



OPERAČNÍ PROGRAM  
ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ



EVROPSKÁ UNIE  
Evropský fond pro regionální rozvoj

Pro vodu,  
vzduch a přírodu

# Rebilance zásob podzemních vod

## ZÁVĚREČNÁ ZPRÁVA

Příloha č. 2/48

### Stanovení zásob podzemních vod

#### Hydrogeologický rajon **6133 – Teplický ryolit**

Editor: RNDr. Jiří Burda

Předkládá: Mgr. Zdeněk Venera, Ph.D.,

ředitel ČGS

Česká geologická služba

2016



ČESKÁ  
GEOLOGICKÁ  
SLUŽBA

Ministerstvo životního prostředí



# Rebilance zásob podzemních vod

## ZÁVĚREČNÁ ZPRÁVA

---

Příloha č. 2/48

### Stanovení zásob podzemních vod

---

#### Hydrogeologický rajon **6133 – Teplický ryolit**

Editor: RNDr. Jiří Burda

Předkládá: Mgr. Zdeněk Venera, Ph.D.,

ředitel ČGS

Česká geologická služba

2016

## Řešitel

### Česká geologická služba

**Adresa:** Klárov 131, 11821 Praha 1

**IČO, DIČ:** 00025798; CZ00025798;

**Zastoupen:** Mgr. Zdeněk Venera, Ph.D.; ředitel

**Vedoucí projektu:** RNDr. Petr Mixa

**Zodpovědný řešitel geologických prací:** RNDr. Renáta Kadlecová (odborná způsobilost v oboru hydrogeologie a environmentální geologie č. 1877/2004)

**Editor zprávy za hydrogeologický rajon:** RNDr. Jiří Burda

**Řešitelský kolektiv ČGS:** Doc. RNDr. Jiří Bruthans, Ph.D.; RNDr. Jiří Burda; Ing. František Bůzek, CSc.; RNDr. Renáta Kadlecová; Ing. Lucie Kondrová, Ph.D.; Mgr. Iva Kůrková; RNDr. Bedřich Mlčoch; Mgr. Vladislav Rapprich; RNDr. Zuzana Skácelová.

**Technické práce ČGS:** Ladislav Ambrozek a Mgr. Anna Trubačová.

## Spolupracující organizace

### Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, v.v.i.

**Adresa:** Podbabská 30, 160 00 Praha 6

**IČO, DIČ:** 00020711, CZ00020711

**Zastoupen:** Mgr. Marek Rieder, ředitel

**Vedoucí řešitel:** Doc. RNDr. Zbyněk Hrkal, CSc.; Ing. Ladislav Kašpárek CSc.

**Řešitelský kolektiv:** Ing. Adam Beran; RNDr. Josef Datel, Ph.D.; Ing. Martin Hanel, Ph.D.; RNDr. Tomáš Hrdinka Ph.D.; RNDr. Vratislav Nakládal; RNDr. Eva Novotná; Ing. Martina Peláková; RNDr. Hana Prchalová; Mgr. David Rozman; RNDr. Zbyněk Vencelides, PhD.

**OBSAH**

ZAVEDENÉ ZKRATKY A POJMY .....	9
ÚVOD .....	11
1. ZÁKLADNÍ ÚDAJE .....	11
2. VYMEZENÍ RAJONU .....	12
3. VSTUPNÍ INFORMACE .....	13
3.1. Geologická prozkoumanost .....	13
3.1.1. Práce prováděné v rámci projektu .....	16
3.2. Hydrogeologická prozkoumanost .....	18
4. CHARAKTERISTIKA RAJONU .....	25
4.1. Geologická stavba a charakteristika jednotek .....	25
4.1.1. Stratigrafie a litologie .....	25
4.1.2. Strukturní stavba .....	33
4.2. Hydrologie (srážko – odtokový vztak) .....	40
4.3. Hydrogeologie .....	46
4.4. Hydrochemie .....	69
4.5. Geochemický model .....	77
4.6. Odběry podzemních vod a vypouštění odpadních vod .....	79
5. KONCEPČNÍ HYDROGEOLOGICKÝ MODEL .....	82
6. MODELOVÉ VÝPOČTY ZÁSOb PODZEMNÍCH VOD .....	89
6.1. Hydrologický model .....	89
6.1.1. Dotace podzemních vod .....	89
6.1.2. Posouzení možných dopadů změn klimatu .....	99
6.2. Hydraulický model proudění podzemní vody .....	101
7. KVALITATIVNÍ STAV ÚTVARŮ PODZEMNÍCH VOD .....	102
7.1. Úpravárenská hlediska využití podzemních vod .....	102
7.2. Vývoj kvality podzemní vody .....	106
8. OCHRANA PŘÍRODNÍCH EKOSYSTÉMŮ .....	108
9. STŘETY ZÁJMU .....	116
10. PŘÍRODNÍ ZDROJE A VYUŽITELNÉ MNOŽSTVÍ PODZEMNÍCH VOD .....	119
10.1. Výsledky ocenění přírodních zdrojů podzemních vod, .....	122
10.2. Disponibilní množství podzemních vod .....	123
11. ZÁVĚR .....	129
12. VÝBĚR LITERATURY .....	130

**SEZNAM OBRÁZKŮ**

Obrázek 2-1. Situace hydrogeologického rajonu 6133 .....	12
Obrázek 3-1 Přehled litologických typů teplického ryolitu podle Eisenreicha a Jeřábka (1978).....	15
Obrázek 3-2. Geometrie altenbersko-teplické kaldery .....	16
Obrázek 3-3. Opěrné vrty, na jejich archivovaných jádrech byly prováděny nové petrofyzikální a geochemické analýzy. ....	18
Obrázek 3-4 Hydrogeologická vrtná prozkoumanost .....	20
Obrázek 4-1 Skalní výchozy teplického ryolitu (typ Pramenáč) v krušnohorské části tělesa .....	25
Obrázek 4-2 Terénní in-situ měření obsahů radioaktivních prvků přenosným gama-spektrometrem. ....	27
Obrázek 4-3 Fragment devitifikovaného skla deformovaný mezi krystaly křemene a draselného živce .....	28
Obrázek 4-4 Srovnání petrofyzikálních vlastností hornin ve vrtu Mi-4 v závislosti na hloubce dokládá význam proměnlivého stupně spékání ignimbritů na porozitu teplického ryolitu. ....	29
Obrázek 4-5 Hydrogeologické vlastnosti teplického ryolitu včetně pozice hydrogeologického rozvodí .....	31
Obrázek 4-6 Geologická mapa.....	32
Obrázek 4-7 Dlouho zažitá představa struktury výplně altenbersko-teplické kaldery .....	34
Obrázek 4-8 Ideová představa struktury výplně altenbersko-teplické kaldery na základě nových dat .....	34
Obrázek 4-9 Indicie tektonických linií ze satelitních radarových dat v oblasti rajonu 6133,.....	35
Obrázek 4-10 Gamaspektrometrie .....	36
Obrázek 4-11 Chemické složení hornin schönfeldského komplexu. ....	38
Obrázek 4-12 Chemické složení hornin teplického ryolitu:.....	39
Obrázek 4-13: Digitální model terénu území rajonu Teplického ryolitu .....	40
Obrázek 4-14: Hypsografická křivka území hydrogeologického rajonu Teplický ryolitu .....	41
Obrázek 4-15: Podélný profil Bíliny a jejích přítoků.....	41
Obrázek 4-16 roční úhrny srážek ve stanicích HGR 6133 .....	42
Obrázek 4-17 Pozice srážkoměrných stanic.....	43
Obrázek 4-18 Výškopis	Obrázek 4-19 Průměrné roční srážkové úhrny (1981-2010).....
Obrázek 4-20 Graf režimního měření hladiny podzemní vody ve vrtu 6133_A Košťany .....	45
Obrázek 4-21 Konceptuální hydrogeologický model podél řezu napříč tělesem teplického ryolitu.....	48
Obrázek 4-22 Vývoj hladin na Pravřídle a dole Döllinger .....	57
Obrázek 4-23 Hladiny Pravřídla a Obřího pramene v letech 1967-2014 .....	59
Obrázek 4-24 Mapa původních teplických termálních pramenů.....	64
Obrázek 4-25 Souhrnný krabicový graf základních hydrochemických složek .....	69
Obrázek 4-26 Piperův graf.....	70
Obrázek 4-27 Plošné rozdělení obsahu celkových rozpuštěných látek pro rajon 6133.....	71
Obrázek 4-28 Chemický typ podzemní vody v teplickém ryolitu (a kolektoru A) .....	75
Obrázek 4-29 Hydrochemický typ a celková mineralizace podzemní vody v teplickém ryolitu (a kolektoru A) .	76

Obrázek 4-30 místo odběru freonů a $^{14}\text{C}$ v HGR 6133 .....	78
Obrázek 4-31 Přehledná lokalizace odběrných objektů .....	80
Obrázek 4-32 Vývoj odběrů podzemní vody v HGR 6133 od roku 1979 do roku 2012.....	80
Obrázek 4-33 Přehledná lokalizace lokalizovaných vypouštění odpadních vod.....	81
Obrázek 5-1 Konceptní model teplického ryolitu .....	83
Obrázek 5-2 Závislost hloubky vrtu teplického ryolitu na indexu Y .....	85
Obrázek 5-3 Závislost hloubky vrtu krušnohorského krystalinika na indexu Y .....	85
Obrázek 5-4 Rozdělení transmisivity kolektoru přípovrchové zóny teplického ryolitu a okolního krystalinika ..	86
Obrázek 5-5 Kolísání hladin na vrtu ČHMÚ .....	88
Obrázek 6-1 Lokalizace zájmové oblasti s polohou relevantních vodoměrných stanic VÚV a ČHMÚ .....	90
Obrázek 6-2 Souhrnné užívání vod v dílčích povodích. ....	90
Obrázek 6-3 Obrázek 6-4 Pozorovaný a modelovaný odtok povodí Bystřicea Sviní potok .....	91
Obrázek 6-5 HGR 6133. Základní odtok .....	92
Obrázek 6-6, Obrázek 6-7 Povodí Bystřice. Povodí Sviní potok. Základní odtok .....	92
Obrázek 6-8 HGR. Modelovaná dotace podzemních vod.....	93
Obrázek 6-9, Obrázek 6-10 Povodí Bystřice. Povodí Sviní potok. Modelovaná dotace podzemních vod .....	93
Obrázek 6-11 Pravděpodobnostní pole – základní odtok .....	94
Obrázek 6-12 Pravděpodobnostní pole – dotace podzemní vody. ....	94
Obrázek 6-13 Čára překročení měsíčního základního odtoku.....	95
Obrázek 6-14 Čára překročení měsíční dotace podzemní vody .....	95
Obrázek 6-15 Vývoj průměrných ročních srážek.....	97
Obrázek 6-16 Vývoj průměrné roční teploty. ....	97
Obrázek 6-17 Vývoj aktuální evapotranspirace (odhad z modelu BILAN). ....	97
Obrázek 6-18 Vývoj průměrného ročního odtoku (odhad z modelu BILAN). ....	98
Obrázek 6-19 Vývoj průměrné roční dotace zásob podzemní vody (odhad z modelu BILAN). ....	98
Obrázek 6-20 Vývoj průměrného ročního základního odtoku (odhad z modelu BILAN). ....	98
Obrázek 6-21 Měsíční změny srážek a teploty vzduchu .....	100
Obrázek 6-22 Měsíční změny základního odtoku, dotace zásob podzemní vody a odtoku .....	100
Obrázek 7-1 Upravitelnost podzemní vody kolektoru teplického ryolitu .....	104
Obrázek 7-2 Upravitelnost podzemní vody přípovrchové zóny včetně indikace znečištění .....	105
Obrázek 7-3 Lokalizace objektů s časovými řadami chemických analýz podzemní vody .....	106
Obrázek 7-4. Časové řady s proloženými regresními přímkami koncentrací iontů a celkové mineralizace .....	106
Obrázek 8-1 Biotopy s vazbou na vodu v HGR 6133 .....	108
Obrázek 8-2 Doubravská hora .....	110
Obrázek 8-3 Háj u Oseka. Informační tabule.....	111
Obrázek 8-4 Skály na úbočí přírodní památky Husův vrch .....	112

Obrázek 8-5 Rašeliniště U jezera - Cínovecké rašeliniště na podzim 2014 .....	113
Obrázek 8-6 Východní Krušnohoří .....	114
Obrázek 9-1 Rozsah evidovaných uzavřených a netěžených ložisek v HGR 6133 .....	116
Obrázek 9-2 mapa potenciálních zdrojů znečištění .....	117
Obrázek 10-1 Čára překročení základního odtoku .....	119
Obrázek 10-2. Analýza minim základního odtoku .....	120
Obrázek 10-3 Graf teploty a čerpaného množství termálních podzemních vod ze šachty Pravřídla .....	126
Obrázek 10-4 Graf celkového čerpaného množství termálních ryolitových vod .....	127
Obrázek 10-5 Situace rajonu 6133 a nového průzkumného vrtu 6133_A .....	128

## SEZNAM TABULEK

Tabulka 1-1 Základní údaje o hydrogeologickém rajonu 6133 .....	11
Tabulka 3-1. Přehled hlavních pramenů teplé oblasti před průvalem na dolu Döllinger .....	13
Tabulka 3-2 Přehled nových vrtů vyhloubených v rámci projektu .....	17
Tabulka 3-3 Hydrogeologická vrtná prozkoumanost v databázi ČGS .....	20
Tabulka 3-4 Vrtý s režimním pozorováním .....	20
Tabulka 3-5 Soupis vrtů, které byly dále používány .....	21
Tabulka 3-6 Přehled hydrogeologických vrtů a jejich základních výsledků vyhloubených v rámci projektu .....	22
Tabulka 3-7 Základní litostratigrafická rozhraní průzkumného vrtu 6133_1A .....	22
Tabulka 4-1 Geochemická data z nově odebraných vzorků .....	37
Tabulka 4-2 Základní údaje o srážkách a teplotách ze staršího období .....	42
Tabulka 4-3 Základní údaje o srážkoměrných stanicích .....	42
Tabulka 4-4 Vývoj srážkových úhrnů .....	43
Tabulka 4-5 Vývoj teploty .....	44
Tabulka 4-6 Charakteristiky vybraných toků .....	44
Tabulka 4-7 Indexy transmisivity Y v ryolitu a porfýru na území Krušných hor .....	50
Tabulka 4-8 Původní teplé termální prameny .....	54
Tabulka 4-9 Teploty teplých pramenů před a po průvalech .....	55
Tabulka 4-10 Ryolitové vody čerpané z teplých termálních pramenů a v duchcovské oblasti .....	56
Tabulka 4-11 Zvyšování úrovně hladin po roce 2000 .....	56
Tabulka 4-12 Čerpání na Obřím prameni .....	57
Tabulka 4-13 Čerpání ze šachty Pravřídla .....	58
Tabulka 4-14 Čerpání ze zdroje Hynie (vrt TP-28) .....	58
Tabulka 4-15 Indexy transmisivity Y a propustnosti Z na území SHP .....	63



Tabulka 4-16 Transmisivity na území ryolitu, Krušných hor a krystalinika dle starších prací .....	63
Tabulka 4-17 Průměrné roční teploty v letech 1960 – 2000 na pramenech .....	66
Tabulka 4-18 Teplota Pravřídla měřená v tradičním místě 1 m pod hladinou .....	67
Tabulka 4-19 Chemické rozborů teplických termálních pramenů . .....	67
Tabulka 4-20 Změny chemismu Pravřídla .....	68
Tabulka 4-21 Statistický přehled výsledků vybraných hydrochemických složek .....	71
Tabulka 4-22 Počet relevantních analýz podzemní vody v HGR 6133.....	74
Tabulka 4-23 Koncentrace freonů a SF <sub>6</sub> .....	77
Tabulka 4-24 Rozsah středních dob zdržení .....	77
Tabulka 4-25 Výsledky stanovení aktivity <sup>14</sup> C v podzemních vodách.....	78
Tabulka 4-26 Přehled lokalizovaných odběrných objektů .....	79
Tabulka 4-27 Přehled lokalizovaných vypouštění odpadních vod.....	81
Tabulka 5-1 Popisná statistika indexu Y v HGR 6133 ve srovnání s hodnotami v okolní přípovrchové zóně krušnohorského krystalinika .....	86
Tabulka 5-2 Přehled objektů ČHMÚ s časovými řadami pozorování hladiny podzemí vody .....	87
Tabulka 5-3 Statistické údaje, charakterizující režim podzemních vod. ....	87
Tabulka 5-4 Základní charakteristiky nových vrtů doporučených k pozorování .....	88
Tabulka 6-1 Přehled povodí – základní charakteristiky a dostupná data .....	89
Tabulka 6-2 Míra ovlivnění průtoků ve vodoměrných.....	90
Tabulka 6-3 Shrnutí hydrologické bilance (1981-2010) .....	96
Tabulka 6-4 Shrnutí hydrologické bilance (2001-2010). ....	96
Tabulka 6-5 Stanovení přírodních zdrojů podzemních vod.....	96
Tabulka 6-6 Vývoj odtoku (odhad z modelu BILAN) .....	99
Tabulka 6-7 Vývoj aktuální evapotranspirace (odhad z modelu BILAN) .....	99
Tabulka 6-8 Vývoj dotace zásob podzemní vody (odhad z modelu BILAN) .....	99
Tabulka 6-9 Vývoj základního odtoku (odhad z modelu BILAN). ....	99
Tabulka 7-1. Kategorie upravitelnosti dle vyhlášky č. 120/2011 Sb.....	102
Tabulka 7-2 Počet analýz podzemní vody v HGR 4640 .....	103
Tabulka 7-3. Přehled objektů s časovými řadami chemických analýz podzemní vody .....	106
Tabulka 8-1 Seznam maloplošných zvláště chráněných území v HGR 6133 .....	109
Tabulka 8-2 Seznam evropsky významných lokalit a ptačích oblastí v HGR 6133.....	109
Tabulka 9-1 Chemický stav pracovní jednotky.....	118
Tabulka 10-1 Přírodní charakteristiky.....	119
Tabulka 10-2 Přírodní zdroje a využitelné množství podzemní vody pro mělký kolektor v l/s.....	120
Tabulka 10-3 Hodnota přírodních zdrojů mělkého kolektoru ryolitu pro období 1981-2010.....	122
Tabulka 10-4 Souhrnný přehled.....	122

Tabulka 10-5 Podíl terem na celkových přírodních zdrojích podzemních vod v HGR 6133.....	127
Tabulka 10-6 Navržený monitorovací objekt v HGR 6133 .....	127

## ZAVEDENÉ ZKRATKY A POJMY

- AOPK** Agentura ochrany přírody a krajiny ČR
- B** separovaný základní odtok (mm/měsíc)
- BF** modelovaný základní odtok (mm/měsíc)
- BFI** baseflow index – poměr základního odtoku k celkovému
- CO** celkový odtok
- ČGS** Česká geologická služba
- ČHMÚ** Český hydrometeorologický ústav
- ČKP** česká křídová pánev
- ČOV** čistírna odpadních vod
- ČR** Česká republika
- ČÚZK** Český úřad zeměměřický a katastrální
- GDO, Klíč GDO** jedinečné identifikační číslo objektu v archivu ČGS
- Geofond** archiv ČGS
- GIS** geografický informační systém
- HGR** hydrogeologický rajon je území s obdobnými hydrogeologickými poměry, typem zvodnění a oběhem podzemní vody ve smyslu zákona č. 254/2001 Sb., ve znění pozdějších předpisů a vyhláška č. 5/2011 Sb. Hodnocení stavu povrchových a podzemních vod slouží k zajišťování podkladů pro výkon veřejné správy podle vodního zákona, plánování v oblasti vod a k poskytování informací veřejnosti. Provádí se podle povodí povrchových vod a hydrogeologických rajonů podzemních vod (§ 21 vodního zákona).
- hpv** hladina podzemních vod
- ID** identifikační číslo
- IG** inženýrskogeologický
- KKZ** Komise pro klasifikaci zásob ložisek nerostných surovin se subkomisí pro klasifikaci zásob podzemních vod
- Kolektor podzemních vod** horninové prostředí, jehož propustnost je ve srovnání s bezprostředně sousedícím horninovým prostředím natolik větší, že gravitační voda se jím může pohybovat mnohem snadněji za jinak stejných hydraulických podmínek (ČSN 75 0110 Vodní hospodářství - Terminologie hydrologie a hydrogeologie).
- MZe** Ministerstvo zemědělství České republiky
- MŽP** Ministerstvo životního prostředí České republiky
- P** měsíční srážkový úhrn (mm/měsíc)
- PO** podzemní odtok
- podnik Povodí** Povodí Labe, s.p.; Povodí Moravy, s.p.; Povodí Odry, s.p.; Povodí Ohře, s.p.; Povodí Vltavy, s.p.;

**PPP** měření postupných profilových průtoků III. etapová zpráva projektu „Rebilance zásob podzemních vod“

**PPZ** připovrchová zóna

**Přírodní zdroje podzemní vody** (přírodní obnovitelné zdroje podzemní vody) - množství vody za přírodních poměrů dlouhodobě doplňované infiltrací do hydrogeologického kolektoru nebo zvodněného systému (příloha č. 8 k vyhlášce č. 369/2004 Sb., ve znění pozdějších předpisů).

**R** měsíční odtoková výška pozorovaná (mm/měsíc)

**RC** dotace zásob podzemních vod (mm/měsíc, l/s/km<sup>2</sup>)

**RM** měsíční odtoková výška modelovaná (mm/měsíc)

**RCM** regionální klimatické modely

**SEKM** Systém evidence kontaminovaných míst

**SHR; SHP** severočeský hnědouhelný revír; severočeská hnědouhelná pánev

**T** teplota

**TDS** celková mineralizace (total dissolved solids)

**Útvar podzemní vody** je vymezené soustředění podzemní vody v příslušném kolektoru nebo kolektorech (§2 odst. 7 vodního zákona).

**Vodní bilance** sestává z hydrologické bilance a vodohospodářské bilance. Hydrologická bilance porovnává přírůstky a úbytky vody a změny vodních zásob povodí, území nebo vodního útvaru za daný časový interval. Vodohospodářská bilance porovnává požadavky na odběry povrchové a podzemní vody a vypouštění odpadních vod s využitelnou kapacitou vodních zdrojů z hledisek množství a jakosti vody a jejich ekologického stavu (§ 22 odst. 1 vodního zákona).

**Vodní útvar** je vymezené významné soustředění povrchových nebo podzemních vod v určitém prostředí charakterizované společnou formou jejich výskytu nebo společnými vlastnostmi vod a znaky hydrologického režimu. Vodní útvary se člení na útvary povrchových vod a útvary podzemních vod (§ 2 odst. 3 vodního zákona).

**VÚV, VÚV TGM** Výzkumný ústav Vodohospodářský T. G. Masaryka, v.v.i.

**Využitelné množství podzemních vod** je množství podzemní vody, které je možné racionálně využívat z hydrogeologického kolektoru nebo zvodněného systému, aniž nastane negativní ovlivnění podzemních vod anebo okolního životního prostředí (příloha č. 8 vyhlášky č. 369/2004 Sb., ve znění pozdějších předpisů).

**Zdroje podzemních vod** jsou dynamickou (obnovitelnou) složkou podzemních vod, vyjádřenou v jednotkách objemového průtoku (objem za jednotku času). Sestávají z přírodních, indukovaných a umělých zdrojů podzemní vody (příloha č. 8 vyhlášky č. 369/2004 Sb., ve znění pozdějších předpisů).

**ZO** základní odtok

**ŽP** životní prostředí

## ÚVOD

Cílem projektu Rebilance zásob podzemních vod financovaného Státním fondem životního prostředí v rámci Operačního programu Životní prostředí - prioritní osa 6 bylo s využitím dostupných standardních i moderních metodických postupů a technologií přehodnotit přírodní zdroje podzemních vod a jejich disponibilního množství v rozsahu hodnoceného hydrogeologického rajonu dle vyhlášky č. 5/2011 Sb. (o vymezení hydrogeologických rajonů a útvarů podzemních vod, způsobu hodnocení stavu podzemních vod a náležitostech programů zjišťování a hodnocení stavu podzemních vod), včetně stanovení podmínek využitelnosti podzemních vod při respektování ochrany podzemních vod a chráněných terestrických ekosystémů vázaných na podzemní vody v příslušném rajonu.

Současně při řešení projektu proběhla kontrola proudových systémů podzemních vod a stávajících hranic hodnoceného rajonu jako bilančního celku ve smyslu zákona č. 254/2001 Sb. (o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon), ve znění pozdějších předpisů), na základě výsledků provedených prací.

Obsah zprávy za hodnocený rajon vychází z přílohy č. 7 vyhlášky č. 369/2004 Sb. (o projektování, provádění a vyhodnocování geologických prací, oznamování rizikových geofaktorů a o postupu při výpočtu zásob výhradních ložisek), s tím rozdílem, že obsahuje jen nezbytné shrnutí použitých metodických postupů. Kompletní metodické postupy použité při řešení projektu jsou uvedeny ve všeobecné části závěrečné zprávy za projekt. Závěrečné zprávy za každý hodnocený rajon jsou přílohami výše uvedené všeobecné části zprávy.

S ohledem na fakt, že přírodní zdroje podzemních vod jsou dynamickou složkou proměnnou v čase, byla nahrazena po odsouhlasení zástupci MŽP a AOPK příloha č. 8 vyhlášky č. 369/2004 Sb. „Průvodním listem“, který zahrnuje ve stručné formě všechny podstatné informace o hodnoceném rajonu.

## 1. ZÁKLADNÍ ÚDAJE

**Tabulka 1-1 Základní údaje o hydrogeologickém rajonu 6133**

(heis.vuv.cz)

ID hydrogeologického rajonu:	6133
Název hydrogeologického rajonu:	Teplický ryolít
ID útvaru:	61330
Název útvaru:	Teplický ryolít
Plocha, km <sup>2</sup> :	134,417
Pozice:	rajon základní vrstvy
Geologická jednotka:	Horniny krystalinika, proterozoika a paleozoika
Povodí:	Labe
Dílčí povodí:	Ohře, Dolní Labe a ostatní přítoky Labe
Bilancovaný kolektor:	Teplický ryolít
Kraje:	Ústecký

Platný dle vyhlášky č. 5/2011 Sb.

