

MASARYKOVA UNIVERZITA

Přírodovědecká fakulta



Šárka JAKŠLOVÁ

**REŽIM PODZEMNÍCH VOD
V OBLASTI DOLNÍ ROŽÍNKY**

Bakalářská práce

Vedoucí práce: Mgr. Tomáš Kuchovský, Ph.D.

Brno 2007

©2007

Šárka Jakšlová

Všechna práva vyhrazena

Jméno a příjmení autora: Šárka Jakšlová

Název bakalářské práce: Režim podzemních vod v oblasti Dolní Rožínky

Název v angličtině: The groundwater regime in the Dolni Rozinka mining district

Studijní program: Bakalářský

Studijní obor(směr), kombinace oborů: Geologie, hydrogeologie, geochemie

Vedoucí bakalářské práce: Mgr. Tomáš Kuchovský, Ph.D.

Rok obhajoby: 2007

Anotace v češtině

Práce souvisí s plánovaným uzavřením uranového ložiska Rožná a je součástí VZ INCHEMBIOL. Po skončení těžby dojde k postupnému zatopení dolu. To bude mít vliv na chování podzemních vod. V práci je zhodnoceno chování pramenů a menších vodních toků v oblasti Dolní Rožínky z hlediska režimu podzemních vod a vyhodnocení sezónních změn v chemických vlastnostech vod – Eh, pH, konduktivita.

Anotace v angličtině

The work is related to the planned closing of the Rožná uranium mine and is a part of VZ INCHEMBIOL. After the mine is closed, it will be gradually flooded. This will influence the groundwater regime. The purpose of this work was to evaluate underground water regime of springs and small streams in the Dolni Rozinka district and evaluate seasonal changes in chemical properties of groundwater – Eh, pH, conductivity.

Klíčová slova v češtině: režim podzemních vod, Eh, pH, konduktivita, Dolní Rožínka

Klíčová slova v angličtině: the groundwater regime, Eh, pH, conductivity, Dolni Rozinka

Prohlašuji, že jsem práci vypracovala samostatně. Veškerou literaturu i ostatní prameny, které jsem při přípravě práce použila, řádně cituji a uvádím v seznamu použité literatury.

Souhlasím s veřejným půjčováním práce

.....
Šárka Jakšlová

Ráda bych poděkovala Mgr.Tomáši Kuchovskému, Ph.D. za odborné vedení práce, Mgr.Adamu Říčkovi za konzultace. Dále bych ráda poděkovala Petře Juračkové, Pavle Juračkové, Veronice Balšínkové, Bc.Petru Zemanovi a Ing.Pavlu Jakšlovi za pomoc při měřeních v terénu.

OBSAH

1. Úvod	9
2. Geologie a geomorfologie	10
2.1. Geologie.....	10
2.2. Geomorfologie.....	10
3. Klimatické poměry	11
4. Hydrogeologie a hydrologie	11
4.1. Hydrologie.....	11
4.2. Hydrogeologie.....	12
5. Metodika práce.....	13
5.1. Měření průtoku.....	13
5.2. Zpracování výsledků.....	15
5.2.1. <i>Určení celkového potenciálního odtoku a doplněných zásob.....</i>	<i>15</i>
5.2.2. <i>Určení specifického odtoku.....</i>	<i>17</i>
5.2.3. <i>Směšovací rovnice.....</i>	<i>17</i>
5.2.4. <i>Použité přístrojové vybavení.....</i>	<i>17</i>
6. Chemické vlastnosti vod.....	18
6.1. Konduktivita.....	18
6.2. pH.....	18
6.3. Eh.....	19
7. Výsledky.....	20
7.1. Lísecký potok.....	20
7.1.1. <i>Doplňování zásob podzemní vody, potenciální a specifický odtok.....</i>	<i>20</i>
7.1.2. <i>Konduktivita.....</i>	<i>22</i>
7.1.3. <i>pH.....</i>	<i>23</i>
7.1.4. <i>Eh.....</i>	<i>23</i>
7.2. Hadůvka.....	24
7.2.1. <i>Doplňování zásob podzemní vody, potenciální a specifický odtok.....</i>	<i>25</i>
7.2.2. <i>Konduktivita.....</i>	<i>27</i>
7.2.3. <i>pH.....</i>	<i>28</i>
7.2.4. <i>Eh.....</i>	<i>29</i>
8. Diskuze.....	30
8.1. Lísecký potok.....	30
8.2. Hadůvka.....	31
9. Závěr.....	32
10. Literatura.....	33
11. Přílohy.....	34

1. ÚVOD

Obec Dolní Rožínka se nachází přibližně 10 kilometrů jihozápadně od Bystřice nad Pernštejnem a je známá především díky těžbě uranu. V současné době je to jediný funkční uranový důl v Evropské unii. Těžba měla skončit v roce 2008, ale vzhledem k rostoucím cenám uranu se uvažuje o pokračování těžby. Dnes se těží jen v dolu Rožná. Důl patří odštěpnému závodu podniku DIAMO s.p. s názvem GEAM Dolní Rožínka.

Téma práce je součástí VZ INCHEMBIOL a souvisí s plánovaným uzavřením ložiska Rožná. Po uzavření ložiska dojde k jeho postupnému zatápění, což bude mít vliv na chování podzemních vod.

Cílem práce je zhodnocení chování pramenů a menších vodních toků z hlediska režimu podzemních a povrchových vod a popsání charakteristických změn kvalitativních a kvantitativních parametrů zvodní v průběhu hydrologického roku.

2. GEOLOGIE A GEOMORFOLOGIE

2.1. Geologie

Studovaná oblast se nachází ve východní části strážeckého moldanubika. Strážecké moldanubikum je ze západu omezeno přibyslavskou mylonitovou zónou, ze severu železnohorským krystalinikem, z východu svrateckým krystalinikem a na jihu třebíčským masivem. Bítešský zlom tvoří hranici na jihovýchodě (Mísař 1983).

Ve strážeckém moldanubiku jsou zastoupeny především cordierit-biotitické ruly a migmatity, gřohlské ruly a biotitické a amfibol-biotitické ruly, které jsou často migmatitizovány a obsahují vložky amfibolitů, erlanových rul a dolomitických vápenců. Méně časté jsou granulity a granulitové ruly. Horniny jsou často protínány drobnými tělesy gaber, durbachitů a dvojslídnych granitů. Durbachity strážeckého moldanubika jsou svým složením podobné horninám třebíčského masivu.

V blízkosti ložiska Rožná se vyskytují katazonálně metamorfované horniny, převážně biotitické a amfibol-biotitické pararuly, s vložkami amfibolitů, erlanových rul, mramorů, kvarcitů a budiny serpentinitů a pyroxenitů. Biotitické a amfibol-biotitické ruly jsou často silně migmatitizovány (Kříbek – Hájek et al. 2005).

Ložisko Rožná je vázáno na zóny mylonitů a kataklazitů. Pro oblast je typická metamorfní foliace, která má směr SSZ-JJV a je středně až strmě ukloněna k Z i V. Celá oblast je výrazně provrásněna. Hlavní rožínsko-olšínská antiklinála přecházející do rozsošské antiklinály, má osní rovinu ve směru S-J až SSZ-JJV a vergenci k V až VSV (Zrůstek in Kříbek – Hájek et al. 2005).

2.2. Geomorfologie

Studovaná oblast leží v průměrné nadmořské výšce 520 m n.n. Nejvyšším místem je Kraví hora s nadmořskou výškou 611 m n.m., nejnižším místem je soutok Hadůvky s Loučkou – 340 m n.m. Celá oblast je součástí Českomoravské vrchoviny a nachází se na jejím východním okraji. Celá oblast leží na území dvou geomorfologických celků – Hornosvratecké a Křižanovské vrchovině. Přibližně polovina území leží v Nedvědicke vrchovině, která je podcelkem Hornosvratecké vrchoviny. Druhá polovina území leží v Bítešské vrchovině. Ta je podcelkem Křižanovské vrchoviny (Myslil et al. 1985).

3. KLIMATICKÉ POMĚRY

Českomoravská vrchovina patří do podoblasti CH II. Pro tuto oblast je typické velmi krátké až krátké, mírně chladné a vlhké až velmi vlhké léto. Zima je velmi dlouhá až dlouhá, chladná až mírná, vlhká až mírně vlhká s dlouho trvající sněhovou pokrývkou. Počet dnů se sněhovou pokrývkou se pohybuje mezi 100 až 140 dny. Přechodná období jsou dlouhá, podzim mírně chladný až mírný a jaro chladné až mírně chladné. (Votruba – Patera 1983)

Nejteplejším měsícem je červenec, kdy průměrná teplota z let 1931 – 1960 měřená v Bystřici nad Pernštejnem byla 16,9 °C, nejchladnějším měsícem je leden s průměrnou teplotou – 4,3 °C. Dlouhodobá průměrná teplota vzduchu dané oblasti je 6,7 °C.

