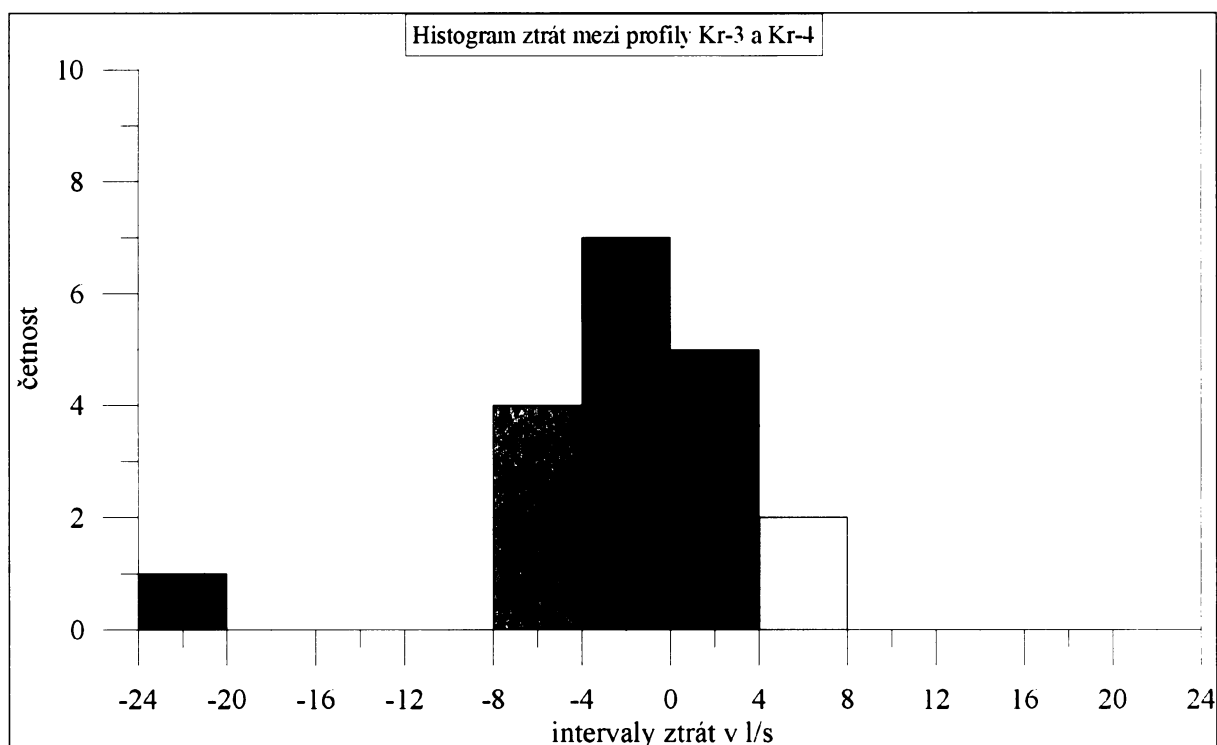
Z hodnot popisné statistiky lze konstatovat, že ztrátové úseky jsou pravděpodobně mezi profily Kr-1 (0,4 km) až Kr-4 (3,7 km). V obou případech se ztráty projeví ve více než v 50 % případů. V dalších profilech byly ztráty v méně než 50 %, což nebudeme považovat za ztrátové úseky.

Na *obr. 4.1-4* a *obr. 4.1-5* jsou znázorněny objemy ztrát.



**Obr. 4.1-4: Histogram ztrát mezi profily Kr-1 a Kr-3**



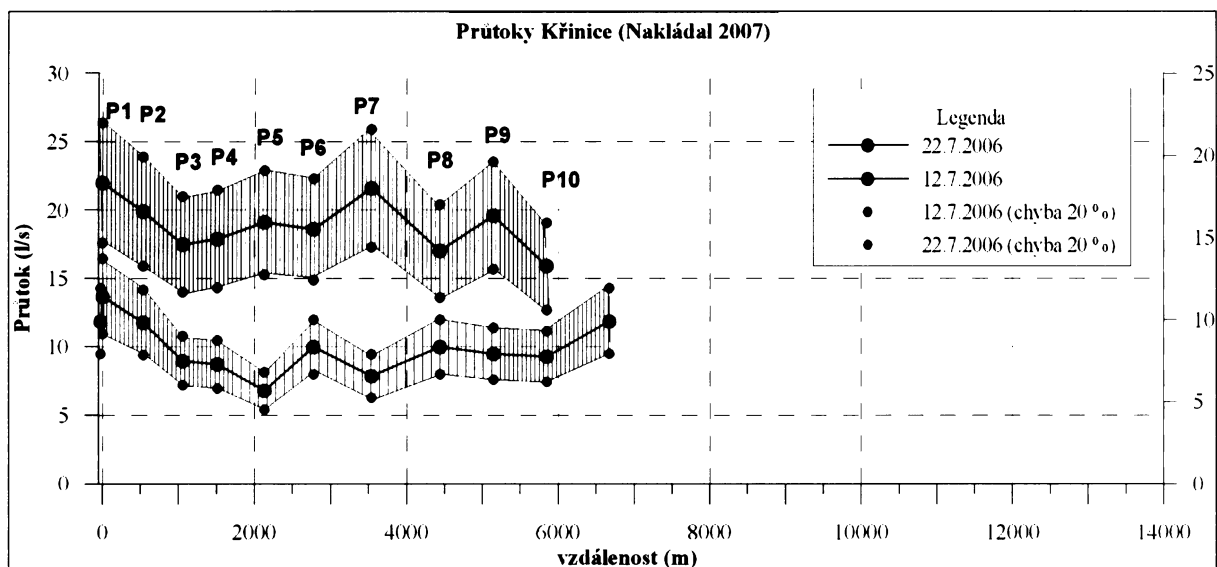


**Obr. 4.1-5: Histogram ztrát mezi profily Kr-3 a Kr-4**

Ze znázorněných histogramů lze usoudit, že ztráty se v největší míře vyskytují ve třídě intervalu (0 až -4 l/s). V několika případech se vyskytují v intervalu (-4 až -8 l/s) a maximální hodnoty se vyskytly mezi profily Kr-1 až Kr-3 (-17 l/s) a mezi profily Kr-3 až Kr-4 (-24 l/s).

Podle Mattase (2001) lze odhadnout přesnost určení průtoku v dobrých podmínkách při standardním úplném měření v dostatečném počtu svislic cca na 5 % (v umělých kanálech jednoznačně definovatelného tvaru s pravidelným rychlostním polem i pod 1 %). Přesnost v obtížných podmínkách rychle klesá. Lze očekávat chybu 15 – 20 %. Vzhledem k charakteru terénu (dno a příčný profil řeky) lze v našem případě uvažovat s chybou cca 20 %.

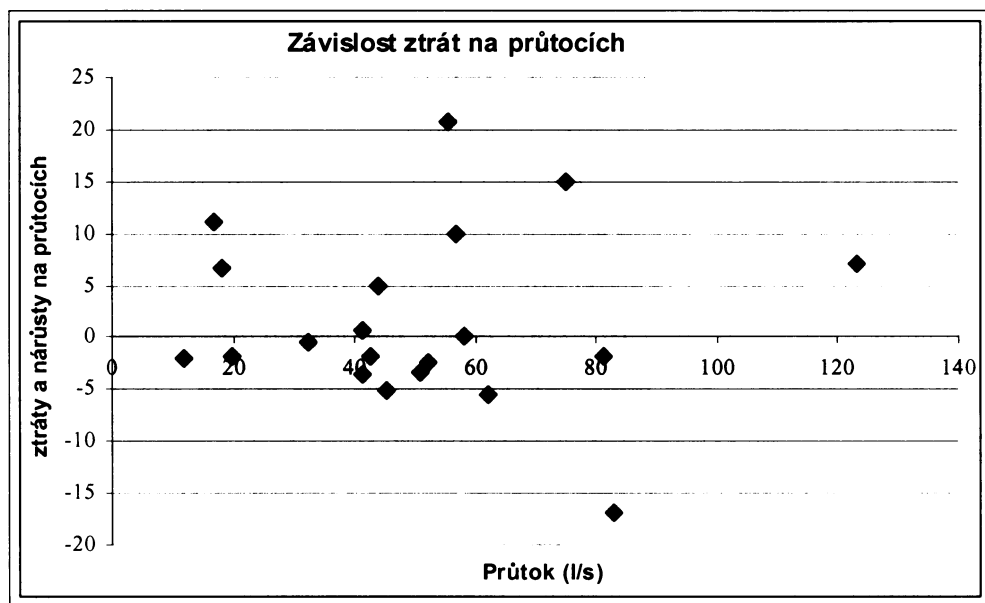
V daném případě při uvažování chyby 20 % by měla měření Nakládala (2007) rozpětí, jež je zobrazeno na **obr. 4.1-6**.



Obr. 4.1-6: Průtoky Křinice se započtením 20 % ztráty

Z obr. 4.1-6 vyplývá, že hodnoty naměřených průtoků by se při uvažování chyby 20 % mohli značně změnit. Původní předpoklad je, že voda proudí z Křinice do kvartérního kolektoru. Podle obr. 4.1-6 není vyloučeno, že voda by mohla proudit směrem do Křinice, nebo by nedocházelo k vůbec žádnému přetékání.

Z archivních dat AQUATESTU a.s. byly vytvořeny histogramy objemů ztrát s připočtením chyby 20 %. Histogramy jsou součástí přílohy 4.1-1. Při porovnání byli zjištěny malé rozdíly ve změnách tříd četností.



Obr. 4.1-7: Závislost ztrát na průtocích

---

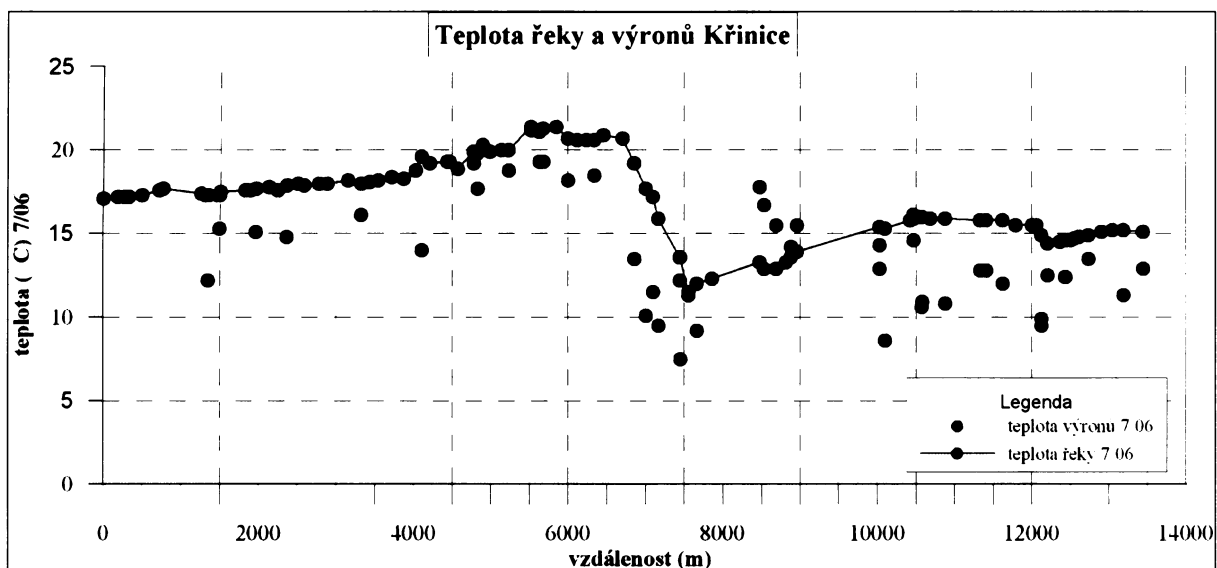
Do **obr. 4.1-7** byly vyneseny hodnoty průtoků na profilu Kr-1 (0,4 km) a ztráty a nárůsty hodnot průtoků mezi profily Kr-1 (0,4 km) až Kr-3 (2,4 km). Z grafu není patrná závislost mezi velikostí průtoků a ztrátami v Křinici.

Na základě hydrologických měření (Pacl in Skořepa 2008) a (Nakládal, Mikisková 2007) lze konstatovat, že ztrátový úsek je vymezen mezi profily Kr – 1 (0,4 km) a Kr – 4 (3,7 km). Na přesnější vymezení ztrátového území by bylo vhodné, aby PPP měření byla prováděna s větší hustotou po profilu Křinice.

## **4.2 Termometrie**

Termometrické měření má za úkol měření teploty po celém profilu řeky Křinice a měření teploty výronů podél řeky. Princip metody spočívá v měření teploty v řece v létě nebo v zimě (nejlépe za extrémních teplot a nízkých průtoků) a měření výronů, které ochlazují resp. oteplují vodu v řece. Z těchto dat se vyhodnotí ovlivnění řeky podzemní vodou. Na základě změřených průtoků a teplot vody v řece a výronů podzemní vody lze usoudit, v jakých částech svého toku je Křinice dotována podzemní vodou a v jakých částech toku nedochází k dotaci Křinice.

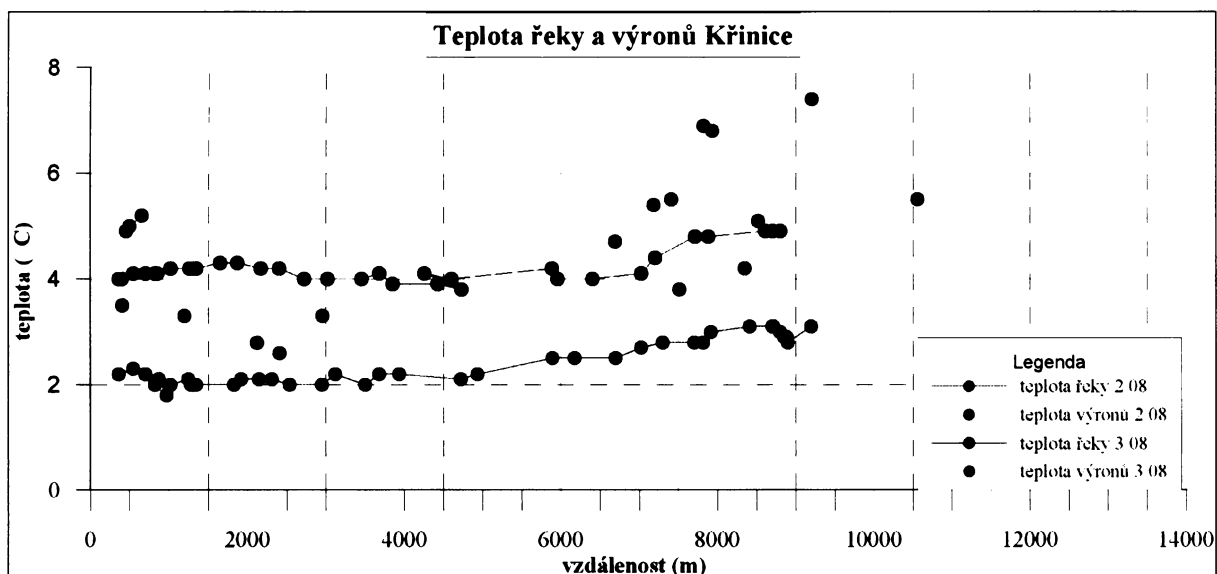
Termometrické měření bylo provedeno v létě 2006 (Nakládal, Mikisková 2007) při nízkých průtocích a extrémně vysokých teplotách a 2 krát v zimě 2008. Jednou při okolní teplotě prostředí cca 6 °C, podruhé při okolní teplotě cca 13 °C. Z **obr. 4.2-1** z letního měření je zřejmé, že teplota výronů v horním toku je vyšší než teplota výronů v toku dolním. Teplota výronů v horním a středním toku se pohybuje okolo 15 °C. Místy je vyšší, což naznačuje, že se jedná o podzemní vodu mělkého oběhu s malou dobou zdržení v horninovém prostředí. Teplota vody ve středním toku překračuje hodnoty 20 °C, což pravděpodobně způsobuje sluneční svit, který během dne ohřívá vodu v řece. V dolním toku se teploty výronů pohybují okolo 10 °C, což je průměrná teplota podzemní vody. Teplota řeky výrazně klesá, což je pravděpodobně způsobeno dotací podzemní vody z křídového kolektoru BC.