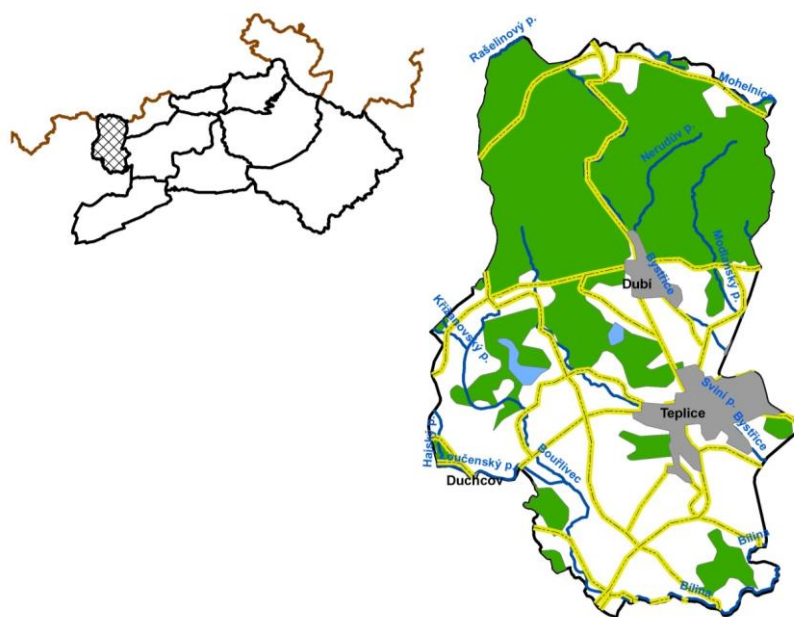
## 2. VYMEZENÍ RAJONU

Hydrogeologický rajon 6133 zahrnuje oblast tzv. teplického ryolitového komplexu na našem území mezi Teplicemi, Krupkou, Cínovcem a Duchcovem v rámci krušnohorského krystalinika a v podloží části miocénní mostecké pánve. HGR 6133 je vymezen jako rajon základní vrstvy ve smyslu rajonizace (Olmer a kol. 2006, dle vyhlášky č. 5/2011 Sb.) - obrázek 2-1. Hydrogeologický rajon 6133 se nachází v Ústeckém kraji na území okresu Teplice. Vedle města Teplice zahrnuje území rajonu ještě město Dubí a částečně zasahují do území rajony i katastrální území měst Krupka, Duchcov a dalších obcí. HGR 6133 se nachází při hranicích ČR se Spolkovou Republikou Německo (stát Sasko), kam geologická struktura teplického ryolitu pokračuje.

Na samotný hydrogeologický rajon je vázán výskyt termálních vody, které byly v oblasti Teplic využívány od 11. století k lázeňským účelům (archeologické nálezy naznačují starší využití, ale písemné prameny začínají až v 11. století) a stály za založením města. Lázeňství a s ním spojené služby představují jednu z hlavních ekonomických oblastí i v současnosti. Těleso cínoveckého granitu v příhání části rajonu a s ním spojené greiseny byly v minulosti předmětem těžby zaměřené především na cín. Jižní část teplického ryolitu je zakleslá v oherském riftu a překrytá křídovými a neogenními sedimenty. Těžba neogenního uhlí v nadloží teplického ryolitu byla postupně ukončována do 70. let 20. století. V současnosti je hlavním průmyslovým odvětvím výroba obalového a tabulového skla a autoskel (Teplice a Dubí).

Celková plocha HGR 6133 činí 134 km<sup>2</sup>. Prosté podzemní vody vodárensky využitelné (jež jsou předmětem bilance) se vytvářejí jen v přípovrchové části tohoto kolektoru, hlubší oběh dává vznik teplým minerálním vodám. Hlubší oběh proto nemá smysl uvažovat z hlediska přírodních zdrojů prostých vod.

Severní hranici rajonu představuje státní hranice se Spolkovou republikou Německo, ostatní hranice představuje okraj výskytu teplického ryolitu (i v podloží křída a neogenu), zčásti tektonicky omezený. Nejjižnější hranici tvoří tok řeky Bíliny.



Obrázek 2-1. Situace hydrogeologického rajonu 6133

## 3. VSTUPNÍ INFORMACE

### 3.1. GEOLOGICKÁ PROZKOUMANOST

#### Přehled geologických výzkumů a mapovacích prací

Existence teplých pramenů byla bezesporu hlavním důvodem osídlování oblasti Teplic (v termálních pramenech se našli keltské i římské mince, doloženo je osídlení germánské i slovanské). Teplé vody byly patrně i důvodem založení kláštera benediktinek královnou Juditou. V tabulce 3-1 jsou přehledně uvedeny hlavní prameny, jejich vydatnost a teplota v době před destrukcí teplických terem vlivem důlních průvalů v II. polovině 19. století (Wrany 1864; Trachtulec 1992). Kromě hlavních pramenů ještě existovaly méně významné vývěry s nízkou teplotou.

**Tabulka 3-1. Přehled hlavních pramenů teplické oblasti před průvalem na dolu Döllinger (zjednodušeno podle Wrany 1864).**

Pramen		°C	l/s
teplická pramenní skupina	Pravřídlo	49	9,67
	Ženské lázně	48	2,87
	Spojené prameny	47	1,2
	Zahradní pramen	28	1,17
šanovská pramenní skupina	Kamenný pramen	39	3,57
	Vojenský pískový pramen	33,5	0,33
	Luční pramen	32	0,24
	Štěpánčin pramen	38	0,5
	Hadí lázně	40	1,47
	Horský pramen	41	0,55
Obří pramen		11–27	27–42

Ryolity, žulové porfyry a ryolitové ignimbrity z okolí Teplic a Dubí představují nápadné charakteristické horniny, které neunikly pozornosti již raných badatelů. Již od počátku bylo všem autorům zřejmé, že horniny teplického ryolitu pronikly metamorfovanými horninami krušnohorského krystalinika. Zprvu se předpokládalo spíše permské stáří teplického ryolitu, teprve s nárůstem objemu získaných dat bylo stáří opraveno na svrchní karbon.

Patrně první zmínku o přítomnosti křemenného porfyru u Teplic přináší Humboldt a Freiesleben (1791–1792). Další krátké zmínky o teplickém ryolitu (porfyru) a o Obřím prameni u Lahoště přináší Reuss (1793 a 1796). V další práci tento autor rozlišuje 4 typy porfyrů (Reuss 1823), z nichž jeden nepatří k teplickému ryolitu, ale jedná se o specifický typ fonolitu. Naumann (1825) spojuje výskyty teplického ryolitu v okolí Teplic se souvislým výskytem v Krušných horách. Všimá si také vazby teplických termálních pramenů na tento horninový typ. Detailní popis výskytů porfyru (ryolitu) v Krušných horách a okolí Teplic s popisem texturních odlišností a minerálního složení publikuje Reuss (1840, 1841 a 1844). Návaznost krušnohorské a teplické oblasti výskytu teplického ryolitu předpokládá i Perutz (1852), který vyčleňuje obecný živcový porfyr (teplický porfyr) a syenitový porfyr, který patrně odpovídá „západnímu okrajovému typu“ a „typu Vrchoslav“ ve smyslu dnešního členění. Geinitz (1856) popisuje karbonskou flóru sedimentárních vložek při bázi teplického ryolitu. K raným zmínkám o horninách ve výplni altenbersko-teplické kaldery patří také práce Hauera (1869), který se věnoval výskytům porfyrů různých typů (ryolity a žulové porfyry) v Krušných horách a jejich vazbám na rudní žíly. Bořický (1882) se zaměřil zejména na texturní odlišnosti základních typů, mezi

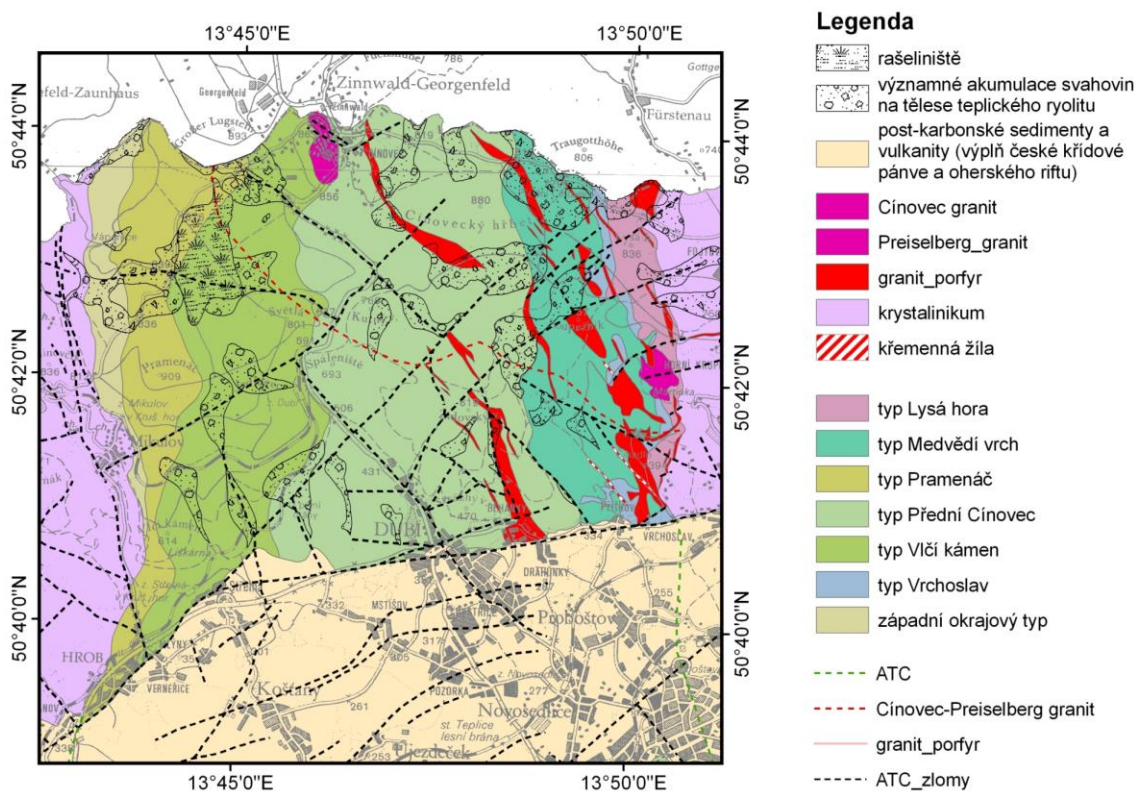
kteří zařadil i granitoidy. Všiml si zejména sférolitických struktur některých žilných žulových porfyrů. Laube (1884 a 1887) považuje těleso teplického ryolitu za mocnou žilu, později ještě proraženou mladším granitovým porfyrem. Autor také podává podrobný petrografický popis různých texturních variet a detailní geologickou situaci typových lokalit. Dalmer (1908) již odlišuje žilné křemenné porfyry (žulové porfyry) od teplického ryolitu, který považuje za výlev(y). V teplickém ryolitu odlišuje několik variet, ale předpokládá mezi nimi pozvolné přechody, nikoliv ostré hranice. Dalmer (1908) si také povšiml, že ruly jsou v prostoru teplického ryolitu oproti svému okolí zaklesnuté (tento fenomén v současnosti spojujeme se subsidencí dna kaldery). V roce 1908 se teplický ryolit objevil také na první geologické mapě podrobnějšího měřítka (Hibsch 1908). Hibsch (1908) také popisuje hlavní směry zlomů a trhlin, které teplický ryolit porušují. Vymezuje směr ZJZ-VSV a JJV-SSZ. Teplický ryolit považoval za součást pně proniknutého žilami žulového porfyru. Speciální studii o křemenném a žulovém porfyru pak publikoval Hibsch v roce 1928. I v této publikaci je teplický ryolit prezentován jako mohutný peň proražený mladšími žulovými porfyry, navíc jsou uváděny chemické analýzy, na kterých jsou demonstrovány odlišnosti čerstvých a navětralých vzorků (zejména poklesy obsahů CaO, Na<sub>2</sub>O a K<sub>2</sub>O). Dosavadní poznatky o teplickém ryolitu jsou potom shrnuty ve vysvětlivkách k přehledné geologické mapě Českého středohoří 1 : 100 000 (Hibsch 1930). Moesta (1928) se zevrubně věnuje tektonické stavbě a porfyrům Krušných hor. Pro oblast výskytu teplického ryolitu zavádí pojem altenberské záklesové pole, což v současnosti chápeme jako altenbersko-teplickou kalderu. Moesta (1928) také vyzoroval hlubší zaklesnutí ve východní části, což odpovídá i současným poznatkům. Odlišuje také jemnozrnnou varietu při západním okraji (dnes "západní okrajový typ"). Stejný autor předpokládá sérii výlevů uložených monoklinálně se sklonem k východu. Na základě přítomnosti svrchnokarbonských sedimentů v podloží ryolitu a nálezů flóry v ryolitových tufech předpokládal spodnopermské stáří teplického ryolitu. Úklon a stavba spodní části teplického ryolitu pak byly ověřeny při dokumentaci vodovodní štoly na Pramenáči (Müller 1933). Müller (1933) velmi výstižně popsal genezi teplického ryolitu: i bez využití moderní terminologie popsal vyplňování kaldery, vzniklé propadem stropu magmatického krbu, ryolitovými horninami.

Geologii okolí Teplic shrnují v padesátých letech Fencel a Záruba (1955). Fiala (1959) rozlišuje na základě petrografických odlišností 6 typů ryolitu a popisuje různé typy granitů a granitových porfyrů z prostoru altenbersko-teplické kaldery. Těleso teplického ryolitu bylo zobrazeno na geologických mapách 1 : 50 000 listy Teplice (Macák ed. 1963) a Chabařovice (Škvor ed. 1970). V roce 1966 byl popsán výskyt fluidálního ryolitu z Přítkova (Satran 1966). Zásadním přínosem pro poznání stavby altenbersko-teplické kaldery byla mapa 1 : 10 000 (Eisenreich a Jeřábek 1978), ve které bylo zavedeno členění teplického ryolitu na typy: „západní okrajový“, „Pramenáč“, „Vlčí kámen“, „Přední Cínovec“, „Medvědí vrch“, „Vrchoslav“ a „Lysá hora“ (obr. 3-1). Toto členění je využíváno dosud, byť některá data naznačují částečně symetrickou stavbu výplně kaldery a možnost korelace některých typů.

Holub (1980) při dokumentaci vrtu Le 127 zjišťuje, že „křemenné porfyry“ odpovídají ignimbritům, neboť identifikoval přítomnost devitrifikovaných fiamme a fragmentů vyrostlíc křemene a živců rozbitých při erupci. Ve vrtu Le 127 byly odlišeny 4 „sety“, z nichž u každého dochází směrem vzhůru ke snižování obsahu SiO<sub>2</sub>. Každý „set“ tvoří patrně několik proudových, případně i zchlazovacích jednotek (flow units, cooling units). Litogeochemickým výzkumem teplického ryolitu se systematicky zabývali Štemprok a Lomozová (1983). Významným zdrojem dat o horninách vyplňujících západní část kaldery a jejich vztazích byl vrt Mi-4 (Reichmann et al. 1985). Podrobná dokumentace je obsažena v geologických mapách 1 : 25 000 s doprovodnými Vysvětlivkami (Jiránek ed. 1991, Schovánek et al. 2004). Přehled výzkumů a poznatků o teplickém ryolitu shrnuje Jiránek et al. (1987). Benek (1991) popisuje altenbersko-teplickou kalderu jako kalderu typu „trapdoor“. Selmann a Schilka (1995) vymezují altenberskou (= altenbersko-teplickou) kalderu širěji, než jen na vlastní těleso

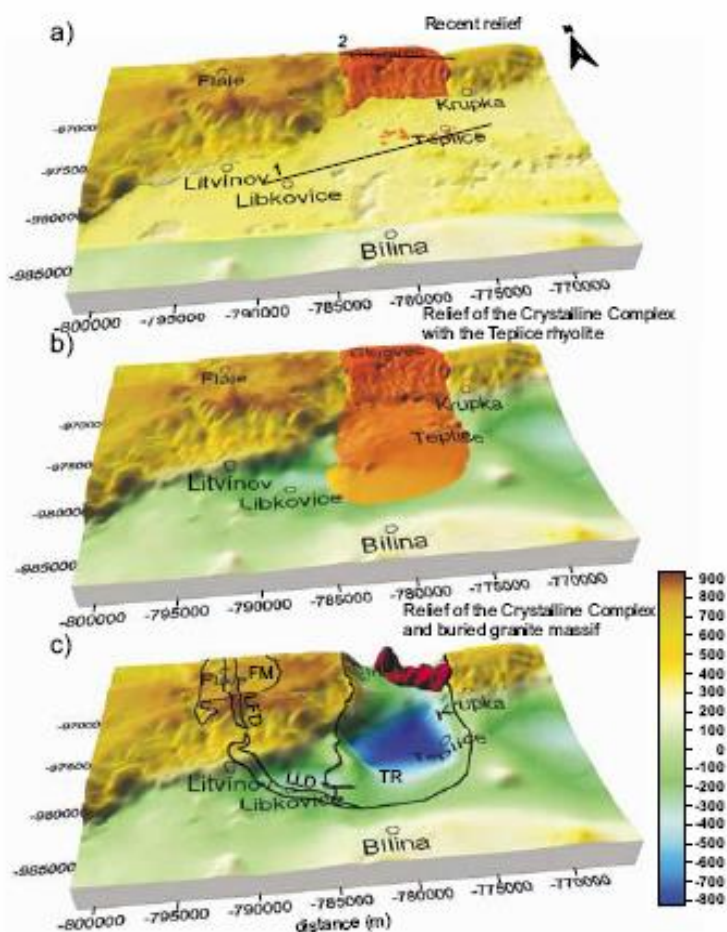


teplického ryolitu. Rozpoznání skutečného rozsahu kaldery dlouhou dobu bránilo, že jižní část tohoto aparátu je skryta v podloží křidy a terciéru severočeské pánve. Vyhodnocení vrtů do podloží severočeské pánve (Mlčoch 1994) a geologické mapování (Mlčoch, 1989) přinesly nové údaje, na jejichž základě je možné celkový rozsah kaldery nově vymezit. Těleso teplického ryolitu pokračuje v podloží severočeské pánve až k údolí Bíliny mezi Chudeřicemi a Lbínem. Vývojem chemického složení erupovaných magmat se zabýval Breiter (1997) a Breiter et al. (2001). Opakovaný přínos nových porcí magmatu vyzorovali na vývoji chemického složení hornin zastížených v prostoru kaldery, zejména granitoidů, Štemprok et al. (2003). Komplexní magmatický vývoj včetně etap magmatického míšení řešili na základě chemické zonálnosti vyrostlic křemene a živců Müller et al. (2005).



Obrázek 3-1 Přehled litologických typů teplického ryolitu podle Eisenreicha a Jeřábka (1978)

Dosud není zcela jednoznačně vyjasněná otázka přírodní dráhy ignimbitů teplického ryolitu. Winter et al. (2008) předpokládají erupce podél okrajových kalderových zlomů. Rekonstrukci 3D geometrie altenbersko teplické kaldery provedli na základě vrtných a geofyzikálních údajů Mlčoch a Skácelová (2010 - viz obr. 3-2). Vzhledem k tomu, že v této práci byla na základě vyhodnocení 2066 (z toho 727 v teplickém ryolitu) vyhodnocena celková geometrie teplického ryolitu, zaměřily se nové práce na detailní výzkum struktury a členění teplického ryolitu. Detailní petrofyzikální a geochemické práce byly prováděny na archivovaných jádrech 9 opěrných vrtů (+ 3 vrty na německé straně: obr. 3-4). Nejnovější datování zirkonů prokazuje stáří schönfeldské jednotky a jejího ekvivalentu zastíženého vrtem Mi-4 v podloží teplického ryolitu na  $327 \pm 4,3$  Ma, zatímco nejstarší fáze teplického ryolitu vykazuje stáří  $309 \pm 5$  Ma (Hoffmann et al. 2013).



Obrázek 3-2. Geometrie altenbersko-teplické kaldery

(podle Mlčoch a Skácelová 2010): a- současný povrch (žlutě křídové a terciární sedimenty a vulkanity, oranžově teplický ryolit); b- povrch krystalinika a teplického ryolitu; c- povrch krystalinika i v podloží teplického ryolitu (červeně je cínovecký granitový masiv).

### 3.1.1. PRÁCE PROVÁDĚNÉ V RÁMCI PROJEKTU

Nově byly v rámci projektu naplánovány 2 vrty geologické a 1 hydrogeologický, všechny v oblasti východní části kaldery. S ohledem na technické problémy při hloubení vrtů přes tektonicky porušené zóny byly nakonec vyhloubeny 4 vrty geologické o menší hloubce (6133\_WA, 6133\_WB, 6133\_WN a 6133\_WO) a jeden vrt hydrogeologický (6133\_A).

Vrt 6133\_WA byl předčasně ukončen v hloubce 65 m. V celém profilu byl vrt hlouben silně tektonicky porušenými ryolitovými ignimbrity a doložil tak, že tektonicky porušená zóna podél krušnohorského zlomu je široká, vedle vlastního krušnohorského zlomu zahrnuje speřené struktury a celá tektonická zóna má velký vliv na infiltraci vody do hydrogeologického systému.

Vrt 6133\_WB (hloubka 175,5 m) byl naplánován do páru k vrtu 6133\_WA tak, aby na rozdíl od vrtu 6133\_WA byl umístěn v zakleslé kře teplického ryolitu v oherském riftu. Vrt ověřil celkovou mocnost 120 m nadložních křídových, miocenních a kvartérních uloženin, které zde představují nadložní izolátor. Miocenní sekvence zahrnovala i 15,5 m mocnou uhelnou sloj. V rozvolněných píscích na bázi křídý byl v hloubce 118–119,8 m zjištěn přítok temperované vody (ca 17°C). Samotný teplický

ryolit byl výrazně tektonicky porušen, byť v nadložních sedimentech se tektonika prakticky neprojevovala.

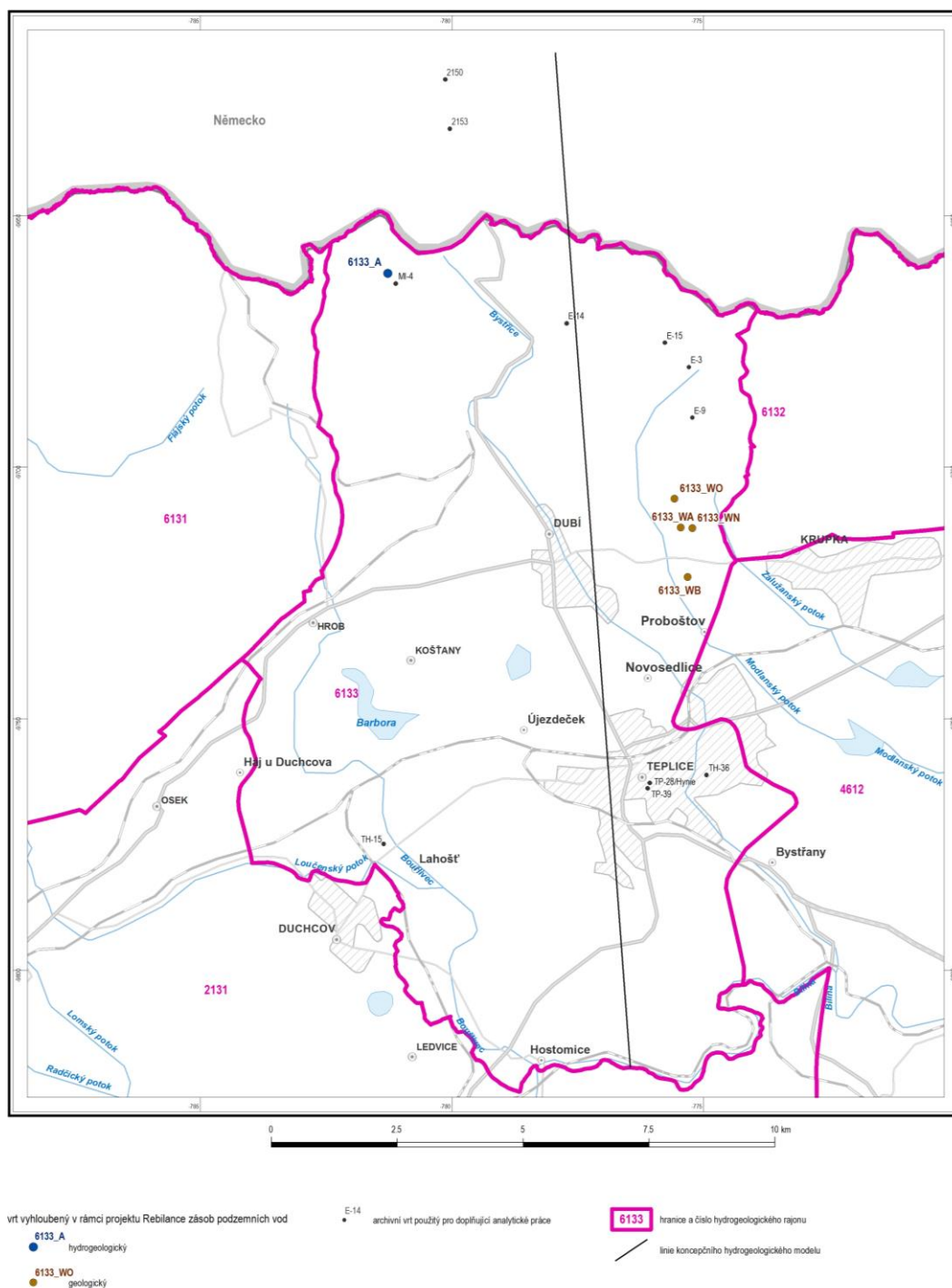
Vrt 6133\_WN byl předčasně ukončen v hloubce 45 m. Doložil však význam a intenzitu tektonického rozpukání teplického ryolitu v široké zóně podél krušnohorského zlomu.

Vrt 6133\_WO (hl. 161 m) doložil přítomnost dvou jednotek ryolitového ignimbitu, oddělených polohou zelenavého lapillovce. Svrchní typ zastížený ve vrtu odpovídá svým složením typu „Medvědí vrch“, což je typ teplického ryolitu, který v okolí tvoří výchozy. Spodní typ zastížený vrtem se geochemicky liší od typu „Přední Cínovec“ a spíše se podobá typu „Vrchoslav“. Tato situace pak podporuje hypotézu synklinální stavby výplně kaldery. V hloubce 69,3–79,6 m pak ještě byla zastížena žíla granitového porfyru.