Pro oblast je charakteristické výrazné kolísání srážek v průběhu roku. Více srážek spadne v období duben - říjen, období listopad - březen je na srážky chudší. Srážky byly měřeny na stanici Dolní Rožinka v letech 1931 – 1960. Dlouhodobý roční úhrn srážek je 612mm. V období duben - říjen byl úhrn srážek 371 mm, v období listopad - březen 241mm.

V roce 2006 spadlo v období 1.1. až 1.12.2006 celkem 701,2 mm srážek. V období duben-říjen se vyskytly 2 srážkové události s úhrnem nad 30mm. Celkem 206 dnů bylo beze srážek, 96 dnů se srážkami nad 1mm. Srážky v zájmové oblasti jsou měřeny na stanicích ČHMÚ Bystřice nad Pernštejnem, Sejřek a Strážek. Pro Lísecký potok jsou používána data ze stanice Strážek, pro Hadůvku ze stanice Sejřek. Použité stanice jsou vybírány tak, aby se nacházely co nejbližší k tokům.

4. HYDROGEOLOGIE A HYDROLOGIE

4.1.Hydrologie

Okolí Dolní Rožinky je odvodňováno dvěma většími vodotečemi – Loučkou a Nedvědičkou. Celá oblast spadá pod povodí 4-15-01-037 - povodí Moravy a Svratky, hydrologický rajon 656 – Krystalinikum v povodí střední Svratky a náleží k úmoří Černého moře. Oblast dále patří do hydrogeologického rajónu R53 Oblast vltavsko-dunajské elevace.

4.2.Hydrogeologie

Strážecké moldanubikum je tvořeno málo propustnými metamorfovanými horninami, převážně fylity, svory, rulami, migmatity, amfibolity a granulity. Pro tyto horniny je charakteristická puklinová propustnost. Propustnost je nejvyšší v zóně přípovrchového zvětrávání, kde může proudění nabývat až charakteru proudění průlinového. Směrem do hloubky propustnost klesá. Propustnost závisí také na hustotě a propojenosti puklin a na jejich výplni. S rostoucí migmatitizací hornin se puklinová propustnost zvyšuje. Puklinové vody jsou typické malou vydatností (Myslil et al. 1985).

Nejpropustnější vrstvou jsou kvartérní uloženiny. Ty mají v údolích charakter svahovin a jsou charakteristické dobrou průlinovou propustností a mohou být v této jinak na podzemní vodu chudé oblasti významným kolektorem. (Svoboda et al. 1962).

Hluboký oběh podzemních vod je vázán převážně na významné tektonické linie. Mělký oběh podzemních vod je pro moldanubikum typický. Je vázán na zvětralé horniny na povrchu, hloubka oběhu se pohybuje v několika desítkách metrů a závisí na hloubce rozvětrání hornin a také na morfologii terénu. Hladina podzemní vody je volná a kopíruje tvar terénu (Myslil et al. 1985).

5. METODIKA PRÁCE

Terénní etapa spočívá v pravidelném měření průtoků, konduktivity, pH, Eh a teploty vody v daných bodech. Měření probíhají přibližně každých čtrnáct dnů. První měření bylo uskutečněno v červnu 2006. Body jsou rozmístěny po celé délce toku měřené vodoteče tak, aby bylo možné zachytit případné změny měřených parametrů od pramenní oblasti po soutok, nebo v jinak definovaných úsecích. V celé oblasti je celkem 20 měřených bodů na 6 vodotečích – Lísecký potok, Střítežský potok, Hadůvka, Rakovecký potok, Rožínka, Mitrov. Dále se měří hladina podzemní vody v pěti vrtech – dva u obce Olešínky HP1 a HP2, dva u Rodkova HP507A a HP507B a jeden mělký vrt v údolní nivě Hadůvky u obce Olší. U obce Olší se také měří hladina podzemní vody v pažnici jedné ze zasypaných šachet dolu Olší-Drahonín. V této práci jsou však použita a vyhodnocena data jen z Hadůvky a z Líseckého potoku. Tyto toky jsou pro danou oblast typické.

5.1. Měření průtoků

K měření průtoků byla ve většině případů použita integrační metoda měření stopovačem. Ta spočívá v nalití roztoku se stopovačem do vodoteče a měření konduktivity v měrném profilu níže ve směru toku. Při této metodě přidáváme stopovač do vodoteče jednorázově a známe jeho objem i konduktivitu. Objem byl měl být přiměřený průtoku vodoteče, aby nedošlo při měření ke zvýšení průtoku vlivem nalití stopovače. Naopak při malém objemu nemusí být zřetelné zvýšení měřené konduktivity, což se může negativně projevit na následných výpočtech průtoků. Konduktivita stopovače by se měla pohybovat nejlépe minimálně nad 100 mS/cm. Jako stopovač byl použit NaCl, který není nebezpečný pro životní prostředí. Příprava roztoku se provádí přímo na místě měření. Aby došlo k úplnému promíchání a rozředění roztoku, je třeba provést injekci roztoku dostatečně daleko od profilu, kde se měří konduktivita - obvykle stačí injektovat roztok přibližně 15m daleko.

Konduktivita se, po nalití roztoku se stopovačem, měřila v intervalu 5 vteřin tak dlouho, až byla rovna pozadřové (původní) hodnotě.

Výsledný průtok vypočítáme ze vzorce

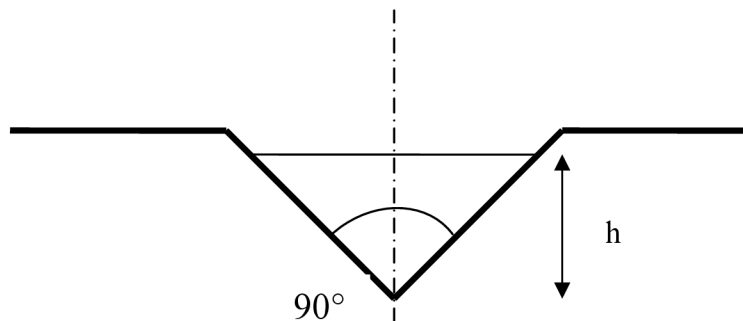
$$Q = \frac{V \cdot C_1}{t(C_2 - C_0)}$$

kde V-objem stopovače, C_0 – pozadřová koncentrace, C_1 – koncentrace stopovače, C_2 – koncentrace v měrném profilu, t – čas

Na lokalitě Mítrov je trvale umístěn Thomsonův měrný přeliv. Tento typ přelivu má trojúhelníkový tvar s vrcholovým úhlem 90° (obr.1). Přeliv musí být umístěn kolmo vůči směru toku. Důležité je, aby nebyl ani obtékán ani přetékan. Měří se výška vodního paprsku nebo se průtok změří přímo do nádoby. Při měření výšky vodního paprsku se průtok spočítá ze vzorce

$$Q = 2,362 \cdot \mu \cdot h^{5/2}$$

kde h – výška vodního paprsku měřená před přepadem, μ - koeficient ($\mu = 0,62$) (Kříž et al.1979)



Obr.1: Thomsonův měrný přeliv – schéma (upraveno podle Kříž et al. 1979)

Pokud měříme pomocí odběru vody přímo do nádoby, pak průtok spočítáme jako

$$Q = V/t$$

kde V – objem zachycené vody, t – čas, po který jsme vodu odebírali.

Pro eliminaci případné hrubé chyby provedeme odběr vody 3x a výsledný průtok spočítáme jako aritmetický průměr všech naměřených průtoků.

5.2.Zpracování výsledků

Další pracovní postup spočívá ve zpracování naměřených hodnot. Pro zpracování grafů a tabulek byl použit program Microsoft Office Excel 2003 a Hydata v.4.2., obrázky a mapy byly upraveny v programu PaintShop Pro v.7.04.

Plochy povodí byly vypočítány rozdělením území na čtverce o známém obsahu. Výsledná plocha povodí je součet ploch těchto čtverců.

5.2.1. Určení celkového potenciálního odtoku a doplněných zásob

Pro výpočet celkového potenciálního odtoku a doplněných zásob podzemní vody musíme nejdříve sestavit hydrogram, na osu x vyneseme čas, osa y je v logaritmickém měřítku a je na ní vynesena průtok. Podmínkou použitelnosti metody je, že se v hydrogramu musí projevit hlavní čára vyprazdňování struktury. Ta se v semilogaritmickém zobrazení projeví jako přímka. K tomu, aby se hlavní čára vyprazdňování struktury projevila, je nutné dostatečně dlouhé období bez srážek.

Celkový potenciální podzemní odtok charakterizuje objem vody, který se může se struktury uvolnit. Vypočítáme ho ze vzorce

$$V = (Q_0 \cdot K) / 2,306$$

kde V – celkový objem vody, Q_0 – podzemní odtok po srážkové události, K – recesní index (Schwartz – Zhang 2003)

Hodnota průtoku Q_0 je průnik přímky charakterizující vyprazdňování struktury po první srážkové události a kolmice spuštěné z bodu s nejvyšším průtokem na osu x.

