

Ing. Ladislav Blaha – Mostecká uhelná společnost, a.s., Most

Ing. Lubomíra Mejstříková, CSc. – Výzkumný ústav pro hnědé uhlí, a.s. Most

Zpracování dat o čerpání ryolitových vod statistickými metodami

Verarbeitung der Daten über die Entnahme von Rhyolith-Gewässer mittels statistischer Verfahren

Ab den 60. Jahren dieses Jahrhunderts wurde eine Reihe von Untersuchungen und Veränderungen des Regimes der Schöpfung der Rhyolith-Gewässer durchgeführt, die eine fortschreitende Destruktion der Thermalquellen im Badeort Teplice anhalten, oder zumindest begrenzen sollten. Ab 1967 bis jetzt werden regelmäßige Messungen des Verlaufes des Wasserspiegels, der Wassertemperatur und der entnommenen Rhyolith-Gewässer in den hydrogeologischen Hauptobjekten durchgeführt. Diese Daten wurden nur teilweise und nur qualitativ ausgewertet.

Das Ziel des vorliegenden Beitrages ist ein Bestreben zur Überprüfung der Beziehungen zwischen den gemessenen Komponenten mittels statistischer Verfahren im Zeitraum 1993-1998 mit einer Orientierung auf die Ermittlung des Einflusses der entnommenen Wassermenge und der gemessenen Höhe des Wasserspiegels an der Thermalurquelle, der Riesenquelle und an der Bohrung TP 28 auf die Wassertemperatur der Urquelle im Badeort Teplice.

Data processing of rhyolitic waters pumping through statistic methods

Since the 60's of this century, there has been put into effect a row of researches and changes relevant to regime of rhyolitic waters pumping that should have stopped or at least reduced continuing destruction of thermal waters in Teplice. Since 1967 till now, there still have been realized regular regime measures of surface run, water temperatures and pumped amount of rhyolitic waters in major hydrogeological objects. These particulars were evaluated in parts and from the view of quality only. The target of the submitted article is effort to

verify relations among measured components by using statistic methods for the period of 1993 – 1998, with concentration on investigating influence of pumped water quantity and measured values of elevation points in Pravřídlo, Obří pramen and the hole TP28 to the water temperature in Pravřídlo Teplice.

Обработка данных перекачивания риолитовых вод на основе статистических методов

С 60-ых годов 20-ого века был проведен ряд разведок и изменений режима перекачки риолитовых вод, с целью прекращения или же ограничения поступающей деструкции режима термального источника курорта Теплице. С 1967 г. до сих пор осуществляются систематические режимные измерения состояния уровня воды, температуры воды и перекачиваемых объемов риолитовых вод в главных гидрогеологических объектах. Оценка этих данных проводилась только частично и только по качеству.

Целью предлагаемой статьи является стремление к проверке статистическими методами соотношений между измеренными компонентами за период 1993 - 1998 гг. с направлением на исследование влияния количества перекачиваемой воды и величин отметок измеренных у Праисточника, Источника-Гиганта и буровой скважины TP 28 на температуру воды Праисточника Теплице.

Zpracování dat o čerpání ryolitových vod statistickými metodami

Od šedesátých let tohoto století byla provedena řada průzkumů a změn režimu čerpání ryolitových vod, které měly zastavit nebo alespoň omezit postupující destrukci

režimu teplické termy. Od roku 1967 až dosud se provádějí pravidelná režimová měření chodu hladin, teploty vody a čerpaných množství ryolitových vod v hlavních hydrogeologických objektech. Tyto údaje byly vyhodnocovány pouze částečně a jen kvalitativně.

Cílem předloženého článku je snaha o prověření vztahů mezi měřenými komponentami statistickými metodami za roky 1993-1998 se zaměřením na vyšetření vlivu množství čerpané vody a hodnot změřených kót na Pravřídle, Obřím prameni a vrtu TP 28 na teplotu vody Pravřídla v Teplicích.

1. Úvod do problematiky

O historii ryolitových vod, teplických terem, jejich geologii, hydrogeologii, balneologii a dalších souvislostech existuje velmi obsáhlá literatura. Proto jen několik stručných vět. Celý problém má počátek v závěru XIX. století. Doly v blízkosti Duchcova se při svém dolování dostaly do kontaktu s tělesem tzv. teplického ryolitu, který je prostoupen systémem zvodněných dutin. Do dolů pronikla voda, došlo k jejich zatopení a při tom se projevila do té doby netušená souvislost ryolitových vod na duchcovsku s termálními prameny, na nichž byly založeny lázně Teplice v Čechách. Následovalo období sporů mezi majiteli lázní a těžaři, které bylo ukončeno dohodou umožňující koexistenci obou zájmů, tedy dolování a lázeňství. Principem dohody bylo udržování snížené hladiny podzemních vod v celém zvodnělém systému. Snížená hladina je udržována dodnes, i když už ne v rozsahu, který byl původně dohodnut. S postupem času se začaly projevovat jak negativa historicky dohodnutého systému tak vlivy novějších zásahů. Bylo nutno řešit nejen drobné výkyvy teploty, ale i její dlouhodobý pozvolný pokles.

Nebývá zvykem v článcích tohoto druhu být osobní a používat osobních zájmen. Okolnosti vzniku studie, jejíž název je v nadpisu, mě však k tomu přímo vybízejí, takže se omlouvám všem, jimž se přičí „Ich forma“.