Hydrogeologický vrt 6133\_A (hl. 253 m) byl nakonec oproti plánu přesunut do lokality v blízkosti staršího vrtu Mi-4. Vrt měl za úkol potvrdit variabilitu spečení (a s tím související porozity) napříč dílčími tělesy jednotlivých ignimbitů. Tyto variability, tedy nižší stupeň spečení (a vyšší porozita) ve spodní a svrchní části ignimbitové jednotky byly skutečně ověřeny. Oproti předpokladu, že by nespečená facie na vrchu ignimbitové jednotky mohla tvořit jeden kolektor společně s bazální nespečenou facii další ignimbitové jednotky, byl zjištěn význam přítomnosti fosilních zvětralin na rozhraní dvou ignimbitových jednotek. Tyto fosilní zvětralinny mají opět povahu izolátoru a v případě vrtu 6133\_A (v hloubce 119–149 m) oddělují zvodnělý kolektor ve svrchní nespečené facii spodní ignimbitové jednotky (hloubka 149–173 m) od nezvodnělého kolektoru na bázi svrchní ignimbitové jednotky (hloubka 98–119 m). Vrt také potvrdil existenci subhorizontálního proudění v nespečených faciích ignimbitů.

**Tabulka 3-2. Přehled nových vrtů vyhloubených v rámci projektu  
Rebilance zásob podzemních vod v rajonu 6133.**

ID vrtu	Název vrtu	hloubka vrtu (m)	autor zprávy
6133_WA	Krupka	65	Rapprich et al. (2015a)
6133_WB	Přítkov	175,5	Rapprich et al. (2015b)
6133_WN	Krupka	45	Rapprich et al. (2015c)
6133_WO	Krupka	161	Rapprich et al. (2015d)
6133_A	Košťany	253	Hrkal et al. (2015a)



Obrázek 3-3. Opěrné vrty, na jejich archivovaných jádrech byly prováděny nové petrofyzikální a geochemické analýzy.

### 3.2. HYDROGEOLOGICKÁ PROZKOUMANOST

Hydrogeologické poměry zájmového území především ve vztahu k teplickým termálním pramenům jsou přehledně zpracovány v souhrnné regionální monografii Krásného et al. (2012). V regionálním měřítku je území zobrazeno v Základní hydrogeologické mapě 1 : 200 000 list 02 Ústí nad Labem a v

doprovodných Vysvětlivkách (Hazdrová et al. 1980). Podrobnější měřítko je znázorněno v Hydrogeologických mapách 1 : 50 000 listy Petrovice a Teplice (Kačura 1986, 1989) a k nim náležející podrobně zpracované textové vysvětlivky (Burda 1997), podobně jako v Hydrogeologické kapitole ke Geologické mapě 1 : 25 000 listy Dubí a Cínovec (Burda in Schovánek ed. 2004)

Výsledky výzkumů ochrany minerálních vod v Teplicích jsou shrnuty v pracích Hazdrová et al. (1964), Čadek et al. (1968), Homola (1981). Příčiny a možnosti zastavení destrukce teplických termálních pramenů shrnul Trachtulec (1992, 1993), Trachtulec a Vopat (1994), Májová (2003). Popis výskytu minerálních vod uvádí Kačura (1980). Zprávy a hydrogeologické mapy 1 : 25 000 Bejšovce et al. (1994) shrnují kromě hydrogeologie i vývoj hydrogeologických poměrů od začátku těžby uhlí až do poloviny 21. století. Z množství dalších prací v SHP jmenujme alespoň Dlouhodobý generel rekultivací - hydrogeologická část (Berka et al. 1992). Problematiku zbytkových jam shrnuli Trachtulec a Kohoutová (1993). Hydrogeologii a vodárenské využití v. části Krušných hor zpracoval Pištora et al. (1994). Poznatky o acidifikaci podzemních vod v Krušných horách shrnul Hrkal et al. (1994).

Z velkého množství důlně hydrogeologických výzkumů je možno se zmínit jen o několika pracích regionálního charakteru: Účelové důlně-hydrogeologické mapy SHR 1 : 10 000 (Berka et al. 1972) i Hydrogeologické mapy 1 : 25 000 (Berka et al. 1973) jsou založeny na průsvitkové metodě. V letech 1975–76 byly zhotoveny mapy 1 : 50 000 (Berka et al. 1975), které mají regionální charakter. V osmdesátých letech 20. stol. bylo zahájeno mapování SHP 1 : 5 000 (Berka et al. 1989). Tvorbou nové krajiny a likvidací zbytkových jam se zabývá „Těžebně-ekologická prognóza SHR“ (kolektiv autorů Severočeských hnědouhelných dolů a Báňských projektů Teplice 1991). Přehled nejdůležitější důlně geologické literatury je uveden ve zprávách Bejšovce (1994) a Bejšovce et al. (1994).

Na počátku 60. let 20 století probíhal na Teplicku rozsáhlý hydrogeologický průzkum, který vyústil v návrh ochranných pásem lázní Teplice (Čadek et al. 1968)

V sedmdesátých a osmdesátých letech minulého století probíhal v celém teplicko-duchovském prostoru rozsáhlý hydrogeologický průzkum a sanační práce (Homola 1978, Wurmová 1984, Václavek 1984, 1986, Čada et al. 1985, Laštovka a Václavek 1988).

Dvě varianty řešení jímání teplických terem dalším hlubokým vrtem nebo postupným omezením čerpání důlních termálních vod navrhl v devadesátých letech dvacátého století Homola (1996). Na jeho práci navázali Klír et al. (1997).

Nejnovější koncepci fungování teplické struktury podávají práce Jakeše a Krásného z roku 1998 a Burdy (1997).

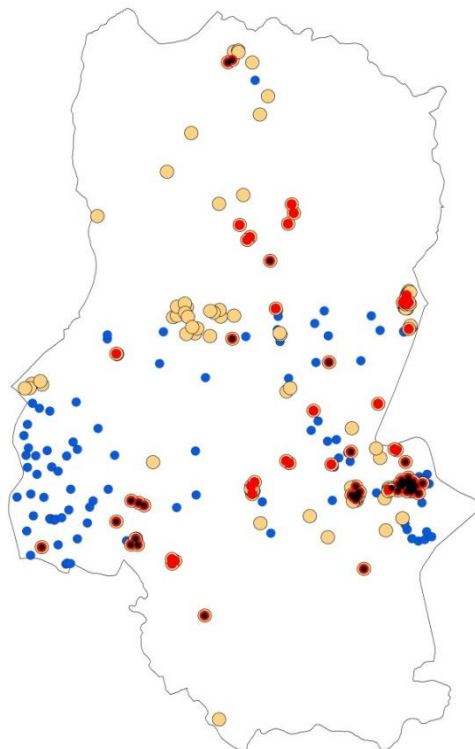
## **VRTNÁ HYDROGEOLOGICKÁ PROZKOUMANOST**

V rámci projektu byla všechna dostupná data především z ČGS (Geofondu) a ostatních organizací uložena do centrální databáze projektu a zpracována v souboru aplikací GDBase5. Software GDBase5 se územně člení podle jednotlivých hydrogeologických rajonů. Tak vznikl komplex geologických, hydrogeologických, hydrochemických a karotážních informací, který byl účelově doplněn o časové řady pozorování hladin a chemismu podzemních vod ČHMÚ.

Využití GDBase5 umožnilo zpracování projektu v prostředí GIS, což byl významný krok k modernímu zpracování velkého množství dat, které se v takovém rozsahu v ČR zatím nerealizovalo.

Tabulka 3-3 Hydrogeologická vrtná prozkoumanost v databázi ČGS

HGR	Počet vrtů celkem	Počet vrtů hloubka do 100 m	Počet vrtů s čerpací zkouškou	Počet vrtů s chemickými analýzami vody
6133	265	164	78	47



## Vysvětlivky

- vrtý s chemickými analýzami vody
- vrtý s čerpacími pokusy
- vrtý hluboké do 100 m
- vrtý hluboké nad 100 m

Obrázek 3-4 Hydrogeologická vrtná prozkoumanost

Specifická pozornost byla věnována vrtům s dlouhodobým režimním měřením, které jsou uvedeny v následující tabulce 3-4.

Tabulka 3-4 Vrtý s režimním pozorováním

Označení ČHMÚ	X	Y	Název vrtu	Sledován od roku	Sledovaný parametr	Sledovaný kolektor	Provozovatel
VP1936	3414485	5618280	Dubí (Dubí u Teplíc), 1M107B	2008	H,J	RYOLIT	ČHMU

\* poznámka H – hladiny, J Jakost

Tabulka 3-5 Soupis vrtů, které byly dále používány

Klíč GDO	Název	Lokalita	Y1	X1	Z (m n.m.)	hloubka vrtu (m)	Kóta hl.p.v. (m n.m.)
47561	HV-1	Všechlapy u Zabrušan	-979220	-779615	211	31	204
661312	Tč-1	Teplice	-978115	-775863	282	23	271
579542	HPJ-3	Jeníkov u Duchcova	-977995	-780382	217	5	215
579541	HPJ-2	Jeníkov u Duchcova	-977933	-780317	218	6	218
579540	HPJ-1	Jeníkov u Duchcova	-977888	-780388	217	5	216
50180	V-2	Duchcov	-977606	-783455	239	86	190
47555	TH-2	Duchcov	-977552	-781197	226	62	191
47557	TH-14	Duchcov	-977544	-781352	231	62	217
47554	TH-1	Duchcov	-977406	-781239	224	65	194
47489	JE-92	Duchcov	-977003	-781700	231	100	195
47606	Je-52	Jeníkov u Duchcova	-976622	-781044	234	30	215
47786	Je-51	Jeníkov u Duchcova	-976562	-781175	236	27	234
47787	Je-50	Jeníkov u Duchcova	-976510	-781347	237	25	233
577885	V-8	Teplice	-976425	-776119	223	51	211
577882	A-3	Teplice	-976393	-775995	218	44	198
44109	A-4	Teplice	-976383	-776072	222	40	212
577883	A-5	Teplice	-976381	-776107	222	36	204
577884	V-6	Teplice	-976374	-776155	223	45	212
46189	HV-16	Hudcov	-976353	-778499	251	14	243
44291	TH-37	Teplice	-976336	-774577	230	48	219
44108	A-2	Teplice	-976301	-775968	220	35	199
44074	TH-34	Teplice	-976292	-774761	221	52	202
42929	S-6	Teplice	-976287	-774851	219	30	212
712211	Tp-20	Teplice	-976269	-775063	222	37	211
42928	S-4	Teplice	-976264	-774683	227	40	204
579601	HV-1	Teplice	-976254	-775286	206	9	203
44075	TH-35	Teplice	-976198	-774727	228	50	200
44111	A-9	Teplice	-976174	-776056	225	49	198
43765	S-14	Teplice	-976170	-774965	208	25	205
46178	HV-12	Hudcov	-976168	-778522	246	12	239
51262	TH-40	Teplice	-976160	-774726	231	64	224
51021	S-10	Teplice	-976156	-774647	245	85	227
43766	S-15	Teplice	-976125	-775042	208	44	205
53120	B-3	Teplice	-976104	-774482	238	98	204
51018	S-7	Teplice	-976094	-774880	211	60	204
46180	HV-11	Teplice-Řetenice	-976073	-778439	240	8	238
51022	B-1	Teplice	-976059	-774707	232	62	228
51023	B-2	Teplice	-976037	-774827	217	85	204
51019	S-8	Teplice	-976021	-774969	208	78	204
51020	S-9	Teplice	-975964	-774821	214	95	207
565449	TP-36	Teplice	-975655	-776635	226	24	219
678090	HV-103	Teplice	-975628	-777622	234	18	230
668460	pč.-1601/10	Teplice	-975600	-774888	233	26	211
678091	HV-108	Teplice	-975576	-777699	235	18	233
643988	TP-48	Teplice	-975356	-776176	219	36	221
52315	HV-2	Teplice	-975316	-775100	220	6	219
52314	HV-1	Teplice	-975297	-775146	221	6	219
55418	HV-1	Dubí-Pozorka	-974387	-777052	271	22	258
660993	HP-1	Teplice-Trnovany	-974227	-775528	242	10	239
55841	VRT	Dubí-Bystřice	-973244	-776688	280	86	222
55013	SNA-13	Mlýny	-973044	-781699	320	38	302
56282	Mstišov	Dubí u Teplic	-972690	-778970	299	34	299
54639	V-4	Krupka	-972463	-774805	276	6	273
692575	1M-107b	Dubí u Teplic	-970853	-778076	400	70	393
606674	S-1	Dubí u Teplic	-970361	-778613	435	5	436
55075	BP-1	Dubí u Teplic	-970010	-778795	458	18	455
55072	SH-1	Dubí u Teplic	-969980	-777650	475	14	475
55073	SH-2	Dubí u Teplic	-969730	-777520	500	13	499
55074	SH-3	Dubí u Teplic	-969520	-777570	520	10	520
54875	HV-2	Cínovec	-966176	-779066	858	91	852

54874	HV-1	Cínovec	-966119	-778967	850	80	848
	NOVÉ HYDROGEOLOGICKÉ VRTY						
	6133_A	Košťany	-966144,96	-781274,75	860,87	253	816

## NOVÉ HYDROGEOLOGICKÉ VRTY PROVÁDĚNÉ V RÁMCI PROJEKTU

Pro ověření pozice a hloubky jednotlivých poloh spečeného ignimbitu (s relativně vysokou pórovitostí na kontaktu jednotlivých ignimbitových jednotek – tzv. kolektor), ověření jejich hydraulických parametrů, chemismu podzemní vody a pro (případně) režimní sledování hladin podzemní vody, především v místech kde scházely relevantní hydrogeologické informace, byl vyhlouben průzkumný hydrogeologický vrt.

**Tabulka 3-6 Přehled hydrogeologických vrtů a jejich základních výsledků vyhloubených v rámci projektu Rebilance zásob podzemních vod v letech 2014–2015**

ID vrtu	Název vrtu	cílový kolektor	Hloubka vrtu (m)	Rozsah cílového kolektoru (m)	Koeficient transmisivity (m <sup>2</sup> /s)	autor zprávy
6133_A	Košťany	Teplický ryolit (ignimbit)	253	149–235	1,2 x 10 <sup>-4</sup>	Hrkal et al. (2015a)

### Průzkumný hydrogeologický vrt 6133\_A Košťany

Průzkumný hydrogeologický vrt je situován na SZ od vrcholu Pramenáče (909 m .n.) mezi Mikulovem a Cínovcem, na katastru města Košťany. Vrt je situován u lesní cesty, zhruba 2 km západně od Cínovce v oblasti pojmenované Horní Uhlíště.

Cílem průzkumného vrtu byla dokumentace oblasti infiltrace podzemních vod hydrogeologického rajonu 6133 Teplický ryolit.

Základní geologické poznatky o vrtu 6133\_A jsou shrnuty i v kapitole 3.1.1.

Průzkumný hydrogeologický vrt 6133\_A je proveden jako úplná studna v puklinově – průlinovém kolektoru ryolitového ignimbitu. Hladina podzemní vody ve svrchním kolektoru je volná, (v hlubším kolektoru napjatá). Dne 6.8.2015 v době karotážního měření byla hloubka ustálené hladiny 45,48 m, což odpovídá kótě 816,19 m n.m.

**Tabulka 3-7 Základní litostratigrafická rozhraní průzkumného vrtu 6133\_1A**

hloubka (m)		Hornina	Stratigrafické zařazení	hydrogeologický typ horniny
od	do			
0	14	Hlinito – prachovité zvětraliny ryolitového ignimbitu	kvartér	poloizolátor
11	77	alterovaný, rozpukaný ryolitový ignimbit	karbon	připovrchová zvedeň (přítok v 55 m)
77	98	spečený červený ryolitový ignimbit	karbon	relativní izolátor
98	119	nespečený, bělavě alterovaný ryolitový ignimbit	karbon	nezvodnělý kolektor
119	149	červený jííl až prach s úlomky ryolitového ignimbitu	karbon	fosilní zvětraliná - izolátor
149	235	nespečený ryolitový ignimbit (s polohou spečeného ryolitového ignimbitu 173-181 m)	karbon	<b>zájmový kolektor</b> (s polohou dílčího neprůběžného relativního izolátoru)
235	253	spečený červený ryolitový ignimbit	karbon	relativní izolátor



Dne 29.6.2015 až 4.7.2015 proběhla standardní hydrodynamická zkouška z úseku 113,2-248 m (perforovaná pažnice dle karotáže) v trvání 1+3+2 s vydatnosti 0,23 l/s. Čerpadlo bylo zapuštěno do hloubky 55 m. Hladina během čerpání poklesla z počáteční hloubky 41,97 m na 44,60 m a na konci stoupací zkoušky vystoupala do hloubky 41,98. Pozorovací objekty nebyly. Hodnoty pH se během čerpání z počátečních 9,7 po asi 36 hodinách ustálily na 8,2. Konduktivita se rovněž z počátečních 241  $\mu\text{S/cm}$  po asi 36 hodinách ustálila okolo 205  $\mu\text{S/cm}$ . Teplota podzemní vody během čerpání se ustálila na 8,5°C.

Vyhodnocení snížení při čerpací zkoušce a stoupací zkoušky metodami neustáleného proudění přineslo průměrnou výslednou hodnotu průtočnosti kolektoru  $T = 1,2 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$ . Při celkové mocnosti kolektoru 136 m získáme průměrný koeficient filtrace  $k = 8,8 \times 10^{-7} \text{ m/s}$ .

Pro zhodnocení kvality podzemní vody byly použity výsledky chemických analýz vzorků vod odebraných 2.7.2015, 3.8.2015 a 2.9.2015. Podle skupin převažujících iontů je voda charakterizovaná typem  $\text{HCO}_3\text{-Ca-Na}$ . Celková mineralizace dosahuje hodnot okolo 0,23 g/l. Druhy a obzvláště třetí odběr byly ovlivněné karotážním měřením, což se projevuje na zvýšených koncentracích rozpuštěné soli NaCl. Z hlediska posouzení kvality podzemní vody ve vztahu k chemickým ukazatelům uvedeným ve vyhlášce 252/2004 Sb., kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody, ve znění pozdějších předpisů, analyzované vzorky nevyhovují. Zjištěné byly hraniční koncentrace železa (v průměru 0,29 mg/l), manganu (v průměru 0,15 mg/l), arzenu (v průměru 0,035 mg/l) a naftalenu (v průměru 0,14  $\mu\text{g/l}$ ). Překročená je i limitní hodnota pro objemovou aktivitu radonu, stanovena vyhláškou č. 307/2002 Sb., o radiační ochraně. V průměru vzorky obsahovaly 1130 Bq/l.

Podle zadání byla na tomto vrtu provedena karotáž před výstrojí a revizní karotáž po definitivní výstrojí a hydrodynamické zkoušce. Karotáž před výstrojí proběhla ve dvou úsecích.

Byl zjištěn význam přítomnosti fosilních zvětralin na rozhraní dvou ignimbritových jednotek. Tyto fosilní zvětralinové izolátory mají povahu izolátoru a v případě vrtu 6133\_A (v hl. 119–149 m) oddělují zvodnělý kolektor ve svrchní nespěčené facii spodní ignimbritové jednotky (hl. 149–173 m) od nezvodnělého kolektoru na bázi svrchní ignimbritové jednotky (hl. 98–119 m). Vrt také potvrdil existenci subhorizontálního proudění v nespěčených faciích ignimbritů. Vrt (karotážní měření – viz níže, informace z průběhu vrtných prací a geologický popis) tedy prokázal existenci dvou odlišných zvodní:

Svrchní zvoďeň s velmi nízkou mineralizací do hloubky kolem 90 m – tuto zvoďeň lze nazvat přípovrchovou, nadřzuje se na relativním izolátoru spečených ignimbritů, příp. fosilních zvětralin (tabulka 3-7). Pod svrchní zvodní následoval suchý úsek včetně části nezvodněního kolektoru (informace z průběhu vrtných prací).

Druhá hlubší zvoďeň má vyšší mineralizaci (s minimálně trojnásobkem celkového množství rozpuštěných látek – viz konduktivita z karotážního měření). Tato zvoďeň byla předmětem hydrodynamických a hydrochemických zkoušek, je následně doporučena i k pozorování.

Z provedené karotáže vyplývá:

Ve vrtu dochází k pomalému sestupnému proudění vody. Voda přitéká z přípovrchové vrstvy – z kvartéru (odpovídá tomu extrémně vysoký elektrický odpor - velmi nízká konduktivita: 60  $\mu\text{S/cm}$ , což odpovídá velmi nízké celkové mineralizaci) s vydatností 2500 l/den. Tato voda proudí pomalu vrtem dolů. Proudící voda vrt opouští postupně do otevřených puklin v hloubkách 62,3 m, 84,5 m, 88,2 m a 90,3 m. Pod úrovní poslední ztráty vody (90,3 m) se prudce mění měrný el. odpor. Od této hloubky dolů je mineralizace vody vyšší (konduktivita 190  $\mu\text{S/cm}$ ). Existence sestupného proudění vody ve vrtu je dobře patrná i z průběhu teplotní křivky. Místa, kde proudící voda vrt postupně opouští, jsou

signalizována drobnými anomáliemi na teplotě. Proudění směrem dolů bylo možno předpokládat, neboť se vrt nachází v infiltrační oblasti. Na základě metody konstantního čerpání se hlavní propustné pukliny (přítoky) projeví v hloubkách 56,8-57 m a 62,3 m. Méně významné propustné pukliny se nacházejí v hloubkách 84,5 m, 88,2 m, 90,3 m a konečně 95,7 m.

Ve vrtu dochází k pomalému sestupnému proudění vody. Voda přitéká poblíž paty pažnice v hloubkách 109 m a 115 m a proudí velmi pomalu dolů. Podrobnějším studiem křivek bylo zjištěno, že toto proudění je v řádu pouhých prvních desítek litrů za den. Na základě metody konstantního čerpání se projeví hlavní propustné pukliny (přítoky). Nejvyšší frekvence propustných puklin se nachází v intervalu 148-154,8 m. Další, méně významná propustná puklina se nachází v hloubce 164,0 m a poslední, rovněž méně významná, pak v hloubce 193,5 m. Hluběji se žádné propustné pukliny nenacházejí.

Ve vrtu dochází jen k velmi pomalému, převážně sestupnému proudění vody - přetékání mezi puklinami v řádu pouhých litrů za den. To potvrzuje i teplotní křivka, která má charakter téměř neporušeného teplotního gradientu. Po ustálení teplotních poměrů byla teplota v hloubce 245 m:  $T=11,7^{\circ}\text{C}$ . Teplotní gradient v daném místě je  $G=1,84^{\circ}\text{C}$  na 100 m hloubky, což je pro Českou republiku mírně podprůměrná hodnota. Ve vrtu však k nepatrnému pohybu vody přece jen dochází mezi jednotlivými puklinami. To je vidět na přírodní křivce rezistivimetrie, která vykazuje výraznou zonalitu. Voda v každé hlubší puklině má nižší měrný odpor - vyšší konduktivitu (tedy i vyšší mineralizaci). To souvisí s delší dobou zdržení v horninovém prostředí. Změna konduktivity signalizuje hloubku propustné pukliny, z níž (nebo do níž) dochází k nepatrnému proudění. Propustné pukliny byly identifikovány v hloubkách: 152,5 m, 191,5 m, 199 m, 206,5 m, 220 m, 226,5 m a nepatrná v hloubce 233,5 m. Na rezistivimetrických křivkách při metodě ředění se projeví také propustná puklina v hloubce 174 m. Konduktivity vody obsažené v první propustné puklině je  $290\ \mu\text{S}/\text{cm}$ , konduktivita vody v každé další puklině se zvyšuje, v místě poslední drobné pukliny v hloubce 233,5 m je  $910\ \mu\text{S}/\text{cm}$ . Na základě metody konstantního čerpání se projeví hlavní propustné pukliny (přítoky). Nejvyšší frekvence propustných puklin se nachází v intervalu 148-154,8 m. Další, méně významná propustná puklina se projeví v hloubce 159 m a pak v hloubce 174 m, a poslední, rovněž méně významná, pak v hloubce 193,5 m. Hluběji se žádné propustné pukliny během čerpání neprojeví.

Další podrobnosti – viz kompletní dokumentace Hrkal et al. (2015a), která je uložena v archívu ČGS.

## 4. CHARAKTERISTIKA RAJONU

### 4.1. GEOLOGICKÁ STAVBA A CHARAKTERISTIKA JEDNOTEK

#### 4.1.1. STRATIGRAFIE A LITOLOGIE

##### Fyzicko-geografická charakteristika

Těleso teplického ryolitu, které představuje výplň altenbersko-teplické kaldery, je přetnuto krušnohorským zlomem. Velká část tělesa teplického ryolitu je tak relativně vyzdvižena v krušnohorské části s nejvyšším vrcholem Pramenáč (909 m n. m., obr. 4-1) v blízkosti hrany krušnohorského svahu. Povrch celých Krušných hor včetně teplického ryolitu se odtud svažuje pod mírným úklonem k severu na území SRN. Ve svahu krušnohorského zlomu pak zaklesává jižní část tělesa teplického ryolitu do oblasti oherského riftu, kde je pohřbena pod sedimenty křídý a neogenu. V riftové (pánevni části) vystupují horniny teplického ryolitu v izolované tektonické hrásti teplicko-lahošťského hřbetu.



Obrázek 4-1 Skalní výchozy teplického ryolitu (typ Pramenáč) v krušnohorské části tělesa (Foto V. Rapprich)

#### REGIONÁLNĚGEOLOGICKÝ PŘEHLED

Rajon 6133 je v rámci ČR z mnoha pohledů unikátní. Jedná se o jediný hydrogeologický v čistě vulkanických horninách. Rajon 6133 tvoří především svrchnokarbonské ryolitové ignimbrity tzv. teplického ryolitu, které vyplňují altenbersko-teplickou kalderu. Altenbersko-teplická kaldera (ATC) včetně tělesa teplického ryolitu je v celém rozsahu založena v saxothuringiku. Je pravděpodobné, že v počátcích vulkanické aktivity mohla mít tato oblast charakter peneplenizované krajiny bez větších výškových rozdílů. Dochované polohy sedimentů v rámci sekvence Schönfeld (v podloží teplického ryolitu) mají charakter sedimentů mělkých terestrických depresí. Saxothuringikum bylo nejhloběji denudováno v jižní části, kde jsou zastoupeny hlavně pararuly krušnohorského krystalinika. Ve střední a severní části ATC se zachovaly na krušnohorském krystaliniku, a to i v podloží schönfeldské formace, reliktů příkrovů spodnopaleozoických, slabě metamorfovaných hornin (fylity, metabazity), které představují svrchnější patro a indikují tak rozdíly v hloubce denudace. Součástí Altenbersko-

teplické kaldery je i altenberská kra, obnažená v současném erozivním řezu v její západní části. Je tvořena horninami krušnohorského krystalinika, převážně pararulami. S ohledem na to, že jsou zde v jejich nadloží zachovány reliktly slabě metamorfovaných spodnopaleozoických hornin, už dříve se předpokládalo, že se jedná o zaklesnutou kru vůči svému okolí. V jejich přímém podloží leží většinou intenzivně střížně deformované muskovitické a dvojslídne ortoruly, považované už za součást krušnohorského krystalinika, ale které by mohly být součástí těchto příkrovů. Původní povrch je zachován pouze v podloží sekvence Schönfeld a tělesa teplického ryolitu, jen tam kde později nedošlo k intruzi granitů mladšího intruzivního komplexu.