Recesní index K odpovídá jednomu logaritmickému cyklu vydatnosti. Nejdříve si na ose y vybereme libovolný logaritmický cyklus a promítneme ho na přímku charakterizující vyprazdňování struktury. Získáme 2 body, ke kterým přiřadíme odpovídající datum na ose x. Čas mezi těmito dvěma hodnotami je recesní index K.

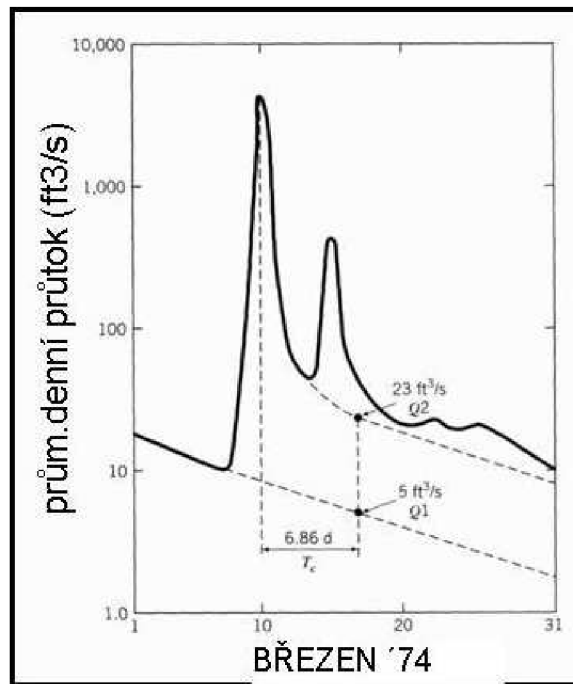
Doplněné zásoby podzemní vody spočítáme jako

$$R = 2(Q_2 - Q_1)/2,3026$$

kde R – celkový objem doplněné vody, Q_1 – podzemní odtok v kritickém čase T_c na čáře předcházející srážkové události, Q_2 – podzemní odtok následující srážkové události, K -recesní index (Schwartz – Zhang 2003)

Pro výpočet kritického času T_c , který je důležitý pro určení Q_1 a Q_2 , použijeme stejný recesní index K , jako u výpočtu celkového potencionálního odtoku. Kritický čas T_c spočítáme ze vzorce

$$T_c = 0,2144 \cdot K \quad (\text{Schwartz – Zhang 2003})$$



Obr.2: Určení průtoků Q_1 a Q_2 (upraveno podle Schwartz – Zhang 2003)

K bodu, kde se nám protнула kolmice spuštěná z bodu maximálního průtoku s osou x , přičteme kritický čas T_c (obr.2). Z tohoto bodu opět sestrojíme kolmici na osu x . Průnik této kolmice s přímkou podzemního odtoku je bod Q_1 , průnik s přímkou charakterizující vyprazdňování struktury po následující srážkové události je bod Q_2 . Z grafu odečteme hodnoty průtoků v bodě Q_1 a Q_2 a dosadíme do vzorce.

5.2.2. Určení specifického odtoku

Specifický odtok je podíl průtoku a plochy daného povodí. V delším období sucha charakterizuje retenční kapacitu povodí. Specifický odtok se udává v jednotkách $\text{m}^3 \text{s}^{-1} \text{km}^{-2}$ nebo $\text{l s}^{-1} \text{km}^{-2}$ a spočítá se jako

$$q = Q/F$$

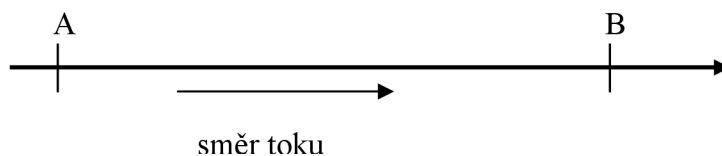
kde F – plocha povodí, Q – průtok (Šráček – Kuchovský 2003)

5.2.3. Směšovací rovnice

Pro výpočet orientační hodnoty konduktivity podzemní vody přitékající do toku byla použita upravená směšovací rovnice:

$$W_2 = (Q_3 W_3 - Q_1 W_1) / Q_2$$

kde Q_3 – celkový průtok v bodě B, W_3 – celková konduktivita v bodě B, Q_1 – průtok v bodě A, W_1 – konduktivita v bodě A, Q_2 – přírůstek v průtoku mezi body A a B



Obr.3: Pozice měřených bodů

5.2.4. Použité přístrojové vybavení

Pro měření pH, Eh, konduktivity a teploty byl použit kapesní přístroj WTW Multi 340i. Přístroj měří Eh s přesností na 1mV, pH měří v rozsahu -2 až +16 s přesností 0,01 a konduktivitu v rozsahu 1 – 500 mS/cm s chybou $\pm 1\%$ z naměřené hodnoty.

Eh bylo měřeno kalomelovou elektrodou WTW SenTix ORP. Bylo třeba provést přepočítání na vodíkovou elektrodu přičtením 217mV pro teplotu toku 10 °C nebo 214mV pro teplotu 15 °C.

Hodnota pH se měřila sondou WTW SenTix 41. S touto sondou se také měřila teplota s přesností 0,1 °C.

Pro měření konduktivity byla použita sonda WTW TetraCon[®] 325.

6. CHEMICKÉ VLASTNOSTI VOD

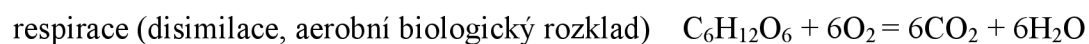
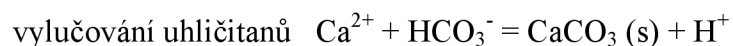
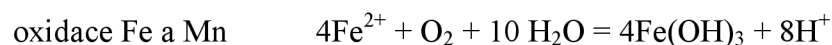
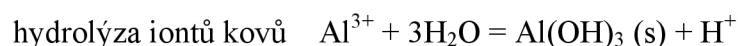
6.1. Konduktivita

Konduktivita je mírou koncentrace ionizovatelných anorganických a organických látek. U přírodních vod, které mají nízkou koncentraci organických látek, je to míra koncentrace anorganických elektrolytů - aniontů a iontů. Na konduktivitě se nepodílejí složky přítomné jako neelektrolyty, např. křemík, bor. Konduktivita dále závisí na koncentraci ionů, jejich nábojovém čísle, pohyblivosti a teplotě. Měření konduktivity umožňuje odhad koncentrace rozpuštěných látek a také celkové mineralizace vod (Pitter 1999).

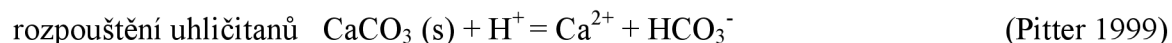
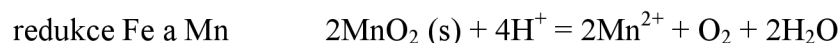
6.2. pH

Hodnoty pH i Eh výrazně ovlivňují chemické a biochemické procesy ve vodách. V přírodních vodách je pH v hodnotách mezi 4,5 – 9,5 dáno především uhličitanovou rovnováhou. Výskyt uhličitanů ve větších koncentracích se v přírodních vodách objevuje jen zřídka. Uhličitanu jsou totiž odstraňovány srážením, především jako CaCO₃. Uhličitanu se mohou ve větších koncentracích vyskytovat jen v alkalicky reagujících vodách s pH nad 8,3 – např. při fotosyntetické asimilaci zelených organismů v silně eutrofizovaných vodách dochází k vyčerpávání CO₂ z vody a pH může vzrůst nad 8,3.

Příklady reakcí snižujících pH:



Příklady reakcí zvyšujících pH:



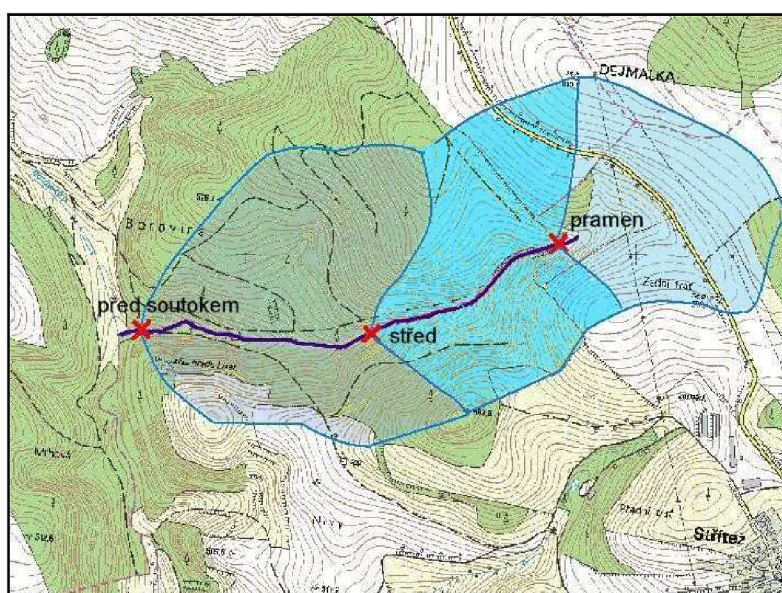
6.3. Eh

Eh odráží schopnost přírodního systému být dárce nebo příjemcem elektronů vzhledem k standardní elektrodě H_2 . Kladná hodnota Eh znamená, že dané prostředí má menší redukční schopnost než standardní H_2 elektroda. Takové prostředí je tedy akceptorem elektronů a jedná se o oxidační prostředí. Naopak záporná hodnota znamená, že prostředí má silnější redukční schopnost než standardní elektroda H_2 . Dané prostředí je pak dárce elektronů a je redukční. Nejběžnějším oxidačním činidlem je atmosférický vzduch, který se rozpouští ve vodě a může ovlivnit i systémy, které nejsou s atmosférou přímo v kontaktu (Faure 1998).