Obr. 4.2-1 – Teplota Křinice a teplota výronů v létě 2006 (data Nakládal, Mikisková 2007)

Zimní měření nebyla provedena za ideálních podmínek (dostatek mrazivých dní), ale i přesto se potvrdilo měření z léta. Teplota v řece stoupla ze 2 °C na 3 °C, v druhém případě pak ze 4 °C na 4,9 °C (obr. 4-2.2) díky teplejším výronům mezi 7 a 8 km profilu.

Zimní měření proběhlo za mnohem vyšších průtoků než měření letní. Při únorovém měření v 2008 byl průtok v Kyjově u limnigrafické stanice 305 l/s, při březnovém měření 2008 byl průtok 550 l/s. To vysvětluje, že se teplota při letním měření změnila o cca 11 °C a v zimě zhruba o 1 °C. Průtoky v jednom případě byly větší 15 × a ve druhém případě 27 × než při letním měření. Do úvahy musíme vzít i fakt, že měření byly prováděna za různých teplot okolního prostředí. Při porovnání změn teplot při různých průtocích lze konstatovat, že poměry rozdílů teplot a průtoků jsou téměř stejné.



Obr. 4.2-2 – Teplota Křinice a teplota výronů v zimě 2008

Do směšovací rovnice

$$P1.T1 + P2.T2 = T3.(P1 + P2), \text{ kde}$$

**P1** je průměrný průtok řeky na začátku profilu (10 l/s),

**T1** je průměrná teplota řeky na začátku profilu (18 °C),

**T2** je průměrná teplota výronů zhruba kolem 8 km profilu (13 °C) a

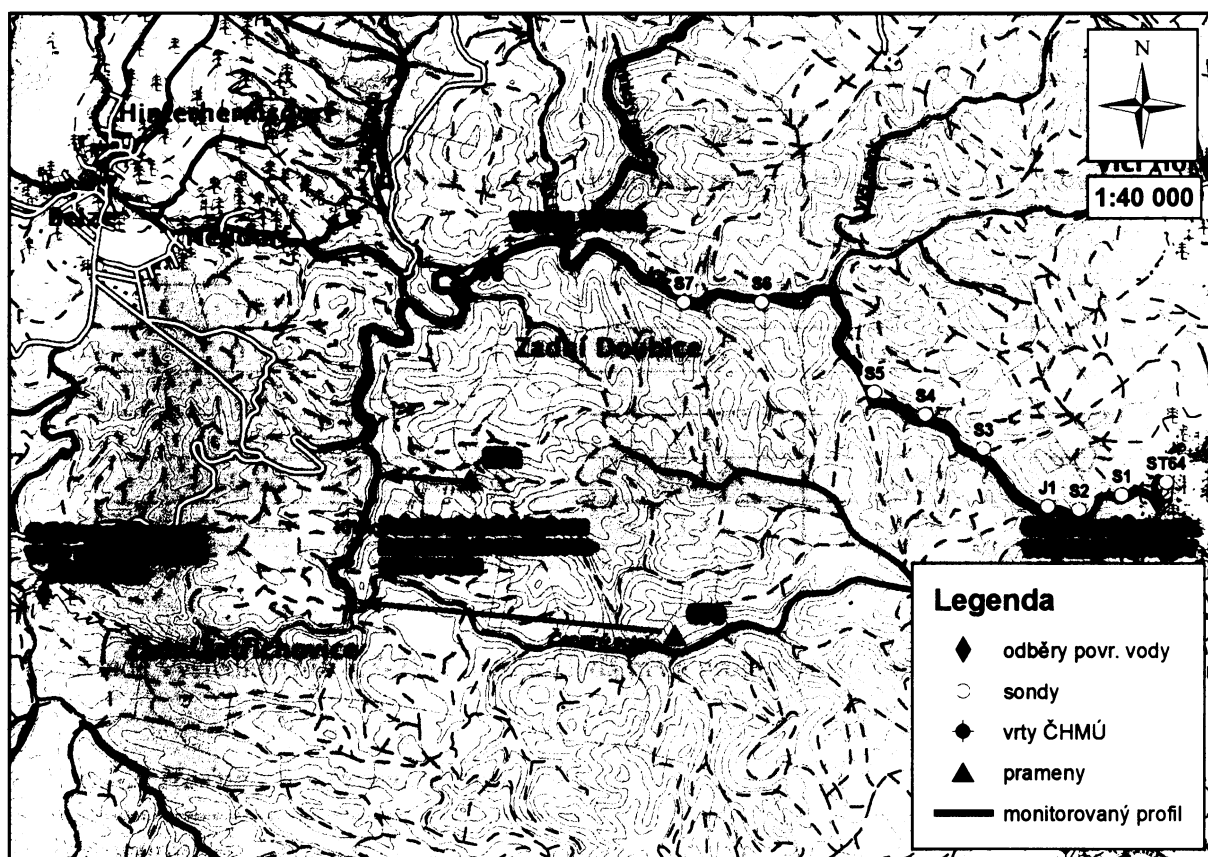
**T3** je průměrná teplota řeky na konci měření na konci profilu (16 °C), byly dosaženy hodnoty z termometrického měření (provedeno 28.7.2006). Z výpočtů vyplývá, že na ochlazení vody v řece o 5 °C by výrony musely mít průtok 10 l/s. V den termometrického měření byly provedeny hydrologické měření PPP, při kterých byla zjištěna ztráta 7 l/s na celém měřeném profilu Křinice od P1 (0 km) po P11 (6,7 km). Při těchto měřeních nebyly měřeny přítoky Křinice, nebylo proto možné je odečíst z průtoků Křinice a data jsou tak částečně zkreslena. Je pravděpodobné, že ztráty by byli ještě výraznější.

Do tohoto procesu samozřejmě zasahuje infiltrace, která byla odvozena ze specifického základního odtoku (4,85 l/s/km<sup>2</sup>) na 153 mm/rok (Nol in Skořepa 2008) a možné výrony podzemní vody z německé strany, o kterých nemáme žádná data.

Z vypočteného průtoků a ze změřených hydrologických dat lze konstatovat, že se pravděpodobně většina vody, která se ztrácí na počátku Kyjovského údolí, vrací zpět do Křinice ve formě výronů podzemní vody.

Četné výrony z české strany začínají za Kyjovským údolím, kde řeka mění směr až o 90 °(od profilu P11 ). Jedná se o území mezi Hraničním mostem (u pramene P1) (*obr. 4-2.1*) a

Martinovou stěnou, kde se řeka kříží s výraznou tektonickou poruchou (Nakládal, Mikisková 2007).



Obr. 4.2-1: Monitorovaný profil termometrického měření (Nol in Skořepa 2008)

Z termometrických měření lze odvodit, že od 1 km po cca 7 km na profilu Křinice podzemní voda nedotuje Křinici, nedochází k ochlazování, resp. oteplování vody v řece podzemní vodou z kolektoru BC. Cca od 7 km dále je Křinice dotována podzemní vodou, voda v Křinici se na základě výronů podzemní vody ochlazuje, resp. otepluje.

### 4.3 Hydrogeologie

Při ověřování hydraulických parametrů byly použity hydrodynamické (zasakovací) zkoušky. Na základě vyhodnocených zasakovacích zkoušek lze určit hydraulické parametry. Na základě hydraulických parametrů lze usoudit, zda voda z Křinice, která se ztrácí, proudí pouze kvartérním kolektorem nebo se ztrácí i do turonského kolektoru.

Zasakovací zkoušky byly provedeny na všech sondách vyhloubených v Kyjovském údolí. Ve všech sondách byla také změřena hloubka hladiny podzemní vody, která je uvedena v *tab. 4.3-1*.

**Tab. 4-3.1 Hladiny podzemní vody**

		7.12.2006	16.1.2007	23.4.2007	11.7.2007
sonda	hloubka (m)	hladina (m.p.t.)	hladina (m.p.t.)	hladina (m.p.t.)	hladina (m.p.t.)
S1	1,47	0,5		0,53	0,55
S2	1,57	1,0	0,9	1,05	1,05
S3	1,91	1,1	1,0	1,17	1,10
S4	0,90	suchý	suchý	suchý	suchý
S5	1,05	0,9	0,8	0,87	suchý
S6	1,59	1,1	0,8	1,15	0,95
S7	0,90	suchý	suchý	0,87	suchý
ST64	4,64	3,9	3,3	4,06	4,15

*hladina (m p.t.).....hladina v metrech pod terémem*

Na základě výsledků (*tab 4.3-2*) se předpokládá malá propustnost kvartérních sedimentů.

**Tab. 4.3-2 Hodnoty koeficientů filtrace**

Zkoušený vrt	Koeficient filtrace (m.s <sup>-1</sup> )
S 1	1,1 . 10 <sup>-5</sup>
S 2	4,1 . 10 <sup>-5</sup>
S 3	8,9 . 10 <sup>-6</sup>
S 4	2,5 . 10 <sup>-5</sup>
S 5	1,7 . 10 <sup>-5</sup>
S 7	2,6 . 10 <sup>-5</sup>

Z rovnice

$$Q = k.S. ( \text{grad}\phi / L ), \text{ kde}$$

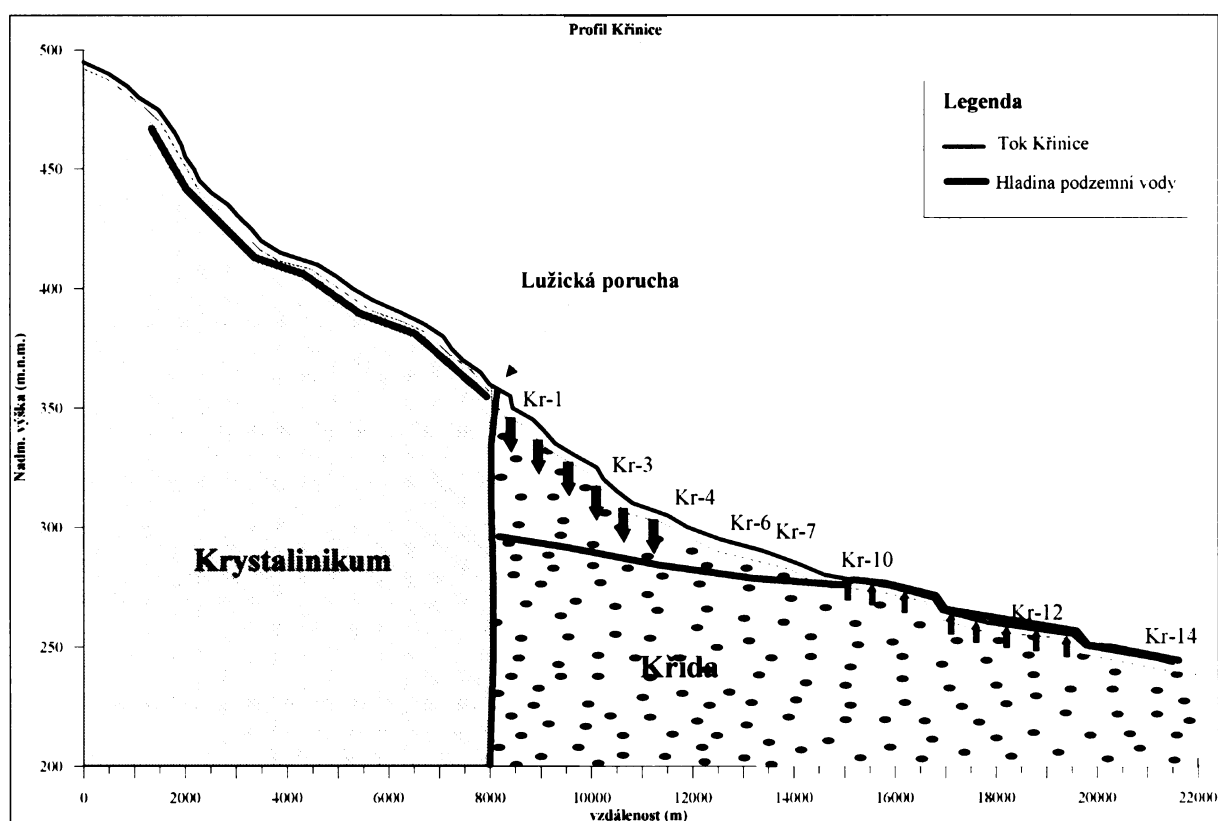
**k** je průměrná hydraulická vodivost  $2.10^{-5}$  m/s,

**S** je šířka koryta 20 m a

**grad** $\phi$  je hydraulický gradient 0,0177 lze spočítat průtok podzemní vody v profilu, který je kolmý na tok řeky. Hodnota je 0,034 l/s.

Provedené zasakovací zkoušky nemají přesnou vypovídající hodnotu, jelikož sondy byly ukončeny na stropu štěrkopísků. Sondy zastihují písčito – jílovité sedimenty. Je tedy pravděpodobné, že štěrkopísky mají vyšší hydraulickou vodivost než sedimenty, na kterých byly provedeny zasakovací zkoušky. Podobný charakter sedimentů byl testován v Ústí nad Labem, kde byla zjištěna hydraulická vodivost  $8 \cdot 10^{-4}$  m/s (Vosáhlová 2006). Když použijeme tuto hodnotu do výpočtu, průtok podzemní vody v profilu, který je kolmý na tok řeky, je 1,4 l/s.

Není tedy možné, aby všechna voda, která se ztrácí (v některých úsecích tvoří ztráta i 15 l/s) proudila kvartérním kolektorem. Z uvedeného vyplývá, že voda proudí i do křídového kolektoru BC.



**Obrázek 4.3-1: Schéma proudění podzemní vody podél Křinice**

Na **obr. 4.3-1** je znázorněné proudění podzemní vody podél Křinice. Křinice od pramene až po křížení s lužickou poruchou teče v granitoidních horninách krystalinika. Podzemní voda zde proudí především zónou přípovrchových puklin a zvětralin. Hladina podzemní vody v krystaliniku v podstatě kopíruje terén. Na křížení řeky s lužickou poruchou se výrazně mění geologie. Krystalinické horniny ostře hraničí s křídovými sedimenty. Hladina podzemní vody zde pravděpodobně klesá pod úroveň hladiny vody v Křinici. Je to způsobeno



obrovskými mocnostmi křídových sedimentů (místy se jedná až o 300 m) a vyšší propustností. Lužická porucha se kříží s Křinicí v obci Kyjov, kde je od profilu P1(0 km), resp. Kr-1 (0,4 km), zaznamenána ztráta vody z řeky na základě hydrologických měření. Křinice dotuje kvartérní a pravděpodobně i křídový kolektor BC. Ztráty se projevují až do měřeného profilu Kr – 4 (3,7 km). Mezi profily Kr – 4 (3,7 km) po profil Kr – 10 (6,7 km) zřejmě nedochází k významnému přetékání povrchové vody z Křinice do kvartérního či křídového kolektoru a nedochází ani k dotaci Křinice podzemní vodou. Od profilu Kr – 10 (6,7 km) řeka mění směr, otáčí se o 90 stupňů, mění se směr proudění. Tady začíná opačný proces, křídový kolektor BC dotuje Křinici, což dokazují termometrická měření. Za profilem Kr – 10 (6,7 km) se nacházejí četné výrony podzemní vody (**obr. 4.3-2**).

Na sestrojení schématické mapy proudění podzemní vody podél Křinice byly použity hladiny z archivních vrtů, kterých je ale v zájmovém území nedostatek z důvodu geomorfologie území, a dále hydrologická a termometrická měření.