Těleso teplického ryolitu představuje nejrozsáhlejší centrum kyselého vulkanismu v období karbonu v Českém masívu. Jeho jižní část je překryta terciárními sedimenty severočeské pánve. Všeobecně je považováno za obrovitou kolapsovou kalderu, kde ignimbrity doprovázené polohami tufů a méně rozšířených láv svrchnovestfálského až stefanského stáří jsou doprovázeny intruzemi granitových porfyrů a granitů. Vyhodnocení vrtné databáze a seismických dat umožnilo 3D modelování reliéfu krystalinika a ryolitového komplexu a rekonstruovat geometrii české části altenbersko-teplické kaldery.

Pro vymezení rozsahu vlastní kaldery jsou určující žíly granitového porfyru. Tyto mocné žíly ohraničují altenbersko-teplickou kalderu od Frauensteinu až po Loučnou na západě a pokračují dál k jihovýchodu v podloží severočeské pánve až k jižnímu okraji tělesa teplického ryolitu. Lemují také v. okraj tělesa teplického ryolitu (altenberská žíla) a je tedy opodstatněné je považovat za nedílnou součást kaldery. Spolu s tělesem teplického ryolitu vytváří obrovskou oválnou strukturu o rozměrech přibližně 18 × 35 km, která má gravitačně propadlinový charakter a to s maximálním skokem v jv. části. Okrajové prstencové žíly granitových porfyrů patří k závěrečné fázi vývoje altenbersko-teplické kaldery a vyplňují zlomy typu „ring faults“. Zapadlý blok altenberské kry se naklonil k východu a vulkanické sekvence v jeho nadloží v z. části kaldery podlehy denudaci. V omezeném rozsahu se zachovaly pouze v s. části kry. Jižní část kaldery zasahuje do kenozoického oherského riftu, kde je překryta mořskými sedimenty svrchní křídly a kenozoickými sedimenty a vulkanity. Výrazná extenzní tektonika způsobila intenzivní rozlámání teplického ryolitu zejména v prostoru oherského riftu.

## GEOLOGICKÝ VÝVOJ

### Metodika výzkumu

Specifické podmínky a otázky řešené v rámci rajonu 6133 vyžadovaly použití odlišné metodiky. Celý rajon je budován uloženinami ryolitových pyroklastických proudů. Každá jednotlivé těleso má potom jak facie málo spečené (s vyšší porozitou) na bázi a ve svrchní části, tak i facie spečené (s velmi nízkou porozitou) v centrální části. Jednotlivé jednotky pak většinou není možné odlišit běžnými stratigrafickými metodami, ale na základě odlišností petrofyzikálních vlastností a chemického složení. Za účelem vyhledání jednotek (v rámci teplického ryolitu) se zvýšenými obsahy radioaktivních prvků (K, Th, U) a tím pádem vyšším potenciálem tvorby radioaktivního tepla byla použita metoda gamaspektrometrie. Pozemní měření in-situ prováděná přenosným gamaspektrometrem (obr. 4-2, celkem asi 145 bodů včetně německé části) byla ověřována laboratorním měřením odebraných vzorků (Georadis Brno, 30 vzorků). Data z povrchových výchozů byla doplněna o existující laboratorní gamaspektrometrické analýzy z vrtu Mi-4 a nové laboratorní gamaspektrometrické analýzy vzorků z vybraných archivovaných vrtů (včetně 3 vrtů na německé straně, ca 120 vzorků). Systematické plošné gamaspektrometrické mapování pak bylo řešeno metodou letecké gamaspektrometrie (Miligal Brno).

Na vzorcích z vrtných jader pak také byly měřeny hodnoty celkové a minerální hustoty a efektivní porozity. Tato měření měla za cíl potvrdit předpoklad, že jednotlivé litologické typy teplického ryolitu mají ve střední části více spečené a tím pádem méně porézní facie, zatímco na spodním a svrchním okraji jsou spečené méně a vykazují vyšší porozitu.



Obrázek 4-2 Terénní in-situ měření obsahů radioaktivních prvků přenosným gama-spektrometrem.  
Foto. V. Rappich.

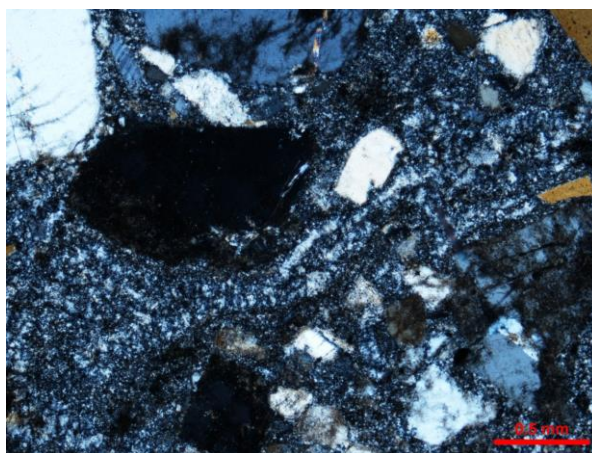
## GEOLOGICKÁ A PETROLOGICKÁ CHARAKTERISTIKA JEDNOTEK

### Teplický ryolit

Vzniku kaldery předcházely intruze granitických hornin. Podle Štemproka et al. (2003) tyto starší intruze granitů mají odlišný magmatický původ než mladší, vázané na závěrečnou fázi kaldery. Flájský granitový masív (pravděpodobně starší než westfál B/C) a Niederbobritsch granity vznikly v raném stadiu tavení zemské kůry v oddělených oblastech.

Altenbersko-teplická kaldera (ATC) představuje hlouběji denudovanou kalderu s podstatnou částí zachované vulkanické výplně. Úroveň eroze je v rámci ATC rozdílná a ukazuje i na charakter a rozsah asymetrického kolapsu typu „trapdoor“. Kromě tektonické predispozice patrně podstatnou roli hrál flájský masív granitů staršího intruzivního komplexu, který konsolidoval západní okraj ATC a při kolapsu zapříčinil rozdíly v hloubce zaklesnutí jižní a severní kry. V době kolapsu nemusel vycházet na tehdejší povrchu. Relativně nejhluběji je erodovaná severní část ATC, kde vychází na povrchu spodní sekvence Schönfeld a ve větším rozsahu granity schellerhauského masivu. Západní okraj altenberské kry podél frauensteinské žíly granitového porfyru je vůči sousednímu krystaliniku evidentně zaklesnutý, ale relativně s menším rozdílem, protože i na západ této žíly se nachází reliktové příkrovů spodnopaleozoických hornin. Jižní část ATC (od hrany Krušných hor a flájského masivu), která se nachází níže než severní a je zčásti překrytá křídovými a terciárními sedimenty, byla relativně méně erodovaná. Dochovala se zde větší mocnost sekvence teplického ryolitu a ve větším rozsahu. Výrazný je ale litologický rozdíl podél loučensko-flájské a litvínovsko-libkovicke žíly granitového porfyru mezi ortorulami kateřinohorské klenby a hlouběji zaklesnutými pararulami altenberské kry. V rámci ATC je tedy opačný rozdíl v úrovni denudace předkalderového krystalinického podkladu a v post-kolapsovém období.

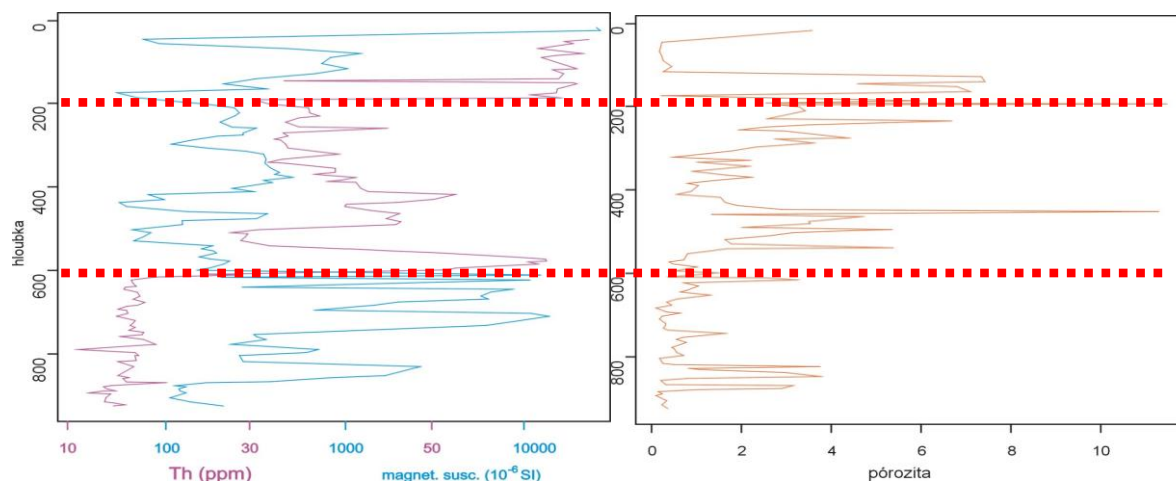
Těleso teplického ryolitu je situováno ve východní části ATC a představuje plošně nejrozsáhlejší výchozy karbonických vulkanických hornin v Českém masivu. V podloží sedimentů severočeské pánve pokračuje až k údolí Bíliny mezi Chudeřicemi a Lbínem. Východní okraj tělesa je strmý, z větší části svázaný s altenberskou žilou granitového porfyru, která směrem k jihu přechází v menší žilná tělesa. Západní okraj nasedá na krystalinikum altenberské kry pod úhlem přibližně 20°. Největší mocnosti tělesa teplického ryolitu byly zjištěny v jižní části kaldery (vrt TP-39). Nejstarší sekvence, bazální ryolity a dacity, jsou zastoupeny v německé části kaldery a jsou označeny jako Schönfeldská jednotka, na české straně to jsou výskyty při západním okraji tělesa teplického ryolitu a spodní sekvence zastížené ve vrtu Mikulov Mi-4 (Breiter 2001). Podle nejnovějších výsledků datování zirkonů (Hoffmann et al. in print) představuje schönfeldská jednotka relikty vulkanického aparátu, který je o ca 17 milionů let starší než samotná teplický ryolit. Přestože se tyto horniny nacházejí uvnitř altenbersko-teplické kaldery, jedná se o samostatnou magmatickou událost pohřbenou pozdějšími ignimbrity teplického ryolitu. Převážná část objemu tělesa je tvořena několika typy ignimbritů ryolitového složení, které jsou řazeny k hlavní a nejmladší zjištěné vulkanické fázi. Severní část tělesa teplického ryolitu představuje v současném erozním řezu spodnější patro vulkanického aparátu kaldery s významným podílem bazální Schönfeldské jednotky oproti jižní, kde jsou ve větších mocnostech zachovány ignimbrity nejmladší a hlavní vulkanické fáze. Rozdíl nemusí být způsoben jen rozdílnou hloubkou eroze, ale i asymetricky orientovaným kolapsem kaldery a je opačný ve srovnání s hloubkou denudace krystalinika altenberské kry. Většina jednotek ryolitových ignimbritů je bohatá na krystaloklasty křemene a živců uzavřené v původně popelové základní hmotě, která je silně rekrystalizovaná. I přes tuto rekrystalizaci je možné identifikovat relikty původních fiamme, které se vyznačují větší velikostí mikrokrystů zatlačujících sklo (foto 4-3).



Obrázek 4-3 Fragment devitrifikovaného skla plasticky deformovaný mezi krystaly křemene a draselného živce vrt TP-39, hloubka 176,1 m (pod zkříženými nikoly; červená úsečka = 0,5 mm).

V některých fragmentech skla je možné identifikovat původní sférolity, které také představují produkty devitrifikace. Teplický ryolit byl ukládán jako série ignimbritů, tedy uloženin pyroklastických proudů. Právě ukládání uvnitř kaldery, která představuje uzavřenou oválnou depresi, vedlo k velkým mocnostem jednotlivých jednotek. Srovnatelné uloženiny mimo prostor kaldery (například u Malých Žernosek) nedosahují takových mocností. Ukládání žhavého pyroklastického materiálu ve velkých mocnostech vedlo k pomalému chladnutí, které umožnilo spékání pyroklastického materiálu. Právě toto spékání je příčinou zdánlivě kompaktního vzhledu teplického ryolitu. Intenzita spékání ve schlazovací jednotce (jedná se o objem uloženin chladnoucích během

jedné schlazovací události, jedna schlazovací jednotka může být tvořena několika proudovými jednotkami uloženými krátce po sobě) není rovnoměrná. Vysoký stupeň spečení je možné pozorovat v centrální části tělesa, zatímco báze a strop schlazovací jednotky jsou spečené méně intenzivně a zachovávají si vyšší poróznost. Tento jev byl pozorován i na vyhodnocených petrofyzikálních datech z vrtných jader, kde efektivní poróznost v centru jednotky dosahovala přibližně 0,5 %, zatímco při bázi a stropu stoupala až k hodnotě 5 % (obr. 4-4).



Obrázek 4-4 Srovnání petrofyzikálních vlastností hornin ve vrtu Mi-4 v závislosti na hloubce dokládá význam proměnlivého stupně spečení ignimbitů na poróznosti teplického ryolitu.

Odlíšné magnetické vlastnosti a koncentrace Th oddělují vulkanity schönfeldské jednotky (dole) od ryolitových ignimbitů „západního okrajového“ typu (uprostřed) a typu „Pramenáč“ (nahore). Zóny s vyšší porózností (nižší stupeň spečení) pak kopírují rozhraní jednotek.

Vlastní gravitační kolaps kaldery typu je doprovázen již zmíněnými intruzemi mohutných žil granitických porfyrů vyplňujících obvodové ringové trhliny. Uvnitř kaldery jsou žíly granitových porfyrů orientovány vůči nim subparalelně, přibližně ve směru SSZ-JJV až S-J. To znamená, že využily zlomů poklesového charakteru vzniklých v souvislosti s kolapsem kaldery. Vně kaldery převládají žilné roje ve směrech VSV-ZJZ až SV-JZ a jsou orientovány většinou kolmo na její protažení. Dovnitř kaldery nepokračují, měly by tedy být starší než fáze gravitačního kolapsu kaldery. Nejčetnější jsou při s. okraji kaldery. Další větší žilné roje nebo svazky jsou v oblasti české části východních Krušných hor.

Geometrie a model reliéfu krystalinika a ryolitového komplexu české části ATC byl vytvořen především z dat vrtné databáze ČGS-Geofondu, znalostí geologické situace na povrchu (detailní geologické mapování 1 : 25 000) a geofyzikálních dat. Společně s geologickou interpretací seismických dat přispívá k diskusi o vývoji svrchnopaleozoické vulkanické aktivity v oblasti východních Krušných hor. Doplněna byla o data z archivů Doly Bílina a Diamo a.s., včetně hmotné dokumentace. Reflexně seismická měření v oblasti severočeské pánve byla využita především pro doplnění údajů hloubky jednotlivých rozhraní. Nově interpretovaná data umožnila vysledovat v reliéfu krystalinika žílu granitového porfyru (mezi Litvínovem a Libkovicemi) v podloží sedimentární výplně pánve. V severní části profilu byly indikovány dva reflexní horizonty: horní, který odpovídá povrchu ryolitu a dolní, který patří povrchu krystalinika. Výsledkem zpracování je 3D model ATC. V rámci zpracování vrtných profilů byla ještě využita informace o hloubce skrytého granitového tělesa zastíženého ve východní části ATC. V modelu současného reliéfu vystupuje na povrch pouze její část

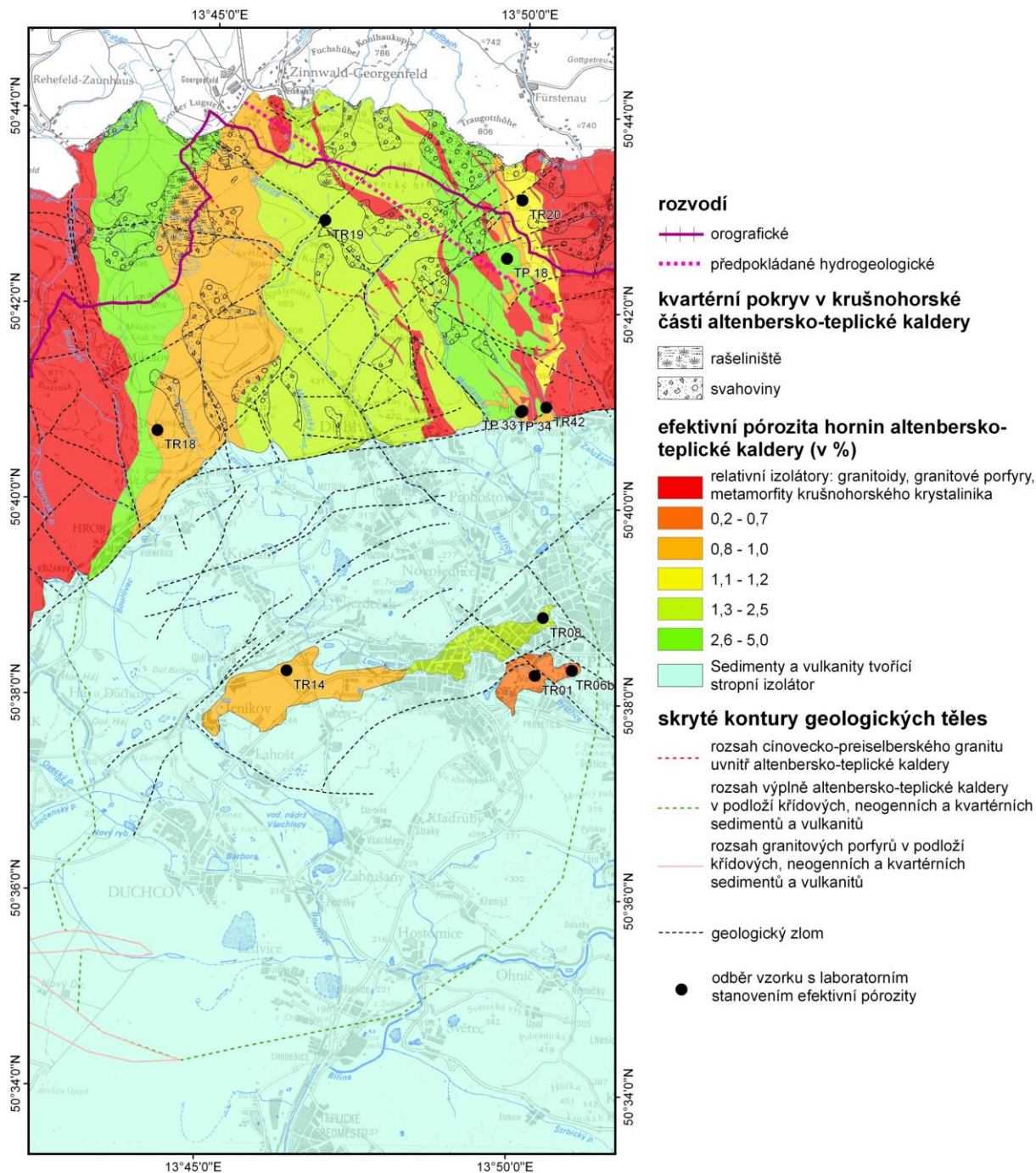
v oblasti Krušných hor, kde jsou detailně vymapovány hranice jednotlivých granitových masívů, žíly granitových porfyrů a těleso teplického ryolitu. Jižní část ATC je zcela překryta sedimenty a na povrch vychází teplický ryolit jen v blízkosti Teplic. Odkrytý model ukazuje rozsah tělesa teplického ryolitu téměř až k jižnímu okraji mostecké pánve v oblasti Bíliny. Díky existenci několika vrtů, které dosáhly báze tělesa teplického ryolitu, bylo možné vytvořit přibližný model reliéfu krystalinika v jeho podloží. Maximálních mocností dosahuje těleso teplického ryolitu v jihovýchodní části ATC, kde se nachází reliéf krystalinika níže než –700 m pod mořem. Tato deprese je pravděpodobně tektonicky omezena, na západě i na východě je skok poklesu více než 500 m na vzdálenost 2 km. V krušnohorské části proniká do tělesa teplického ryolitu intruze granitů cínovecko-krupského masívu, náležející k mladším granitům (YIC). Právě osa post-kalderové granitové intruze představuje hlavní hydrogeologické rozvodí v teplickém ryolitu. Osa granitové intruze probíhá ve směru SZ-JV a odlišuje se od průběhu orografického rozvodí (obr. 4-5).

## NADLOŽNÍ JEDNOTKY

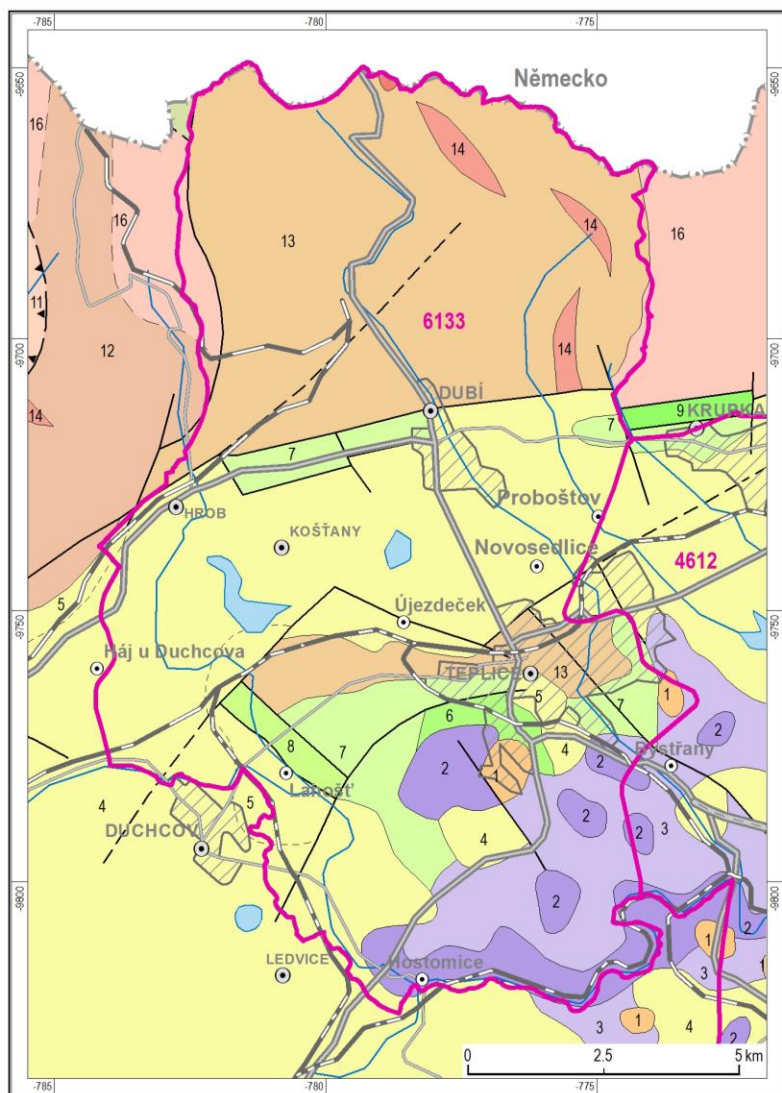
Těleso teplického ryolitu je v oblasti jižně od krušnohorského zlomu překryto **křídovými převážně marinními sedimenty české křídové pánve a neogenními kontinentálními sedimenty mostecké pánve**. Před-křídový reliéf byl i v této části rajonu členitý a k jeho zaplavování docházelo postupně. Zejména starší souvrství tak nejsou zastoupena v celém rozsahu. Příbojové facie se pak mohou vyskytovat v různých stratigrafických úrovních. Perucko-korycanské souvrství (cenoman) je tak vyvinuté a zachované jen v depresích předkřídového reliéfu a vychází na povrch v tektonických krách podél krušnohorského zlomu. Střídají se arkóзовé slepence až pískovce, prachovce a jílovce, místy uhelné. Mocnost perucko-korycanského souvrství v oblasti teplického ryolitu nepřesahuje 40 m. Sedimenty březenského souvrství (spodní až střední turon) se vyskytují v izolovaných krách podél krušnohorského zlomu a také v lemu teplicko-lahošťského hřbetu. Toto souvrství je reprezentováno křemennými pískovci, často silně silicifikovanými, ve svrchní části s výraznou příměsí glaukonitu. V blízkosti paleo-elevací přecházejí až do konglomerátů, místy byly vysledovány přechody do organodetritických vápenců a písčito-jílovitých sedimentů s vysokým podílem organické hmoty. Mocnost březenského souvrství v této oblasti dosahuje maximálně 65 m. V jizerském souvrství (střední až svrchní turon) převládají slínovce nad jílovitými vápenci, ale v blízkosti paleo-elevací se opět vyskytují konglomeráty příbojových facií. Mocnost jizerského souvrství v oblasti teplického ryolitu nepřesahuje 60 m. V teplickém souvrství (svrchní turon až coniac) se střídají jílovité vápence se slínovci, ve svrchní části silicifikované. Mocnost tohoto souvrství v oblasti teplického ryolitu opět nepřesahuje 60 m. Nejmladší křídové sedimenty v oblasti teplického ryolitu jsou reprezentovány monotónním sledem vápničných jílovců březenského souvrství (coniac až santon), které až v nejvyšší části obsahují vložky vápničných pískovců. Zachovaná mocnost březenského souvrství nepřesahuje 30 m. Podstatná část březenského, stejně tak jako merboltické souvrství byly v oblasti teplického ryolitu erodovány (Müller ed. 1997).

V nejj jižnější části rajonu 6133 jsou teplický ryolit a křídové sedimenty proraženy a překryty paleogenním vulkanickým komplexem Českého středohoří. Komplex tvoří sekvence láv alkalických bazaltoidů doprovázených vulkanoklastiky (především hyaloklastity vznikající na kontaktu žhavé lávy s vodou nebo vodou-nasyceným prostředím: Cajz 2000). Sekvence čedičových láv jsou doprovázeny přívodními drahami a žilami stejného složení menších rozměrů a výraznými intruzemi fonolitů a trachytů, které jsou obnaženy činností selektivní eroze. K alkalickému vulkanizmu docházelo od svrchního eocénu po spodní miocén. Několik menších těles pak vzniklo ještě během svrchního miocénu (ta prorážejí a překrývají i miocenní sedimenty mostecké pánve: Cajz et al. 2009).