7. VÝSLEDKY

7.1. Lísecký potok

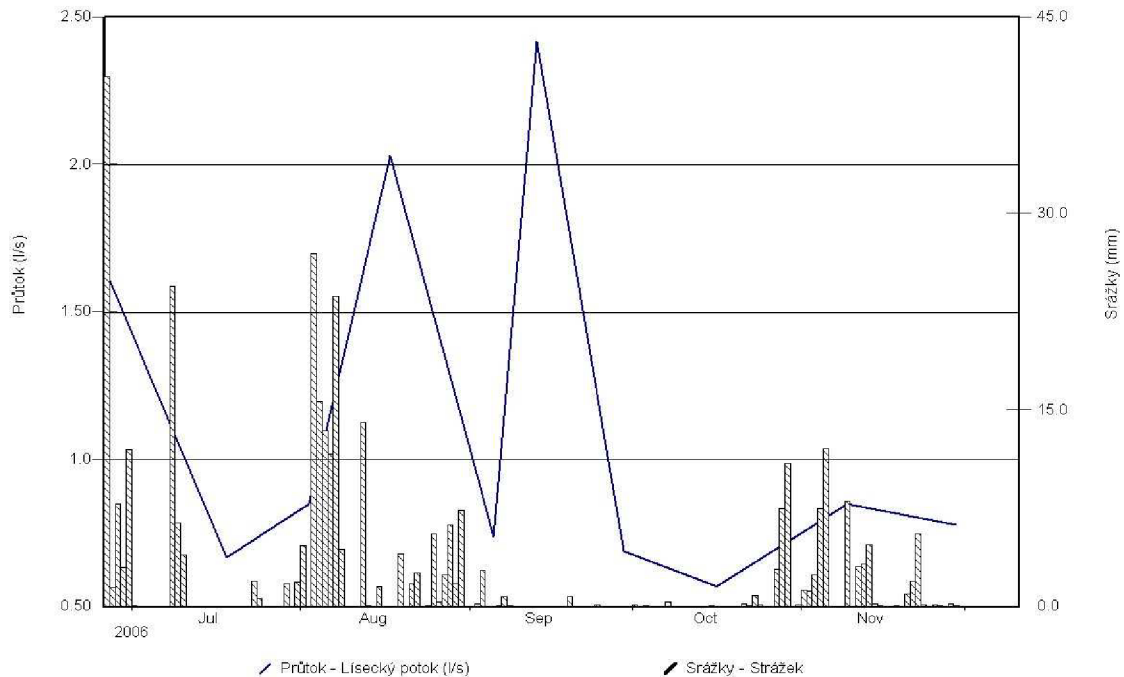
Lísecký potok se nachází mezi Stříteží a Bukovem. Horní část jeho povodí tvoří hospodářsky využívaná pole, střední a dolní část povodí tvoří smíšené lesy. Plocha povodí je 1 km² a je rozdělena do tří částí (obr.4): plocha nad pramenem - 0,27 km², plocha od pramene po profil Střed - 0,33 km² a plocha od profilu Střed po profil Před soutokem - 0,4km².



Obr.4: Lísecký potok - povodí

7.1.1. Doplnění zásob podzemní vody, potenciální a specifický odtok

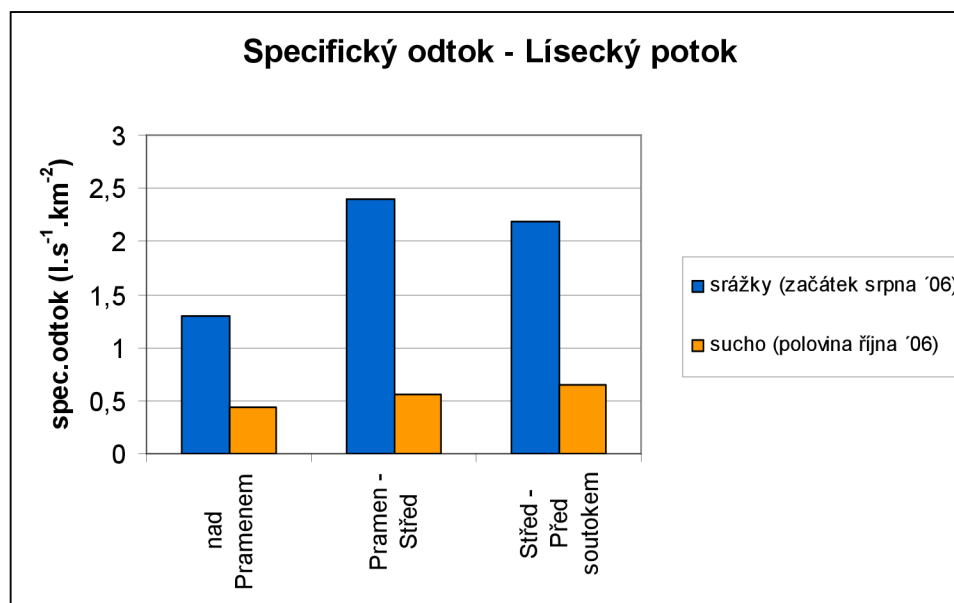
Nejvyšší průtok po srážkách se objevuje přibližně se 14-ti denním zpožděním (obr.5). Při intenzivních srážkových událostech na začátku srpna byl potenciální odtok 4143,9m³. Doplněné zásoby podzemní vody činily 3551,9m³, což je 3,6 mm vodního sloupce. Výška teoretického průměrného zdvihu hladiny podzemní vody je 73mm – vypočítáme ji tak, že vydělíme výšku vodního sloupce efektivní pórovitostí. Hodnota efektivní filtrace do kolektoru je 3,5 %. Při méně intenzivních, ale déle trvajících srážkách z přelomu srpna/září byl potenciální odtok 4735,9m³ a doplněné zásoby podzemní vody 4262,3m³ – 4,3mm vodního sloupce a teoretická průměrná výška zdvihu hladiny podzemní vody 87mm. Hodnota efektivní filtrace do kolektoru je 15,7 %.



5-Apr-2007

Obr. 5: Hydrogram Lísecký potok + srážky

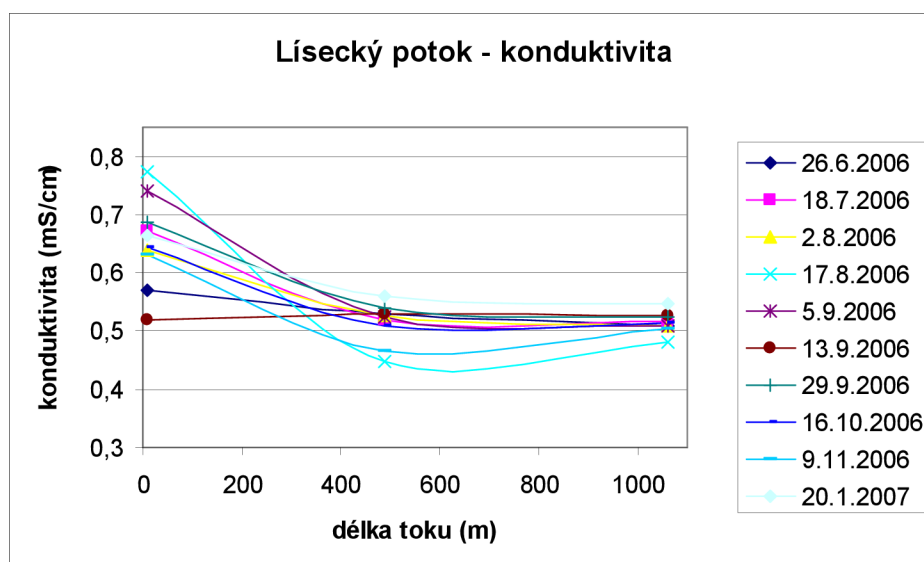
Specifický odtok je na Líseckém potoku nejnižší v horní části, v dolních částech toku se zvyšuje (obr.6). Specifický odtok celého povodí je pro sušší období z poloviny října $0,78 \text{ l.s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$, pro období srážek ze začátku srpna je $2,03 \text{ l.s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$.