Podle Slámy (1993) se hladina podzemní vody turonského kolektoru v oblasti lužické poruchy pohybuje 90 – 100 m pod terénem. Tvrzení je doloženo hydrogeologickým vrtem, který byl vyvrtán v obci Kyjov, těsně u lužické poruchy. Ustálená hladina ve vrtu HK-1 byla naměřena v nadmořské výšce 279,86 m.

Vrt VP 8502 (Lo 7J) byl zkonstruován v 1972 a monitoruje hladinu podzemní vody turonského kolektoru. Podle Jetelové (1972) byla naměřená hladina v tomto vrtu 3,78 m.p.t., což znamenalo nadmořskou výšku 285,06 m. Dále byly ve vrtu v rámci geologických prací hladiny měřeny ještě 2 –krát. Hodnoty jsou uvedeny v **tab. 4.3-1**. Vrt se nachází u měřeného profilu Kr-7 (5,7 km).

**Tabulka 4.3-1: Hodnoty hladiny podzemní vody**

Vrt	souřadnice X	souřadnice Y	terén ( Z)	HPV 23.4.2007	HPV 9.8.2007
VP 8501 (Lo 7J)	950683	731400	288,7	3,46 m.p.t	3,52 m.p.t.
				285,24 m.n.m.	285,18 m.n.m.

m p.t.....metry pod terénem

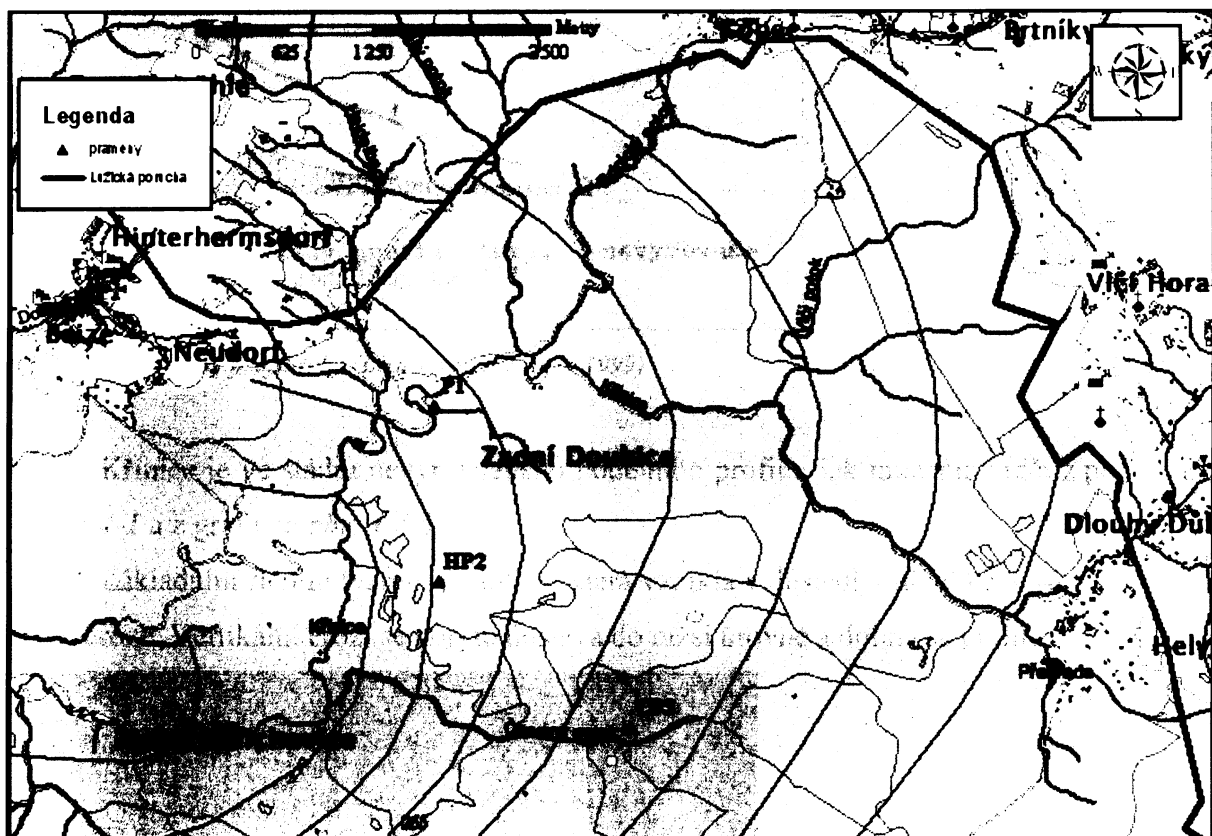
m n.m..... metry nad mořem



*Obrázek 4.3-2: Výrony podzemní vody za profilem Kr-10*

Na základě podkladů Jetelové (1972) byla sestrojena schématická mapa hydroizohyps turonského kolektoru. Na sestrojení přesné mapy hydroizohyps není dostatek dat. Vzhledem k tomu že zájmové území leží v Národním parku České Švýcarsko, a vzhledem ke geomorfologii území je náročné vybudovat monitorovací objekty. Na **obr. 4.3-3** jsou patrné úseky,

- kde Křinice dotuje podzemní vodu,
- kde nedochází k přetékání a
- kde podzemní voda dotuje Křinici.



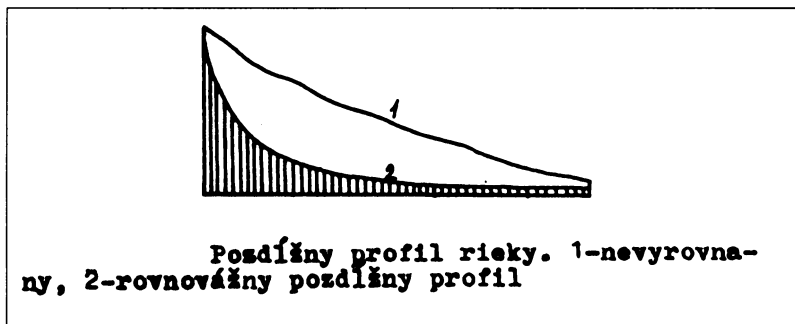
Obr. 4.3-3: Schematická mapa hydroizohyps turonského kolektoru se znázorněnou lužickou poruchou

#### 4.4 Geomorfologie řeky

Z hlediska geomorfologie lze prozkoumat souvislost mezi ztrátami v řece a procesy ovlivňujícími reliéf řeky. Lze zjistit, jestli ztrátové úseky mohou mít souvislost s gradientem řeky, erozí apod.

Řeky patří mezi nejvýznamnější exogenní reliéfovorné činitele. Vytvářejí různé erozní i akumulární tvary. Prostřednictvím řek vzniká vazba zarovnaných povrchů se základní eroznědenudační bází, kterou je hladina světového oceánu (Bizubová, Škvarček 1999).

Činnost každé řeky směřuje k vytvoření rovnovážného podélního profilu (*obr.4.4-1*). V případě nevyrovnaného podélního profilu řeky akumulují nebo erodují podle množství energie. Rovnovážený podélný profil je takový, kdy gradient, hloubka, šířka a jiné charakteristiky koryta jsou v rovnováze s průměrným průtokem a velikostí sedimentu, který řeka přenáší. Na podélném profilu, který je rovnovážný nebo blízko rovnovážnému, řeky už pouze převážně transportují sedimenty. V rovnovážném stavu řeka reaguje na každou změnu tak, že vyrovnává vliv této změny.



*Obr. 4.4-1: Podélný profil rieky (Bizubová, Škvarček 1999)*

Křinice je ve stádiu nevyrovnaného podélního profilu, jak můžeme vidět z porovnání *obr. 4.4-1* a z grafu na *obr. 4.4-5*.

Základním říčním tvarem je dolina, která vznikla v důsledku hloubkové (*obr. 4.4-2*) a boční eroze. Vertikální erozí se koryto dostává do nižší úrovně a dolina se prohlubuje.



*Obr. 4.4-2: Křinice – dolina tvaru V – účinek hloubkové eroze*

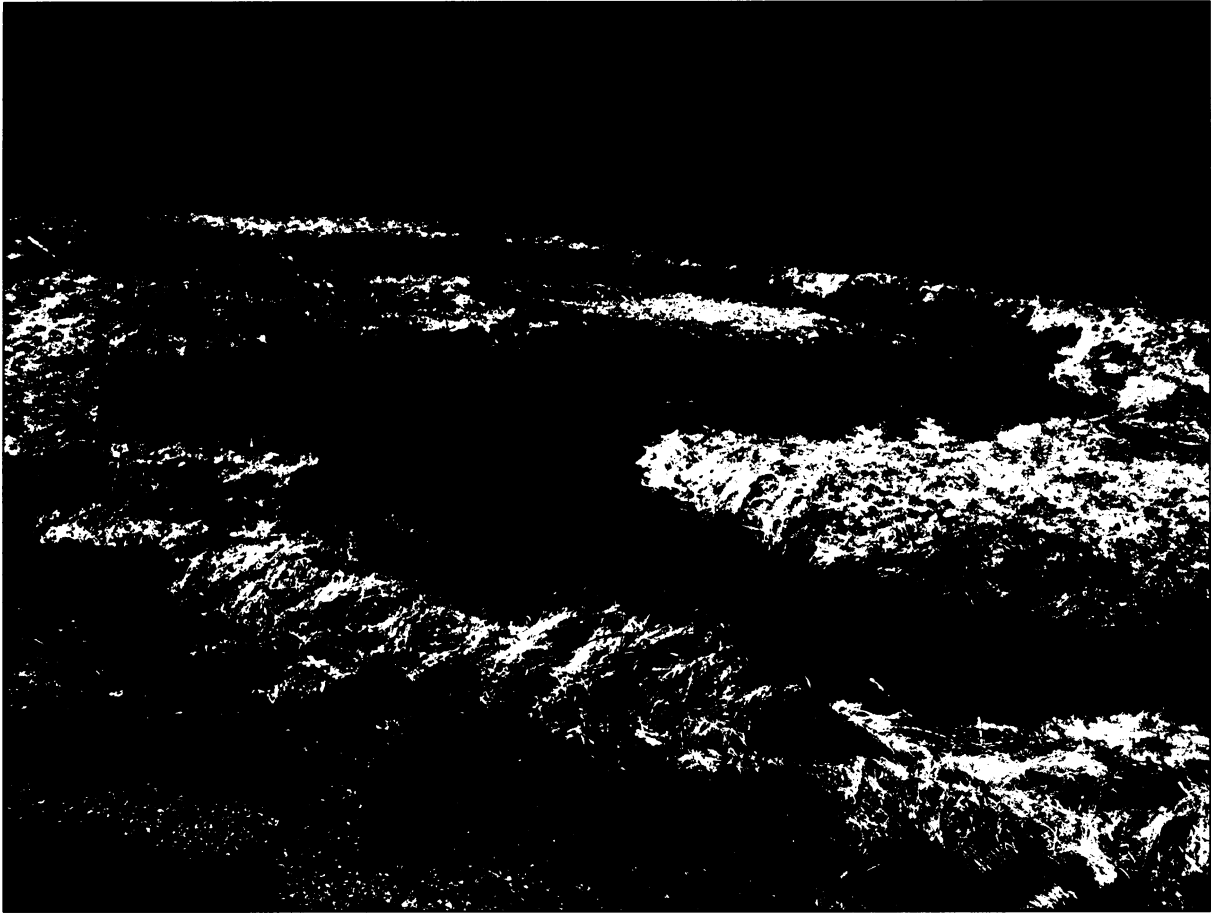
---

Boční erozí se koryto přesouvá horizontálně a vytváří ploché dno doliny – říční nivu s náplavy různé mocnosti. Příčný profil závisí od vzájemného poměru hloubkové eroze k boční erozi a svahových procesů (Bizubová, Škvarček 1999). Mezi procesy strání patří i erozí porušení stability strání – skalní řízení (*obr. 4.4-3*). Porušení stability strání se projevuje vznikem tahových trhlin, které se pak rozšiřují.



*Obr. 4.4-3: Příklady skalního řízení na Křinici*

Ve středním a dolním úseku tok často teče na vlastních sedimentech, ze kterých si vytváří údolní dno – říční nivu. Řeka v nivě neteče přímo. V zákrutách se proudnice posouvá na vnější stranu, k nárazovému břehu, který rychle tekoucí voda eroduje a tyhle splaveniny přenáší a ukládá na nánosovém břehu ve vnitřní straně ohybu. Tento proces vede k zvýrazňování ohybů a vzniku meandrů (*obr. 4.4-4*).

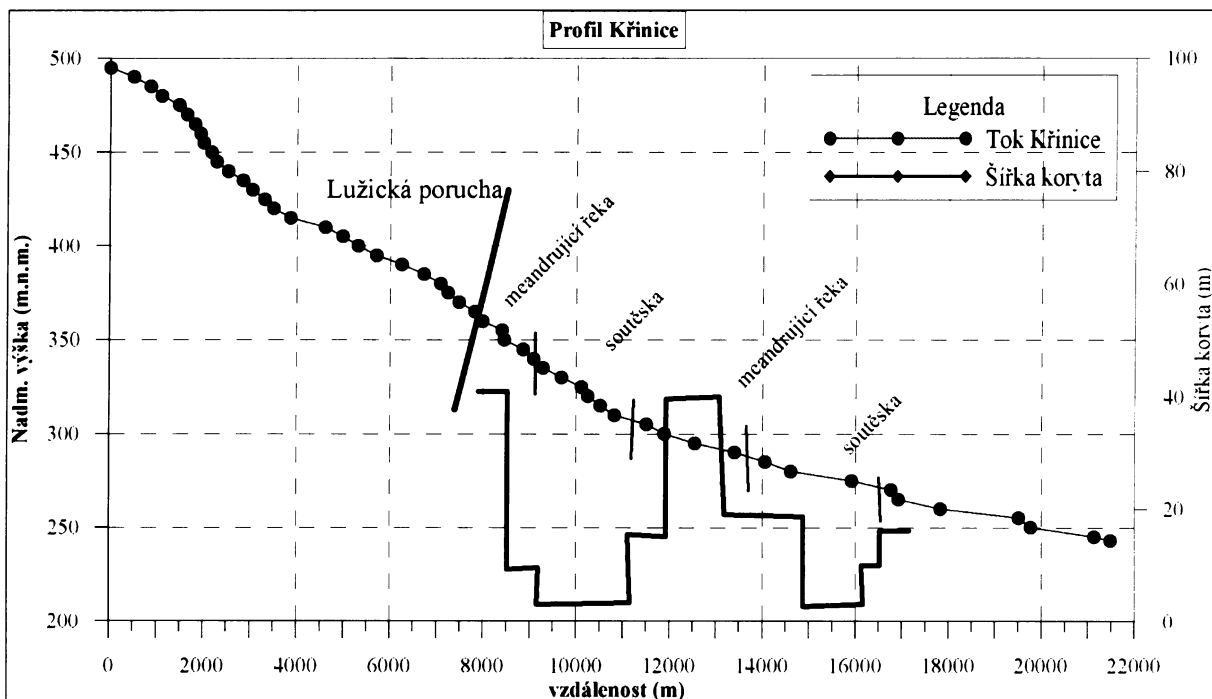


**Obrázek 4.4-4: Meandry na toku Křinice ( u profilu Kr-10) – účinek boční eroze**

Říční tok se před dosažením vyrovnané gradientové křivky nachází v různých stádiích. Horní tok řeky je charakterizován strmým gradientem, co je 10 – 40 m/km (Bizubová, Škvarček 1999), netvoří se trvalé sedimenty a příčný profil je tvaru V. Střední tok má mírnější gradient, zvětšuje se vodnatost, část materiálu se usazuje, řečiště se jen slabě zahlubuje, převládá boční eroze. Spodní tok má mírný gradient (0,1 m/km), tvoří se široká plochá niva, meandry. S postupujícím vývojem se posunují hranice dolního úseku směrem proti toku. Říční eroze nakonec sníží a zarovná území i v horním toku a vytvoří parovinu – peneplén.