Obrázek 4-5 Hydrogeologické vlastnosti teplického ryolitu včetně pozice orografického a hydrogeologického rozvodí



**Terciér Českého masivu**  
**Vulkanity Českého masivu**  
KENOZOIKUM

TERCIÉR

- 1 leukokrátní trachybazalty, trachandezity, trachyty, nerozlišené trachytické ulkany, intruzivní trachytické brekcie
- 2 olivnické alkalické bazalty a bazanty, olivnické lodty, limburgy, melilitické olivnické horniny, subvulkanické bazaltické brekcie, alterované olivnické bazaltové horniny, (slabě vyvěry a intruzo v středě olivnického rúbu)
- 3 vulkanoklastika olivnických bazaltových hornin (převážně redeponované autoklastika, méně opaklastika a pyroklastika, v Českém Středožním provázci; starší vývěry)

**Terestrický terciér Českého masivu (převážně předplození)**

NEOGEN

STŘEDNÍ SPODNÍ MIOCÉN (aquitan - baden)

- 4 pisky, štěrky, jily, podřadné uhelné sloje

PALEOGEN NEOGEN

SVRCHNÍ OLIGOCÉNSPODNÍ MIOCÉN

- 5 pisky, štěrky, jily, podřadné uhelné sloje

**Mezozoikum Českého masivu (převážně mariní)**

MEZOZOIKUM

KŘÍDA

SVRCHNÍ KŘÍDA (coniac-santon)

- 6 březenské souvrství, vápnité jílovce a slínovce s písčitými vložkami

SVRCHNÍ KŘÍDA (svrchní turon - santon)

- 7 březenské a teplické souvrství, vápnité jílovce a slínovce

SVRCHNÍ KŘÍDA (spodní -svrchní turon)

- 8 jizerské a bělohorské souvrství, vápnité jílovce, slínovce, méně jílovité vápence

SVRCHNÍ KŘÍDA (cenoman)

- 9 penucko-korycanské souvrství, jílovce, prachovce, pískovce, slepence

PREKAMBRIUM A (NEBO) PALEOZOIKUM, NEROZLIŠENÉ

PREKAMBRIUM A (NEBO) PALEOZOIKUM (nerozlišené)

- 10 fylity (chlontová, biotitová případně i granátová zóna)

- 11 svory a ruly, granátická a staurolitová zóna, ve vysokotlakých a extrémně vysokotlakých komplexech i ruly s kyanitem (+ sillimanit)

PREKAMBRIUM NEROZLIŠENÉ

PREKAMBRIUM (nerozlišené)

- 12 dvojslidné a biotitické ruly, místy migmatitizované

**Prekambrické a paleozoické vulkanity a metavulkanity**

PALEOZOIKUM (svrchní karbon - perm)

- 13 rhyolity, dacity, jejich tufy, nejvyšší anchimetamorfované

VARISKÁ INTRUZIVA

variská intruziva

- 14 žilné granitoidní a tonalitické horniny

- 15 granity bohaté stopovými prvky granit, a turmalinické variety

**PŘEDVARISKÁ INTRUZIVA A INTRUZIVA NEZNÁMÉHO STÁŘÍ**  
**(ČASTO DEFORMOVANÁ A METAMORFOVANÁ)**

předvariská intruziva a neznámého stáří

- 16 muskovit-chloritické, muskovit-chlorit-biotitické, dvojslidné, a biotitické metagranity až metagranodiority a ortoruly

— hranice útvarů a hornin známé

- - - hranice útvarů a hornin předpokládané

- · - · - litologické a petrografické přechody

— zlom známý

- · - · - zlom předpokládaný

➤ hlavní násunový (příkrovový) zlom předpokládaný

**6133** hranice a číslo rajonu v základní vrstvě

Obrázek 4-6 Geologická mapa

Mnohé sedimenty křídý jsou ještě překryty neogenními sedimenty mostecké pánve. Výplň pánve je zde zastoupena mosteckým souvrstvím, které se neformálně člení na spodní střední a svrchní část. Ve spodní části převládá redeponovaný vulkanogenní materiál, výše jíly a písky. Tzv. bazální sloj bývá vyvinuta jen dále od Krušných hor. Střední část mosteckého souvrství tvoří vlastní uhelná sloj, jejíž mocnost dosahuje až 50 m. V blízkosti krušnohorského zlomu a směrem k Bílině (bilinská delta), pronikají do sloje jazykovitě tělesa písků. Ve svrchní části převažují jílovce, místy s písčitou příměsí. Mocnost nadložních jílovců dosahuje podél krušnohorského zlomu jen prvních desítek metrů, v centrální části pánve to bývají až stovky metrů (Müller ed. 1997). Soubor nadložních sedimentů křídového a neogenního stáří dohromady představuje izolátor v nadloží sledovaného puklinovo-průlinového kolektoru teplického ryolitu. Do průvalů způsobených těžbou uhlí na Teplicku v 19. století, zajišťoval tento izolátor napjaté chování teplických termálních pramenů projevujících se přelivem. To je dáno výrazným výškovým rozdílem mezi infiltrační oblastí v Krušných horách a vlastními prameny v Teplicích.

Nejmladší uloženiny v oblasti teplického ryolitu představují **kvartérní sedimenty**. I ve vývoji kvartérních uloženin se projevuje rozdělení struktury krušnohorským zlomem. V krušnohorské části teplického ryolitu převládají hlinito-kamenité svahoviny lemující strmější svahy a ve větších mocnostech pak především svah krušnohorského zlomu. Svahoviny přispívají k efektivnější infiltraci srážkové vody v krušnohorské části teplického ryolitu a podél krušnohorského zlomu. V krušnohorské části ještě rozsáhlou plochu mezi vrchem Pramenáč (909 m n.m.) a státní hranicí pokrývají rašeliniště (PR Cínovecké rašeliniště). V pánevní části potom vedle antropogenních uloženiny souvisejících s těžbou hnědého uhlí a výrobou tepelné a elektrické energie (skrývkové výsypky a odkaliště) převládají fluvialní uloženiny Bíliny a jejich přítoků a deluvio-fluvialní uloženiny výplavových kuželů na úpatí Krušných hor.

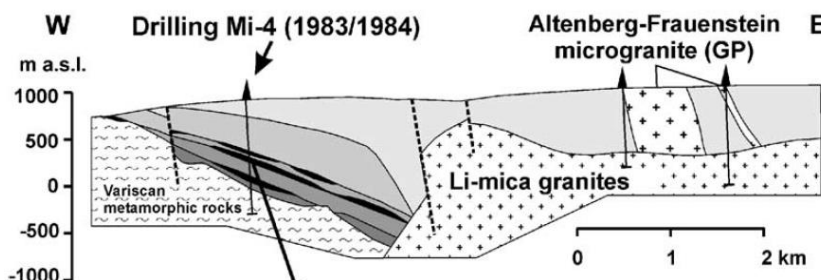
#### 4.1.2. STRUKTURNÍ STAVBA

##### Charakteristika litotektonických jednotek

Celý hydrogeologický rajon 6133 představuje východní část altenbersko-teplické kaldery vyplněné sekvencí vulkanických hornin svrchnokarbonského stáří dacitového a ryolitového složení. Kaldera je výsledkem subsidence stropu magmatického krbu v důsledku vyprazdňování krbu při sérii mohutných erupcí. Celá kaldera o rozměrech 35×18 km (Mlčoch a Skácelová 2010), orientovaná ve směru sever–jih, je přetržena krušnohorským zlomem, který představuje sz. okrajový zlom oherského riftu probíhajícího ve směru ZJZ–VSV. Rozdělení struktury tímto výrazným zlomem se projevuje v odlišné morfologické pozici a odlišném post-vulkanickém vývoji obou částí kaldery.

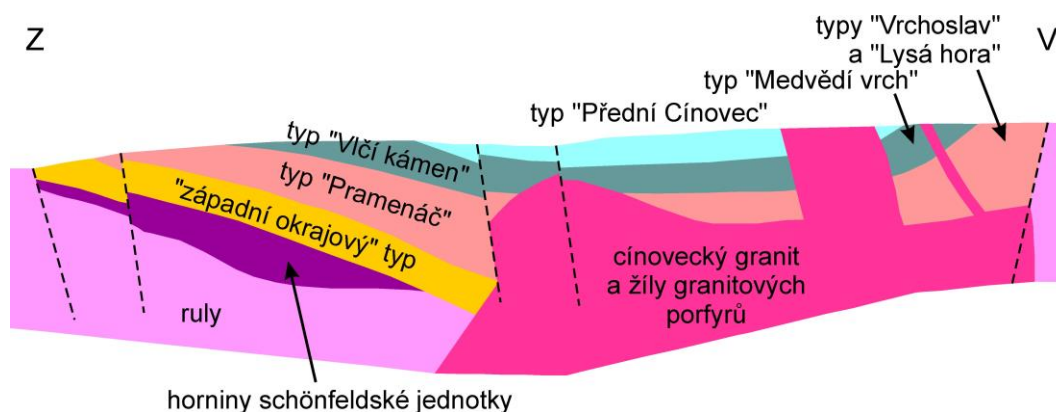
##### Vrstevní stavby ve vulkanických jednotkách

Po dlouhou dobu převládala představa monoklinálního uložení jednotlivých litologických typů teplického ryolitu. Již Moesta (1928) předpokládal, že jednotlivé „výlevy“ jsou uloženy všechny se shodným úklonem k východu. Tuto představu pak po řadu desetiletí další autoři přebírali (např. Müller et al. 2005: obr. 4-7).



Obrázek 4-7 Dlouho zažitá představa struktury výplně altenbersko-teplické kaldery (převzato z Müller et al. 2005).

Vyhodnocení rozsáhlého souboru petrofyzikálních a geochemických dat shromážděných v rámci řešení projektu však naznačuje možnou symetričnost vlastností jednotlivých litologických typů, která by odpovídala spíše synklinální stavbě výplně kaldery (obr. 4-7). Podle této současné představy (vytvořené v rámci projektu) by nejmladší ignimbrity představoval typ „Přední Cínovec“. Těto představě dobře odpovídají i geochemická data (viz níže), naznačující jednoduchý geochemický trend od nejstarších ignimbritů s nejvyšším obsahem  $\text{SiO}_2$ , přes mladší ignimbrity s klesajícím obsahem  $\text{SiO}_2$ , až po nejbazičtější granitové porfyry, které všechny ignimbritové jednotky proráží. Ignimbrity typu „Přední Cínovec“ představují nejbazičtější typ ignimbritů se zřetelnou tendencí k pozdním žilám granitových porfyrů. Předpokládáme tedy, že centrální část odpovídá nejmladší jednotce (obr. 4-8).

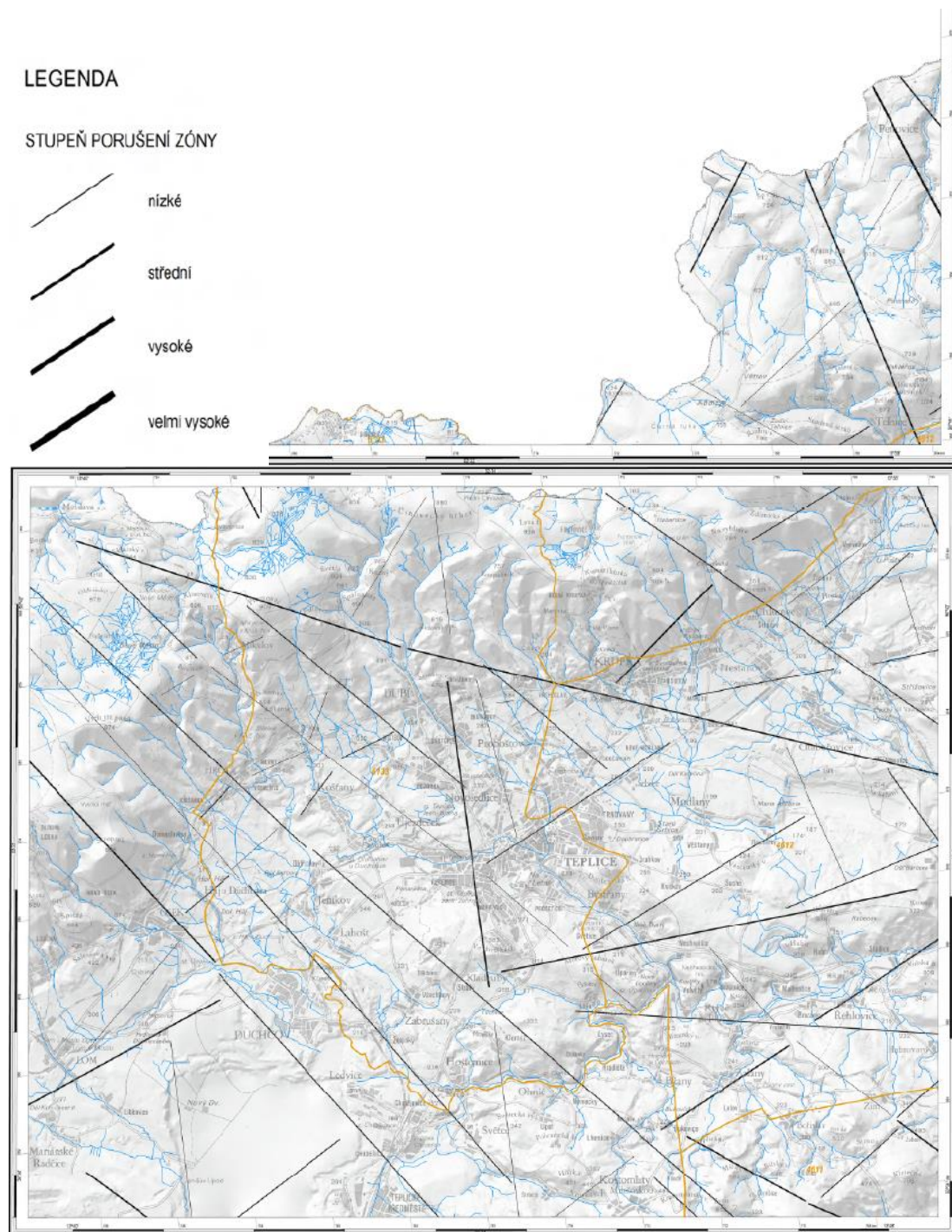


Obrázek 4-8. Ideová představa struktury výplně altenbersko-teplické kaldery na základě nových dat

### Křehká tektonika

V oblasti teplického ryolitu byla k vyhodnocení tektoniky využita interpretace radarových dat. Překvapivě nevýrazný je v této analýze projev okrajového zlomu oherského riftu, jehož projev je překryt mladšími sedimenty. Metoda v tomto případě neodhaluje hranice litologických typů (zde se lépe osvědčila letecká gama-spektrometrie). Naproti tomu velmi výrazně se projevuje struktura VSV-ZJZ, která patrně představuje související speřenou tektoniku k oherskému riftu (obr. 4-8). Význam těchto speřených tektonických linií byl potvrzen i vrtným průzkumem; tyto struktury mají zásadní význam pro infiltraci vod. V analýze mikrolineamentů je vidět převaha prvků oherského riftu (SV-JZ) a s ním speřených struktur (VSV-ZJZ). V méně výrazné míře se projevují žíly granitového porfyru při východním okraji kaldery. Vznik projevů křehké tektoniky souvisí s extenzním režimem souvisejícím s tvorbou oherského riftu během paleogénu a neogénu (např. Rajchl et al. 2009). Hlavní strukturou je

ZJZ-VSV orientovaný oherský rift, s množstvím speřených struktur směru Z-V až SZ-JV. Ty byly detekovány jednak metodami dálkového průzkumu Země, ale o jejich existenci svědčí také paralelně uspořádaná údolí menších toků (Modlanský, Přítkovský, Zalužanský potok) tekoucích z Krušných hor. Přítomnost významných extenzních poruch pak byla doložena vrtným průzkumem (vrty 6133\_WA, 6133\_WB, 6133\_WN, 6133\_WO). Otevřené pukliny vyplněné rozvolněnou brekcií způsobovaly ztráty výplachu a vedly k předčasným ukončováním jednotlivých vrtů. Díky tomu byl také prokázán význam těchto křehce-tektonických struktur ohledně infiltrace vody do hlubšího oběhu.

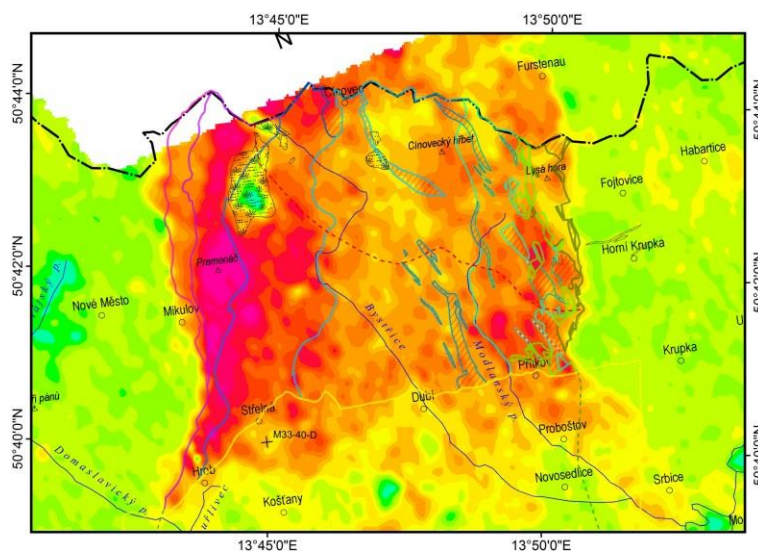


Obrázek 4-9 Indicie tektonických linií ze satelitních radarových dat v oblasti rajonu 6133, listy 02-14 Petrovice (nahore) a 02-32 Teplice (dole)

## GEOFYZIKÁLNÍ INTERPRETACE GEOLOGICKÝCH STRUKTUR

### Letecká gama-spektrometrie

Pro potřeby zpřesnění rozsahu jednotlivých horninových typů teplického ryolitu byla vytvořena mapa plošné distribuce radioaktivních prvků metodou letecké gama-spektrometrie (doplněné o leteckou magnetometrii). Mapu vytvořila společnost Miligal s využitím 256-kanálového leteckého gama-spektrometru GR 820D (Exploranium, Kanada). Použitý gama-spektrometr je vybaven detekčními krystaly NaI(Tl) o objemu 33 litrů se schopností rozlišení 0,25 hm. % K, 1 ppm U a 2 ppm Th. Gama-spektrometr byl umístěn na letadle AN-2, které létalo po profilech rychlostí ~ 140 km/h s výškou letu nad terénem převážně 80 – 100 m, méně často až 120 m. Celková rozteč paralelních letových tras byla 250 m, přičemž byly nalétávány kolmé „svazovací“ profily cca po 2,5 km. Data byla za letu snímána s frekvencí 1 sekundy. Z frekvence snímání a rychlosti letů vyplývá vzdálenost mezi jednotlivými „body“ na letové trase ~ 40 m. Letecké měření bylo doplněno ještě leteckým magnetometrem G-823A (Geometrics, USA, cesiový, tisícinný magnetometr). Lokalizace měřených dat byla zaměřována pomocí Leica GPS System 1200. Výsledný obraz, a zejména koncentrace Th, velmi dobře koreluje s litologickými typy vymezenými Eisenreichem a Jeřábkem.



Obrázek 4-10 Gamaspektrometrie

## GEOCHEMIE

### Úvod a metodika

Ve výzkumu sekvence ignimbitů se geochemie ukázala jako klíčová metoda sloužící ke korelaci jednotlivých horninových typů mezi povrchovými výchozi a jednotlivými zpracovávanými vrty a to jak archivními (Mi-4, E-9, E-14, E-15) tak i nově hloubenými (6133\_WB, 6133\_WO). S ohledem na lepší korelaci dat byly využity i vzorky z vrtů hloubených na německé straně kaldery a uložené v archivech Landesamt für Umwelt und Geologie a TU-Bergakademie Freiberg. Ze všech analyzovaných vzorků byly pořízeny petrografické výbrusy. Pro samotnou chemickou analýzu byly vzorky rozdrcené na čelistovém drtiči a pulverizovány v achátovém boxu.

Tabulka 4-1 Geochemická data z nově odebraných vzorků, hlavní prvky v hm. %, stopové prvky v ppm.

vzorek	TR01	TR05	TR06b	TR14	TR18	TR19	TR20	TR22	TR25
lokalita	Teplice, Pražská ul. - výchoz	Teplice, Botanická zahr. - výchoz	Teplice, Písečný vrch - výchoz	Kamenný pahorek - výchoz	Vlčí kámen - výchoz	Cínovec - výchoz	Lysá hora - výchoz	Pramenáč - výchoz	Divoká Bystřice - výchoz
SiO <sub>2</sub>	72,64	73,35	70,74	68,78	76,78	72,69	76,33	76,35	76,01
TiO <sub>2</sub>	0,33	0,38	0,43	0,50	0,20	0,37	0,15	0,13	0,09
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	12,89	14,54	13,85	14,57	11,83	13,55	13,21	11,95	12,71
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,06	1,37	1,18	2,09	0,97	1,08	0,79	0,87	1,70
FeO	1,26	0,04	1,66	1,28	0,36	0,89	0,06	0,87	0,14
MgO	0,23	0,06	0,38	0,30	0,09	0,16	0,05	0,08	0,16
MnO	0,061	0,012	0,057	0,067	0,033	0,058	0,030	0,065	0,072
CaO	0,85	0,31	1,43	1,65	0,65	0,68	0,17	0,74	0,07
Na <sub>2</sub> O	2,83	1,45	3,28	3,12	2,92	2,76	1,83	3,22	0,70
K <sub>2</sub> O	5,96	5,83	5,74	5,87	5,05	5,94	5,86	4,98	5,73
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,063	0,075	0,088	0,108	0,030	0,063	0,027	0,012	0,018
F	0,106	0,067	0,091	0,081	0,122	0,096	0,071		
CO <sub>2</sub>	0,57		0,02			0,22			
C(ost.)	0,030	0,014	0,017	0,009	0,027	0,010	0,013	0,021	0,016
S(tot.)			0,005		0,007		0,005	0,005	
H <sub>2</sub> O(+)	0,70	2,05	0,66	0,77	0,47	0,67	0,69	0,42	1,95
H <sub>2</sub> O(-)	0,16	0,12	0,15	0,19	0,11	0,16	0,11	0,16	0,50
Total	99,73	99,66	99,79	99,38	99,64	99,40	99,41	99,89	99,88
Ba	474,6	985,5	791,0	836,0	99,2	2269,5	39,3	149,7	109,6
Cr	9,2	15,4	14,8	6,5	7,2	8,8	32,2	7,2	2,3
Ga	21,7	22,1	21,4	23,7	22,1	23,3	23,9	23,3	22,9
Hf	9,4	9,2	10,5	11,4	6,1	8,7	5,5	5,6	4,6
Nb	26,6	22,9	26,3	23,2	22,7	22,2	26,0	33,2	28,2
Ni	18,7	10,5	11,9	7,0	5,8	6,1	4,4	7,2	5,3
Pb	32,1	27,9	29,9	28,4	52,2	38,5	27,5	45,7	16,8
Rb	197,3	154,1	139,1	130,1	198,5	192,9	271,0	269,5	343,9
Sc	7,1	6,3	8,6	19,7	6,9	15,7	11,1		
Sr	104,4	67,1	119,1	152,1	32,1	141,4	11,9	45,9	79,4
Th	43,7	40,5	35,9	29,8	63,5	39,3	35,2	60,8	61,7
U	9,4	4,8	6,8	4,8	13,9	7,1	6,3	22,4	6,5
V	10,1	13,9	13,0	16,8	3,7	10,0	1,8	3,3	3,0
Y	40,9	37,6	36,8	38,8	56,6	37,1	70,9	76,1	48,7
Zr	277,7	298,1	373,0	465,9	162,0	313,6	136,1	134,5	105,4
La	74,54	119,19	82,59	82,5	55,65	89,35	29,595	63,2	72,4
Ce	153,76	199,76	165,41	162,55	111,15	171,8	54,4	125,7	139,4
Pr	15,82	22,43	17,13	16,48	11,9	17,18	9,13	14,69	16,09
Nd	62,295	91,545	67,845	64,4	46,9	64,6	39,905	61,7	67,7
Sm	10,28	14,815	10,77	10,445	9,64	10,42	9,505	13,96	12,59
Eu	0,9	1,23	1,26	1,36	0,23	0,96	0,05	0,31	0,19
Gd	8,84	11,985	9,515	8,955	8,88	8,66	9,095	7,63	6,51
Tb	1,32	1,655	1,315	1,215	1,445	1,2	1,58	2,48	1,90
Dy	7,635	8,385	7,35	6,835	9,12	6,645	9,975	15,17	10,74
Ho	1,445	1,545	1,42	1,26	1,795	1,205	2,025	3,08	2,06
Er	4,225	4,255	4,025	3,66	5,29	3,515	6,08	9,04	6,18
Tm	0,61	0,56	0,565	0,5	0,75	0,47	0,86	1,32	0,88
Yb	3,88	3,62	3,62	3,265	4,815	3,09	5,44	8,35	5,65
Lu	0,58	0,54	0,53	0,47	0,68	0,45	0,805	1,22	0,83

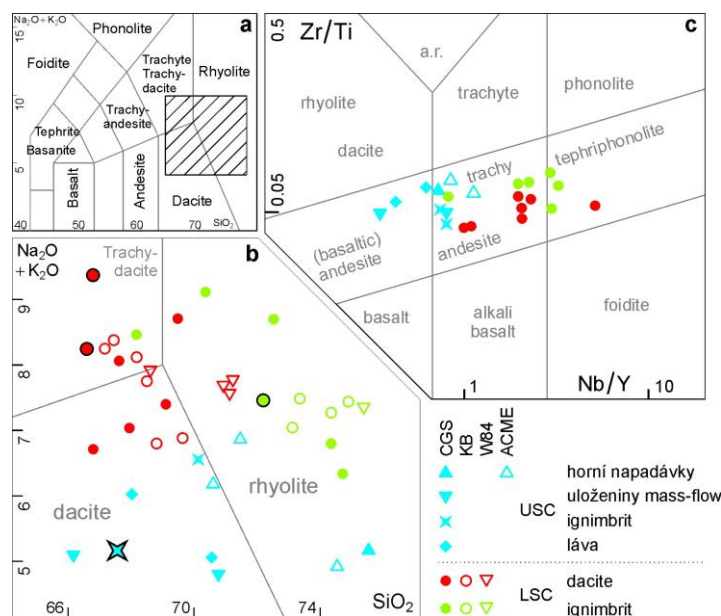
Nově získaný dataset byl doplněn o analytická data z litogeochemické databáze ČGS. Obsahy radioaktivních prvků souvisí s geochemickým vývojem eruptujících magmat. Existující geochemická data z povrchových sběrů proto byla doplněna o 85 celohorninových analýz vzorků hornin z altenbersko-teplické kaldery pořízených v laboratořích České geologické služby na Barrandově. Tato rozsáhlá sada geochemických dat zahrnuje vzorky odebrané z povrchových výchozů, archivních i nově vyhloubených vrtů (na české i německé straně geologické jednotky). Vzorky z německé části altenbersko-teplické kaldery sloužily k lepší korelaci mezi východní a západní částí struktury. Vzorky pro chemické analýzy byly drceny a poté umlety v achátovém boxu. Oxidy hlavních prvků byly

stanoveny kombinací metod (titrace s komplexonem III, atomová absorpční spektrometrie, fotometrie), stopové prvky včetně REE pak metodou ICP-MS. Pro analýzy stopových prvků byly práškové vzorky před rozkladem v HF a HClO<sub>4</sub> taveny v LiBO<sub>2</sub>. Výběr výsledků analýz je uveden v tabulce 4-1.