S tím, jak začala být dostupná PC technika, jsem, v souvislosti se svými pracovními povinnostmi na tehdejší státním podniku Doly Hlubina Litvínov, začal zpracovávat data o čerpání ryolitových vod archivovaných na měřicím bývalého Dolu Alexander v Hrdlovce. Postupem času tak vznikla poměrně rozsáhlá databáze údajů měsíčních průměrů nebo součtů v časové řadě od roku 1967. Z vyhodnocování vznikl značně obsáhlý „balík“ nejen čísel, ale i grafů, ve kterých jsem se pokoušel odhalit a zviditelnit souvislosti mezi jednotlivými měřenými prvky ryolitových vod. Pokud je mi známo, dosud jediné pokusy o vytvoření matematického modelu byly učiněny v souvislosti s průzkumnými pracemi pro uvažovaný lom Barbora, výsledky však nemám k dispozici, nemohu se proto jakkoli vyjádřit k jejich kvalitě či použitelnosti. Veškeré závěry jsou vztaženy pouze na vlastní údaje.

Zpracování objemného balíku dat s sebou nese nemalá rizika. Jedná se zde nejen o neúmyslné chyby typu překlepů, ale i o to, že se zpracovatel neubrání jisté podjatosti, jejíž míra je značně úměrná době zpracovávání datového souboru. Navíc od roku 1993 jsou k dispozici data o denních měřených hodnotách, takže objem údajů narůstá. Proto jsem uvítal možnost nezávislého zpracování dat o ryolitových vodách ve VÚHU v Mostě. Abych při tom minimalizoval možnost ovlivnění výstupu svojí podjatostí, dostala ode mne zpracovatelka „slepé“ údaje bez jakéhokoli vysvětlení s úkolem najít souvislosti. Za tuto bezohlednost bych se jí chtěl při této příležitosti omluvit. Při statistickém zpracování byla data označena zkratkami, pod kterými jsem zakryl

vyhodnocované údaje (viz následující tabulka). V článku je statistické zpracování, zejména grafické znázornění, uvedeno již se skutečným významem měřených komponent.

označení dat	skutečný význam
prastc	změřená teplota na typickém místě Pravřídla v Teplicích
prakota	změřená kóta hladiny na Pravřídle v Teplicích
studená	čerpané množství připadající na čerpadlo tzv. studené termy
teplá	čerpané množství připadající na čerpadlo tzv. teplé termy
TP28kota	změřená kóta hladiny na vrtu TP 28 v Teplicích
TP28m3	čerpané množství na vrtu TP 28 v Teplicích
OBRPm3	čerpané množství na čerpací stanici Obří pramen
OBRPkota	změřená kóta hladiny na čerpací stanici Obří pramen

Na systému ryolitových vod jsou denně sledovány Pravřídlo, Obří pramen a vrt TP28 (Pramen Hynie). Na těchto pozorovacích bodech je měřena teplota, čerpaná množství a kóta hladiny. Navíc na Pravřídle bylo donedávna sledováno i zvlášť množství připadající na čerpadlo tzv. studené a zvlášť množství připadající na čerpadlo tzv. teplé termy. Zvlášť bych chtěl upozornit na to, že teplota měřená na „typickém místě Pravřídla v Teplicích“ není zdaleka totožná s teplotou vody čerpané pro lázeňské účely. Toto „typické místo“ je tradovaným měřicím místem a není místem typicky charakterizujícím teplotu Pravřídla.

Cílem statistického zpracování bylo tedy prověření vzájemných vztahů mezi měřenými komponentami se zaměřením na vyšetření vlivu množství čerpané vody a hodnot změřených kót na Pravřídle, Obřím prameni a vrtu TP 28 na teplotu vody na typickém místě Pravřídla v Teplicích.

2. Statistické zpracování

2.1. Datový soubor

Datový soubor byl připraven z výsledků měření teploty Pravřídla, kóty hladiny Pravřídla, množství čerpané studené a teplé vody Pravřídla, kóty hladiny vrtu TP28 a množství čerpané vody vrtu TP28, kóty hladiny Obřího pramene a množství čerpané vody na Obřím prameni. Měření byla provedena jednou denně ve sledované oblasti v letech 1993-1998. Statistické zpracování dat bylo provedeno ve dvou variantách. V první variantě byla zpracována data denních měření. V druhé variantě bylo provedeno statistické zpracování středních bodových odhadů (klasických aritmetických průměrů) vypočtených z denních měření po jednotlivých týdnech. Statistické zpracování bylo provedeno pro jednotlivé roky 1993 - 1998 a souhrnně pro uvedené roky.

Při statistické analýze byly využity dvě metody programového systému ADSTAT 2.0, metoda jednorozměrných dat a regresní diagnostika.

2.2. Statistická analýza jednorozměrných dat

Metodou jednorozměrných dat byly testovány soubory jednotlivých měření po rocích a souhrnně a to v obou variantách. Při statistickém vyhodnocení dat se předpokládá, že jde o nezávislé, stejně rozdělené náhodné veličiny pocházející z normálního rozdělení. Pokud předpoklady o datech nejsou splněny, jejich analýza je složitější.

Základním předpokladem kvalitních výsledků je vzájemná nezávislost jednotlivých měření. V rámci tohoto testování byla *nezávislost zamítnuta téměř u všech souborů*. Pokud jsou prvky měření závislé, vzrůstá nebezpečí, že odhady budou systematicky vychýleny. Závislost měření je obvykle způsobena nestabilitou měřicího zařízení nebo změnou stavu měřicího zařízení, nekonstantností podmínek měření nebo nesprávným, nenáhodným výběrem vzorků k měření. Odhalení závislosti v datech, která jsou výsledkem měření, vyžaduje obecně prověření celého procesu měření a sběru dat.

2.3. Regresní diagnostika

Regresní diagnostikou programového systému ADSTAT 2.0 metodou vícerozměrných lineárních modelů bylo provedeno hledání závislosti mezi teplotou vody na Pravřídle a ostatními měřenými veličinami.