Obr.6: Specifický odtok – Lísecký potok

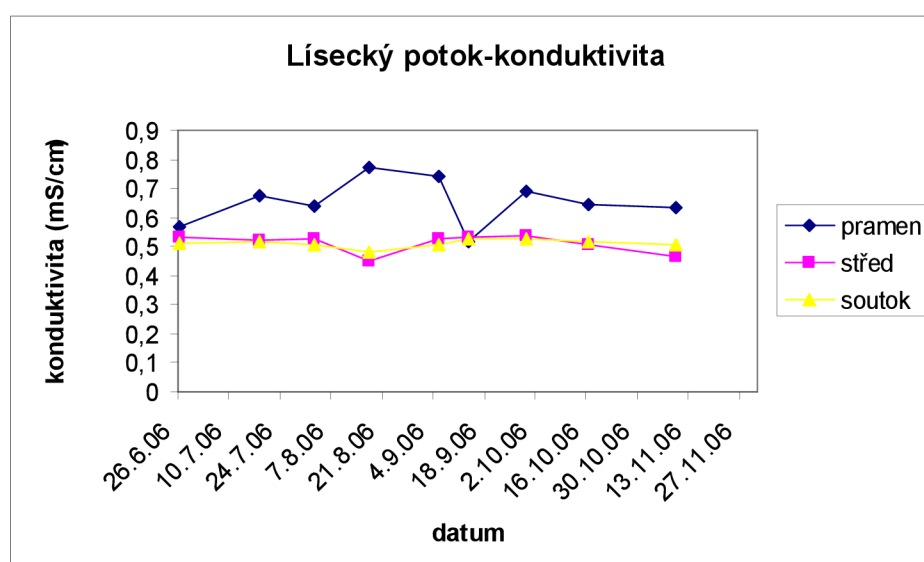
7.1.2. Konduktivita

Nejvyšší konduktivita byla naměřena v profilu Pramen. Konduktivita se s délkou toku snižuje (obr.7).. Konduktivita podzemní vody přitékající do toku je 476 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (viz kap. 5.2.3)



Obr.7: Lísecký potok – konduktivita

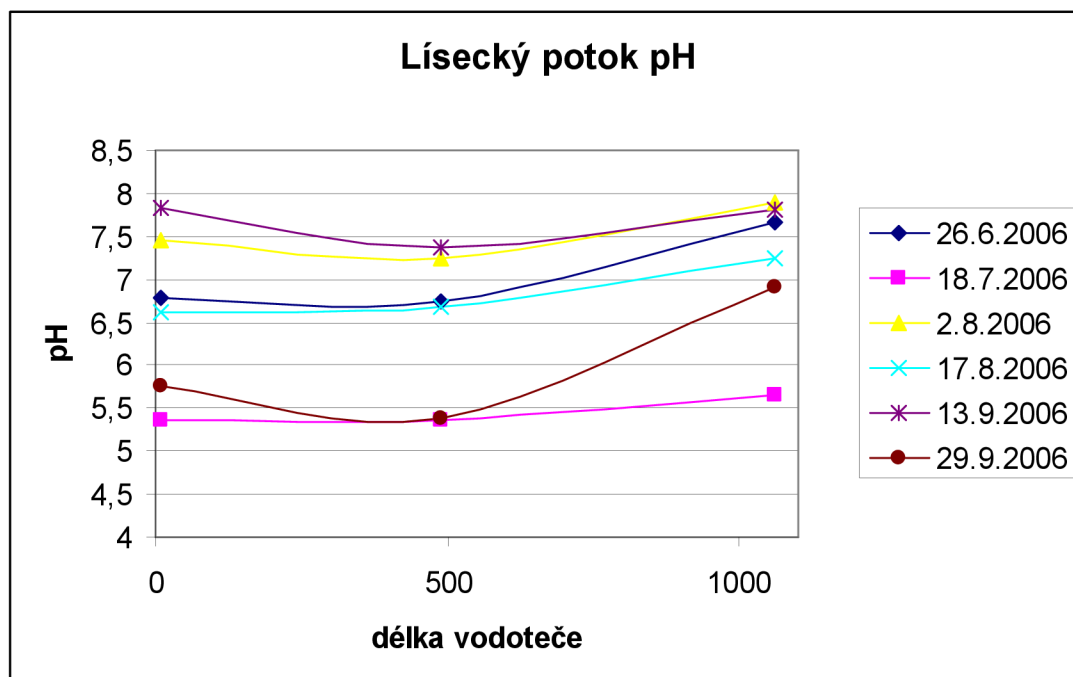
V období červenec – září je patrné zvýšení konduktivity v profilu Pramen (obr.8). Souvisí pravděpodobně se zemědělskou činností v oblasti nad pramenem.



Obr.8: Lísecký potok – konduktivita

7.1.3. pH

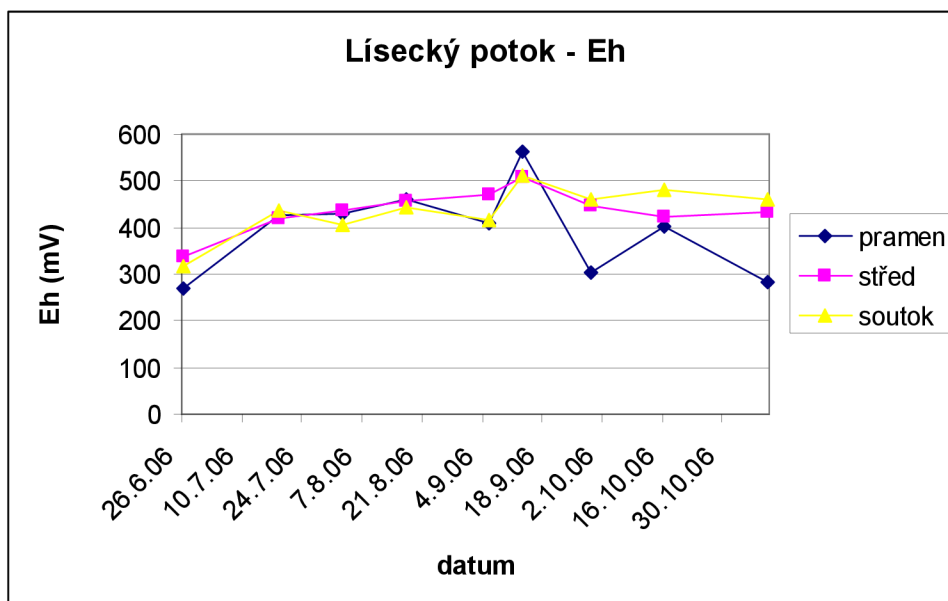
Hodnota pH je měřena v období 26.6. až 29.9.2006. Průměrná hodnota pH pro Lísecký potok je 6,76, pH je v horní části toku nižší, v dolní části bylo zaznamenáno jeho zvýšení (obr.9). Možnou příčinou by mohlo být to, že voda profilu Pramen je nedosycená vzhledem ke karbonátům v říčních sedimentech. Karbonáty se v takové vodě budou rozpouštět. Při jejich rozpuštění se spotřebovává H^+ a pH postupně roste.



Obr.9: Lísecký potok – pH

7.1.4. Eh

Eh se na Líseckém potoku během letních měsíců postupně zvyšuje a nejvyšších hodnot dosahuje přibližně v půlce září (obr.10). Poté se hodnota Eh postupně snižuje. Ve změně Eh v závislosti na délce toku nebyl pozorován žádný výrazný trend.