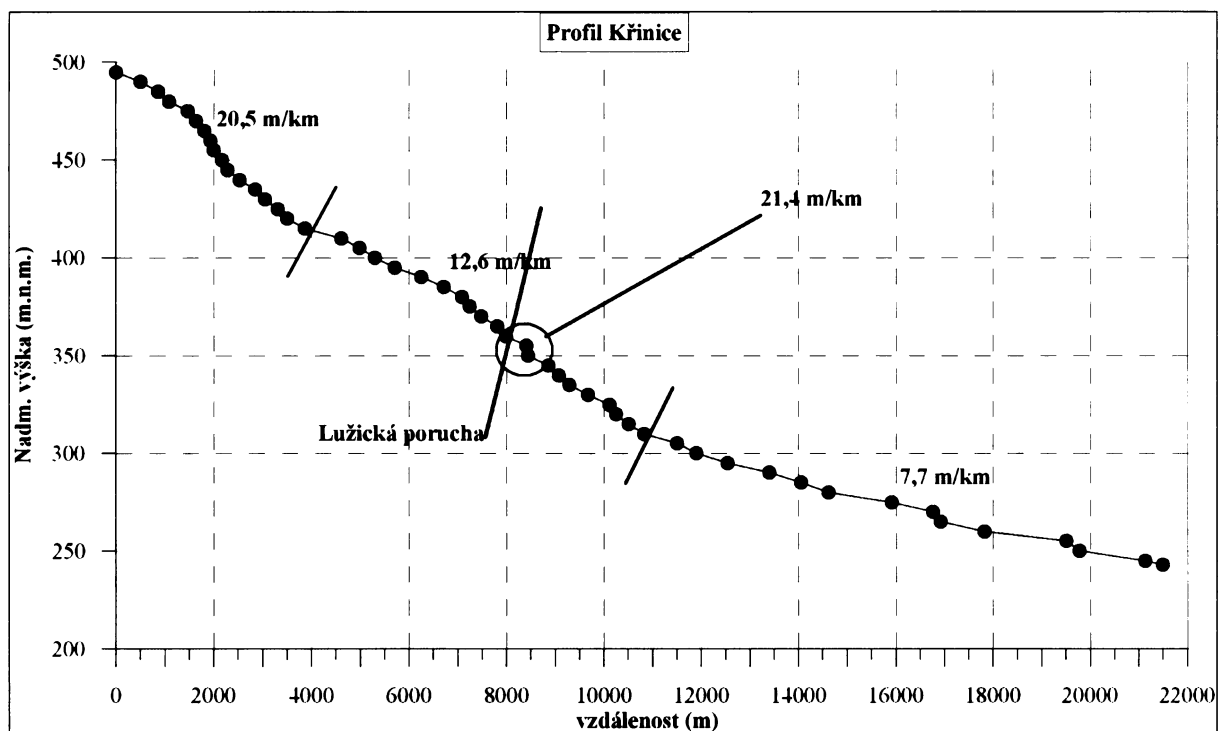
V grafu na **obr.4.4-2** je Křinice rozdělena na 3 stádia, z kterých každé z nich má jiný gradient. Na řece Křinici se nedají přesně identifikovat stádia (horní, střední a dolní), které jsou definované v literatuře. „Střední tok“ nemá typické vlastnosti středního toku (boční eroze, slabé zahlubování řečiště,...). Těsně za lužickou poruchou řeka meandruje. Křinice se následně při vstupu do Kyjovského údolí zařezává. Tok Křinice se pak mění ze zahloubeného toku v soutěsce v meandrující řeku, ale pak opět teče v soutěsce, aby nakonec lehce meandrující opouštěla naše území. Tomu odpovídá šířka koryta, která se mění v závislosti od

toho, kde řeka teče. Šířka koryta byla odhadnuta při rekognoskaci terénu a odečítáním z mapy. Šířka koryta je zobrazena v grafu na **obr. 4.4-5**, kde jsou taky vyznačeny místa, kde řeka meandruje a místa, kde Křinice teče v soutěsce.



**Obr. 4.4-5: Podélný profil Křinice s přibližnou šířkou jejího koryta**

Z grafu na **obr. 4.4-6** je zřejmé, že lužická porucha má na gradient řeky velký vliv. Ve středním toku je průměrný gradient Křinice cca 12,6 m/km, u lužické poruchy se ale tento gradient výrazně zvětšuje ( 21,4 m/km). Je to způsobeno změnou geologie v této oblasti. Krystalinikum přechází v křídové sedimenty, které jsou méně odolné a řeka se na přechodu hornin více zařizla.



Obr. 4.4-6: Podélný profil Křinice s hodnotami gradientu v jednotlivých úsecích

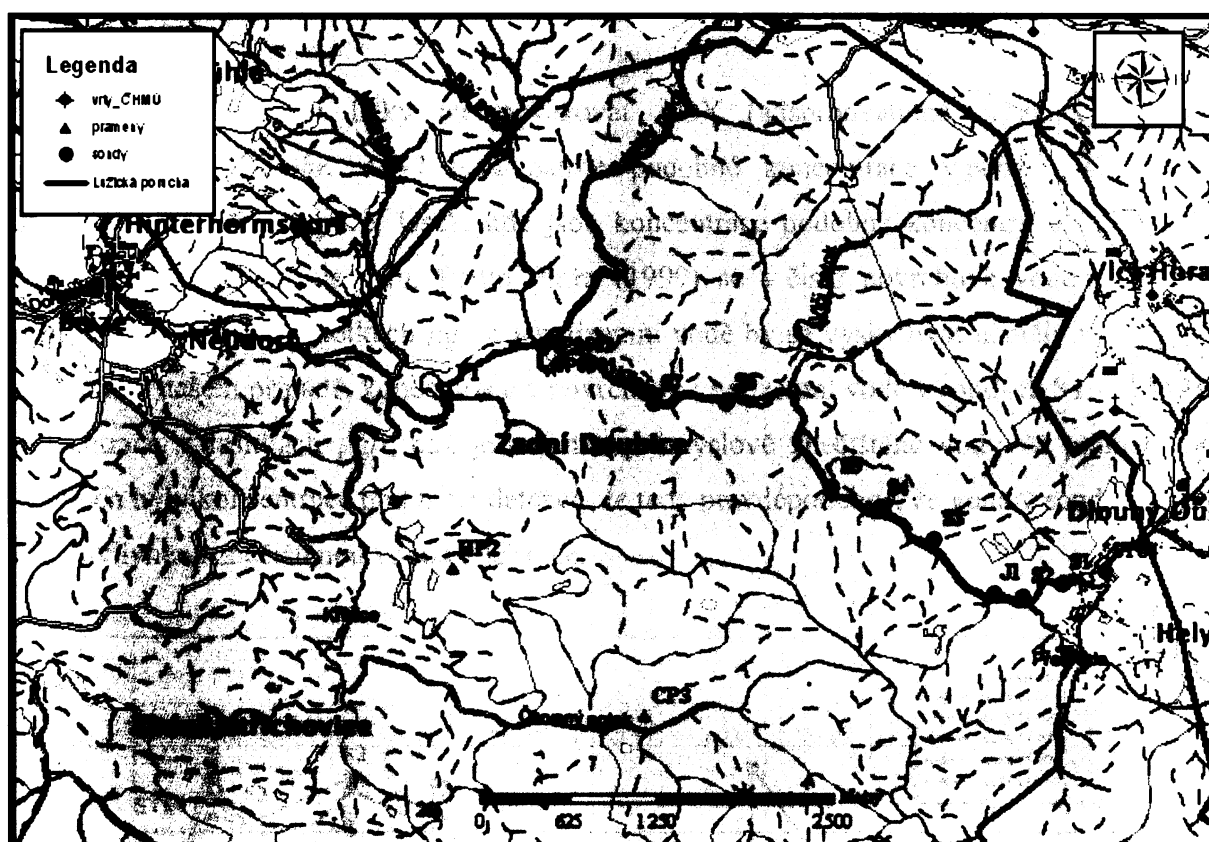
Na základě zjištěných informací o geomorfologii řeky Křinice můžeme konstatovat, že ovlivnění gradientu řeky Křinice lužickou poruchou je značné. Je to zřejmé z porovnání gradientu před a za sledovaným úsekem (obr. 4.4-6). Je možné, že jsou tímto ovlivněny i ztráty na Křinici. Úsek s náhle větším gradientem je totožný s počátkem ztrátového území definovaného z hydrologických měření. Jiná souvislost mezi ztrátami a geomorfologií řeky nebyla zjištěna.



## 4.5 Geochemie vody

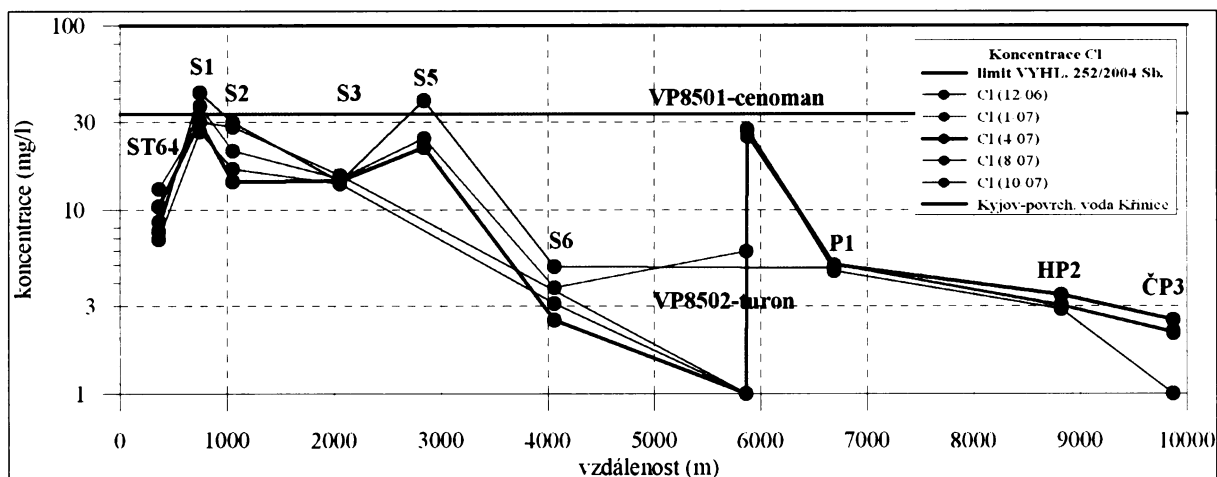
Na základě chemických rozborů podzemní a povrchové vody lze zjistit, zda voda z Křinice kontaminuje kvartérní kolektor. Při porovnání chemických rozborů lze zjistit, jestli podzemní voda v sondách má chemické složení obdobné chemickému složení v řece. Byly porovnány ztrátové úseky s úseky, kde se shoduje chemické složení v řece a podzemní vody v sondách.

Na *obr. 4.5-1* jsou znázorněny objekty, kde byla monitorována podzemní voda.



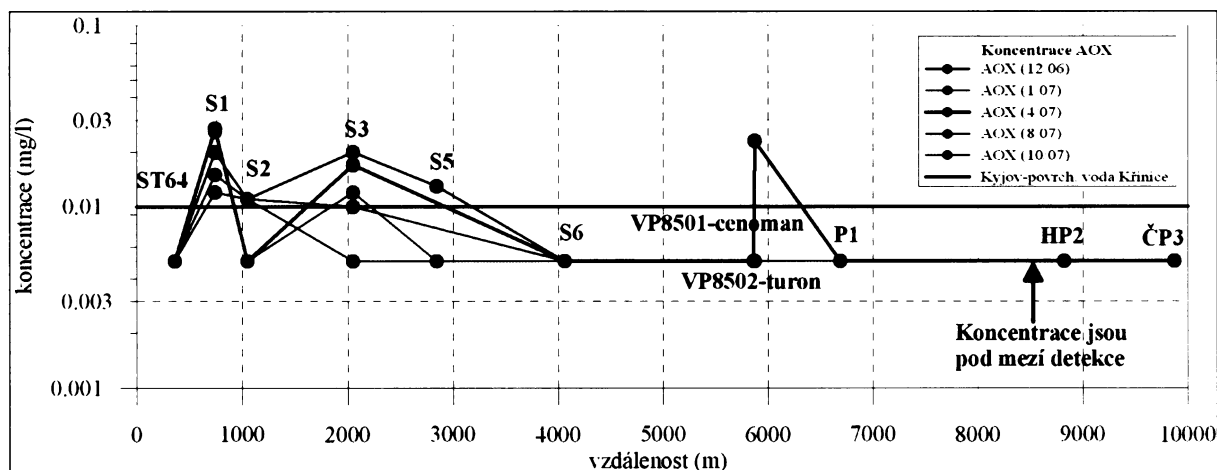
*Obr. 4.5-1: Situace objektů monitorujících podzemní vodu*

Jak lze konstatovat z *obr 4.5-2*, koncentrace chloridů v sondách S1 – S5 je obdobná jako koncentrace chloridů v Křinici, kdežto koncentrace v podzemní vodě z pramenních vývěřů je nižší, tzn., že voda v sondách má pravděpodobně původ v Křinici, a prameny ovlivněny nejsou. Z uvedeného vyplývá, že podzemní voda je pravděpodobně ovlivněna vodou z Křinice u sond S1-S5, což koresponduje ze ztrátovými úseky vymezenými hydrologickými měřeními (PPP).



Obr. 4.5-2: Koncentrace chloridů v podzemní vodě podél profilu Křinice (Nol in Skořepa 2008)

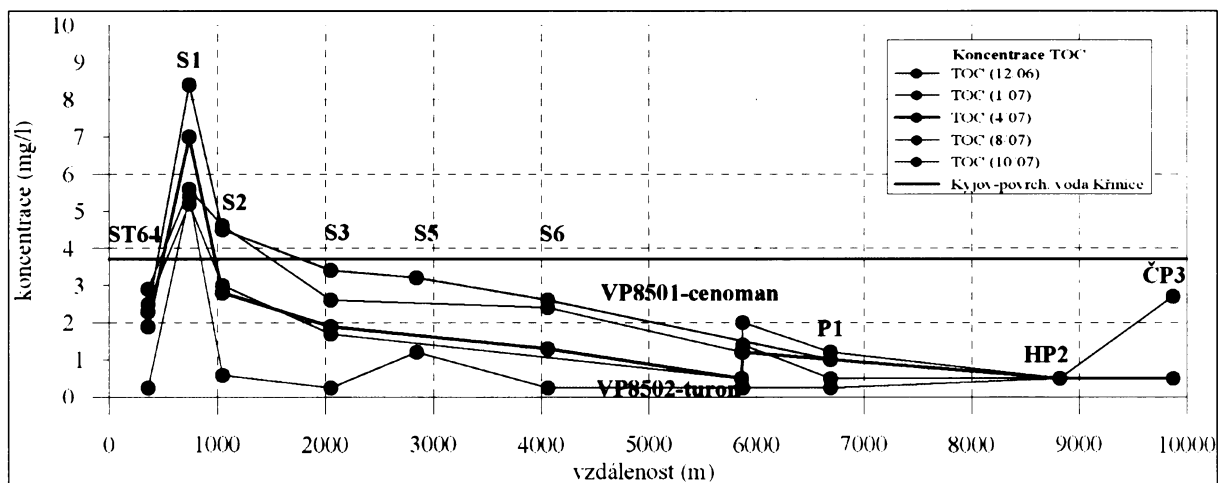
Za další konzervativní látky lze považovat AOX (adsorbovatelné organicky vázané halogenderiváty). Z obr. 4.5-3 jsou patrné podobné koncentrace v podzemní vodě a v povrchové vodě v Kyjově. Úsek, kde jsou koncentrace podobné koncentracím v řece je totožný ze ztrátovým úsekem. Podle Pittra (1999) se v čisté povrchové vodě nacházejí koncentrace AOX v jednotkách  $\mu\text{g/l}$  a v podzemní vodě by se vyskytovat neměly vůbec. Jak je zřejmé v našem případě, koncentrace v povrchové i podzemní vodě v sondách S1 – S5 jsou koncentrace v desítkách  $\mu\text{g/l}$ , což je známka průmyslově znečištěné vody. V pramenních vývěrech byly koncentrace pod mezí detekce. Je tedy pravděpodobné, že voda v sondách S1 – S5 je ovlivněná znečištěnou vodou z Křinice.