## GEOCHEMICKÁ CHARAKTERISTIKA HORNINOVÝCH KOMPLEXŮ

### Horniny schönfeldského komplexu

Vlastní výplň altenbersko-teplické kaldery tvoří dva vulkanické komplexy s odlišným chemickým složením. Ve spodní části je to starší schönfeldský komplex, na kterém leží mladší ignimbrity teplického ryolitu s.s. Na české straně jsou horniny schönfeldského komplexu známy pouze z vrtnu Mi-4, převážná část této jednotky pak vystupuje na německé straně. V rámci schönfeldského komplexu pak byly vyčleněny dva podkomplexy (spodní schönfeldský komplex LSC a svrchní schönfeldský komplex USC) s odlišným vulkanologickým vývojem a mírně odlišným složením. Odlišnost obou podkomplexů je zřejmá v klasifikačním diagramu TAS (The position of the LSC rocks in the TAS diagram (obr. 4-11, Le Maitre et al. 2002). Starší LSC svým složením odpovídá alkalickým ryolitům, dacitům až trachydacitům (suma alkálií 6–9.5 hm. %), zatímco mladší horniny USC s podstatně nižšími obsahy alkálií odpovídají hlavně dacitům. Pro ryolity a dacity neobvykle vysoké obsahy Ti (Tab. 4-1) vedou k nízkým poměrům Zr/Ti a všechny horniny schönfeldského komplexu vykazují bazičtější charakter v diagramu Nb/Y vs. Zr/Ti (Pearce 1996). Přesto s ohledem na hojnou přítomnost křemene a draselného živce považujeme klasifikaci TAS za spolehlivou.



Obrázek 4-11 Chemické složení hornin schönfeldského komplexu (z Walther et al. 2016): a,b) diagram TAS (Le Maitre et al. 2002); c) diagram Nb/Y vs. Zr/Ti (Pearce 1996).

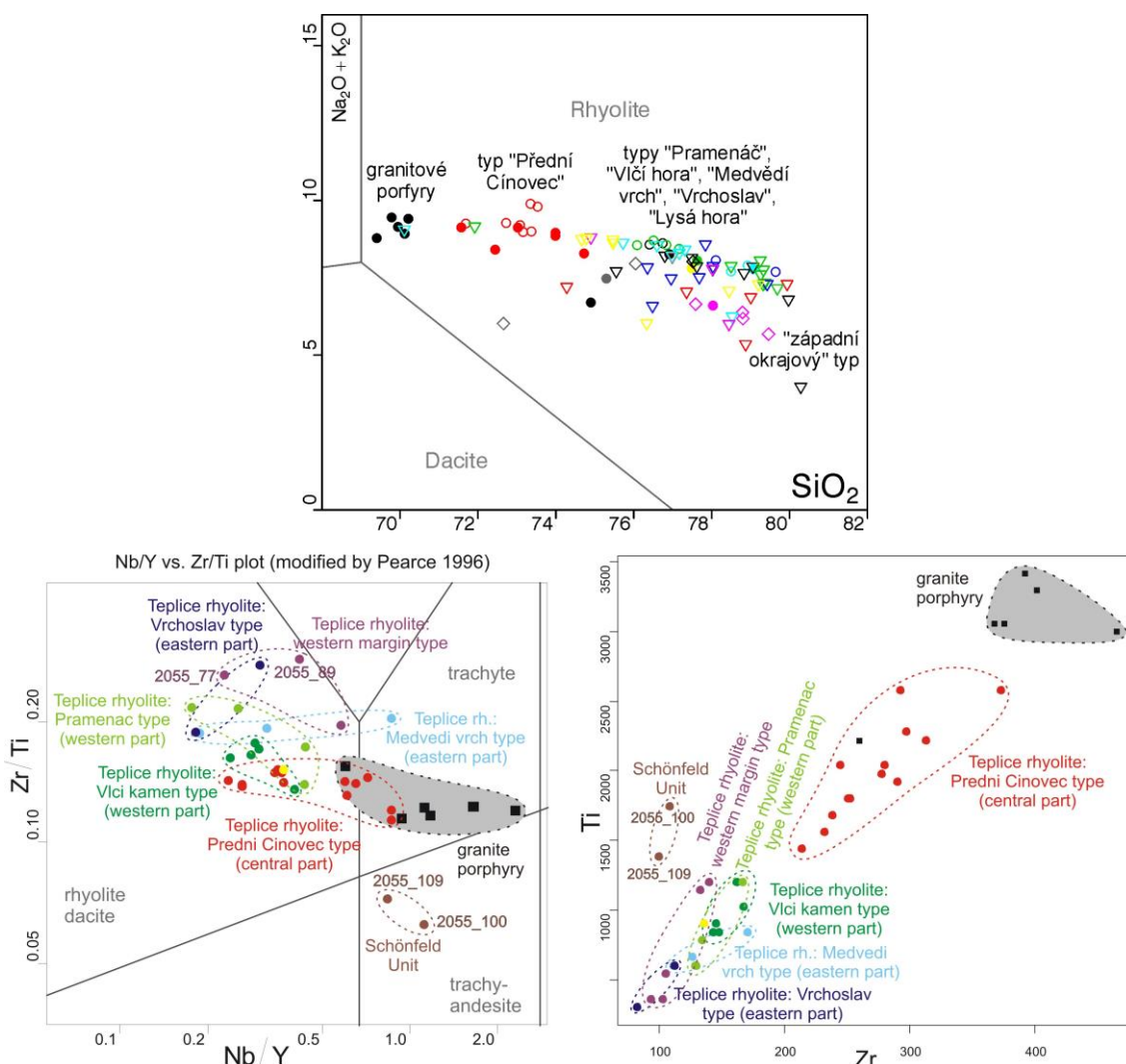
### Teplický ryolit

Na české straně kaldery převažující horniny tzv. „teplického ryolitu“ mají, jak zažitý název napovídá, převážně ryolitové složení (obr. 4-12). V digramu TAS (obr. 4-12a, Le Maitre et al. 2002) je pak také zřetelný trend složení hornin teplického ryolitu od SiO<sub>2</sub>-bohatších (starší) k SiO<sub>2</sub>-chudším členům.



Nejvýše frakcionovaný charakter tak mají ignimbrity západního okrajového typu, které tvoří přímé nadloží staršího schönfeldského komplexu. Naopak nejbazičtější charakter mají pozdní granitové porfyry, kterým se svým složením blíží ignimbrity typu „Přední Cínovec“ v centrální části kaldery. V tomto trendu se shodně promítají horniny ze západní i východní části kaldery, a dokládají tak symetrickou stavbu výplně a předpoklad, že nejmladšími ignimbritovými jednotkami nejsou ty na v. okraji kaldery, ale typ „Přední Cínovec“ v centrální části. Převážně ryolitové složení dokládá i klasifikační diagram Nb/Y vs. Zr/Ti (obr. 4-12b, Pearce 1996), kde až nejmladší členy zahrnující typ „Přední Cínovec“ a pozdní granitové porfyry mají trachytovou tendenci. Pokles obsahu SiO<sub>2</sub> ve sledované sekvenci je možné korelovat s nárůstem obsahu Ti některých stopových prvků v ryolitových horninách vázaných na těžké minerály (Zr), ale i silně kompatibilní prvky (Cr, Ni, V), jejichž koncentrace jsou oproti běžným ryolitům mírně zvýšené. Celý trend by tedy nejlépe odpovídal postupnému vyprazdňování zonovaného magmatického krbu, kdy v první fázi dochází k erupcím frakcionovaného (lehčího) magmatu ze svrchní části krbu, a s postupující aktivitou se při erupcích uplatňuje magma s hlubších a hlubších částí krbu, s větším obsahem těžších krystalů.

V blízkosti post-kalderových intruzí Sn-Li-granitů (cínovec-preiselberský granit) docházelo k přínosu mobilních prvků (Ba, F, Li, Mo, P, Sn, W) fluidy a vzniku zín s druhotnou mineralizací (greiseny), které významně modifikují složení ignimbitů.



Obrázek 4-12 Chemické složení hornin teplického ryolitu: a) diagram TAS (Le Maitre et al. 2002); b) diagram Nb/Y vs. Zr/Ti (Pearce 1996); c) binární diagram Zr vs. Ti.

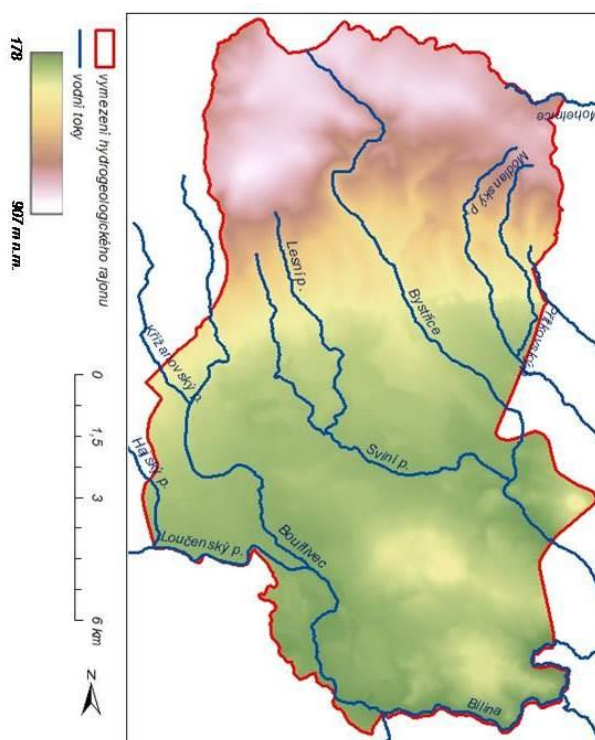
## 4.2. HYDROLOGIE (SRÁŽKO – ODTOKOVÝ VZTAH)

### MORFOMETRICKÉ CHARAKTERISTIKY HGR 6133 – TEPLICKÝ RYOLIT

Hydrogeologický rajon Teplického ryolitu má velmi různorodé morfometrické a geologické charakteristiky (obr. 4-13). Nejvyšší polohy rajonu se nachází na severu území v Cínovecké hornatině v rámci Krušných hor a prudce se svažují do podkrušnohorských pánví. Hornatina je tvořena proterozickými a paleozoickými vulkanickými horninami. Chabařovická a Duchcovská pánev v rámci celku Mostecké pánve jsou tvořeny terciárními a kvartérními sedimenty. Jihovýchodní část rajonu se nachází na území Teplického středohoří a kromě terciárních vulkanických hornin je tvořeno i druhohorními sedimenty. Severní část území se nachází v rámci CHOPAV Krušné hory.

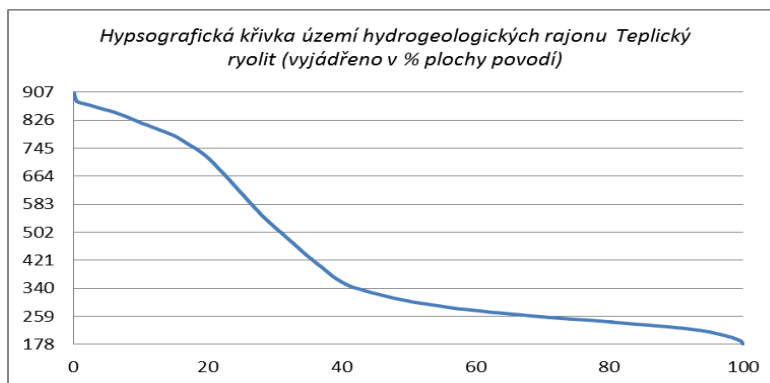
#### Výškové poměry

Rajon Teplického ryolitu zaujímá plochu 134,4 km<sup>2</sup>, nejvyšším bodem je vrch Pramenáč (909,4 m n. m.), nejnižším pak hladina Bíliny (178 m n. m.). Převýšení území činí 731 m. V rámci krušnohorského svahu podél toku Bystřice a na svahu vrchu Pramenáč byly detekovány sklon reliéfu přes 40°, průměrný sklon terénu v rámci celého rajonu byl vypočten na 5,83°.



Obrázek 4-13: Digitální model terénu území rajonu Teplického ryolitu vytvořený na základě vrstevnic z DMÚ 25 s velikostí gridu 5 m.

Svah Krušných hor je zřetelný i na hypsografické křivce. Z grafu je viditelná minimální plocha vrcholových partií (0,5 % plochy rajonu v rozmezí 880–909 m n. m.), pozvolný spád krušnohorského hřebene (nad 730 m n. m.), prudký spád krušnohorského svahu (převýšení 400 m na cca 20 % plochy území) a mírný sklon podkrušnohorských pánví (60 % plochy území do výšky 350 m n. m.).

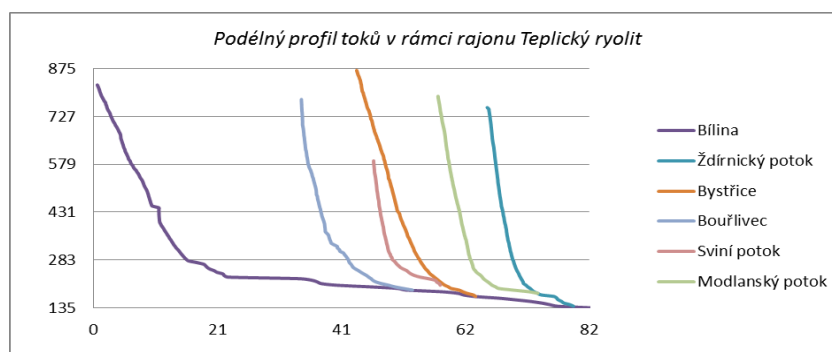


Obrázek 4-14: Hypsografická křivka území hydrogeologického rajonu Teplický ryolit, nadmořská výška v m n.m., plocha rajonu vyjádřena v %

### Hydrografické poměry

Vrcholovou částí Krušných hor probíhá rozvodí mezi povodím Bíliny a povodími přítoků Labe v Sasku. Hlavními levostrannými přítoky Bíliny jsou Bystřice a Bouřlivec (Bouřlivý potok). Plocha rajonu je drénována hlavními (Bílina) toky a vedlejšími toky (Bystřice, Bouřlivec, Sviní a Modlanský potok). Popis říční sítě HGR 6133 je uveden na obrázku 4-13.

Území rajonu je odvodňováno do Bíliny v jejím úseku od soutoku s tokem Bouřlivce (30 říční km) po 21,8 ř. km. Na podélném profilu toků (obr. 4-15) je patrný prudký spád krušnohorského svahu a přechod do mírného spádu v rámci podkrušnohorských pánví. Vodorovné úseky v liniích podélného profilu jsou způsobeny zatrubněním toků v Teplicích, kdy linie toku v mapě několikrát překračuje stejnou vrstevnici a tok není na povrchu zřetelný, nebo představují hladinu vodních nádrží.



Obrázek 4-15: Podélný profil Bíliny a jejích přítoků, nadmořská výška uvedena v m, vzdálenost od pramene v km

Průměrná hustota říční sítě byla vypočítána na  $1,78 \text{ km/km}^2$ , což představuje 2,5 násobnou hodnotu v porovnání s republikovým průměrem.

Podle geomorfologického členění patří území do Krušnohorské soustavy. Severní horská část náleží Krušným horám, pod nimi leží v. část Severočeské hnědouhelné pánve (SHP), kterou na J omezuje České středohoří. Vrcholovou částí Krušných hor probíhá rozvodí mezi povodím Bíliny a povodími přítoků Labe v Sasku.

## SRÁŽKO – ODTOKOVÝ VZTAH

Atmosférické srážky mají zásadní podíl na dotaci většiny kolektorů přítomných v zájmovém území. Pro stanovení srážko-odtokových vztahů HGR 6133 byla převzata archivní data o srážkách a odtocích. Základní data o srážkoměrných stanicích a jejich měření jsou uvedena v tabulce 4-2 a 4-3. Pozice srážkoměrných stanic je uvedena na obr. 4-17.

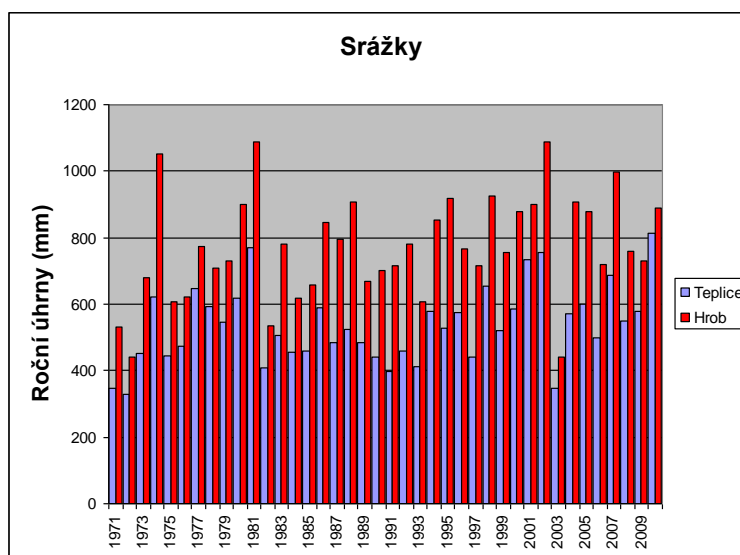
Průměrné roční teploty vzduchu stoupají z 5° C ve vrcholové části Krušných hor až na 8°- 9° C v pánvi a 6°- 8°C v Českém středohoří. Průměrné roční srážky klesají s nadmořskou výškou z 800 - 900 mm na hodnoty pod 600 - 500 mm v pánvi a v Českém středohoří (tab. 4-2, 4-3). Podnebí je zejména v severní části zájmového území relativně chladné s vysokým množstvím srážek, tedy příznivé pro tvorbu a doplňování zásob podzemních vod. Specifický odtok podzemní vody je úměrný ročním úhrnům srážek. V horské části je v rozmezí 3-5 l/s/km<sup>2</sup> a při okraji pánve klesá na 1-2 l/s/km<sup>2</sup> a dále v pánvi a v Českém středohoří klesá až pod 0,5 l/s/km<sup>2</sup> (Krásný et al. 1982).

Tabulka 4-2 Základní údaje o srážkách a teplotách ze staršího období

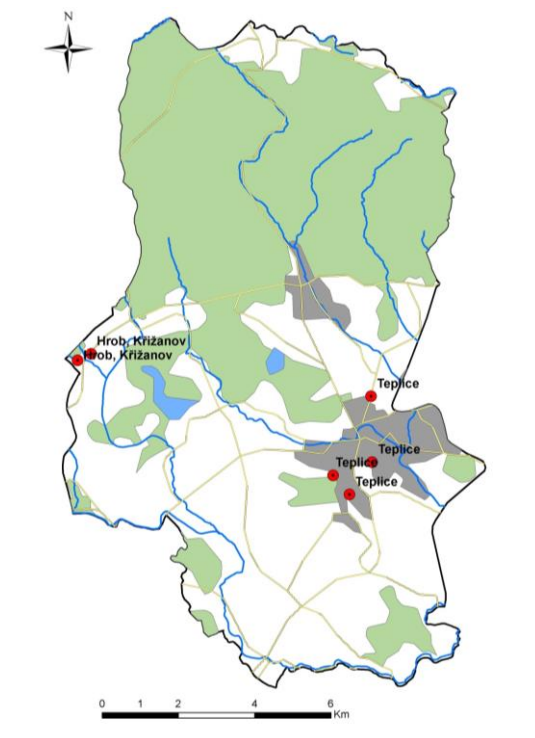
Stanice	Průměrný roční úhrn srážek mm	Průměrná roční teplota °C	nadm.výška m n.m	období
Hrob-Křižanov	752		357	1931-60
Košťany	688		350	1931-60
Teplice-Trnovany	511	8,2	228	1931-60

Tabulka 4-3 Základní údaje o srážkoměrných stanicích (údaje v mm)

Číslo	Lokalita	Doba měření (hodnocení)	Max. mm /datum	Min. mm /datum	Průměr mm	Poznámka
U1TEPL01	Teplice	1.1.1971-31.12.2010	73,9/12.8.2002		1,48	Denní úhrny
U1TEPL01	Teplice	1.1.1971-31.12.2010	814,8/2010	330,7/1972	536,8	Roční úhrny
U1HROB01	Hrob	1.1.1971-31.12.2010	138,50/12.8.2002		2,11	Denní úhrny
U1HROB01	Hrob	1.1.1971-31.12.2010	1088,8/1981, 2002	439,3/1972	771,4	Roční úhrny

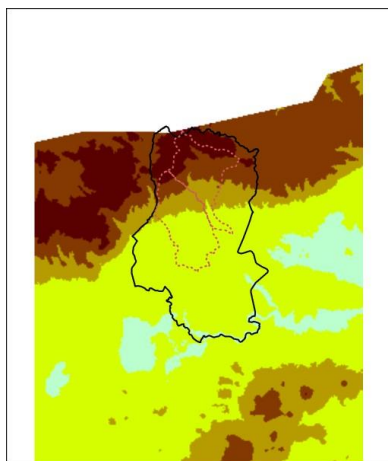


Obrázek 4-16 roční úhrny srážek ve stanicích HGR 6133

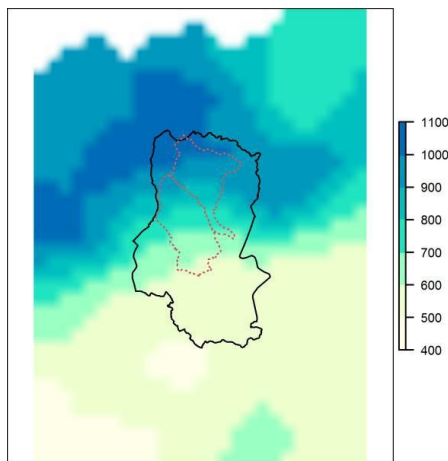


Obrázek 4-17 Pozice srážkoměrných stanic

**PROMĚNLIVOST SRÁŽEK NA PLOŠE HGR 6133**



Obrázek 4-18 Výškopis [m n. m.].



Obrázek 4-19 Průměrné roční srážkové úhrny (1981-2010) [mm/rok].

**Tabulka 4-4 Vývoj srážkových úhrnů**

období	1961-1980	1981-2010		2001-2010	
	[mm]	[mm]	dif.[-]	[mm]	dif.[-]
.HGR	693.65	727.49	1.05	787.63	1.08
povodí Bystřice	888.13	931.46	1.05	1008.46	1.08
povodí Svíní p.	697.09	731.10	1.05	791.54	1.08

**Tabulka 4-5 Vývoj teploty**

období	1961-1980	1981-2010		2001-2010	
	[°C]	[°C]	dif.[-]	[°C]	dif.[-]
.HGR	7.05	7.91	0.86	8.19	0.28
povodí Bystřice	5.43	6.29	0.86	6.57	0.28
povodí Sviní p.	7.23	8.09	0.86	8.38	0.29

V tabulkách 4-4 a 4-5 jsou uvedeny průměry srážek a teploty vzduchu za období 1981-2010, porovnané s průměry za období 2001-2010 a 1961-1980 pomocí poměrů hodnot (u teplot vzduchu rozdílů hodnot). Lze konstatovat, že teplota vzduchu v HGR 6133 roste.

Posuzovány byly průměrné roční hodnoty z hlediska výskytu trendu za období 1961 – 2010. Hladina významnosti testů byla zvolena 0.05.

#### **Srážkové úhrny na HGR 6133**

- Nebyl indikován statisticky významný trend.

#### **Teplota na HGR 6133**

- Byl indikován statisticky významný trend s gradientem 0.04°C za rok s počátkem v roce 1970.

Základní hydrologické charakteristiky vybraných vodních toků (tab. 4-6) vykazují poměrně vysoké hodnoty specifického povrchového odtoku pohybujícího se v intervalu 6,23 až 8,91 l/s/km<sup>2</sup>. V tomto rajonu se nenachází žádná měřicí průtokoměrná stanice.

**Tabulka 4-6 Charakteristiky vybraných toků (dle Vlček a kol. 1984)**

	pramen m n.m.	ústí m n.m.	povodí km <sup>2</sup>	délka toku	průtok u ústí m <sup>3</sup> /s	specifický odtok l/s/km <sup>2</sup>
Bystřice	860	175	70,9	18,4	0,48	6,77
Bouřlivec	780	190	99,5	18,2	0,62	6,23
Sviní (Košťanský) potok	578	206	30,12	11,1		
Lesní potok	798	230	34,0	12,7	0,23	6,76
Modlanský potok	760	154	34,8	16,5	0,31	8,91
Bílina	785	132	1070,9	84,2	5,51	5,15

Časové řady pozorování ČHMÚ z období 1971 - 2010 (srážky, průtoky v povrchových tocích, vydatnosti pramenů, kolísání hladin podzemních vod a časové řady chemického složení podzemních vod) byly zavedeny do GDBase 5 a byly dále zpracovány v jednotlivých oborech.

### **VÝBĚR HYDROLOGICKÝCH DAT PRO VÝPOČET PŘÍRODNÍCH ZDROJŮ KLASICKÝMI METODAMI**

V rámci rajonu není k dispozici reprezentativní vrt s dlouhodobým sledováním hladin bilancovaného kolektoru, a proto plánovaná korelace dlouhodobých časových záznamů kolísání podzemních vod versus separovaný základní odtok nebyla realizována.