Obr.10: Lísecký potok – Eh

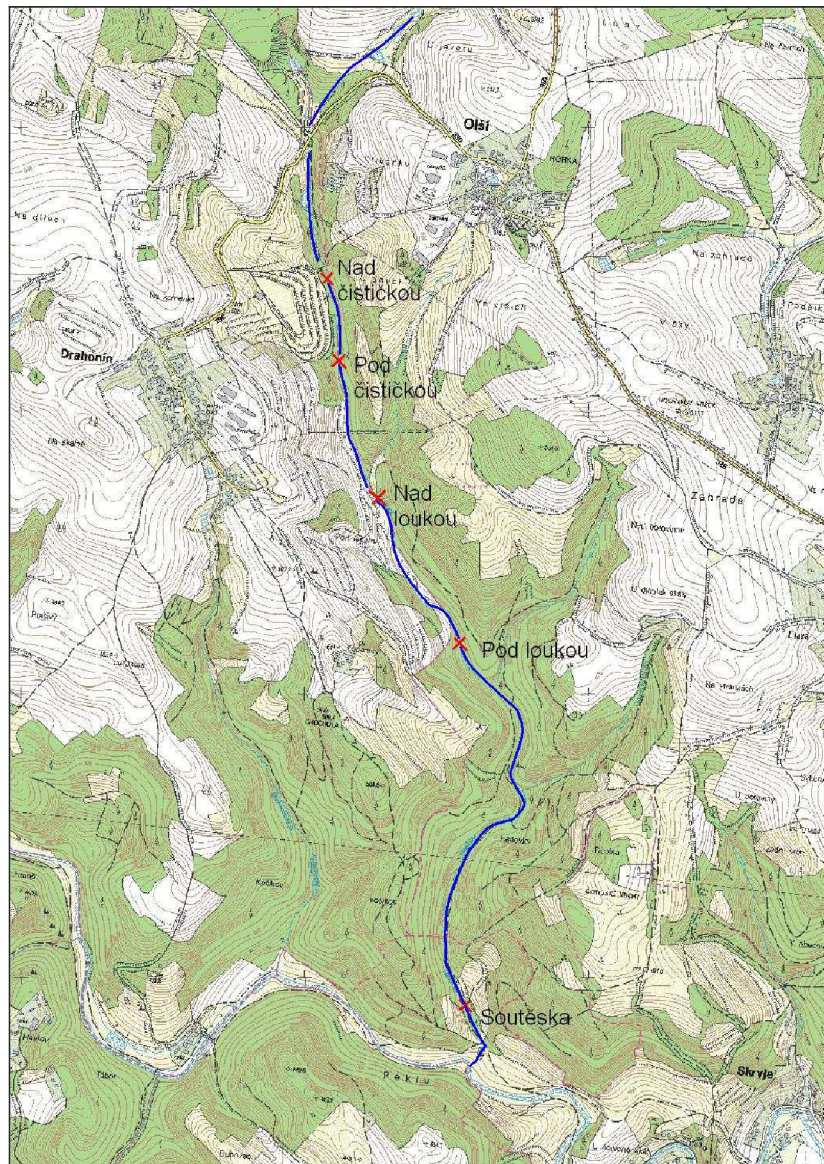
7.2. Hadůvka

Hadůvka se nachází u ložiska Olší a jsou do ní vypouštěny čištěné důlní vody z dekontaminační stanice. Na Hadůvce je 5 měřených bodů – Nad čističkou, Pod čističkou, Nad loukou, Pod loukou, Soutěska (obr.11).

Délka toku je 4,53 km a plocha povodí 5,96 km². Povodí je rozděleno na 5 dílčích částí (tab.1). Vegetační pokryv tvoří smíšené až jehličnaté lesy.

Tab.1: Plochy dílčích částí povodí Hadůvky

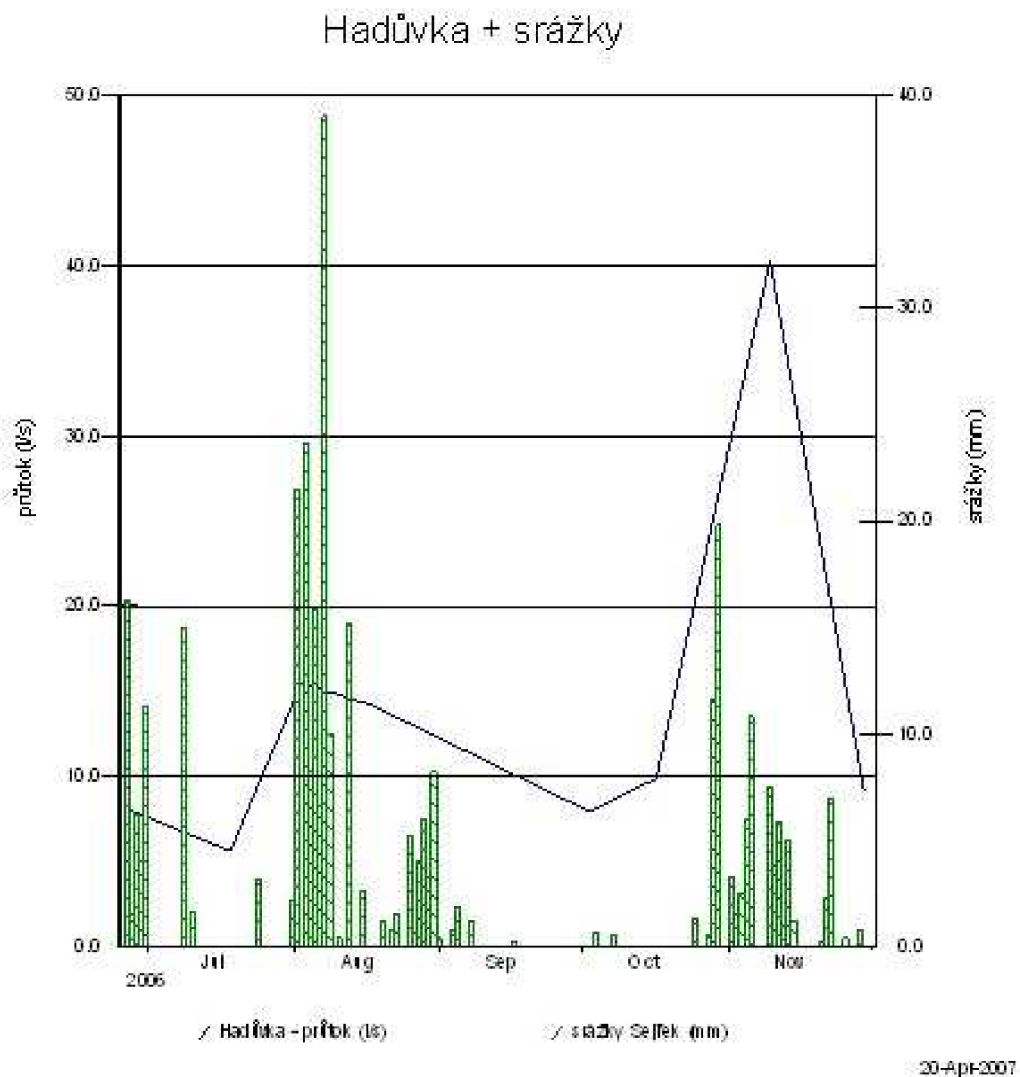
úsek	plocha (km ²)
Nad čističkou	1,9
Nad čističkou – Pod čističkou	0,3
Pod čističkou – Nad loukou	0,8
Nad loukou – Pod loukou	0,16
Pod loukou – Soutěska	2,8



Obr.11: Měřené body na toku Hadůvky

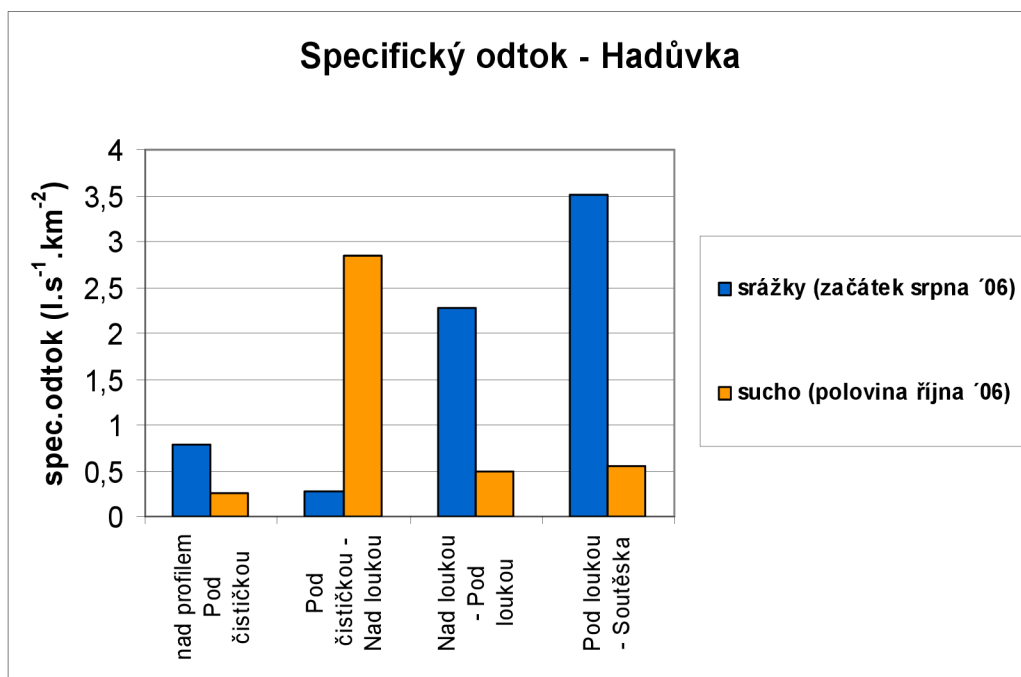
7.2.1. Doplnění zásob podzemní vody, potenciální a specifický odtok

Při srážkových událostech ze začátku srpna (obr.12) byl potenciální odtok $134\,882,9\text{ m}^3$ a doplnilo se $168\,603,6\text{ m}^3$ vody, což odpovídá 28,4mm vodního sloupce. Výška teoretického průměru zdvihu hladiny podzemních vod je 576mm. Hodnota efektivní filtrace do kolektoru je 19,8%.



Obr.12: Hydrogram Hadůvka + srážky

Specifický odtok z jednotlivých částí z období sucha a srážek je znázorněn na obr.13. Specifický odtok celého povodí je pro sušší období z poloviny října $0,91 \text{ l s}^{-1} \text{ km}^{-2}$, pro období srážek ze začátku srpna je $2,39 \text{ l s}^{-1} \text{ km}^{-2}$.