Přehled testovaných veličin:

závisle proměnná:

y teplota Pravřídla

nezávisle proměnné:

x1 - kóta Pravřídla

x2 - množství čerpané studené vody Pravřídla

x3 - množství čerpané teplé vody Pravřídla

x4 - kóta vrtu TP28

x5 - množství čerpané vody z vrtu TP28

x6 - množství čerpané vody na Obřím prameni

x7 - kóta Obřího pramene

2.3.1 Regresní diagnostika denních měření

Na základě zjištěné závislosti vstupních dat jednorozměrnou analýzou bylo možné očekávat zhoršení statistických charakteristik odhadů a ne příliš příznivé výsledky testování regresního tripletu (data+model+metoda).

Ve výstupu statistického software byly vypočteny párové korelační koeficienty vysvětlujících proměnných *x1* až *x7* vzhledem k vysvětlované proměnné *y* a párové korelační koeficienty mezi dvojicemi vysvětlujících proměnných. V tab. 1 nad jednotkovou diagonálou je uveden přehled korelačních koeficientů denních měření pro souhrnné zpracování za roky 1993-1998. Pod diagonálou jsou pro porovnání uvedeny párové korelační koeficienty středních bodových odhadů týdenních měření (diskuse viz

následující kapitola). Z tabulky je zřejmé, že výraznější závislost byla zjištěna pouze mezi teplotou Pravidla a čerpáním vody na vrtu TP28, dále mezi kótou Pravidla a kótou vrtu TP28.

Při testování regresního tripletu vícerozměrného lineárního modelu byl u všech souborů (pro jednotlivé roky i pro souhrnný datový soubor 1993-1998) významný F-test, kdy navržený model lze považovat za významný, z dalších testů byla zjištěna příznivá pouze statistika M, která je využita pro identifikaci multikolinearity. Mezi základní příčiny vzniku multikolinearity patří, když přeurčený regresní model obsahuje nadměrný počet vysvětlujících proměnných, které vyjadřují stejné základní faktory.

Ostatní testy byly ve většině případů negativní. U všech souborů byla provedena identifikace vlivných bodů pomocí diagnostických grafů a Jackknife kritéria a další výpočty byly provedeny bez nich. Ani při dalším zpracování se vypuštění vlivných bodů neprojevovalo, nepodařilo se většinou odstranit heteroskedasticitu (nekonstantnost rozptylu) ani nenormalitu reziduí. U všech souborů se nepodařilo odstranit ani autokorelaci reziduí a ani jejich trend při znaménkovém testu.

Heteroskedasticita je průvodním jevem řady měřených dat a může indikovat nesprávnost v datech. Nenormalita i heteroskedasticita bývá nejčastěji způsobena přítomností vlivných bodů, ale může i indikovat nevhodnost dat. Při autokorelaci nejsou chyby vzájemně nezávislé, ale korelují. Autokorelace nastává tehdy, jestliže jsou pozorování neboli měření závislá, pak jsou i chyby vzájemně závislé. Znaménkový test se využívá k ověření vhodnosti navrženého modelu s ohledem na analyzovaná data. Negativní výsledky testování regresního tripletu jsou ovlivněny závěry při ověřování předpokladu nezávislosti prvků výběru metodou jednorozměrných dat.

V tab. 2 jsou uvedeny vícenásobné korelační koeficienty R , koeficienty determinace R^2 (čtverec vícenásobného korelačního koeficientu) a predikované korelační koeficienty R_p^2 pro soubory dat jednotlivých roků a pro soubor dat zpracované pro roky 1993-1998 souhrnně. Tyto koeficienty charakterizují těsnost proložení dat vyčíslenými regresními modely.

Tab. 2: Korelační koeficienty vícerozměrné lineární regrese

Rok	Denní měření			Týdenní měření		
	R	R^2	R_p^2	R	R^2	R_p^2
1993-1998	0.843	0.711	0.841	0.918	0.843	0.914
1993	0.511	0.261	0.467	0.718	0.516	0.540
1994	0.868	0.754	0.860	0.981	0.963	0.971
1995	0.713	0.509	0.699	0.941	0.886	0.910
1996	0.874	0.765	0.000	0.961	0.924	0.941
1997	0.739	0.546	0.715	0.877	0.770	0.815
1998	0.720	0.518	0.704	0.891	0.795	0.842

2.3.2. Regresní diagnostika týdenních měření

Statistické zpracování souborů středních bodových odhadů vypočtených z měření za jednotlivé týdny bylo provedeno stejným způsobem jako u denních měření, tj. pro jednotlivé roky 1993, 1994, 1995, 1996, 1997 a 1998 zvlášť a pak souhrnně.

Ve výstupu statistického software byly vypočteny párové korelační koeficienty vysvětlujících proměnných x_1 až x_7 vzhledem k vysvětlované proměnné y a párové

korelační koeficienty mezi dvojicemi vysvětlujících proměnných. V tab. 1 pod jednotkovou diagonálou je uveden přehled korelačních koeficientů denních měření pro souhrnné zpracování za roky 1993-1998. Z tabulky je patrné zlepšení, ale i zhoršení některých párových korelačních koeficientů pro soubor dat týdenních měření ve srovnání s párovými korelačními koeficienty denních měření, které jsou uvedeny nad jednotkovou diagonálou.

U všech sedmi testovaných souborů nebyla multikolinearita indikována, až na soubor z roku 1993 a 1996, kdy byla i vždy u dvou proměnných překročena faktorů VIF. Číslo podmíněnosti K nebylo překročeno ani v jednom případě.

Při testování regresního tripletu bylo zpracováním týdenních měření zaznamenáno zlepšení statistických testů. U všech sedmi souborů potvrdil Fisher-Snedecorův test významnosti regrese, F významnost navrženého modelu. Scottovo kritérium multikolinearity, M je menší než 0.8, není tedy nutné navrhovat jiný model. U všech souborů vyjma souboru z roku 1998 byla prokázána homoskedasticita Cook-Weisberbovým testem, Sf . Normalita reziduí Jarque-Berraovým testem normality reziduí, L byla rovněž prokázána u většiny souborů vyjma souhrnného souboru za všechny roky 1993-1998. Trend v reziduích nebyl znaménkovým testem, Dt zjištěn u tří souborů, z roku 1994, 1996 a 1997.