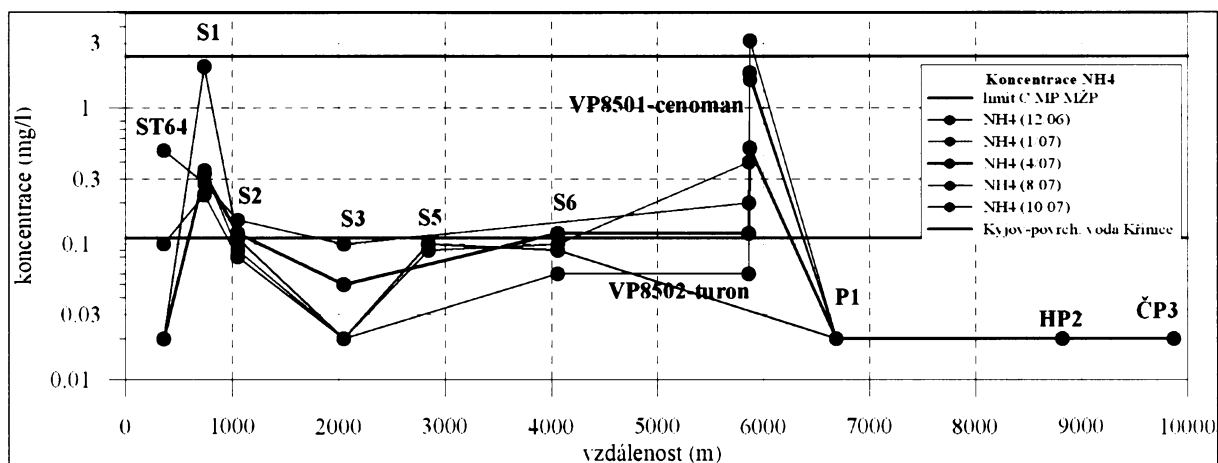
Obr. 4.5-3: Koncentrace AOX v podzemní vodě podél profilu Křinice (Nol in Skořepa 2008)

Z obr. 4.5-4 je patrné snižování koncentrací TOC podél profilu Křinice, naopak z obr. 4.5-5 je vidět že amonné ionty mají koncentrace obdobné po délce profilu (S1 – S6) s vodou z Křinice. Je pravděpodobné, že organické látky na rozdíl od amonných iontů podléhají

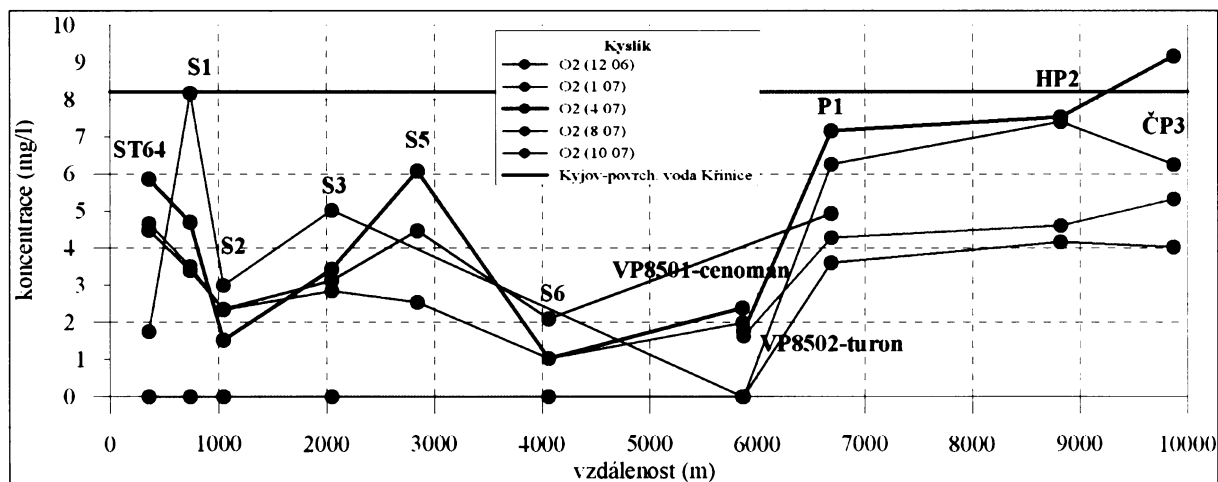
oxidaci. U těchto chemických procesů se spotřebovává kyslík, který také klesá podél profilu Křinice, jak je patrné z *obr. 4.5-6*.



*Obr. 4.5-4: Koncentrace TOC v podzemní vodě podél profilu Křinice (Nol in Skořepa 2008)*

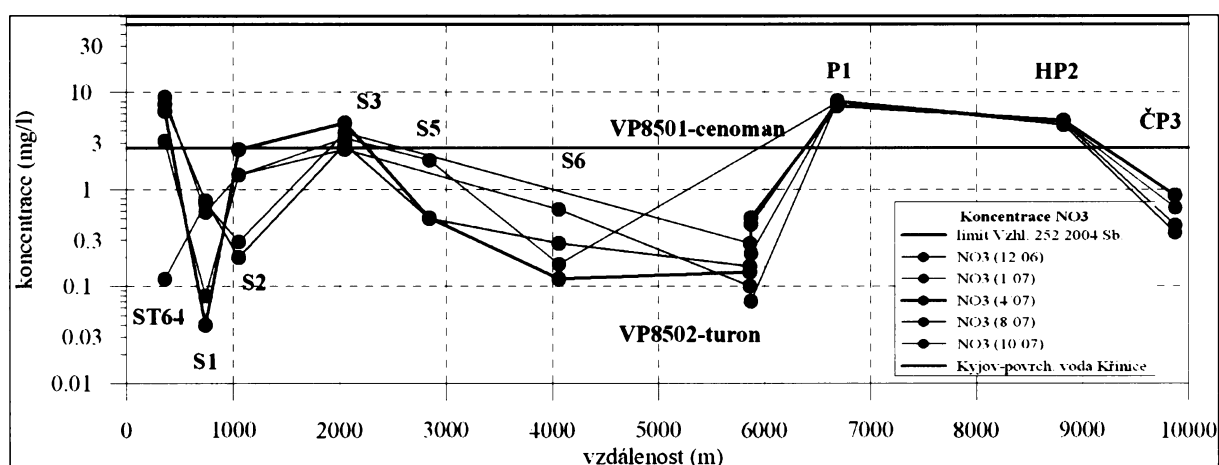


*Obr. 4.5-5: Koncentrace amoných iontů v podzemní vodě podél profilu Křinice (data Skořepa et. al. 2008)*

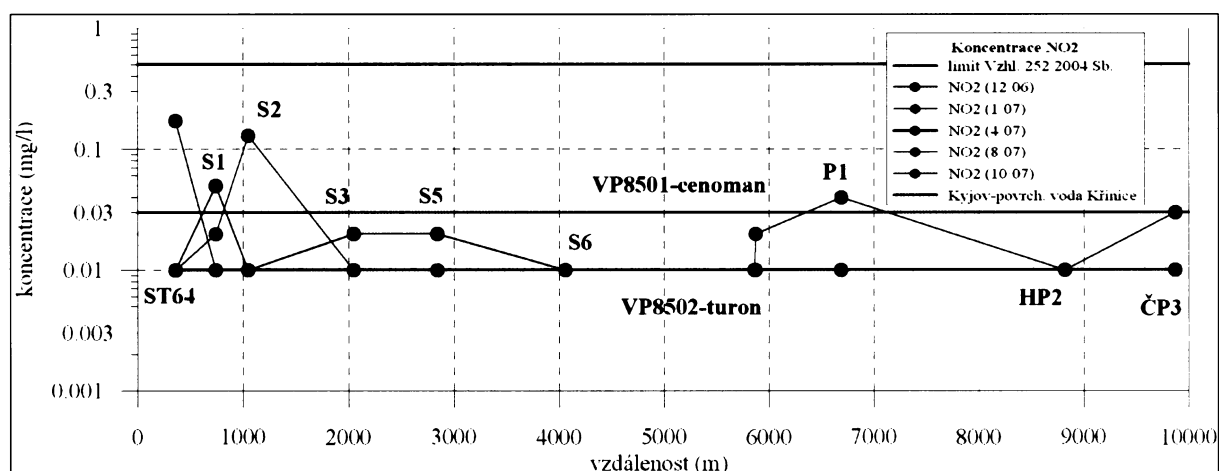


*Obr. 4.5-6: Obsah kyslíku v podzemní vodě podél profilu Křinice (Nol in Skořepa 2008)*

Oxidace amonných iontů (nitrifikace) probíhá v oxidačních podmínkách v přírodě velmi snadno (Pitter 1999). V našem případě, jak lze konstatovat z *obr. 4.6-5*, se koncentrace amonných iontů podél profilu nesnižují, předpokládáme tedy, že k nitrifikaci nedochází. Nitrifikace je biochemická oxidace amoniakálního dusíku na dusitany a dusičnany (Pitter 1999). Předpokládá se, že kdyby probíhala nitrifikace, zvyšovaly by se koncentrace dusitanů a dusičnanů. Z *obr. 4.5-7 a 4.5-8* lze usoudit, že koncentrace dusitanů a dusičnanů se podél Křinice nemění, resp. nezvyšují.



*Obr. 4.5-7: Koncentrace dusičnanů v podzemní vodě podél profilu Křinice (Nol in Skořepa 2008)*



*Obr. 4.5-8: Koncentrace dusitanů v podzemní vodě podél profilu Křinice (data Skořepa at. al. 2008)*

Koncentrace amonných iontů v sondách je obdobná s koncentrací, která byla zjištěna v Křinice na profilu v Kyjov. Je tedy pravděpodobné, že původ vody je z Křinice. U TOC jsou koncentrace jiné než v Křinici. U sondy S1 je koncentrace vyšší než v Křinici, to je pravděpodobně způsobeno strouhou, která se nachází poblíž sondy a vytéká z nedalekého stavení (Nol in Skořepa 2008). Na dalších sondách podél profilu se koncentrace snižuje,

---

pravděpodobně je to způsobeno oxidací organických látek. Z praktických zkušeností (Schejbal 2008) z jiných lokalit vyplývá, že organické látky se obecně oxidují mnohem dříve než amonné ionty.

Porovnání chemických analýz povrchové vody z Křinice a podzemní vody v sondách a v pramenních vývěrech ukázalo, že je pravděpodobné, že voda se ztrácí mezi profily Kr – 1 (0,4 km) až Kr – 4 (3,7 km), resp. „mezi sondami S1 až S5“, a ovlivňuje podzemní vodu.

---

## 5. Závěr

Cílem diplomové práce bylo ověřit a upřesnit ztrátové úseky na Křinici, které jsou naznačené v archivních zprávách. Dále bylo zkoumáno, zda se voda ztrácí do kvartérního nebo do turonského kolektoru, a posuzovala se hydraulická komunikace mezi kvartérním a turonským kolektorem vzhledem k možnému ohrožení turonského kolektoru.

Na základě PPP (podélné profily průtoků) byly vymezeny ztrátové úseky, které byly zaznamenány od profilu Kr-1 (0,4 km) až po profil Kr-4 (3,7 km). Ztrátové úseky dokazují i výsledky geochemie. Z chemických rozborů byla potvrzena kontaminace kvartérního kolektoru vodou z Křinice. V podzemní vodě v sondách podél toku (S1 – S5) bylo chemické složení obdobné jako v Křinici. Úseky, kde se shoduje chemické složení v Křinici a v podzemní vodě v sondách jsou shodné se ztrátovými úseky Křinice. Naopak od profilu Kr-4 (3,7 km) je chemické složení v podzemní vodě v sondách odlišné než v Křinici.

Od profilu Kr-4 (3,7 km) až po profil Kr-10 (6,7 km) jsou zřejmě hladina povrchové vody v řece a hladina podzemní vody přibližně vyrovnané. V úseku od Kr-4 (3,7 km) až po profil Kr-10 (6,7 km) pravděpodobně nedochází k přetékání povrchové vody Křinice do kvartérního kolektoru a nedochází ani k dotaci Křinice podzemní vodou kvartérního kolektoru.

Od profilu Kr-10 (6,7 km) je Křinice dotována podzemní vodou. Dotaci Křinice dokazují termometrická měření, při kterých byly zaznamenány četné výrony podzemní vody za profilem Kr-10 (6,7 km).

Z termometrických měření (měření teploty řeky a teploty výronů) a z měření průtoků bylo směšovací rovnicí vypočteno, že téměř všechna voda, která se na počátku Kyjovského údolí ztrácí, pravděpodobně pak může zpátky vyvěrat ve formě výronů podzemní vody za profilem Kr-10 (6,7 km).

Na základě výpočtu průtoku podzemní vody v profilu kolmém na tok řeky a znalostí geologie kvartéru lze konstatovat, že pravděpodobně není možné, aby všechna voda, která se ztrácí, proudila pouze kvartérním kolektorem. Ztráty jsou několikanásobně vyšší než vypočtený průtok. Voda ze ztrátových úseků tak pravděpodobně prosakuje i do turonského kolektoru BC.

S ohledem na výsledky diplomové práce je možné doporučit následující:

- 
- provést hydrologické měření PPP hustěji na profile Křinice, aby bylo možné přesněji vymezit ztrátové území,
  - rozšířit monitoring povrchové vody a podzemní vody mezi profily Kr 3 (2,4 km) a Kr – 14 (13,2 km) pro zjištění změn kvality vody.

Praha, květen 2008

Lucia Lencsesová

---

## 6. Literatura

- Bizubová, M., Škvarček, A.** (1999): Geomorfológia. Univerzita Komenského Bratislava.
- Demek, J. et. al.** (1987): Zeměpisný lexikon ČSR, Hory a nížiny. - Academia. Praha.
- Glöckner, P.** (1995): Fyzickogeografické a geologické poměry okresu Děčín . - Vlastivěda okresu děčínského - Děčín.
- Hazdrová, et. al.** (1980): Vysvětlivky k základní hydrogeologické mapě ČSSR – list 02 Ústí nad Labem. Ústřední ústav geologický. Praha
- Hercog, F.** (1968): Bilanční zhodnocení české křídly. Pozorování podzemních vod. Závěrečná zpráva. – MS SG. Praha.
- Hercog, F.** (1971): Bilanční zhodnocení české křídly II C etapa. Bilanční ocenění labské, vltavsko – berounské a bystřické oblasti. – MS SG. Praha.
- Herčík, F., Nakládal, V.** (1987): Hydrogeologická syntéza České křídové pánve, bilanční celek 3 – středohorský. SG. Praha.
- Herčík, F.** (1971): Hydrogeologie ložisek strážského bloku. – MS ČSUP. Příbram.
- Herčík, F., Herrmann, Z., Valečka, J.** (1999): Hydrogeologie české křídové pánve. – ČGÚ. Praha.
- Hibsch, J. E.** (1904): Erläuterungen zur geologischen Karte des Bohmischen Mittelgebirges. Blatt IV (Aussig). – Mineral. petrogr. Mitt. 23. Wien.
- Hibsch, J. E.** (1927): Erläuterungen zur geologischen Karte der Umgebung von Bohm. Kamnitz. – Knihovna Státního geolog. ústavu ČSR, sv. 10. Praha.
- Hrazdára, P. et. al.** (1998): Hydrogeologická mapa ČR 02-22, 03-11 Varnsdorf 1: 50 000. Český úřad geodetický a kartografický.
- Hynie, O.** (1949): Vodárensky využitelné vydatné nádrže podzemních vod v Čechách. – Geotechnika, SGÚ. Praha.
- Hynie, O.** (1961): Hydrogeologie ČSSR. I. Prosté vody – Nakladatelství ČSAV. Praha.