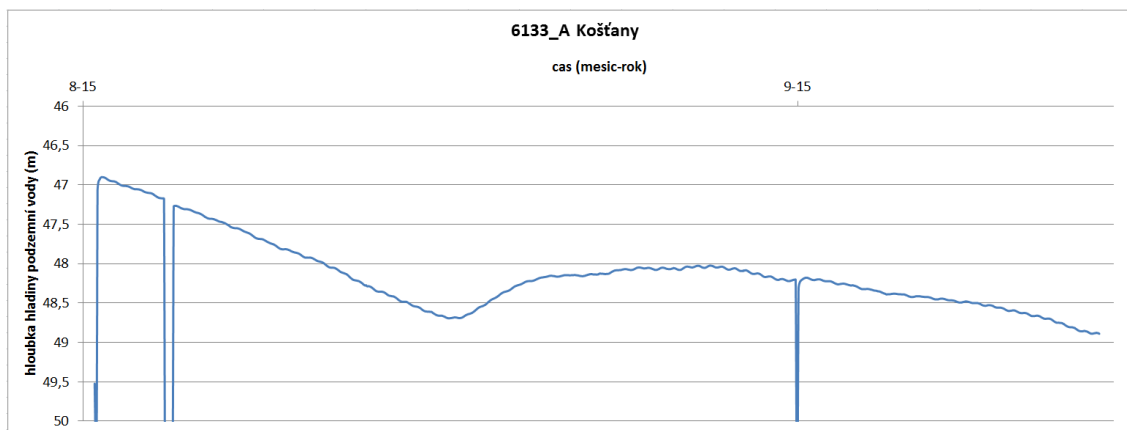
## HYDROLOGICKÁ MĚŘENÍ VYBRANÝCH PROFILŮ NA POVRCHOVÝCH TOCÍCH

Z HGR 6133 byla bilančně vyhodnocována jen mělká přípovrchová zóna zvětralin a přípovrchového rozpojení puklin a proto zde nebyla aplikována hydrologická měření (PPP).

## MĚŘENÍ HLADIN PODZEMNÍCH VOD VE VRTECH PROJEKTU

Pro potřeby režimního měření byly hydrogeologické vrty vybaveny měřicí technikou na měření kolísání hladiny podzemní vody a její teploty. Typ měřicí techniky byl zvolen v závislosti na typu měřicí techniky používané na okolních režimně sledovaných vrtech a na sledovaných vrtech ČHMÚ. Preference byla dána typu v současné době umísťovaných typů měřicí techniky ČHMÚ, aby se tak usnadnilo případné převzetí monitorovacích vrtů ČHMÚ a jejich zařazení do státní pozorovací sítě. V souladu s praxí ČHMÚ jsou nastaveny také intervaly sledování monitorovaných parametrů na 1 hodinu. Předpokládá se provádění kontrolních měření a odečtu sledovaných hodnot každé 3 měsíce (monitorovací režim ČHMÚ provádí kontrolní měření každých 6 měsíců).

Výsledky režimního měření na vrtech jsou uvedeny v následujícím grafu a primární data z měření jsou na uložišti ČGS.



Obrázek 4-20 Graf režimního měření hladiny podzemní vody ve vrtu 6133\_A Košťany

### 4.3. HYDROGEOLOGIE

V zájmovém území jsou zastoupeny 4 hlavní strukturně-hydrogeologické celky, často vzájemně propojené:

Hydrogeologický masív Krušných hor, který pokračuje do podloží neogenní pánve. Tvoří jej především ryolit (ignimbrit). V podloží pánve se vytvořila napjatá hladina podzemní vody v ryolitu regulovaná čerpáním termy v Teplících a v okolí Duchcova.

Pánev, na jejíž bázi jsou křídové pískovce popř. písky nebo pískovce souvrství podložních jílu a písků. Podzemní voda v hnědouhelné sloji měla původně samostatný režim, který je zásadně ovlivněn antropogenními vlivy.

Komplex Českého středohoří - převládající horniny jsou slánovce jizerského, teplického a březenského souvrství, jimiž pronikají neogenní vulkanity. Křídové horniny jsou většinou v podloží neogenních bazaltoidních příkrovů a jejich tufů popř. tufitů. Obvykle jsou překryty hrubozrnnými svahovými sedimenty.

Fluviální sedimenty přítoků Bíliny a proluviální sedimenty zasahující z úpatí Krušných hor do pánve.

#### VYMEZENÍ KOLEKTORŮ A IZOLÁTORŮ

Teplický ryolit se nachází se v saxothuringiku Českého masivu v okolí Teplíc a pokračuje napříč Krušnými horami do Německa, v pruhu zhruba směru SSZ-JJV ca 30 km dlouhém a mezi 5 a 8 km širokém. Ryolitové těleso, probíhající napříč hlavním směrem krušnohorského krystalinika a oherského riftu, náleží svými hydrogeologickými vlastnostmi k tzv. tvrdým horninám ("hard rocks") s převládající puklinovou pórovitostí. Hydrogeologický rajon 6133 má velmi specifické podmínky oběhu podzemní vody. Výpočty využitelných vydatností mělkých podzemních vod se jen obtížně oddělují od hlubších zdrojů termálních minerálních vod.

Z hlediska tvorby a výskytu minerálních vod je těleso ryolitu řazeno do oblasti středního a východního Podkrušnohoří a dolního Poohří. Na rozdíl od západočeského (karlovarského) typu zde nebyly zjištěny významné akumulace podzemních vod hlubšího proudění, jak tomu nasvědčuje relativně nízká celková mineralizace, nepřítomnost chloridů a dalších složek. Terciární uložení mostecké pánve oddělují rozsáhlé výchozy ryolitu na j. svazích a ve vrcholové části Krušných hor, od výchozů v morfologicky patrném teplicko-lahošťském hřbetu mezi Teplícemi a Duchcovem.

V geologické minulosti bylo Teplicko převážně oblastí výzdvihu. To vedlo ve srovnání s územím dále k Z (Duchcovsko a Mostecko) i k V (Ústecko) ke značnému zmenšení rozsahu a mocností terciálních sedimentů mezi teplicko-lahošťským hřbetem a Krušnými horami. Mostecká pánev se zde zužuje až na pouhé 2–3 km a mocnost sedimentů, převážně v jílovitém vývoji, dosahuje jen několika desítek metrů. Na Teplicku jsou také podstatně menší mocnosti křídových uložení.

Do geologické a hydrogeologické historie se Teplicko zapsalo tzv. döllingerskou katastrofou v r. 1879, kdy průvalem termálních vod do hnědouhelných dolů severně od Duchcova byly dramaticky postiženy do té doby nejvýznamnější české lázně – Teplice.

Významným tektonickým prvkem území je krušnohorské zlomové pásmo generálního směru JZ–SV, v území s. od Teplíc (v oblasti ryolitu) se stočením do směru Z–V. S ním paralelní poruchy se nacházejí v prostoru mostecké pánve dále k J: zlom Lesní brány, řetenický zlom. Území je rovněž porušeno řadou dalších poruch různých směrů: döllingerská porucha, inundační skok, viktorínsko-

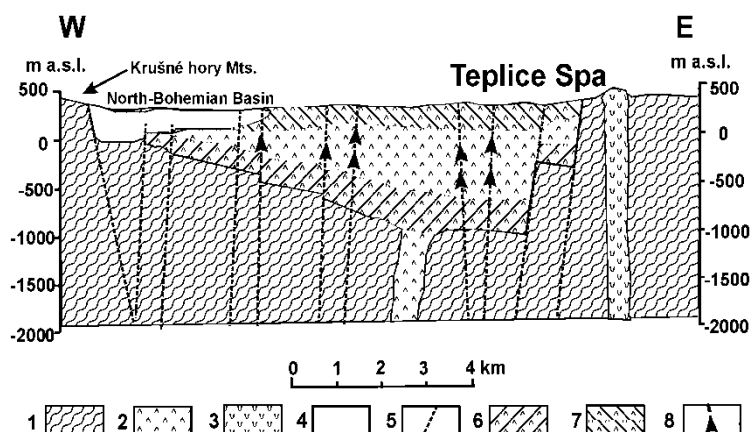


gizelská a barborská porucha ad. Zdánlivě logické přímočaré propojení teplických pramenů přes Obří pramen až k průvalovému místu v dole Döllinger vedlo různé hydrogeology včetně Hynie (1956) k představě o existenci teplického zlomového pásma. Teplické zlomové pásmo mělo hydraulicky propojovat všechna uvedená místa, výsledky průzkumů jej však neprokázaly (Čadek et al. 1968).

Teplický ryolit je prostředím s extrémně proměnlivou propustností, jejíž výše je určena zejména intenzitou tektonického porušení. Mezi bloky ryolitu tektonicky minimálně postiženými nebo vůbec nepostiženými, a tedy nepatrně propustnými až nepropustnými, existují mimořádně propustné zóny (Čadek et al. 1968, Hazdrová et al. 1980) a později další autoři (Burda 1997) vyjádřili na základě výsledků čerpacích zkoušek převládající transmisivitu ryolitu intervalem od jednotek po první stovky  $\text{m}^2/\text{d}$ . Tato hodnocení však neodrážejí existenci ani prakticky nepropustných, tektonicky nepostižených bloků ryolitu, ani místně široce rozevřených značně propustných zón, prokázaných některými vrtly či šachtami, vyhloubenými v místech původních teplických vývěrů a v prostoru Obřího pramene. Na základě téměř stopadesátiletých zkušeností, založených na interpretaci výsledků mimořádně rozsáhlých průzkumných prací, prováděných v různých obdobích od döllingerského průvalu v r. 1879 do nedávné minulosti, lze konstatovat, že nikde v prostoru teplického ryolitu nebyla prokázána přítomnost rozsáhlých dvourozměrných vertikálních preferenčních cest proudění (zlomů, zlomových zón), které by sledovaly dominantní – podélné, příčné či „kosé“ strukturní směry. Jediným nezpochybnitelným poznatkem je, že existují určité dobře propustné zóny, kterými může podzemní voda rychle proudit, a zejména, že může docházet k rychlému tlakovému ovlivnění „ryolitové zvodně“ na překvapivě velké vzdálenosti. Veškeré pokusy o konkrétní identifikaci plošných či jiných rozsáhlejších zón (srov. např. představu teplického zlomového pásma), které by tato tlaková ovlivnění v regionálním měřítku umožňovaly, však selhávaly. Značnými problémy bylo např. provázeno také zachycení termy hlubokým vrtem Tp-28 („pramene Hynie“) i provádění předchozích a dalších zamýšlených jímacích vrtů.

Na základě přehodnocení dosavadních poznatků formulovali Jakeš a Krásný (1998) konceptuální hydrogeologický model ryolitu, sestávající ze tří vertikálních zón (obr. 4-21). Při tomto pojetí má značný význam regionálně působící izolátor, oddělující svrchní kolektor zóny zvětrání a připovrchového rozpojení puklin (který je předmětem bilancování) od bazálního (hlubinného) kolektoru.

Tento bazální, heterogenní a anizotropní kolektor s preferenčními cestami proudění se nachází v nejstarších, silně rozpukaných částech starých lávových proudů nebo střídajících se poloh pyroklastik a láv ve spodní části ryolitového tělesa. Koncept předpokládá značnou hydraulickou difuzivitu právě tohoto bazálního kolektoru, umožňující rychlé hydraulické ovlivnění povrchových výskytů termálních vod i na značné vzdálenosti. Vertikální komunikace mezi bazálním a připovrchovým kolektorem napříč regionálním izolátorem je pak umožněna existencí víceméně izolovaných, někdy křivolakých preferenčních cest proudění podzemní vody, které se mohou nacházet v místech křížení tektonických poruch. Tyto izolované, převážně vertikální „kanály“ či „komíny“ jsou výstupními cestami terem a zónami hydraulických „zkratů“. Koncept je v souladu se skutečností, že původní nejvýznamnější přírodní teplické termální vývěry, stejně jako dále zmíněná termální „kupa“, se nacházely mimo drenážní zóny podzemních vod (dna údolí), tedy nikoli při dolní erozní bázi, jak bývá u velkých pramenů obvyklé, a že dosavadní pokusy o zachycení teplických terem hlubinným jímáním byly provázeny značnými obtížemi, přes využití širokého spektra průzkumných prací za jejich řízení špičkovými odborníky



Obrázek 4-21 Konceptuální hydrogeologický model podél řezu napříč tělesem teplického ryolitu (podle Jakeše a Krásného 1998)

- 1 - krystalinické horniny, 2 – teplický ryolit, 3 – terciární eruptiva a pyroklastika, 4 – terciární sedimenty mostecké pánve, 5 – schématické znázornění hlavních či dalších možných zlomů, 6-7 – předpokládané kolektory v ryolitovém tělese: 6 – kolektor při bázi lávových proudů ryolitového tělesa (bazální kolektor), 7 – připovrchový kolektor rozpojených puklin a zvětralinové zóny, 8 – možné lineární preferenční cesty, umožňující vertikální proudění a hydraulické spojení podzemních vod bazálního a připovrchového kolektoru.

Původní přírodní vývěry terem v „předprůvalovém“ období byly v Teplicích soustředěny ve dvou územích, v tzv. teplické a šanovské skupině.

**Teplickou skupinu** tvořil hlavní pramen Pravřídlo, který vyvěral přibližně v místě dnešní šachty Pravřídla, a další prameny v okolí: Dámské (celkem 3), Zahradní ad. Uváděné vydatnosti byly ca 9 l/s Pravřídla na kótě asi 220 m n. m., dalších téměř 4 l/s u největšího Dámského a ca 1,5 l/s Zahradního pramene. Vydatnosti ostatních pramenů nedosahovaly 0,5 l/s. Celková vydatnost teplické skupiny tak dosahovala kolem 15 l/s.

Termální voda vyvěrala i ve sklepech některých okolních domů a byla využívána ke koupelím. Teplá voda byla zjištěna též v mnohých domovních studních kolem Pravřídla, především v jeho sz. okolí, ve srovnání s prostorem kolem Pravřídla s povrchem terénu obvykle ve vyšší nadmořské úrovni. Piezometrický povrch terem nad terénem tak vytvářel v Teplicích jakousi termální „kupu“, v místech výstupu termy zatlačující okolní mělké studené vody.

**Šanovskou skupinu** v jz. okolí dnešní šachty Horského pramene tvořily prameny Kamenolázeňský, Hadí ad. Největší vydatnosti zde měly Kamenolázeňský (ca 4,5 l/s) a Hadí pramen (kolem 2 l/s), celková vydatnost šanovské skupiny byla ca 8,5 l/s.

Další původní přírodní vývěr termy, **Obří pramen**, nacházející se při z. konci teplicko-lahošťského hřbetu u obce Lahošť ca 5 km zjz. od Teplic, měl před r. 1879 v úrovni 225 m n. m údajnou vydatnost 27–42 l/s.

Při pronikání hlubokými partiemi ryolitu získává podzemní voda fyzikální a chemické vlastnosti terem. **Pravřídlo** je chemicky terma typu Na-HCO<sub>3</sub>, se zvýšeným obsahem fluoru a kyseliny metakřemičité. Celková mineralizace činí 1,1–1,5 g/l. Hlavním atributem teplických terem je však jejich teplota, která v předprůvalovém období dosahovala u Pravřídla téměř 50 °C, v důsledku umělých zásahů všeobecně klesala.

V poprůvalovém období se poněkud změnilo chemické složení termy Pravřídla. I když původní natrium-hydrogenkarbonátový typ s celkovou mineralizací mírně přesahující 1 g/l stále převládá, vzrůstající podíl síranů naznačuje pokračující mísení termy se studenou mělkou podzemní vodou, sestupující do hlubší zvodně v důsledku regionálního snížení piezometrické úrovně podzemní vody. Po průvalu v r. 1879 na Dole Döllinger se výrazně snížila úroveň hladiny termálních vod v místě průvalu na ca 165 m n.m. (odhad) a částečně třemi průvaly na dolech Viktorin a Gisela v následujících letech 1887 až 1897. Po tomto uměle vyvolaném zásahu se velmi hledala možnost, jak umožnit těžbu a současně zachránit teplické termy. Proces byl zcela pochopitelný, uvážíme-li množství původních přírodních vývěrových míst terem, dokládajících značné připovrchové rozpukání teplického ryolitu, které po změně piezometrických poměrů umožnilo zásadní změnu smyslu vertikálního pohybu vody z původního vzestupného v současný sestupný.

Terma **Horského pramene** vzniká mísením vody chemismem blízké Pravřídla (s poměrně nízkým obsahem uranu řádu  $10^{-5}$  g/l) s mělkými podzemními vodami typu Ca-SO<sub>4</sub> až Ca-HCO<sub>3</sub> s vysokými koncentracemi uranu ( $10^{-3}$  g/l), přitékajícími z báze křídly a nejvyšší části ryolitu. Tím dochází k ředění termy Horského pramene, která se oproti Pravřídla vyznačovala poněkud nižší celkovou mineralizací (0,9 g/l), nižším obsahem alkálií a zvětšením obsahu alkalických zemin a síranů. Přítokem mělkých vod získávala terma Horského pramene také radonovou emanaci. Vůbec největší radioaktivita byla zjištěna v průzkumných vrtech v blízkosti Horského pramene, TH-40 a TH-35: 8,6, resp. 10,6 kBq/l. Tyto hodnoty jsou srovnatelné s radioaktivitou termy v Jáchymově. Při hlubinném jímání termy Horského pramene by byla možnost jejího obohacení radonem vyloučena.

Nižší udávané teploty **Obřího pramene** (max. 25–27 °C) a čerpané vody v době po průvalu na Dole Döllinger, kde byla udávána teplota kolem 23 °C, zřejmě souvisejí s menší mocností ryolitového tělesa.

Po průvalech se řešila otázka pokračování těžby hnědého uhlí a současně také udržet existenci termálních vod. Vzhledem k zásadní změně hydrogeologických poměrů v poprůvalovém období závisela vydatnost v odběrových místech hlavně na způsobu čerpání v rámci uměle vytvořeného zvodněného systému. Hydraulická rovnováha byla udržována čerpáním termy ze šachet v samotných Teplicích a v průvalovém místě na Dole Döllinger, později nahrazeným čerpáním ze šachty v místě bývalého Obřího pramene.

V minulosti předpokládané či identifikované značné zdroje podzemních vod připovrchové zóny v Krušných horách v prostoru ryolitu (mj. Čadek et al. 1968, Hazdrová 1986, Burda 1997) naznačují větší možnosti jímání podzemních vod, jak se domnívali již někteří starší autoři. Je tedy otázka, zda jsou tyto představy v souladu se skutečností, že vyšší spotřeba vody byla vyvolána větší potřebou vody s ohledem na zvýšené nároky a potřeby Teplic jako dříve významného lázeňského centra či je dokladem větších možností tohoto krystalinického areálu.

Zaznamenání hodné jsou v Teplicích výrazné projevy slapových sil a zemětřesných událostí, podobně jako v případě dlouhodobého sledování kolísání hladiny na vrtu v moravských Slatinicích.

### **Shrnutí:**

Od ostatních puklinově porézniích hornin krystalinika se teplický ryolit skutečně či domněle liší svými vlastnostmi, a to zejména:

- Ve vertikálním sledu lze v ryolitu rozlišit tři hydrogeologické polohy: bazální, střední (málo propustnou) a připovrchovou, v nichž proudí podzemní voda víceméně odděleně; hydraulické spojení

všech uvedených tří poloh se uskutečňuje jednorozměrným vertikálním propojením napříč střední relativně málo propustné polohy.

- Nositelem termálních vod, jimž vděčí Teplice za svoji pověst lázeňského místa, je bazální poloha, nejen občasné výskyty termálních vod na povrchu. Přes to byly vývěry termálních vod rozptýleny v předpřivalovém období na jakousi piezometrickou „kupu v širokém okolí hlavních výskytů na Teplicku.
- Hluboko uložené termální vody reagují na vzdálené seismické a zemětřesné projevy.
- Podle dosavadních poznatků se na rozdíl od ostatních tvrdých (krystalinických) hornin projevuje vyšší propustnost přípovrchové zóny; to také bylo důvodem větší pozornosti, věnované v minulosti přípovrchové zóně a vyšším partiím ryolitového tělesa (např. dříve ražená štola pod Pramenáčem).

## PODROBNĚJŠÍ POPIS HYDROGEOLOGICKÝCH POMĚRŮ, VČETNĚ NADLOŽÍ RYOLITU

### KRUŠNÉ HORY (KRUŠNOHORSKÁ ČÁST RAJONU 6133, ČILI INFILTRAČNÍ ÚZEMÍ – OBLAST STOKU)

Území Krušných hor budují především horniny krušnohorského krystalinika, překryté v údolích potoků fluviálními sedimenty a na svazích deluviálními sedimenty. Celé území se řadí k hydrogeologickým masívům.

Vysoký srážkový úhrn (kolem 800 mm ročně) spolu s morfoloickým členěním povrchu dává předpoklad ke vzniku velkého množství drobných pramenů, zpravidla suťových na kontaktu pokryvných útvarů s podložím. Mají vydatnost několika setin až desetin l/s; často jsou zachyceny pramenními jímkami a využívají(ly) se pro domovní zásobování. V mírných depresích s hladinou podzemní vody těsně pod povrchem vznikají periodicky nebo celoročně zamokřená místa s typickou flórou, popř. rašeliniště. Rašeliny jsou nasyceny vodou, která je vázána kapilárními silami v organické hmotě a proto prakticky nedotuje podloží.

V horách jsou zastoupeny dva typy kolektorů: průlinový kolektor kvartérních uloženin a puklinový kolektor přípovrchové zóny zvětralin a puklin v ryolitu, porfyrech, pararulách, ortorulách, svorech a amfibolitech krušnohorského krystalinika.

Pro kolektor kvartérních fluviálních a deluviálních sedimentů je typické rozpětí transmisivity od velmi nízké až střední. Tyto hodnoty charakterizují kvartér jako vhodný pro nevelké rozptýlené odběry podzemní vody pro individuální a místní zásobování vodou.

**Tabulka 4-7 Indexy transmisivity Y v ryolitu a porfyru na území Krušných hor**

(na listu 02-321 Dubí - Burda in Schovánek et al. 2004)

	Y min	Y max	Yprům	n
Žulový porfyr	3,81	5,07	4,44	2
Ryolit přípovrch. zóna	4	5,79	4,92	4
Ryolit – hluboké vrty	4,69	5,4	5,05	2
celkem ryolit a porfyr	4	5,79	4,83	8
Žula (hloubka 422-480 m)			4,53	1
Suť – údolí Bystřice - studna			5,58	1

Pohyb podzemní vody je ovlivňován především geomorfologickými poměry. Průběh hladiny podzemní vody je vcelku konformní s povrchem terénu. Kolísání hladiny podzemní vody je závislé na množství a charakteru srážek.

Lze vyčlenit mělký oběh podzemní vody vázaný na pokryvné útvary a zónu povrchového zvětrání a rozpojení puklin (s koncentrací oběhových cest v zlomových pásmech) a oběh v hlubší zóně rozpukání a zónách tektonicky predisponovaných.

Podzemní voda vázaná na puklinový systém směřuje v české části Krušných hor pravděpodobně ve směru otevřených dislokací S-J a SZ-JV. Hloubka intenzivního oběhu podzemní vody daná mírou úrovně otevřených puklin je odhadovaná na 50–100 m. Podstatnou roli mají pásma tektonického porušení bez jednoznačného odlišení funkce směrných a příčných dislokací.

Na kontaktu ryolitu s rulami je u Mikulova ostrůvek písčitojílovitých břidlic karbonského stáří - nebyl hydrogeologicky testován. Dle analogie s výskytem karbonu ve vrtu TH-22 v Proseticích (tři polohy 94-241 m arkóz až slepenců s vrstvičkami břidlic s uhelnou příměsí), by měl mít průlinovo-puklinovou propustnost s převahou puklinové složky s transmisivitou obdobnou ryolitu (Kačura 1962).

Podzemní voda z Krušných hor zásobuje obce v pánvi, mj. i Teplice. Vodárenské odběry r. 1993 z Krušných hor (krystalinikum + kvartér) pro Teplice tvořily: 1 studna, 26 pramenních jímek a zářezů, 1 štola, 3 doplňování z povrchového toku, celkem 34 vodárenských zařízení: průměrný roční odběr 156,4 l/s roku 1993.

### **Minerální vody a důlní vody v Krušnohorské části rajonu 6133** (resp. těsně za jeho z. hranicí)

Na jižním konci Mikulova z. od silnice do Hrobu je štola, kde poblíž vchodu byla jímka do níž přitékala ze zadní části štoly arzenová voda. Voda se sbírá v důlních prostorech ražených ve kře krušnohorské červené ruly západně od tělesa křemenného ryolitu. Červené ruly jsou muskovitické až dvojslídne ortoruly, zčásti migmatitické. Polohy bohatší biotitem, jimiž pronikají hydrotermální rudní žíly, mají někdy okatou texturu. U Mikulova byl těžen žilný arsenopyrit. Původní erární doly byly opuštěny kolem r. 1848, ale soukromníci v nich občas těžili až do konce 19. stol. Analýzy mezi r. 1930–1958 udávají vysoké obsahy arzenu 3–9,6 mg/l a molybdenu 0,58–0,8 mg/l, při celkové mineralizaci střední 0,33–0,43 g/l.

V současnosti je ústí štoly znovu odkryté, štola je částečně přístupná, zamřížovaná. Analýza celkového odtoku ze štoly ukazuje na podstatně nižší obsah As: 0,123 mg/l i podstatně nižší mineralizaci 0,13 g/l a stejný chemický typ: CaMg-HCO<sub>3</sub>SO<sub>4</sub>.

Ložisko Sn-W rud Cínovec mělo relativně jednoduché hydrogeologické poměry. Byl tam vysoký specifický přítok na 1 km<sup>2</sup> 6,76–8,53 l/s.km<sup>2</sup>. Přítoky rychle reagovaly na stážky. V roce minimálních srážek (1972) se čerpalo v průměru 11,5 l/s, v roce 1970 bohatém na srážky se čerpalo v průměru 14,5 l/s. K průvalům a vydatnějším přítokům docházelo při naražení okrajových poruch, časem vydatnost přítoků slábla, i když počáteční vydatnost může přesáhnout 10 l/s (Hazdrová et al. 1980).

### **SEVEROČESKÁ HNĚDOUHELNÁ PÁNEV (NÍŽINNÁ ČÁST RAJONU 6133, ČILI OBLAST AKUMULACE A ODVODNĚNÍ)**

Neogenní výplň SHP představuje komplex většinou málo propustných až nepropustných jíllů, které se v nadloží uhelné sloje střídají s kolektory s průlinovo-puklinovou (pískovce, křemence) nebo

průlinovou propustností (písky). Uhelňá sloj s puklinovou propustností je většinou vytěžena nebo rozfárána.

Hydrogeologický masív Krušných hor s vyššími srážkami vytváří prostor dotace podzemních vod, které se akumulují v kolektorech pánve, popř. v jejím podloží. Odlišuje se jednak živý oběh podzemní vody v mělkých zvodněných kolektorech (zvláště ve svahové části krušnohorského masívu), jednak pomalejší oběh v hlubších zvodních, zvláště v pánvi a jejím podloží.