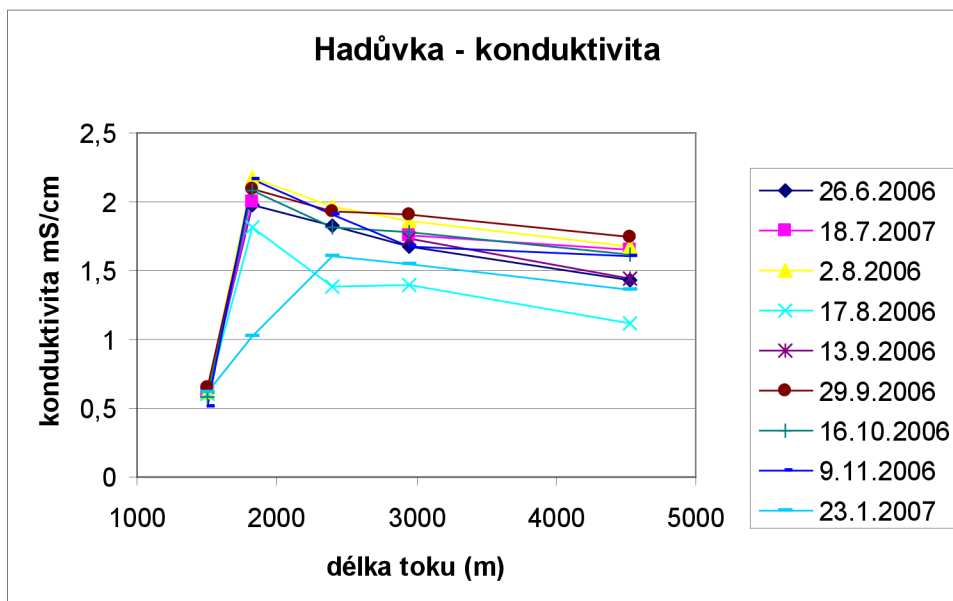


Obr.13: Specifický odtok - Hadůvka

7.2.2. *Konduktivita*

Na Hadůvce je hodnota konduktivity podzemní přitékající vody 843 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (viz kap.5.2.3). Zde se však při výpočtu zanedbávají povrchové přítoky, které výslednou hodnotu zkreslují. Pro srovnání pramen Starlet, který se nachází mezi profily Pod loukou a Soutěska, má průměrnou konduktivitu 1056 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

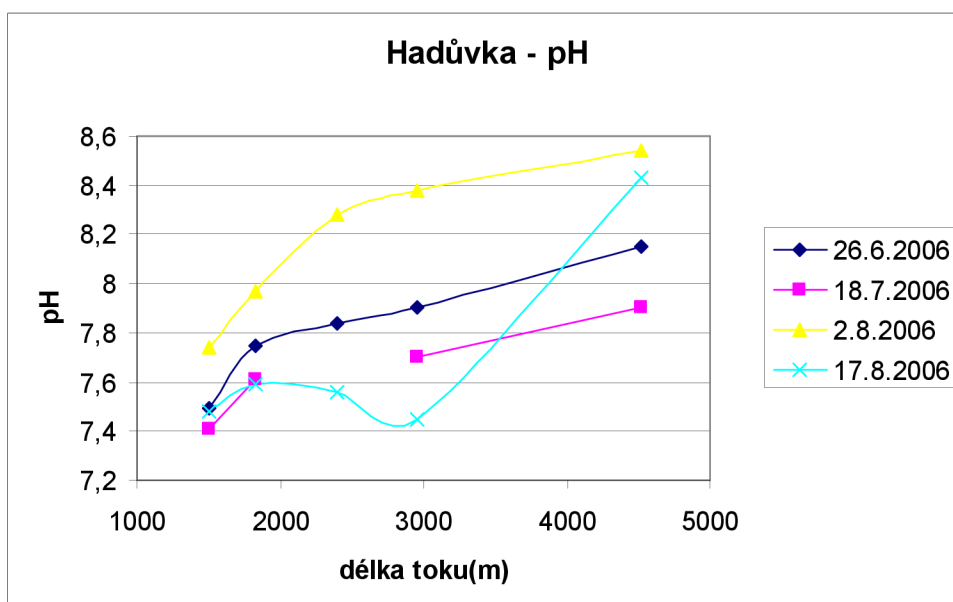
Konduktivita Nad čističkou a Pod čističkou je rozdílná téměř o 1316 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (obr.14). Je to způsobeno vodami čerpanými ze zavřeného dolu Olší, které obsahují zvýšené koncentrace rozpuštěných látek. Poté se konduktivita s délkou toku postupně snižuje.



Obr.14: Hadůvka – konduktivita

7.2.3. pH

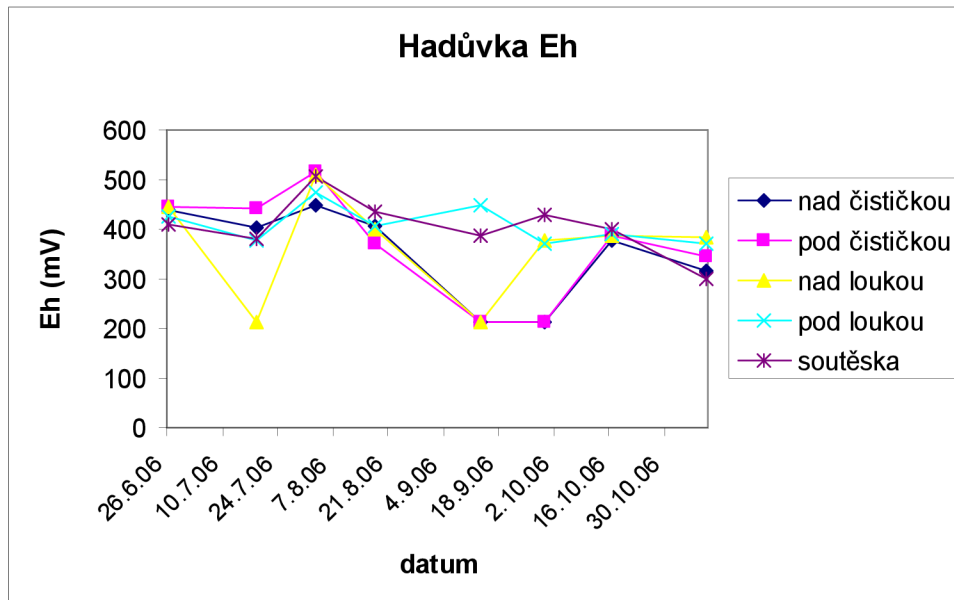
Průměrná hodnota pH se na Hadůvce pohybuje okolo 7,8 a pH se, podobně jako na Líseckém potoku, s délkou toku postupně zvyšuje (obr.15). Možnou příčinou může být rozpouštění karbonátů (viz kap.6.2. a 7.1.3.).



Obr.15: Hadůvka – pH

7.2.4. Eh

Na Hadůvce je patrné, stejně jako na Líseckém potoku, zvýšení Eh v letních měsících (obr.16). Přibližně od půlky srpna se Eh postupně snižuje.



Obr.16: Hadůvka - Eh

8. DISKUZE

Režim podzemních vod by se měl vyhodnocovat minimálně z dat z jednoho hydrologického roku, aby bylo možné zachytit všechny sezónní změny. Ideální pro vyhodnocení režimu podzemních vod jsou data z 3 – 5 let. Data v této práci pochází pouze z období 26.6. – 14.12.2006. Měření v současné době stále pokračují.

Naměřená data a spočítané výsledky slouží pouze jako orientační hodnoty. Pro přesnější výsledky by bylo třeba zkrátit interval mezi jednotlivými měřeními. I samotné měření pomocí stopovače má udávanou chybu ve stanovení průtoků až 10%. To znamená, že například vypočítaný průtok 5 l/s může být ve skutečnosti $5 \pm 0,5$ l/s. Eh a pH občas nebylo možné změřit kvůli nefunkčnosti přístroje – zvláště při extrémních klimatických podmínkách přístroj měřil nereálné hodnoty pH a Eh.

8.1.Lísecký potok

Vyšší konduktivita u pramene pravděpodobně souvisí se zemědělskou činností v horní části povodí. Voda s vyšší konduktivitou se směrem k soutoku míchá s podzemní vodou s nižší konduktivitou. To může být jedna z příčin toho, že konduktivita klesá se zvyšujícím se průtokem ve směru od pramene k soutoku. Další příčinou klesání konduktivity může být srážení látek – pravděpodobně karbonátů. Rostoucí hodnota pH však spíše ukazuje na jejich rozpouštění. Do jaké míry se srážení nebo rozpouštění karbonátů podílí na změnách chemických vlastností vod nelze určit, protože nemáme k dispozici chemické analýzy říčních sedimentů.

Specifický odtok je na Líseckém potoku v oblasti nad pramenem nižší než v dolních částech toku. Je to pravděpodobně způsobeno rozdílným vegetačním pokryvem – horní část toku tvoří pole a louky, zatímco spodní část povodí tvoří jehličnaté až smíšené lesy.

Pro doplnění zásob podzemních vod jsou na Líseckém potoku důležitější delší, i když méně intenzivní srážky než krátkodobé intenzivní.