Zcela negativní jsou pouze závěry Waldova testu autokorelace, Wa , kterým bylo zjištěno, že rezidua jsou u všech testovaných souborů autokorelována. Jak již bylo zmíněno, autokorelace nastává, jsou-li pozorování neboli měření závislá, pak jsou i chyby vzájemně závislé.

Na základě vyčíslených odhadů parametrů a jejich směrodatných odchylek byly sestaveny vícerozměrné lineární regresní modely. Korelační koeficienty těchto vícerozměrných regresí jsou uvedeny v tab. 2. Z tabulky je zřejmé zlepšení statistických charakteristik týdenních měření ve srovnání s charakteristikami denních měření.

Rok 1993-1998:

$$y = 9.9624E+01(\pm 2.0483E+01) + 3.5857E-01(\pm 5.9082E-02)x_1 - 3.1809E-03(\pm 3.2077E-04)x_2 - 2.1535E-03(\pm 2.0693E-04)x_3 - 4.1530E-03(\pm 2.5944E-04)x_5 - 3.4501E-04(\pm 3.9812E-05)x_6 - 6.6938E-01(\pm 8.2660E-02)x_7$$

Rok 1993:

$$y = 2.7623E-01(\pm 5.4983E-02)x_4$$

Rok 1994:

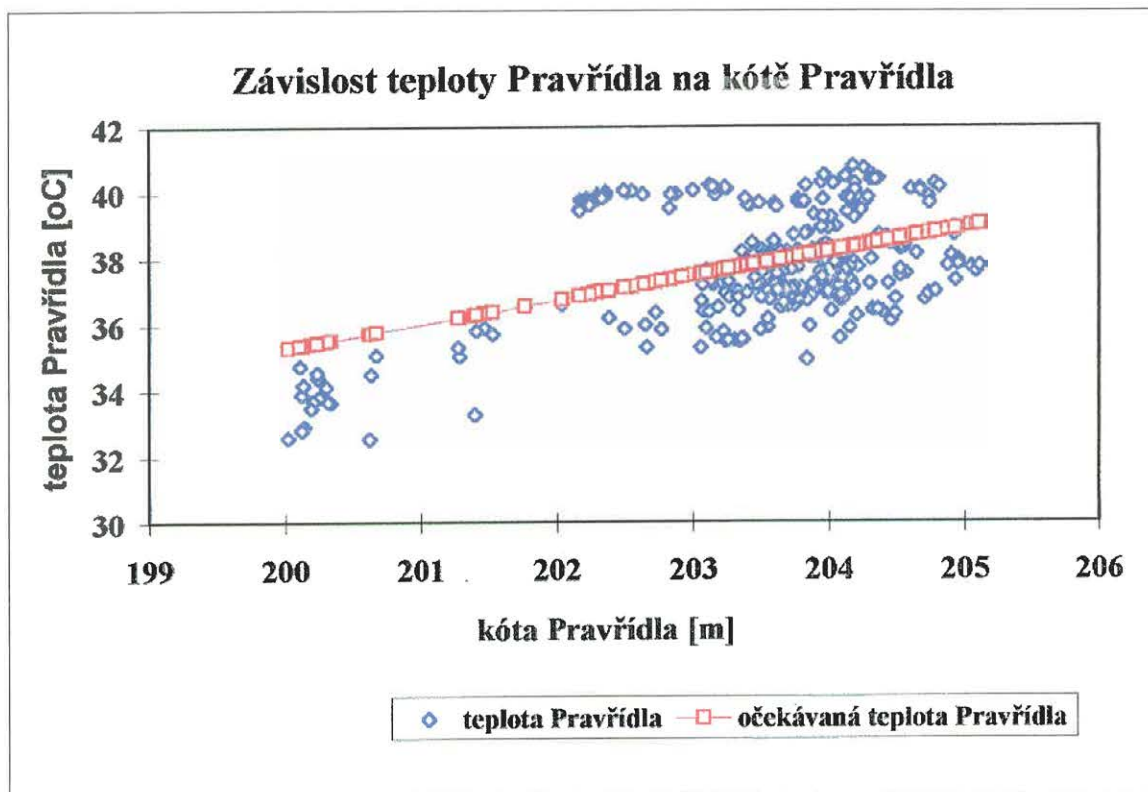
$$y = -3.7872E-03(\pm 1.2559E-03)x_2 - 2.6899E-03(\pm 2.3877E-04)x_3 - 5.3916E-01(\pm 7.1387E-02)x_4 + 150227E-00(\pm 1.6486E-01)x_7$$

Rok 1995:

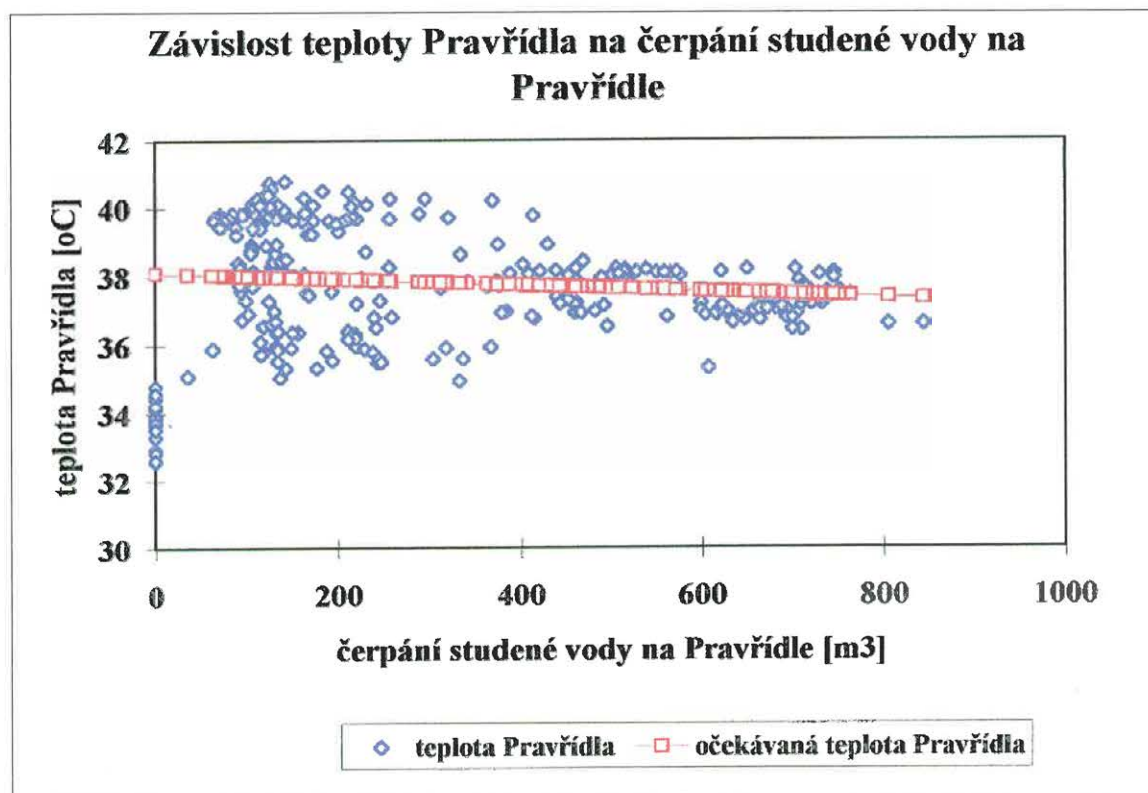
$$y = -3.0937E+02(\pm 5.2158E+01) + 1.3144E+00(\pm 2.6340E-01)x_1 - 3.4247E-03(\pm 3.7813E-04)x_3 - 1.8074E-03(\pm 5.1174E-04)x_5 - 2.2357E-04(\pm 6.7327E-05)x_6$$

Rok 1996:

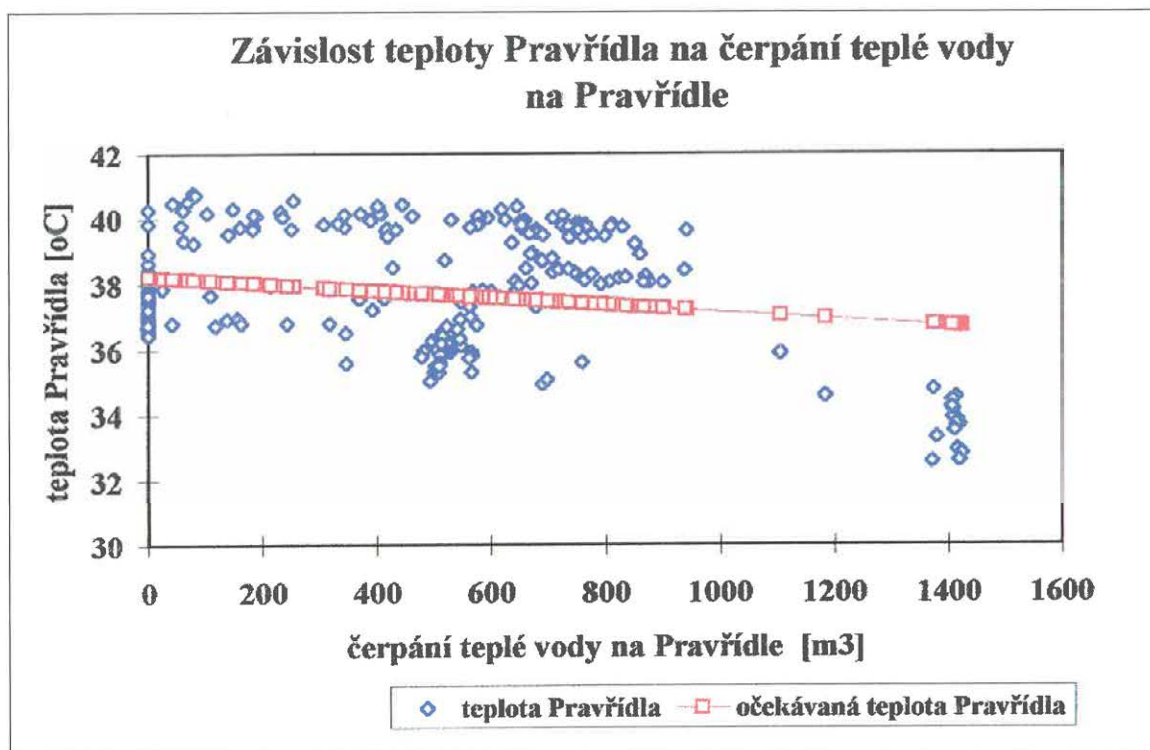
$$y = 5.6582E-01(\pm 1.4357E-01)x_1 - 3.6838E-03(\pm 1.0214E-03)x_2 - 2.3662E-03(\pm 4.0916E-04)x_3 - 6.4929E-01(\pm 1.4170E-01)x_4 - 2.0193E-03(\pm 6.1877E-04)x_5$$