- 
- Hynie, O.** (1963): Hydrogeologie ČSSR. II. Minerální vody – Nakladatelství ČSAV. Praha
- Jetelová, J.** (1972): Závěrečná zpráva o regionálním hydrogeologickém průzkumu v povodí Ploučnice, Kamenice a Křinice. - MS SG Praha.
- Kačura, O.** (1972): Katastr minerálních vod Severočeského kraje. – MS Geofond. Praha.
- Kopecký, et. al.** (1963): Vysvětlivky k přehledné geologické mapě ČSSR 1: 200 000 M-33-IX Děčín. – ÚÚG. Praha.
- Malkovský, M. et. al.** (1971): Výzkum geologické stavby podloží České křídly. Závěrečná zpráva. – Geofond. Praha.
- Malkovský, M.** (1979): Tektogeneze platformního pokryvu Českého masivu. – ÚÚG. Praha
- Mattas, D.** (2001): Praktické cvičení z hydrometrie – ČVUT Praha.
- Mašín, J. at al.** (1970): Geofyzikální výzkum podloží české křídly. Závěrečná zpráva. – MS Geofond. Praha.
- Mazač, O.** (1966): Geofyzikální výzkum podloží české křídly. – MS. Geofond. Praha.
- Nakládal, P., Mikisková, I.** (2007): Křinice – Měření průtoků a teplot.- Praha
- Nakládal, V.** (1987): Hydrogeologická syntéze České křídové pánve – Bilanční celek 3.Praha
- Nakládal, V.** (1973): Hydrogeologický průzkum v povodí horní Kamenice.- MS SG Praha.
- Nakládal, V.** (1974): Kytlice – závěrečná zpráva o hydrogeologickém průzkumu. – MS SG. Praha.
- Opletal, M. et. al.** (1996): Geologická mapa ČR 02-22 Varnsdorf 1: 50 000. Český úřad geodetický a kartografický.
- Pištora, Z.** (1962): Základní geologické a hydrogeologické problémy severočeské křídly s ohledem na hydrogeologický průzkum povodí Ploučnice. – MS Vodní zdroje. Praha.
- Pitter, P.** (1999): Hydrochemie.- VŠCHT Praha, Praha.
- Příbylová, Š.** (1986): Hydrogeologické poměry sedimentů senonu a terciálních neovulkanitů jihovýchodně od Děčína. Diplomová práce.- UK. Praha.

- 
- Quitt, E.** (1971): Klimatické oblasti Československa. - Studia Geographica, 16, ČSAV  
Geografický ústav. Brno.
- Rejlová, K., Mareš, S.** (1980): Komplexní zpracování karotážních měření z jihozáp. části  
České křídové pánve. – MS PŘFUK. Praha.
- Sirotek, et. al.** (1994): Mapa geochemie povrchových vod ČR 02-22, 03-11 Varnsdorf 1: 50  
000. Český úřad geodetický a kartografický.
- Schejbal, P.** (2008): osobní konzultace
- Sláma, P.** (1993): Kyjov – Clára, hydrogeologický vrt HK-1.AQUATEST – Stavební  
geologie,a.s.Praha.
- Slepička, F.** (1971): Bilance přebytků podzemních vod. – MS VÚ Vodohospodářský. Praha.
- Skořepa, J.** (2005): Hydrogeologický průzkum hraničních vod – povodí Kamenice a Křinice  
v Národním parku České Švýcarsko a CHKO Labské Pískovce. Závěrečná zpráva za rok  
2004. – AQUATEST a.s. Praha.
- Skořepa, J.** (2006): Hydrogeologický průzkum hraničních vod – povodí Kamenice a Křinice  
v Národním parku České Švýcarsko a CHKO Labské Pískovce. Závěrečná zpráva za rok  
2005. – AQUATEST a.s. Praha.
- Skořepa, J.** (2007): Hydrogeologický průzkum hraničních vod – povodí Kamenice a Křinice  
v Národním parku České Švýcarsko a CHKO Labské Pískovce. Závěrečná zpráva za rok  
2006. – AQUATEST a.s. Praha
- Skořepa, J.** (2008): Hydrogeologický monitoring hraničních povodí Kamenice a Křinice  
v Národních parcích České a Saské Švýcarsko a CHKO Labské Pískovce. Závěrečná zpráva  
za rok 2007 – AQUATEST a.s. Praha.
- Soukup, J.** (1959): Paleontologicko-stratigrafický výzkum české křídý. Stručná zpráva o  
pracích vykonaných v r. 1959. – ÚÚG. Praha.

- 
- Tolasz, R. et. al.** (2007): Atlas podnebí Česka. – ČHMÚ Praha. Univerzita Palackého v Olomouci Olomouc.
- Valečka, J.** (1974): Litofaciální a paleogeografický vývoj svrchní křídý v severních Čechách. Kandidátská a disertační práce. – ÚÚG. Praha.
- Valečka, J.** (1975): Litologie, cyklická stavba a geneze bazálních svrchnokřídových sedimentů západně od Děčína. – Čas. Mineral. Geol., 20, 4, 409-416. Praha
- Vesecký, A. et. al.** (1958): Atlas podnebí Československé republiky. - Praha.
- Vesecký, A. et. al.** (1961): Podnebí Československé socialistické republiky. Tabulky. - Praha.
- Vlček, et. al.** (1984): Zeměpisný lexikon ČSR. Vodní toky a nádrže. – Academia Praha.
- Vosáhlová, J.** (2006): Protipovodňová opatření na Labi – Lokalita Lovosicko. – Ústí nad Labem.
- Žitný, L.** (1972): Hydrogeologická studie okresu Česká Lípa. – MS SG. Praha.
- Žitný, L.** (1973): Všemily – Srbská Kamenice. Umělé obohacování podzemních vod. – MS SG. Praha.
- Žitný, L., Bittman, J.** (1972): Všemily – umělé obohacení podzemních vod turonského obzoru. – MS SG. Praha.

Použité internetové stránky:

[www.cenia.cz](http://www.cenia.cz)

[www.geofond.cz](http://www.geofond.cz)

[www.geology.cz](http://www.geology.cz)

**Popis sond**

**Příloha 3.2-1**

### Sonda č. 1

0 - 0,30	humózní vrstva, tmavě hnědá až černá
0,30-0,55	písčítá hlína, tmavě hnědá, vlhká, tuhá
0,55-1,70	rozvětralý pískovec, charakteru písku, světle šedý

perforace 0,50 – 1,70

### Sonda č. 2

0 - 0,30	hlína, slabě jemně písčítá s úlomky pískovce, hnědá
0,30-0,70	hlína, silně jemně písčítá, černohnědá
0,70-1,40	přepravený sprašový hlíny, šedé až světle hnědé
1,40-1,70	šterkopísek

perforace 1,40-1,70

### Sonda č. 3

0 - 0,10	lesní hrabanka, humózní vrstva
0,10-0,40	slabě hlinitý písek, tmavě hnědý
0,40-0,60	slabě navětralý pískovec, charakteru písku, světle hnědý
0,60-0,90	silně písčítá sprašová hlína, šedá až hnědá
0,90-2,30	jílovitý písek, hnědý

perforace 1,50-2,30

### Sonda č. 4

0 - 0,10	humózní vrstva, černohnědá
0,10-0,25	organická hmota, tmavě hnědá až černá
0,25-0,50	písčítá hlína, nesoudržná, rezavěhnědá
0,50-0,80	přepravený spraše, šedé
0,80-0,90	šterkopísek

perforace 0,70-0,90

### Sonda č. 5

0 - 0,10	lesní hrabanka, černohnědá
0,10-0,15	písek, nesoudržný, hnědý
0,15-0,80	písčítá hlína, tuhá, hnědá
0,80-0,90	hrubozrnný písek, nesoudržný, světle hnědý
0,90-	šterkopísek

perforace 0,80-0,90

### **Sonda č. 6**

0 - 0,20	humózní vrstva, s kořínky, tmavě hnědá
0,20-0,40	silně písčité jílo, tmavě hnědý
0,40-0,90	jílovitý písek, tuhý, rezavě hnědý
0,90-1,00	rozvětralý pískovec, vlhký, světle hnědý s rezavými polohami
1,00-1,60	slabě písčité jílo, šedý
1,60-1,70	šterkopísek

perforace 1,60-1,70

### **Sonda č. 7**

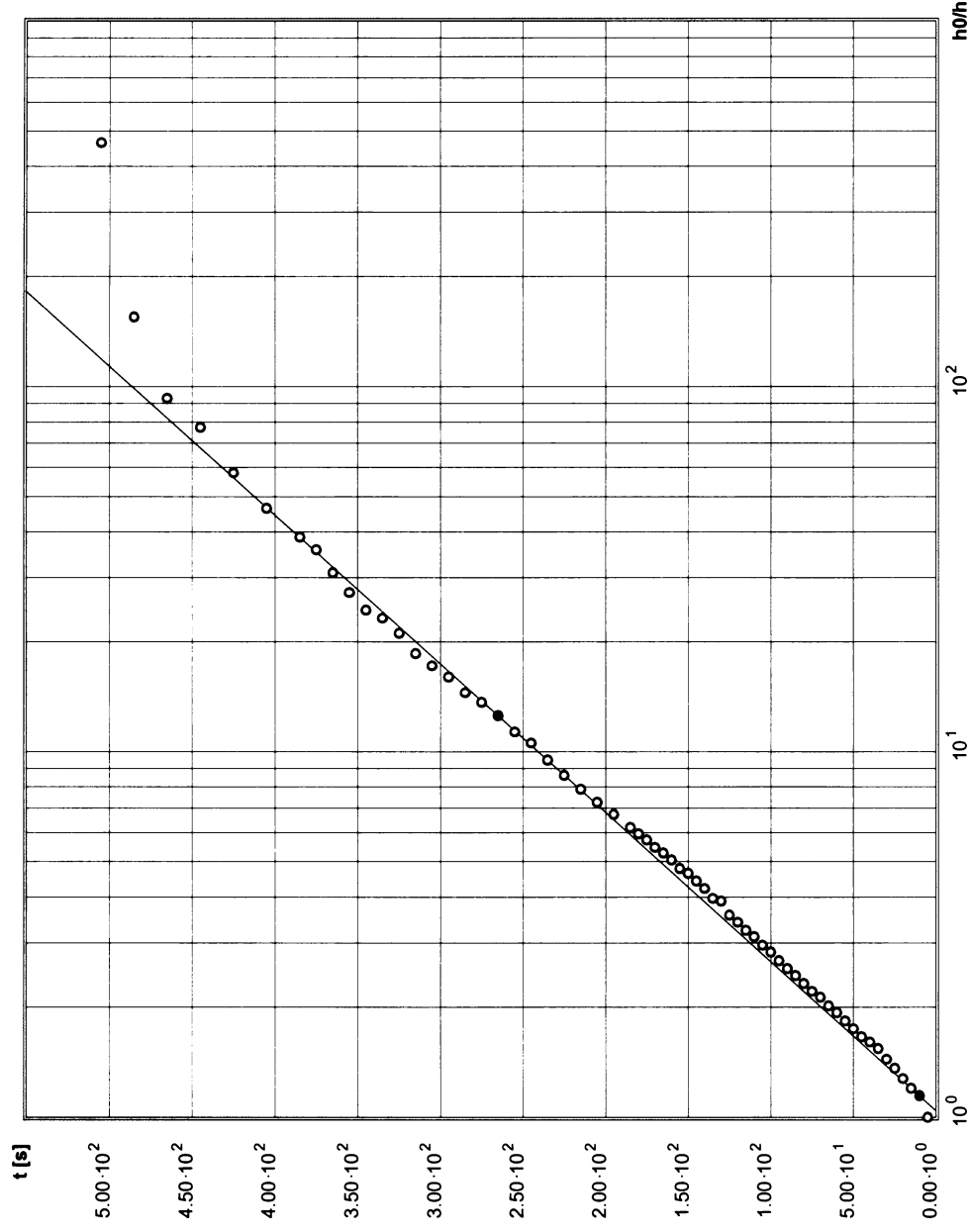
0 - 0,10	humózní vrstva, tmavě hnědá
0,10-0,50	jílovitý písek, tuhý, světle hnědý
0,50-0,90	rozvětralý pískovec, světle hnědý
0,90-1,00	šterkopísek

perforace 0,90-1,0

## Zasakovací zkoušky

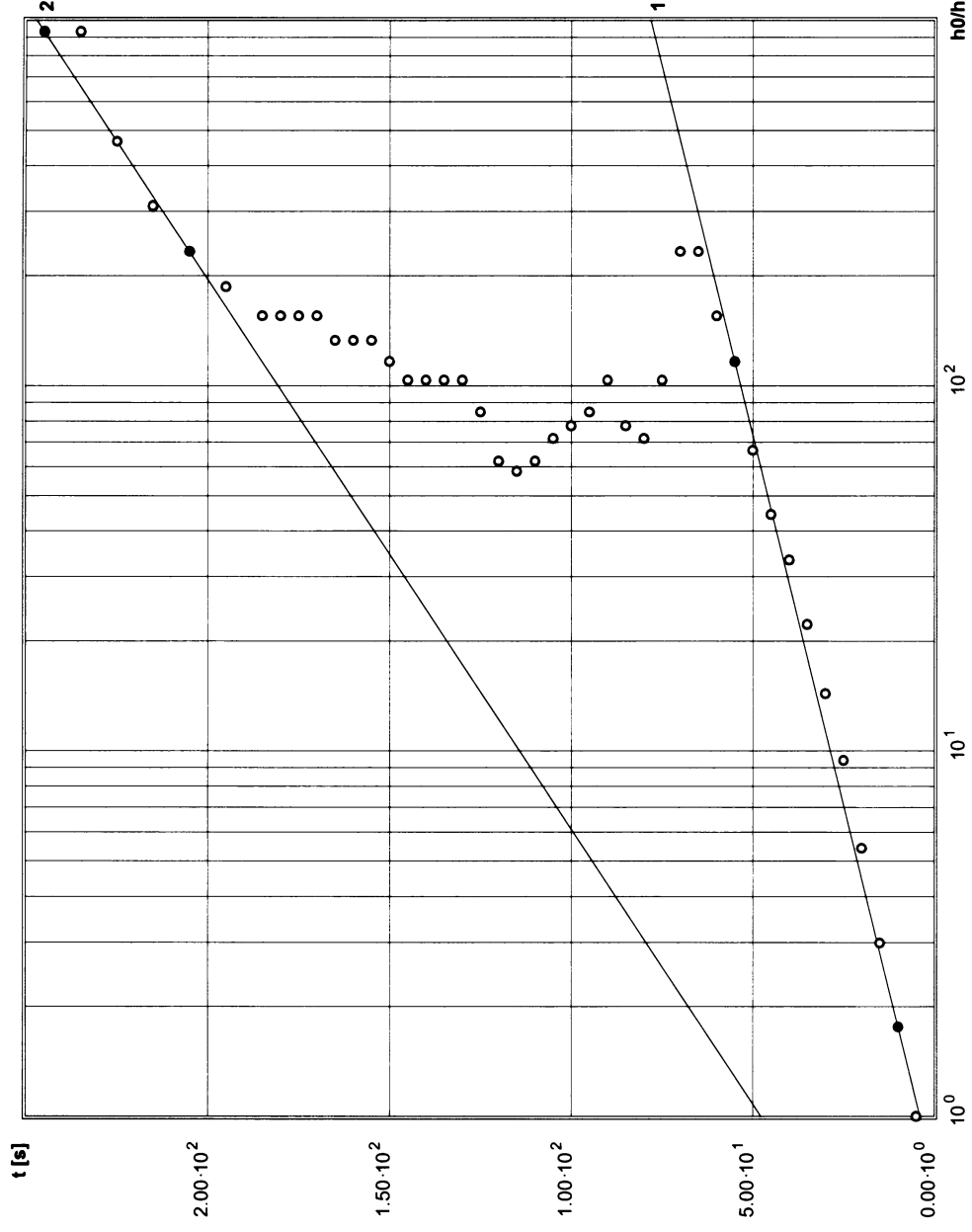
# Křinice

datum	d
zkoušený vrt	S 1
druh zkoušky	stoupací
metoda	Bouwer - Rice
<b>parametry vrtu</b>	
mocnost zvodně	$1.00 \cdot 10^0$ m
poloměr výstroje	$3.00 \cdot 10^{-2}$ m
poloměr vrtu	$3.00 \cdot 10^{-2}$ m
délka otevřené části	$2.00 \cdot 10^0$ m
výška sloupce vody	$1.55 \cdot 10^0$ m
koeficient filtrace	$1.12 \cdot 10^{-5}$ m/s