8.2. Hadůvka

Na Hadůvce jsou naměřené hodnoty ovlivněny přítomností čističky důlních vod, která do toku vypouští značné množství vody s odlišnými vlastnostmi než je voda v Hadůvce.

Konduktivita od profilu Pod čističkou s délkou toku klesá, pH roste. Příčiny jsou podobné jako u Líseckého potoku.

Specifický odtok na Hadůvce roste s délkou toku. Výjimkou je úsek mezi profily Pod čističkou – Nad loukou. Zde je pravděpodobně buď špatně určena hranice dílčího povodí nebo do povodí přitéká voda z jiného dílčího povodí – např. po nějaké tektonické linii.

Na Hadůvce nebylo možné určit doplnění zásob po srážkových událostech pro méně intenzivní a delší srážky z přelomu srpna/září, protože nebylo možné z hydrogramu určit přímku vyprazdňování následující srážkové události.

Specifický odtok je na Líseckém potoku nižší než na Hadůvce. Voda z Líseckého potoku se pravděpodobně podílí na hlubokém oběhu podzemních vod.

9. ZÁVĚR

- na Líseckém potoce je v letních měsících patrné zvýšení konduktivity v profilu Pramen související se zemědělskou činností. Po jejím ukončení se konduktivita ve zbytku roku postupně snižuje.
- konduktivita má na obou tocích klesající trend ve směru pramen – soutok. Tento trend může souviset s mícháním vod s vyšší konduktivitou, způsobenou zemědělskou činností, s podzemními vodami s nižší konduktivitou. Další možností je srážení látek – pravděpodobně karbonátů. Na Hadůvce je patrné zvýšení konduktivity pod čističkou a nad čističkou v důsledku vypouštění více mineralizovaných důlních vod.
- pH se na obou tocích zvyšuje ve směru pramen - soutok
- Eh na obou tocích v letních měsících roste, přibližně od září je patrné jeho postupné snižování
- pro doplnění zásob podzemních vod mají na Líseckém potoce větší význam dlouhodobější a méně vydatné srážky než srážky intenzivní a kratší

10. LITERATURA

Faure, G. (1998): Principles and applications of geochemistry. Second edition — Prentice Hall. New Jersey

Kříbek, J. – Hájek, A. – Dobeš, P. – Filip, J. – Holeczy, D. – Jehlička, J. – Leichmann, J. – Ondruš, P. – Pašava, J. – Pudilová, M. – René, M. – Scharm, B. – Scharmová, M. – Sulovský, P. – Urban, O. – Veselovský, F. – Zimák, J. – Žák, K. (2005): Uranové ložisko Rožná – model pozdně variských a povariských mineralizací — Česká geologická služba. Praha

Kříž, V. – Kupčo, M. – Sochorec R. (1979): Měření průtoků — Státní nakladatelství technické literatury. Praha

Mísař, Z. – Dudek, A. – Havlena, V. – Weiss, J. (1983): Geologie ČSSR I. Český masiv – SPN. Praha

Myslil, V. – Dvořák, J. – Holánek, J. – Kněžek, M. – Michlíček, E. – Sukovitá, D. – Šebesta, J. – Štefek J. – Taraba, I. – Trefná, E. (1985): Vysvětlivky k základní hydrogeologické mapě ČSSR 1: 200 000 list 24 Brno — Ústřední ústav geologický. Praha

Pitter, P. (1999): Hydrochemie — VŠCHT. Praha

Schwartz, F.W. – Zhang, H. (2003): Fundamentals of Groundwater — John Wiley and Sons. New York

Svoboda, J. – Beneš, K. – Bernard, J. – Cícha, I. – Dornič, J. – Dvořák, Jaroslav – Dvořák, Josef – Havlena, V. – Horný, R. – Chaloupský, J. – Chlupáč, I. – Kalášek, J. – Kettner, R. – Malecha, A. – Mísař, Z. – Pacovská, E. – Petránek, J. – Řezáč, B. – Soukup, J. – Vodička, J. – Zoubek, V. – Zrůstek, V. (1962): Vysvětlivky k přehledné geologické mapě ČSSR 1:200 000 M-33-XXIII Česká Třebová — Geofond v Nakladatelství Československé akademie věd. Praha

Šrámek, O. – Kuchovský, T. (2003): Základy Hydrogeologie — Masarykova univerzita v Brně. Brno

Votruba, L. – Patera, A. (1983): Teplotní a zimní režim toků, nádrží a vodních děl — Academia. Praha

10. PŘÍLOHY

Seznam příloh:

Příloha 11.1. – Lísecký potok – tabulky Eh, konduktivita, průtok, pH

Příloha 11.2. – Hadůvka – tabulky Eh, konduktivita, průtok, pH

Příloha 11.3. – fotografie oblasti

Příloha 11.1. – Lísecký potok - tabulky

Datum	<i>Lísecký potok - Eh (mV)</i>		
	pramen	střed	soutok
26.6.2006	270	336	318
18.7.2006	427	418	437
2.8.2006	428	437	407
17.8.2006	460	457	442
5.9.2006	409	471	415
13.9.2006	563	509	510
29.9.2006	304	448	459
16.10.2006	401	422	482
9.11.2006	282	432	461

datum	<i>Lísecký potok-konduktivita ($\mu\text{S/cm}$)</i>		
	pramen	střed	soutok
26.6.2006	570	530	510
18.7.2007	673	520	516
2.8.2006	638	527	508
17.8.2006	773	448	480
5.9.2006	741	525	508
13.9.2006	518	530	526
29.9.2006	688	539	525
16.10.2006	645	508	514
9.11.2006	632	465	504

datum	Lísecký potok-průtok (l/s)		
	pramen	střed	soutok
26.6.2006	-	1,14	1,63
18.7.2006	0,29	0,42	0,67
2.8.2006	0,15	0,35	0,85
17.8.2006	0,36	1,16	2,03
5.9.2006	0,24	0,46	0,74
13.9.2006	0,37	0,5	2,42
29.9.2006	0,17	0,37	0,69
16.10.2006	0,12	0,31	0,57
9.11.2006	0,21	0,46	0,85
29.11.2006	0,18	0,41	0,78
14.12.2006	0,32	0,53	0,88

datum	Lísecký potok pH		
	pramen	střed	soutok
26.6.2006	6,78	6,74	7,67
18.7.2006	5,37	5,37	5,66
2.8.2006	7,45	7,25	7,9
17.8.2006	6,62	6,67	7,24
13.9.2006	7,84	7,36	7,81
29.9.2006	5,75	5,39	6,91

Příloha 11.2. – Hadůvka – tabulky

datum	Hadůvka – Eh (mV)				
	nahoře	pod čističkou	louka	cesta	soutěska
26.6.2006	439	445	446	425	410
18.7.2006	404	443	214	376	381
2.8.2006	448	516	510	473	506
17.8.2006	407	371	399	405	435
13.9.2006	214	214	214	447	386
29.9.2006	214	214	377	372	429
16.10.2006	377	387	388	389	400
9.11.2006	315	345	383	372	299

datum	Hadůvka - konduktivita (mS/cm)				
	nahoře	pod čističkou	louka	cesta	soutěska
26.6.2006	0,617	1,974	1,823	1,67	1,431
18.7.2007	0,603	2	-	1,752	1,65
2.8.2006	0,62	2,18	1,961	1,864	1,673
17.8.2006	0,599	1,814	1,387	1,392	1,113
13.9.2006	-	-	-	1,738	1,443
29.9.2006	0,647	2,09	1,928	1,903	1,749
16.10.2006	0,582	2,08	1,81	1,78	1,622
9.11.2006	0,51	2,16	1,908	1,679	1,61

datum	Hadůvka – průtok (l/s)				
	nahoře	pod čističkou	louka	cesta	soutěska
26.6.2006	1,63	3,23	5,31	5,38	8,11
4.7.2006	-	-	5,57	5,62	-
18.7.2006	0,52	5,99	-	1,84	5,62
2.8.2006	1,12	8,06	8,62	13,1	15,5
17.8.2006	2,32	6,6	6,82	7,5	14,17
2.10.2006	1,4	9,96	9,04	9,01	7,93
16.10.2006	0,76	6,72	9	8,85	9,9
9.11.2006	0,6	24,2	11,06	17,1	40,32
29.11.2006	1,46	5,12	7,55	7,96	9,06
14.12.2006	1,64	8,24	10,61	11,96	14,62

datum	Hadůvka - pH				
	nahoře	pod čističkou	louka	cesta	soutěska
26.6.2006	7,49	7,75	7,84	7,9	8,15
18.7.2006	7,41	7,61	-	7,7	7,9
2.8.2006	7,74	7,97	8,28	8,38	8,54
17.8.2006	7,48	7,59	7,56	7,45	8,43
13.9.2006	-	-		7,68	8,43

11.3. fotografie oblasti



Lísecký potok – pramen (foto autor)



Lísecký potok – před soutokem (foto autor)



Hadůvka – nad soutěskou (foto autor)



Rožínka - měření průtoku stopovačem (foto autor)