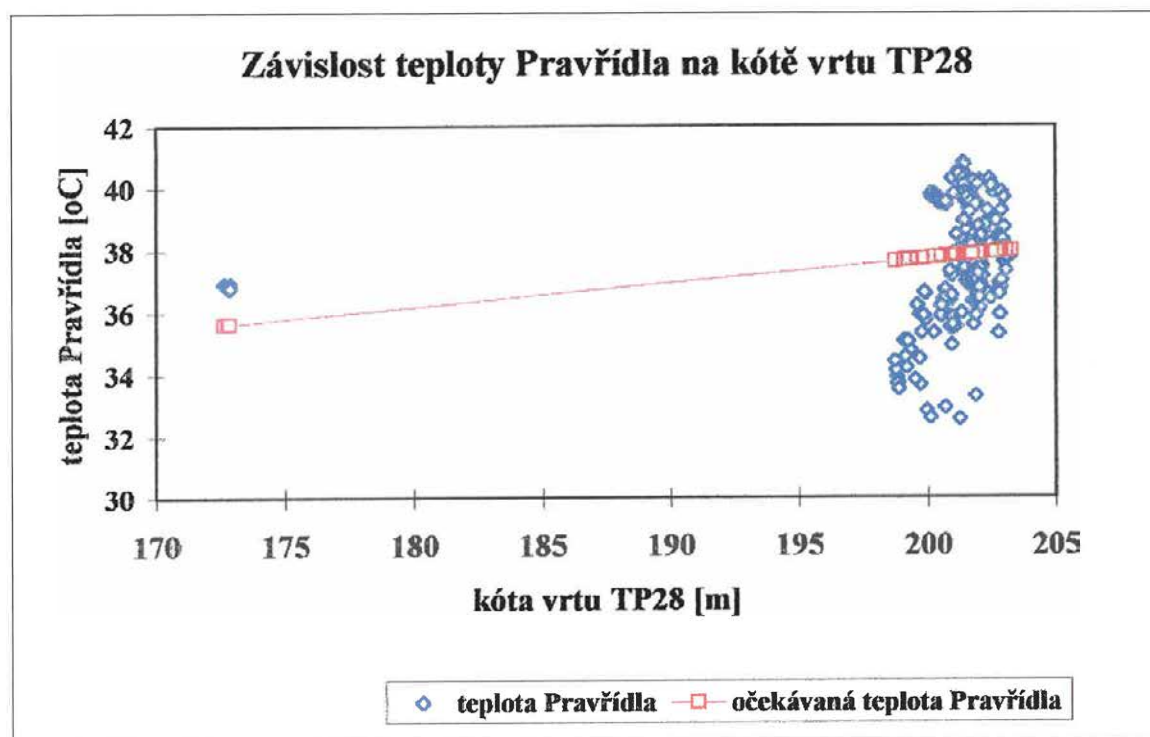
Obr. 1



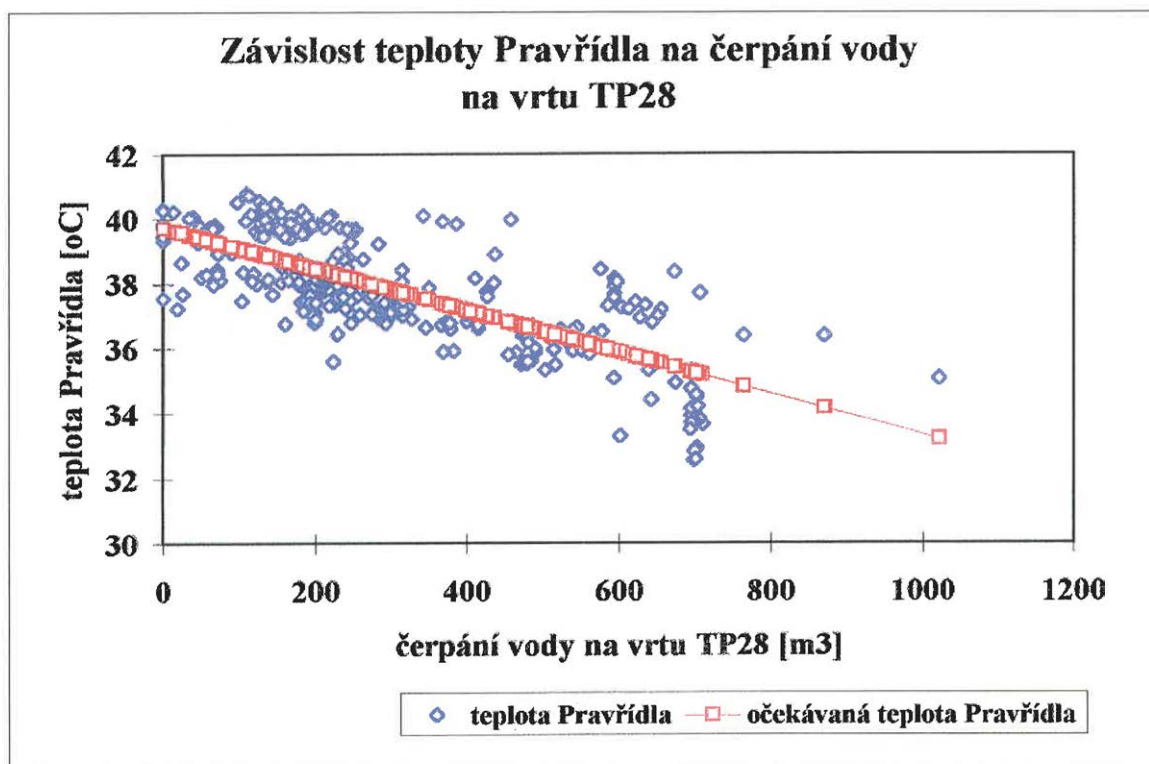
Obr. 2



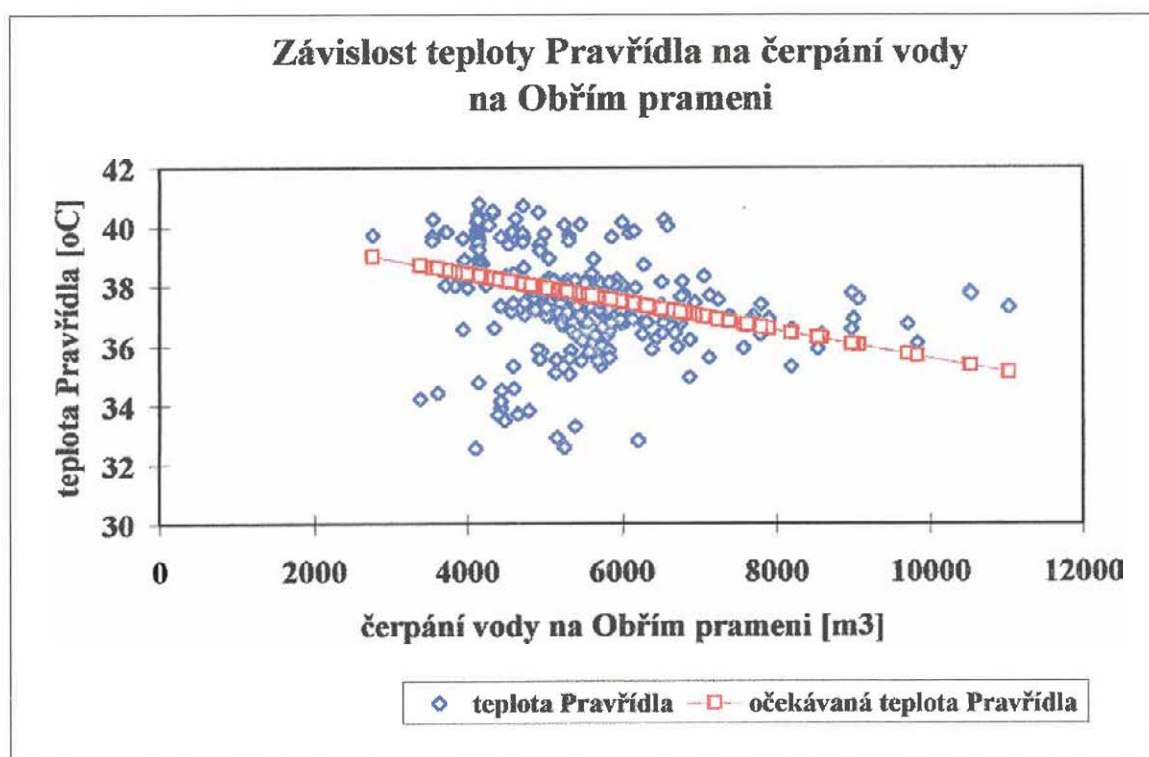
Obr. 3



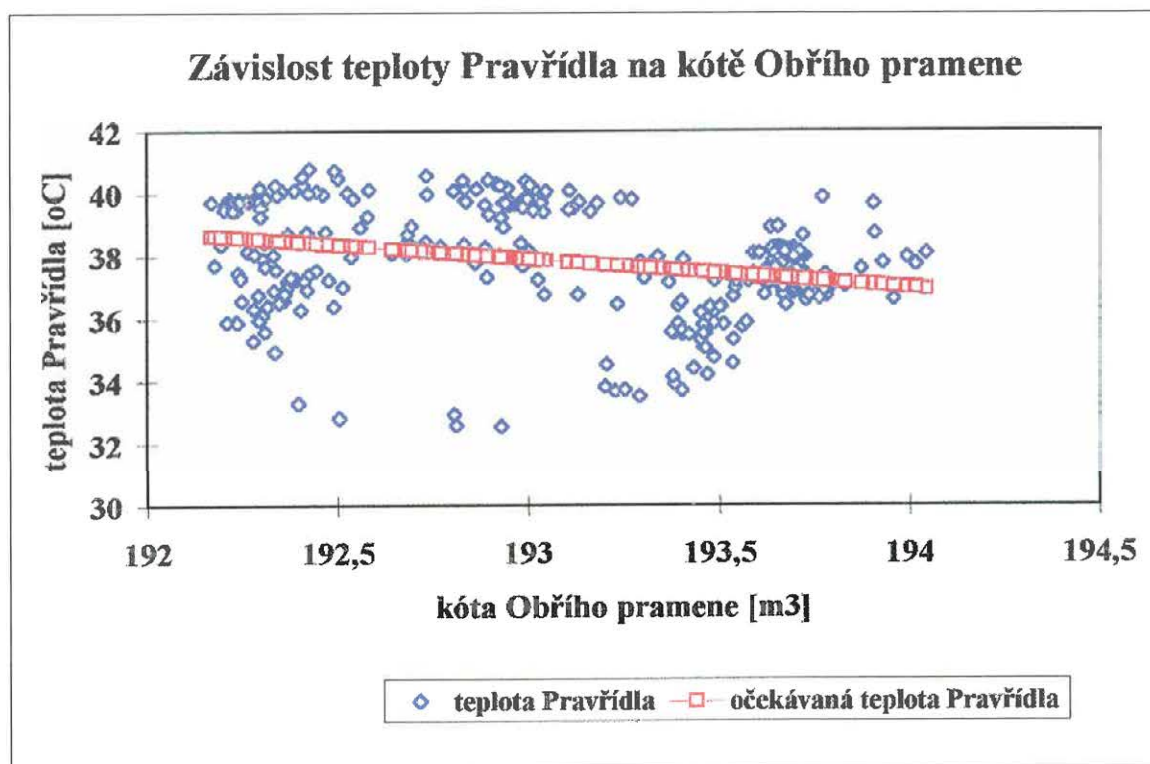
Obr. 4



Obr. 5



Obr. 6



Obr. 7

1993-1998	prastc	prakota	studená	teplá	TP28kota	TP28m3	OBRPm3	OBRPkota
prastc	1.0000	0.4486	-0.1569	-0.2027	0.3491	-0.7296	-0.2893	-0.3490
prakota	0.4656	1.0000	0.3003	-0.4939	0.7999	-0.3789	0.2604	0.5777
studená	-0.1355	0.3294	1.0000	-0.7167	0.2900	0.0569	0.1870	0.4501
teplá	-0.2203	-0.5583	-0.8166	1.0000	-0.3441	0.2248	-0.0888	-0.3016
TP28kota	0.1616	0.2009	0.0166	-0.0331	1.0000	-0.3242	0.2325	-0.0488
TP28m3	-0.7851	-0.4362	-0.0310	0.2053	-0.1616	1.0000	0.2651	0.1134
OBRPm3	-0.3621	0.3650	0.2438	-0.2324	-0.0175	0.3107	1.0000	0.0267
OBRPkota	-0.3368	0.0560	0.5071	-0.3432	-0.1221	0.0625	0.1332	1.0000