## Křinice



datum	d
zkoušený vrt	S 2
druh zkoušky	stoupací
metoda	Bouwer - Rice

parametry vrtu	mocnost zvodně	$1.00 \cdot 10^0$ m
	poloměr výstroje	$3.00 \cdot 10^{-2}$ m
	poloměr vrtu	$3.00 \cdot 10^{-2}$ m
	délka otevřené části	$2.00 \cdot 10^0$ m
	výška sloupce vody	$1.55 \cdot 10^0$ m

1	koeficient filtrace	$1.11 \cdot 10^{-4}$ m/s
2	koeficient filtrace	$4.12 \cdot 10^{-5}$ m/s

## Křinice

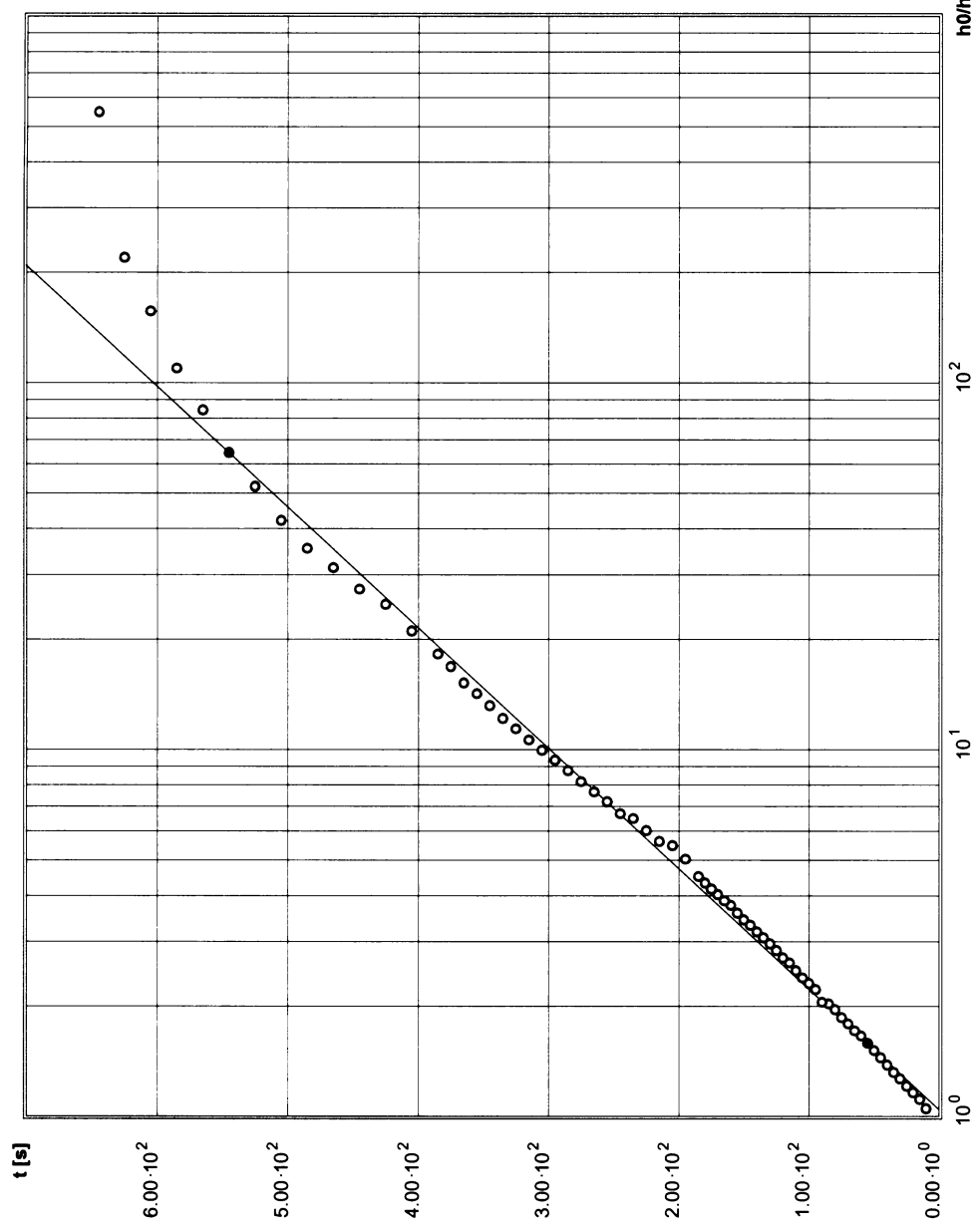
<b>datum</b>	<b>d</b>		
<b>zkoušený vrt</b>	<b>S 3</b>		
<b>druh zkoušky</b>	<b>stoupací</b>		
<b>metoda</b>	<b>Bouwer - Rice</b>		

<b>mocnost zvodně</b>	<b><math>1.00 \cdot 10^0</math> m</b>
<b>poloměr výstroje</b>	<b><math>3.00 \cdot 10^{-2}</math> m</b>
<b>poloměr vrtu</b>	<b><math>3.00 \cdot 10^{-2}</math> m</b>
<b>délka otevřené části</b>	<b><math>2.00 \cdot 10^0</math> m</b>
<b>výška sloupce vody</b>	<b><math>1.95 \cdot 10^0</math> m</b>

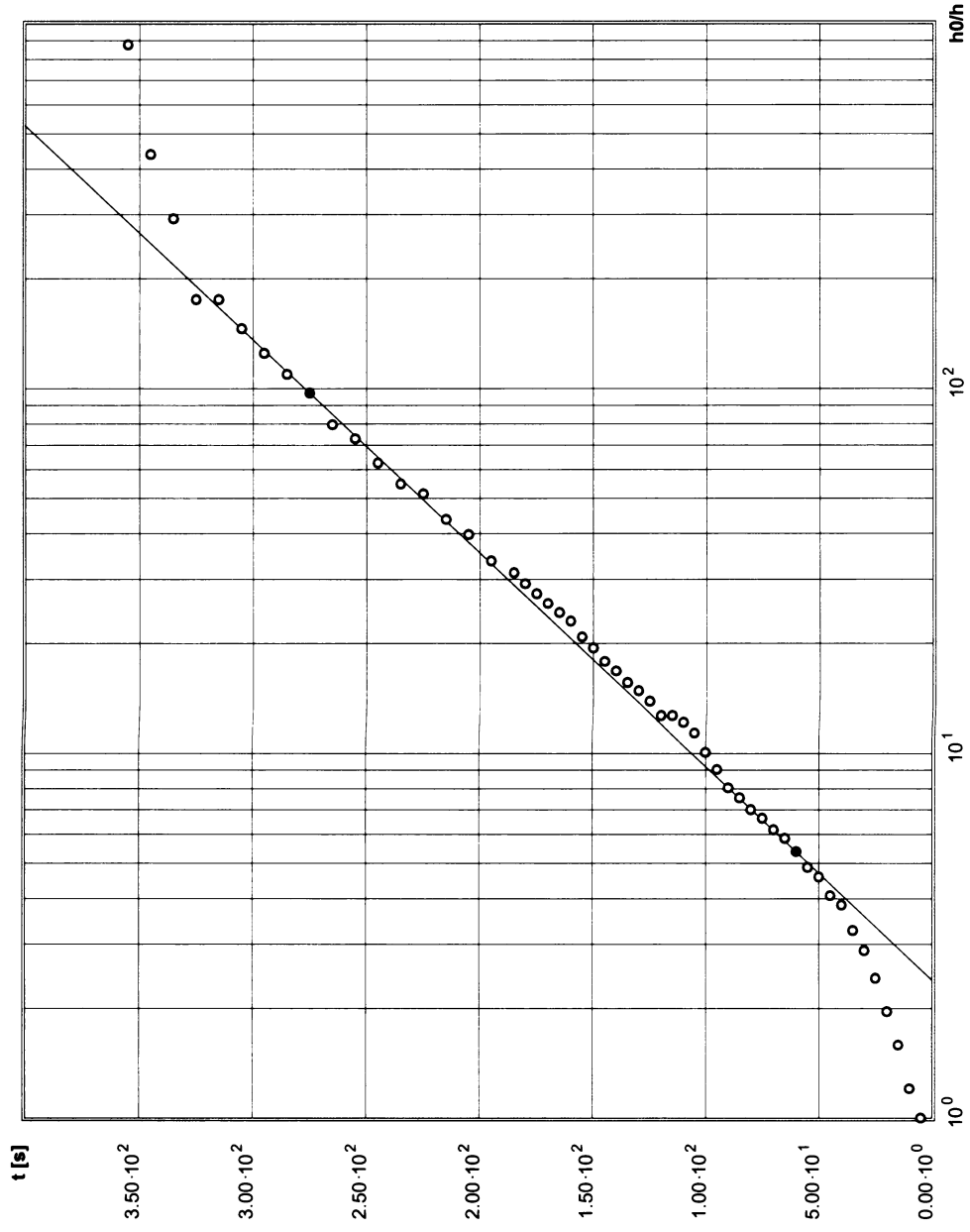
  

<b>parametry vrtu</b>			
<b>koeficient filtrace</b>	<b><math>8.99 \cdot 10^{-6}</math> m/s</b>		



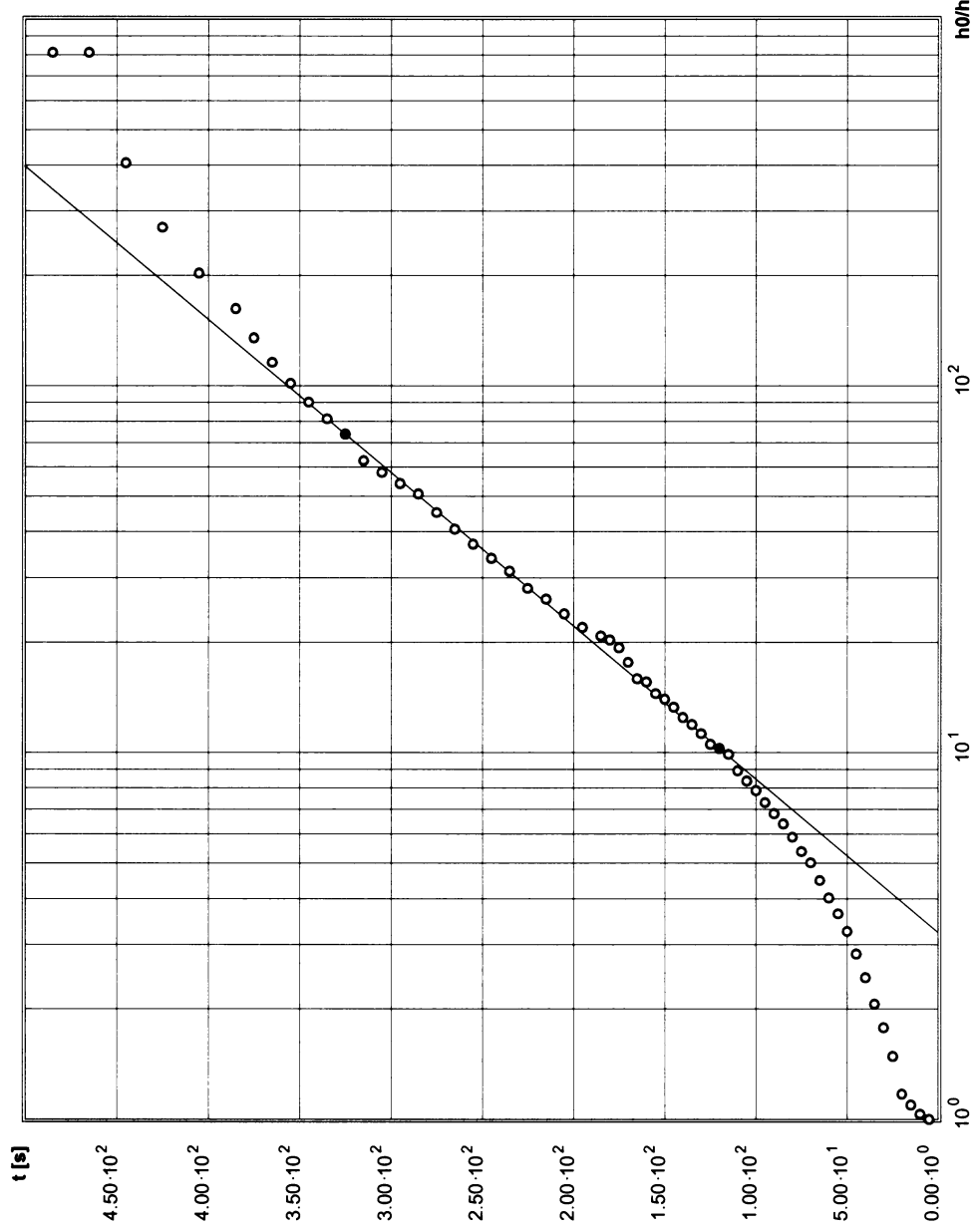
## Křinice

datum	d		
zkoušený vrt	S 4		
druh zkoušky	stoupací		
metoda	Bouwer - Rice		
<b>parametry vrtu</b>			
mocnost zvodně	$5.00 \cdot 10^{-1}$ m		
poloměr výstroje	$3.00 \cdot 10^{-2}$ m		
poloměr vrtu	$3.00 \cdot 10^{-2}$ m		
délka otevřené části	$2.00 \cdot 10^0$ m		
výška sloupce vody	$0.89 \cdot 10^{-1}$ m		
koeficient filtrace	$2.51 \cdot 10^{-5}$ m/s		



## Křinice

<b>datum</b>	<b>d</b>		
<b>zkoušený vrt</b>	<b>S 5</b>		
<b>druh zkoušky</b>	<b>stoupací</b>		
<b>metoda</b>	<b>Bouwer - Rice</b>		
<b>parametry vrtu</b>			
<b>mocnost zvodně</b>	<b><math>5.00 \cdot 10^{-1}</math> m</b>		
<b>poloměr výstroje</b>	<b><math>3.00 \cdot 10^{-2}</math> m</b>		
<b>poloměr vrtu</b>	<b><math>3.00 \cdot 10^{-2}</math> m</b>		
<b>délka otevřené části</b>	<b><math>2.00 \cdot 10^0</math> m</b>		
<b>výška sloupce vody</b>	<b><math>1.11 \cdot 10^{-1}</math> m</b>		
<b>koeficient filtrace</b>	<b><math>1.79 \cdot 10^{-5}</math> m/s</b>		



## Křinice

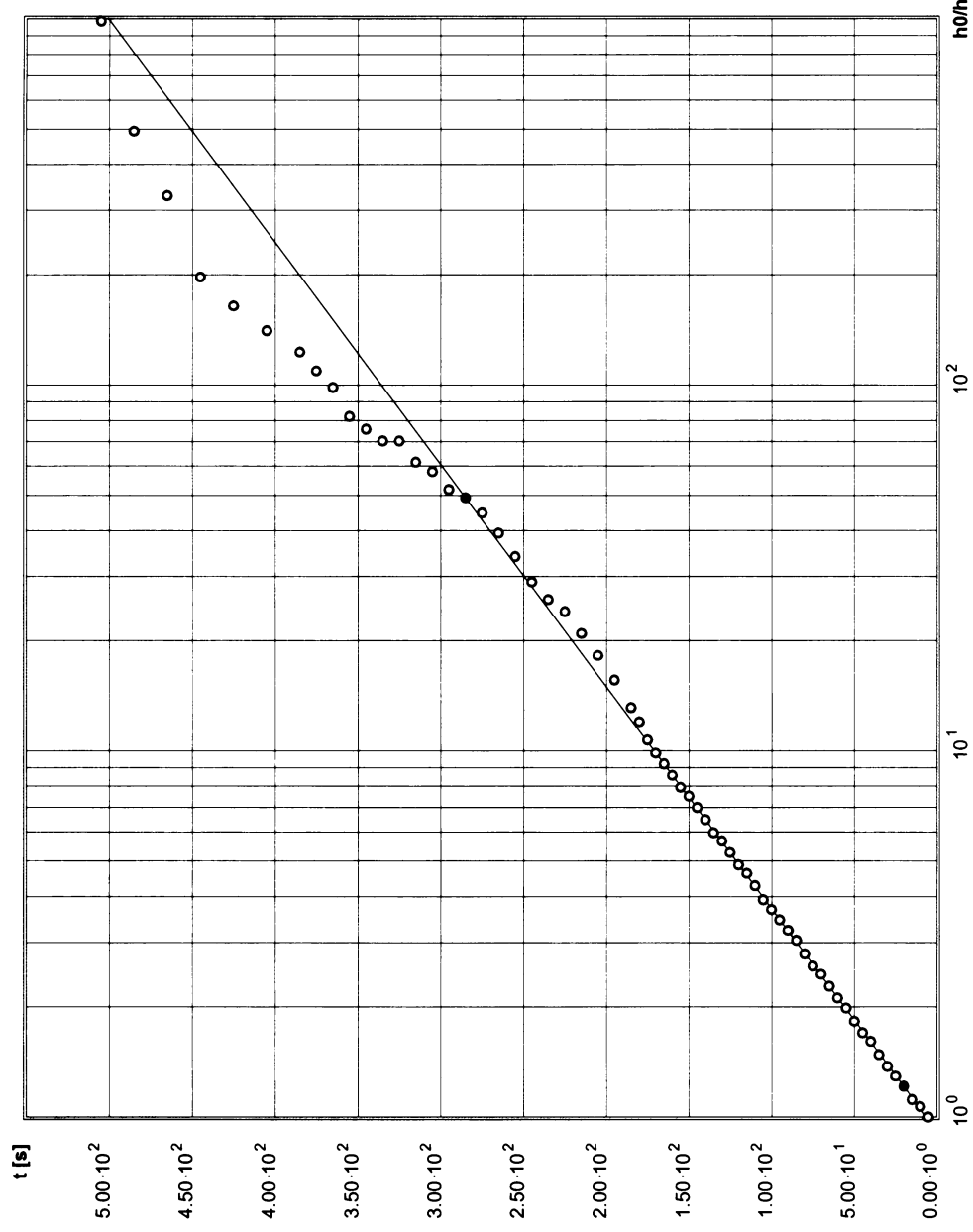
datum	d
zkoušený vrt	S 7
druh zkoušky	stoupací
metoda	Bouwer - Rice

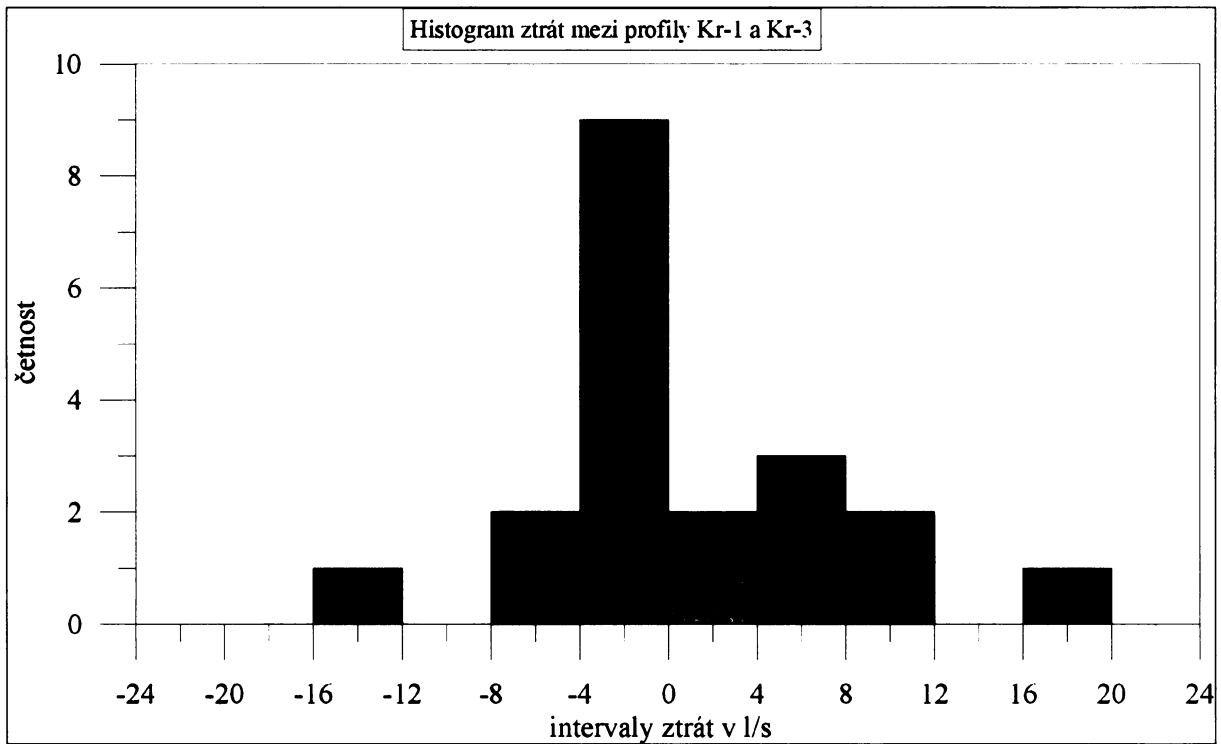
parametry vrtu	mocnost zvodně	$5.00 \cdot 10^{-1}$ m
	poloměr výstroje	$3.00 \cdot 10^{-2}$ m
	poloměr vrtu	$3.00 \cdot 10^{-2}$ m
	délka otevřené části	$2.00 \cdot 10^0$ m
	výška sloupce vody	$1.00 \cdot 10^0$ m

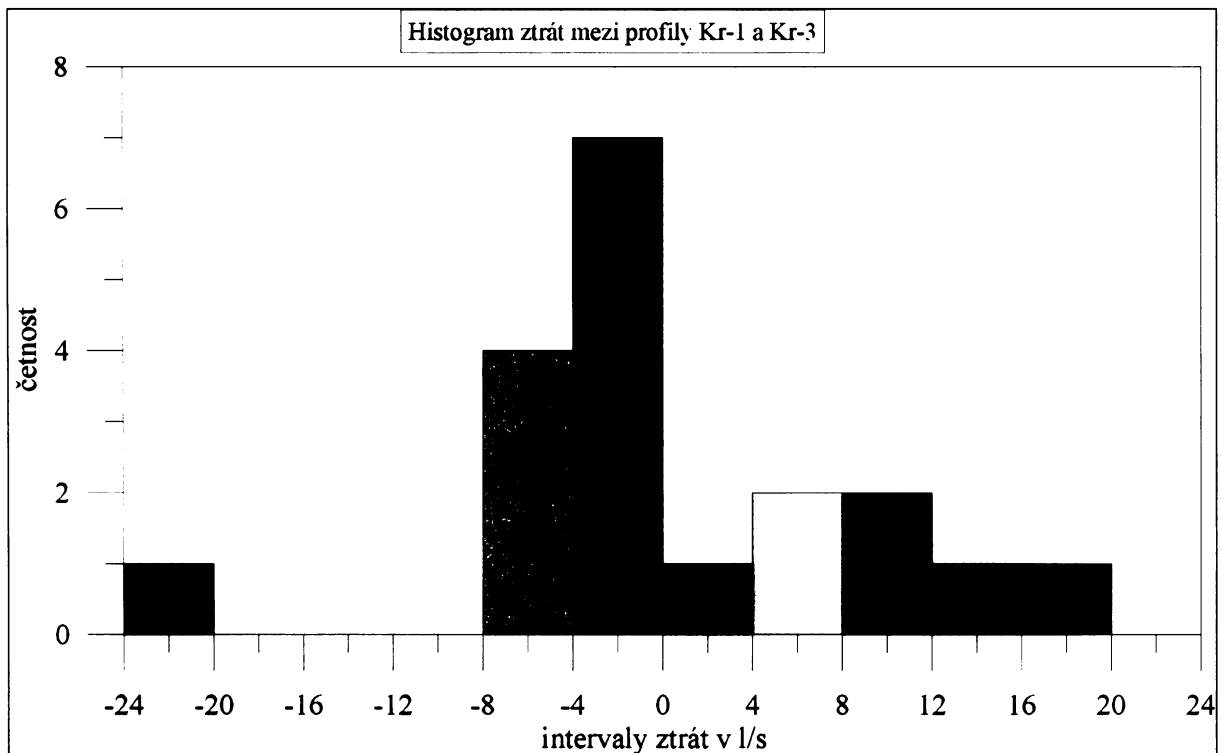
koeficient filtrace	$2.60 \cdot 10^{-5}$ m/s
---------------------	--------------------------



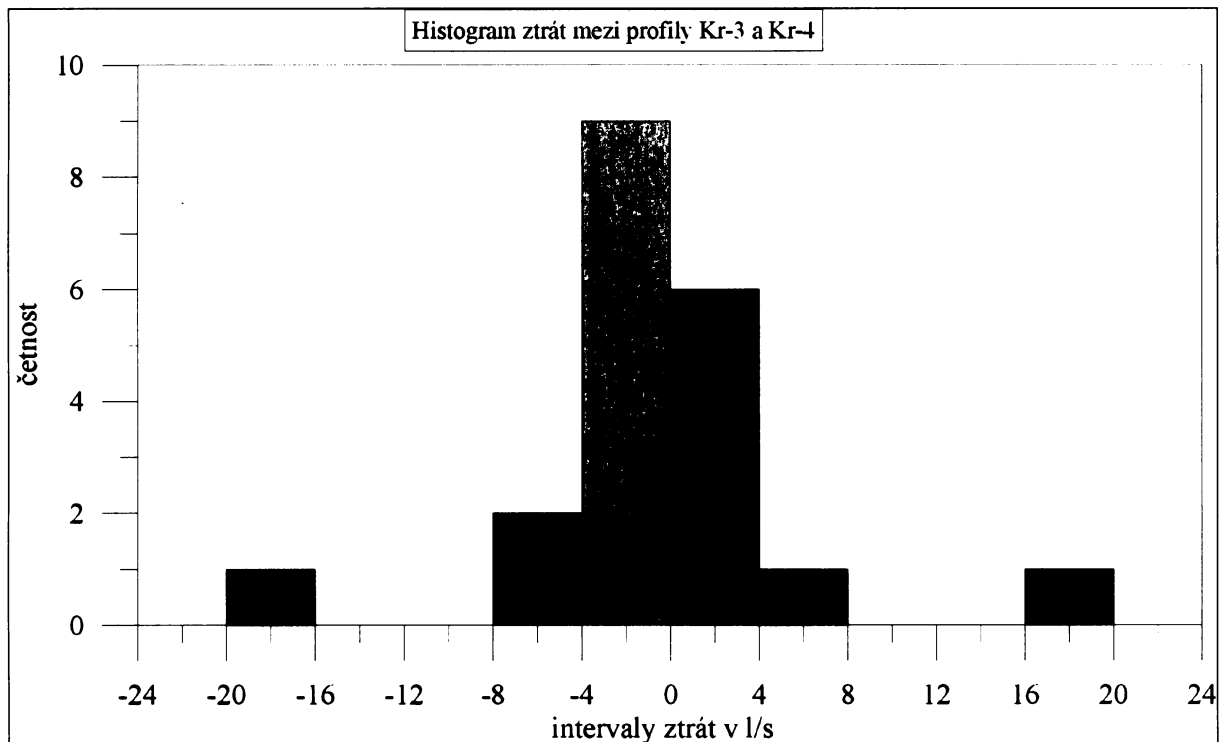
## Histogramy objemů ztrát



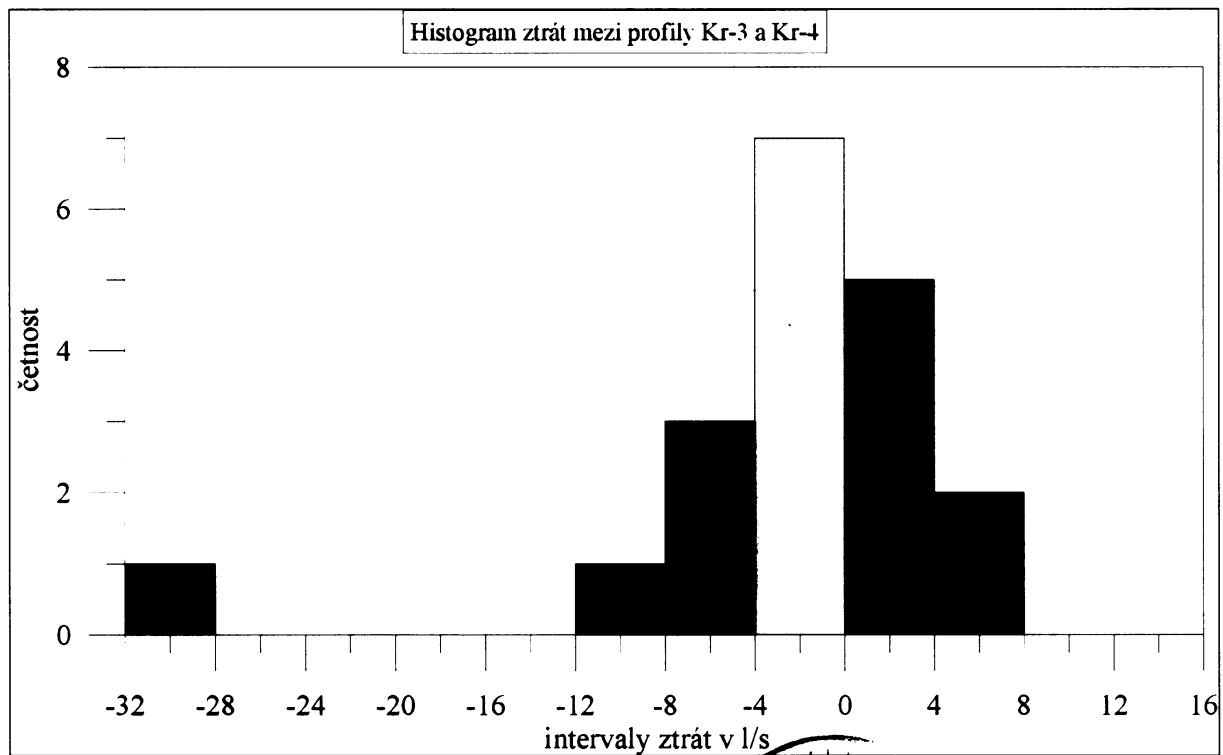
**Obr. 4.1.1-1 : Histogramy objemů ztrát s chybou – 20 %**



**Obr. 4.1.1-2 : Histogramy objemů ztrát s chybou +20 %**



**Obr. 4.1.1-3 : Histogramy objemů ztrát s chybou -20 %**



**Obr. 4.1.1-4 : Histogramy objemů ztrát s chybou +20 %**