Tab. 1 Párové korelační koeficienty denních měření (nad jednotkou diagonálou) a středních bodových odhadů vypočtených z měření za jednotlivé týdny (pod jednotkovou diagonálou)

Rok 1997:

$$y = 2.4817E+02(\pm 6.4806E+01) - 9.2668E-04(\pm 3.0100E-04)x_2 - 1.5629E-03(\pm 5.4065E-04)x_3 - 1.9685E-03(\pm 4.1584E-04)x_5 - 9.7568E-05(\pm 4.6168E-05)x_6 - 1.0720E+00(\pm 3.1421E-01)x_7$$

Rok 1998:

$$y = 5.1111E+02(\pm 1.0481E+02) - 1.0126E+00(\pm 2.1872E-01)x_1 - 9.0689E-01(\pm 3.2858E-01)x_3 - 6.8020E-03(\pm 1.2868E-03)x_4$$

3. Závěr

Statistické zpracování denních měření nevedlo k příliš příznivým výsledkům, nejen z hlediska velikosti hodnot korelačních koeficientů, ale zejména při testování regresního tripletu, tj. testování vhodnosti dat, modelu a metody pro statistické zpracování. Rovněž párové korelační koeficienty u týdenních měření nepřinesly výraznější pozitivní změny, i když grafické znázornění na obr. 1-7 naznačuje určité závislosti.

Na obr. 1-7 je provedeno grafické znázornění závislosti teploty Pravřídla na ostatních měřených veličinách pro týdenní průměrné hodnoty souhrnně pro roky 1993-1998. Z obr. 1 je vizuálně patrné, že s rostoucí kótou Pravřídla roste i jeho teplota. Na obr. 2 je znázorněna závislost mezi teplotou Pravřídla a čerpanou studenou vodou Pravřídla a na dalším obr. 3 je znázorněna závislost mezi teplotou Pravřídla a čerpanou teplou vodou, kde je patrná závislost, že zejména s množstvím čerpané teplé vody klesá teplota Pravřídla. Na obr. 4 je graficky znázorněna závislost teploty Pravřídla na kótě vrtu TP28. Tato závislost se jeví jako neprokazatelná. Závislost mezi teplotou Pravřídla a čerpáním vody z vrtu TP28 na obr. 5 patří mezi nejvíce prokazatelné a je zřejmé, že teplota klesá se stoupajícím množstvím čerpané vody na vrtu TP28. Regresní závislosti na obr. 6 a 7 znázorňují vliv čerpání vody a kóty Obřího pramene na teplotu Pravřídla.

Významné závislosti byly nalezeny u vícerozměrných lineárních regresních modelů všech souborů zpracovaných do středních bodových odhadů po týdnech, vyjma souboru z roku 1993 (viz tab. 2).

Nejméně příznivé výsledky statistického zpracování, jak z hlediska korelačních koeficientů, tak i z hlediska závěrů testování regresního tripletu, byly zjištěny u souboru dat z roku 1993 a nejpříznivější z roku 1994 a dále pak i v roce 1997 a 1996.

Na základě provedení regresní diagnostiky pro vícerozměrné modely lze určit významnost nezávisle proměnných x_1 až x_7 ve vztahu k teplotě Pravřídla v jednotlivých letech a souhrnně pro roky 1993-1998. V tabulce 3 je uveden přehled významných parametrů pro jednotlivé roky a je zřejmé, že na teplotu Pravřídla mají do jisté míry vliv všechny sledované veličiny, jak množství čerpání vody na Pravřídle, na vrtu TP28 a Obřím prameni, tak i jejich kóta.

Tab. 3: Přehled významných parametrů v jednotlivých vícerozměrných regresních lineárních modelech

Rok	Parametr
1993 – 1998	x1, x2, x3, x5, x6, x7
1993	x4
1994	x2, x3, x4, x7
1995	x1, x3, x5, x6
1996	x1, x2, x3, x4, x5
1997	x2, x3, x5, x6, x7
1998 *)	x1, x3, x4

*) V roce 1998 bylo čerpání teplé vody na Pravřídle nulové, takže nezávisle proměnná x3 je vypuštěna a označení ostatních nezávisle proměnných se posouvá následujícím způsobem:

x1 - kóta Pravřídla

x2 - množství čerpané studené vody Pravřídla

x3 - kóta vrtu TP28

x4 - množství čerpané vody z vrtu TP28

x5 - množství čerpané vody na Obřím prameni

x6 - kóta Obřího pramene

Je nutné podotknout, že vliv jednotlivých sledovaných veličin na teplotu Pravřídla se projevuje v jednotlivých letech různě. Jak bylo dokumentováno vícerozměrnými regresními modely, účinky jednotlivých měřených veličin se sčítají a rovněž nejsou ve všech rocích stejné.

Literatura:

- 1) Meistríková, I. (1999): Zpracování dat o čerpání ryolitových vod statistickými metodami. Odborný posudek. VÚHU, a.s. Most
- 2) Meloun, M.-Militký, J. (1994): Statistické zpracování experimentálních dat. Edice PLUS, Praha.