V zájmovém území se původně před rozvojem těžby uhlí vyskytovaly následující významné zvodněné kolektory:

- struktura teplického ryolitu a bazální klastická křída
- bazální křídové pískovce
- uhelná sloj
- kvartérní štěrkopísky, sedimenty údolních niv (aluvia), sutě

**Krystalinikum** - výhradně puklinově propustné

**Ryolitové těleso** - má větší propustnost vázanou na rozevřené pukliny a blíže nespecifikované „kanály“, které v ryolitu představují fenomén prvořadého významu z hlediska pohybu podzemní vody a šíření tlakových změn.

**Svrchní křída** – hlavní význam mají bazální klastika. V místech jejich impregnace mineralizací se snížila původní průlinová propustnost, zvýšila se křehkost, a tím i rozpukání. Typické horniny jsou pískovce, křemence a slepence. Bazální klastika tvoří s ryolitem a krystalinikem jednotný, puklinový kolektor.

**Terciér** - vulkanogenní a podložní souvrství vlivem jílovitého charakteru představují hydrogeologický izolátor. Výjimku tvoří tělesa vulkanitů s puklinovou propustností a písky krušnohorské facie na okraji pánve. Transmisivita podložních písků vzhledem k jílovité příměsi je pravděpodobně nízká. Slojové souvrství má dva významné kolektory: písky a uhelnou sloj. Písčité vývoj představuje komplikovaný systém dílčích kolektorů, poloizolátorů a izolátorů s různým stupněm hydraulické spojitosti.

Nejrozsáhlejší terciérní kolektor je uhelná sloj, kde má zásadní význam pro hodnocení transmisivity její rozfárání a přerubání. Pohyb podzemní vody se zde řídí podstatnou měrou zákonitostí pohybu kapalin v potrubí nebo v otevřených korytech.

V panenské sloji (puklinově propustná) je propustnost výrazně nižší, nejpropustnější jsou výchozové partie.

Nadloží slojového souvrství má převažující pelitickou sedimentaci s charakterem izolátoru, s výjimkou částí při úpatí Krušných hor.

**Kvartérní pokryv** - je tvořen dvěma základními skupinami zemin, a to zeminami hlinitojílovitými a zeminami štěrkopísčítými, jejich základním rysem je průlinová propustnost.

U zemin hlinitojílovitých - spraše, sprašové, povodňové a svahové hlíny, jezerní bahna a zvětralinové jílovitých hornin na výsypkách - je propustnost velmi nízká až nepatrná.

Štěrkopísčité sedimenty - kamenitá deluvia, proluviální a fluviální sedimenty mají propustnost výrazně vyšší než předchozí typ.

## POPIS HYDROGEOLOGICKÝCH POMĚRŮ, VČETNĚ ZMĚN VYVOLANÝCH TĚŽBOU UHLÍ

Teplický ryolit

Ryolit a bazální klastika křídy představují nejvýznamnější zvodněný systém předterciárního stáří, v části území tvoří spojený kolektor. V tělese ryolitu jsou vyčleňovány tři oblasti (Homola 1983, Václavek 1984): infiltrační; průtoku a akumulace; vývěrová.

Infiltrační oblastí mělkého i hlubokého (termálního) oběhu jsou Krušné hory, infiltrační plocha se odhaduje na 60 km<sup>2</sup>. Méně významnou infiltrační oblast, představují výchozy teplického ryolitu a bazální klastické křídy teplicko-lahošťského hřbetu.

Převážná část vsáklých vod odtéká přibližně ve směrech spádu terénu do údolí krušnohorských potoků, kterými je odváděna k okraji SHP. Menší část odtéká ze svahů ke krušnohorskému okraji pánve přímo. Tento oběh označuje Homola (1990) jako mělký. Část mělkých podzemních vod prosakuje otevřenými trhlinami do hloubky a dotuje tzv. hluboký (a polohluboký) oběh ryolitových vod. Větší část ryolitových vod přepadala do kvartérních sedimentů, menší část dotovala propustné partie bazální klastické křídy a teplického ryolitu v podloží pánevních sedimentů.

Z hlediska propustnosti se jedná o strukturu značně různorodou, od rozsáhlých, prakticky nepropustných úseků ryolitu (např. na S od Teplíc nebo v 1200 m hlubokém vrtu TP-39 v blízkosti Pravřídla) až po propustnost otevřených trhlin a zejících dutin krasového charakteru (výstupní cesty a vývěrové dutiny teplických termálních pramenů a trhliny v prostoru průvalů na dolech Döllinger, Viktorin, Gisela a na Obřím prameni v Lahošti).

Těsně za krušnohorským okrajem pánve je pod pánevními sedimenty výrazně nižší propustnost povrchových partií ryolitu. Pásmo minimální propustnosti dosahuje až k linii mstišovsko-proboštovského zlomu. Dále k J zůstává nízká propustnost až k linii řetenického zlomu v pásmu 3 až 4 km od v. okraje ryolitu.

Oblast mezi barborským zlomem, lahošťským hřbetem a z. okrajem ryolitu má vyšší propustnost než část mezi Krušnými horami a barborským zlomem. Značná část území je zde přímo ovlivňováno čerpáním ryolitové vody z Obřího pramene. Jižní a z. část vlivu čerpání je ohraničena linií katastrů Hrdlovka, Jenišův Újezd a Ledvice. Zahrnuje j. okraj ryolitu s přetokem bazálního křídového kolektoru i do oblastí krystalinika. Hladina křídové zvodně je níže než na Obřím prameni. Oběh ryolitových vod v mělkém podloží pánevních sedimentů V. Homola (1990) označil jako polohluboký.

Větší propustnost má teplický ryolit také v blízkosti povrchu, zejména na svahu Krušných hor a v prostoru teplicko-lahošťského hřbetu v pásmu připovrchového rozpojení puklin.

Obecně platí, že největší propustnost teplického ryolitu lze očekávat na zlomech. Některé zlomy (např. řetenický, mstišovsko-proboštovský) však mají ve svých svrchních částech spíše bariérovou funkci.

Průměrný index transmisivity teplického ryolitu je (dle Berky et al. 1989)  $Y=5,4$  tedy střední (kdežto krystalinikum obecně má transmisivitu nízkou).

Vývěrová oblast mělké ryolitové zvodně se nachází na okraji oblasti infiltrační, při úpatí Krušných hor a v údolích potoků.

Pod pánevními sedimenty proudila ryolitová voda polohlubokého oběhu k dvěma hlavním odvodňovacím centrům - na Z k Obřím prameni a na V, v podstatně menším množství, do aluvia Bystřice a Sviního potoka. K oběma odvodňovacím centrům proudila také podzemní voda mělkého oběhu, infiltrovaná na výchozech teplického ryolitu a křídy v prostoru teplicko-lahošťského hřbetu.

Režim ryolitových vod polohlubokého oběhu byl původně v rovnováze s režimem vod bazální klastické křídly teplicko-ústecké oblasti, jehož původní piezometrická úroveň byla v okolí Teplic přibližně na úrovni přelivů teplických termálních pramenů.

Podzemní vody teplického ryolitu byly rovněž v rovnováze s podzemními vodami uhelné sloje. V důsledku nízké původní propustnosti sloje byl režim slojových a ryolitových vod na jejich kontaktu téměř statický.

Hluboký oběh je soustředěn ve značných hloubkách v relativně propustnějších pásmech teplického ryolitu příčné orientace na směr Krušných hor. Homola (1981) pro hluboký oběh vymezuje běhá-necko-šanoskovou a dubsko-teplickou strukturu. Jejich vývěrové oblasti původně tvořila teplická a šanoská pramenní skupina. Odběrovou oblastí hlubokého oběhu termálního je prokazatelně pouze oblast Teplic s převahou čerpání na Pravřídle a vrtu TP-28.

Původní režim hlubšího a termálního oběhu měl dvě přirozená centra odvodňování: přeliv termy v oblasti Teplic a Šanova (tab. 4-8) a přeliv na Obřím prameni v Lahošti. Od r. 1872 začala vydatnost Obřího pramene klesat, r. 1878 přeliv ustal, zřejmě po narušení těsnosti artéského stropu ryolitové zvodně na dole Döllinger. Následovalo období průvalů ryolitových vod na dolech: v r. 1879 Döllinger, r. 1887 a 1892 Viktorin a r. 1897 Gisela.

Čerpání na Obřím prameni (nahradil čerpání z dolu Döllinger) probíhá od r. 1977. Teplota vody je 16,5 °C a hladina se udržuje na kótě 193 m n.m. Snížení hladin na Obřím prameni vytváří umělý hydraulický spád od Pravřídla, a tím i nekontrolovatelný a neovlivnitelný průtok části termy na Z do oblasti Lahoště.

Podle tritiového a uhlíkového datování jsou mělké vody staré několik měsíců a vody hlubšího oběhu přes 10 000 let - Obří pramen 12 000 let (Bejšovec 1994).

**Tabulka 4-8 Původní teplické termální prameny (A. Wrany 1864)**

	°C	l/s
<b>teplická pramenní skupina</b>		
Pravřídlo	49,0	9,67
pramen lázní pro ženy	48,0	2,87
Pískový pramen		0,24
spojené prameny 2.a 3.lázní pro ženy	47,0	1,2
Zahradní (Oční) pramen	28,0	1,17
		∑ 15,15
<b>šanoská pramenní skupina</b>		
Kamenný pramen	39,0	3,57
Vojenský pískový pramen	33,0-34,0	0,33
Luční pramen	32,0	0,24
Štěpánčin pramen	38,0	0,50
prameny Hadích lázní	38,0-42,7	1,47
Horský pramen (+ Pahorkový)	42,0-44,0	0,55
		∑ 6,66
		∑ + ∑ 21,81

Kromě uvedených pramenů existovaly sz. od Pravřídla málo vydatné vývěry s nízkou teplotou, které se rozptýlily do mělkého oběhu prostých ryolitových vod. Další termální vody skrytě vyvěraly do aluvií Bystřice a Sviního potoka.



Kromě teplických termálních pramenů tvořil odvodňovací centrum Obří pramen v Lahošti. Vyvěral na kótě +225 m n. m. a poháněl mlýnské kolo. Čadek et al. (1968) uvádí vydatnost 27–42 l/sa teplotu 11 až 27 °C. Údaje o původním chemismu se nezachovaly.

Zjevný odtok ryolitových vod v prostoru teplicko-lahošťského hřbetu (z hlubokého, polohlubokého oběhu a části mělkého oběhu) původně dosahoval průměrné vydatnosti 56,3 l/s. Celková vydatnost zřejmě kolísala v závislosti na srážkách a tání sněhu v Krušných horách (cca třítydenní reakce) a na teplicko-lahošťském hřbetu (několikadenní reakce).

### Hydrogeologické změny v teplickém ryolitu

Změny původní přírodní rovnováhy podzemních vod ve struktuře teplického ryolitu mají počátek v narušení přírodního režimu v uhelné sloji. Zjevně se projeví v roce 1878, kdy došlo k zapadnutí hladiny Obřího pramene pod terén.

Výrazným zásahem do přírodní rovnováhy podzemních vod teplického ryolitu byly průvaly ryolitových vod v letech 1879 až 1897 - znamenaly konec přírodních přelivů teplických terem.

Po průvalu na dole Döllinger byly hloubeny jímací šachty na Pravřídle a na ostatních pramenech, lázeňský provoz byl zajištěn čerpáním z těchto šachet. Teploty ryolitové vody v šachtách proti teplotám původních přelivů poklesly a do 80. let 20. stol. podlely s výjimkou Pravřídla teplotní destrukci (Trachtulec 1992).

Přímé a rychlé ovlivnění teplických termálních pramenů bylo způsobeno náhlým vytvořením hydraulického spádu mezi místy průvalů a termálními prameny v Teplicích. Mezi místem průvalu na dole Döllinger a Pravřídlem vznikl na vzdálenost 7 km výškový rozdíl hladin až 50 m.

Bezprostředně po průvalu na dole Döllinger byly hloubeny jímací šachty na Pravřídle a na ostatních pramenech. Vyhroubením šachet bylo zajištěno zásobování lázeňských provozů termální vodou - musela být čerpána. Teploty ryolitové vody v šachtách proti teplotám původních přelivů poklesly.

**Tabulka 4-9 Teploty teplických pramenů před a po průvalech**

pramen	přeliv	šachta
Pravřídlo	49 °C	46,5 až 47,5 °C
Dámský pramen	48 °C	44 °C
Kamenný pramen	39 °C	38,1 °C
Hadí pramen	38 až 42,7 °C	35 °C
Horský + Pahorkový pramen	42 až 44 °C	38 až 40,6 °C

Vyhroubení šachet a čerpání ryolitových vod při snížené hladině znamenalo výrazné narušení původní hydrodynamické rovnováhy termálních a chladných vod a počátek jejich mísení, které pokračuje až do současné doby.

V roce 1895 byla mezi majiteli lázní a dolů uzavřena dohoda spočívající v udržování hladiny ryolitových vod snížené na dole Döllinger o 34 m (190 až 192 m n. m.) a na Pravřídle v Teplicích o 24 m (197 m n.m.). Tato dohoda je s menšími obměnami dodržována až do současné doby. Rozdíl úrovní hladin na Pravřídle a Döllingeru znamenal odtok části ryolitových vod z původní vývěrové oblasti teplické směrem k dolu Döllinger, který se tak stal hlavním odvodňovacím místem struktury teplického ryolitu.

Od roku 1975 je z původních pramenů využíváno pouze Pravřídlo. Ostatní prameny podlely teplotní destrukci. Teplota Pravřídla se rovněž přiblížila hranici lázeňské využitelnosti (38 °C).

Severně od Teplic nebyly přítoky ryolitových vod do dolů a lomů zaznamenány. Výjimkou je průval na dole Václav r. 1890 na styku uhelné sloje s křídovými slínovci na řetenickém zlomu (6–7 l/s). Východně od Teplic těžba na ryolit vliv neměla.

### Současné hydrogeologické poměry

Současnou odběrovou oblastí hlubokého oběhu termálního je prokazatelně pouze oblast Teplic s převahou čerpání na Pravřídle a vrtu TP-28. Ve struktuře teplického ryolitu existuje již po desítky let téměř ustálený režim, kdy část vod z teplické oblasti odtéká směrem k čerpací stanici na Obřím prameni. Polohluboký oběh je odvodňován převážně na Obřím prameni (v roce 1993 v průměru 47,5 l/s, 70 l/s r.2000 vody se stabilní teplotou 16,5°C, čerpáno ze šachty z úrovně 193,5 m n.m.), menší část odtéká do stařin.

Voda hlubokého oběhu po proniknutí do hloubky proudí ve směru úklonu rulového podkladu k J pod pánevní sedimenty. Hluboký oběh ryolitových vod je hydraulicky propojen s mělkým a s polohlubokým oběhem. Vody hlubokého oběhu vystupují k povrchu na teplické a šanovské zřídelní linii. Ve svrchních částech výstupních cest původních pramenů dochází vlivem změněných hydrogeologických poměrů k mísení teplých a chladných vod.

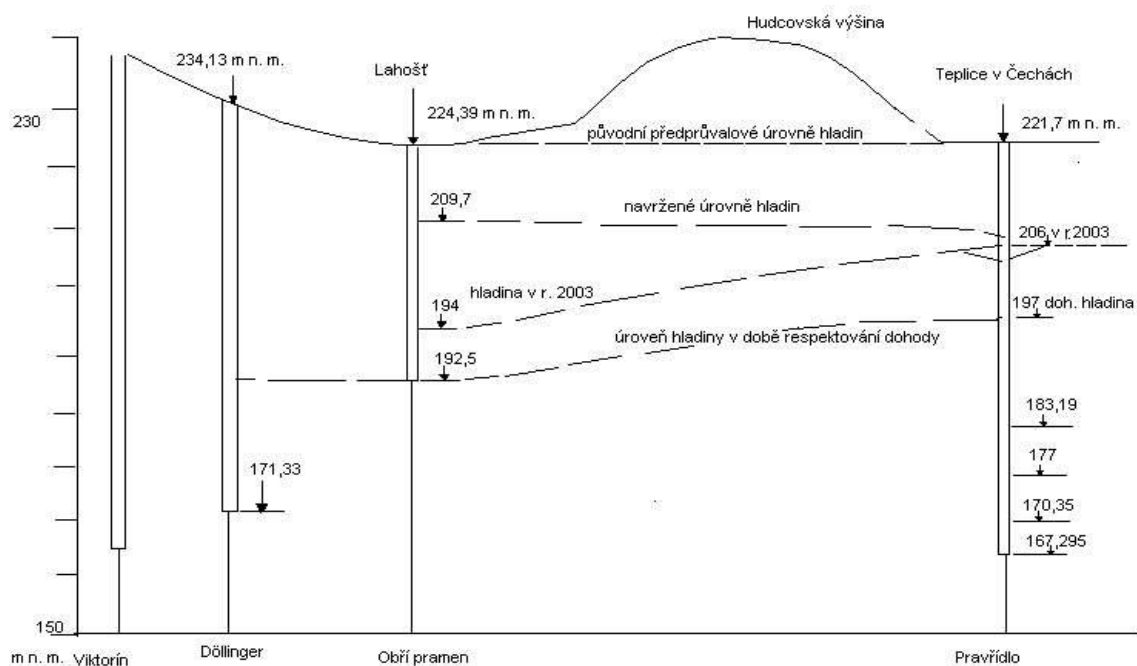
Z teplického ryolitu bylo čerpáno v letech 1991 – 1995 průměrně 63 l/s vod, což značí mírný pokles oproti předchozímu období. V letech 1996 – 2000 dochází k opětovnému zvýšení zhruba na 75-80 l/s. Následuje mírný pokles 2001-2005: 71,4 l/s; 2006-2010: 60,5 l/s; 2011-2015: 54,6 l/s tj. na úrovni blízké se původním přírodním přelivům do roku 1870, zejména poslední roky 2014 a 2015 s 45,5 l/s čerpají už zřejmě méně než byly původní přírodní přelivy !

**Tabulka 4-10 Ryolitové vody čerpané z teplických termálních pramenů a v duchcovské oblasti (Bejšovec-Trachtulec-Zelenková 1994, Májová 2003) v tis. m<sup>3</sup>**

rok	Pravřídlo	TP-28	TP-19	Teplická pramenní skupina	Horský pramen + TP-41	Kamenný pramen	šanovská pramení skupina Σ	Teplické termální prameny Σ	Döllinger	Viktorin	Obří prm.	Duchovská oblast Σ	Teplický ryolit Σ
1960	572			572	98	184	282	854	555	930		1485	2339
1970	557			557	77	75	152	709	489	1232		1721	2430
1980	504	187	68	759	0	80	80	839	99	429	2350	2878	3718
1985	446	26		471	59		59	530			1368	1368	1898
1990	342	52		394				394			1466	1466	1860
1993	240	49		289				289			1499	1499	1789
2000	108	122		230				230			2263		2493

**Tabulka 4-11 Zvyšování úrovně hladin po roce 2000 (Jaššo 2015)**

Obří pramen - původní dohodnutá střední hladina 192,50 m n.m. od roku 1980 (po zrušení čerpání na Döllingeru)
1. zvyšovací krok - 2002 max. hladina 194,50 m n. m. (maximální možná hladina v původní čerpací stanici)
2. zvyšovací krok - září-listopad 2004 max. hladina 199,50 m n. m. (po rekonstrukci čerpací stanice)
3. zvyšovací krok - září 2007 max. hladina 202,75 m n. m.
4. zvyšovací krok - listopad 2009 max. hladina 205,75 m n. m.
5. zvyšovací krok - červen 2012 max. hladina 206,75 m n.m.
6. zvyšovací krok - prosinec 2012 max. hladina 207,75 m n.m.
7. zvyšovací krok - prosinec 2013 max. hladina 208,75 m n.m.
8. zvyšovací krok - prosinec 2014 max. hladina 209,75 m n.m.
Nepovolený zvyšovací krok – začátek 12.10.2015, konec 9.11.2015
max. hladina 211,09 m n.m. (údaj z 9.11.2015)



Obrázek 4-22 Vývoj hladin na Pravřídle a dole Döllinger (Májová 2003)

Tabulka 4-12 Čerpání na Obřím prameni v m<sup>3</sup> za měsíc a rok (Jaššo 2015)

ROK	2015	2014	2013	2012	2011	2010	2009	2008	2007
leden	69855	52666	86526	134979	198844	84505	118296	116254	139215
únor	80798	73699	114363	137137	179641	78969	105257	127075	139698
březen	98072	87488	149173	147456	191788	114526	145888	149648	159989
duben	104142	97550	128441	139619	173082	115396	145547	146855	145546
květen	119664	109523	151132	137101	169350	117278	139799	143855	144137
červen	110104	95596	154689	62657	149413	108356	137710	127887	143889
červenec	98370	96181	159985	118369	146282	109188	143711	127099	144309
srpen	95076	100681	111961	113868	140853	148558	146028	126028	140058
září	83162	95942	127103	67120	134333	155360	129314	114837	148724
říjen		102564	112597	88980	134614	168333	126948	109670	50121
listopad	86003	91958	117796	82530	115648	146113	7681	118310	59641
prosinec	141462	112299	133496	87852	114360	165465	46281	120699	107572
<b>ROK celk.</b>	<b>1086708</b>	<b>1116147</b>	<b>1547262</b>	<b>1317668</b>	<b>1848208</b>	<b>1512047</b>	<b>1392460</b>	<b>1528217</b>	<b>1522899</b>

ROK	2006	2005	2004	2003	2002	2001	2000	1999	1998
leden	122685	135350	170747	243009	170391	171729	165870		164349
únor	120324	154565	200432	200432	178794		188874	198226	133638
březen	147335	162440	178748	209176	213870	201975			160194
duben	157915	153040	169119	188795	188400	211648	210788	210788	172317
květen	152804	146405	171424	183496	181949	220920	239338	200211	168090
červen	144262	132653	157366	169722	173049	200216	201301	168580	157788
červenec	141260	140619	163085	162526	175167	193883	192549	199443	168312
srpen	133262	145925	164574	150739	197757	194803	187526	193342	157053
září	126662	134511	34460	158249	182329	180008	174560	184299	158889
říjen	130487	134093	0	172417	186128	154983	178085	167924	163056
listopad	128396	120494	59506	143758	200872	149339		157888	200424
prosinec	134392	123668	88178	156335	213414		177446	167443	
<b>ROK celk.</b>	<b>1639784</b>	<b>1683763</b>	<b>1557639</b>	<b>2138654</b>	<b>2262120</b>	<b>1879504</b>	<b>1916337</b>	<b>1848144</b>	<b>1804110</b>

Tabulka 4-13 Čerpání ze šachty Pravřídla v m<sup>3</sup> za měsíc a rok (Jaššo 2015)

ROK	2015	2014	2013	2012	2011	2010	2009	2008	2007	2006	2005	2004	2003
leden	24515	22750	22035	24320	24515	20095	22785	30345	30710	26860	21600	18355	18445
únor	23945	23560	21600	26935	24280	27360	23560	34295	29710	25608	23901	20605	27090
březen	29170	26495	31965	28300	28675	29955	29120	33255	35430	34830	33605	28765	29240
duben	29855	28585	28770	26700	28390	30265	27860	35685	36340	29625	32430	29200	30080
květen	28615	27025	27715	26225	30130	30820	27270	36670	36975	33380	32965	29555	28815
červen	28900	25605	27240	27975	29285	30380	28855	33020	34725	30937	33953	27465	29090
červenec	28235	27190	25585	26095	29610	28395	27520	35765	35215	32045	32146	28105	29470
srpen	27010	26130	24660	27010	28340	29455	28215	29890	34400	32855	33177	27760	28010
září	27735	28665	28365	28580	28940	29605	29050	27420	32765	31745	31843	26615	24455
říjen	28950	28750	29815	31085	33210	31335	34360	31345	37410	33975	33573	25750	30925
listopad	29090	27365	30195	30840	32520	31990	32945	31780	37865	33445	32981	27880	25125
prosinec	22660	16580	23290	17570	20555	24075	23155	20680	24615	27060	21113	14765	16250
<b>ROK celk.</b>	<b>328680</b>	<b>308700</b>	<b>321235</b>	<b>321635</b>	<b>338450</b>	<b>343730</b>	<b>334695</b>	<b>380150</b>	<b>406160</b>	<b>372365</b>	<b>363287</b>	<b>304820</b>	<b>316995</b>

2002	2001	2000	1999	1998	1997	1996	1995	1994	1993	1992	1991	1990
18567	8210	7900	13955	12165	14100	26805	10825	7310	12754	17053	16228	12726
19935	10334	13100	14845	13905	15225	40560	17140	16490	13660	34038	30731	27282
22570	10340	9400	13750	15735	18195	43845	23105	22055	19155	35092	33450	29445
21440	12030	9700	18520	15380	19270	42300	19555	23075	15835	24598	30440	26793
26020	13835	9200	17950	16015	20680	39125	33645	25810	15270	23703	28189	35261
26550	16485	8900	21095	16865	18675	19950	22870	29245	20355	25029	31054	31603
28620	18802	8570	14775	20685	21425	21635	25830	29795	24245	24316	29327	29798
28370	20385	9400	15045	22195	20705	20930	17925	29740	25175	23535	27846	32299
24285	16422	7740	15880	21495	22485	19050	13995	26240	26340	23375	26458	31360
25100	21635	8180	16795	20860	22795	21800	13905	25765	23975	23410	28906	32388
20700	23430	8225	15120	20595	21295	22630	13730	24110	24475	23875	28032	32932
12890	14560	7985	8510	19235	13535	14130	17160	15940	17095	14330	14762	20004
<b>275047</b>	<b>186468</b>	<b>108300</b>	<b>186240</b>	<b>215130</b>	<b>228385</b>	<b>332760</b>	<b>229685</b>	<b>275575</b>	<b>238334</b>	<b>292354</b>	<b>325423</b>	<b>341891</b>

1989	1988	1987	1986	1985	1984	1983	1982	1981
17008	23231	28230	chybí	chybí	chybí	29413	43015	15065
32935	38428	40448	32224			36809	27220	28312
42344	48807	43004	39776			46631	17200	52495
33914	44365	42749	41052			42829	5600	57560
38517	43509	38880	40721			38885	41645	55965
34950	44602	39239	39688			39139	40990	54500
33170	45189	42003	chybí			38121	36496	53950
34648	45592	40350	41138			40339	35847	52620
32228	44221	40886	40734			42376	39054	50265
33847	43223	42049	40567			44566	39515	60900
31482	40623	39173	37231			48955	40476	51040
17766	22235	19067	22013			29523	27641	45845
<b>382809</b>	<b>484025</b>	<b>456078</b>	<b>375144</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>477586</b>	<b>394699</b>	<b>578517</b>

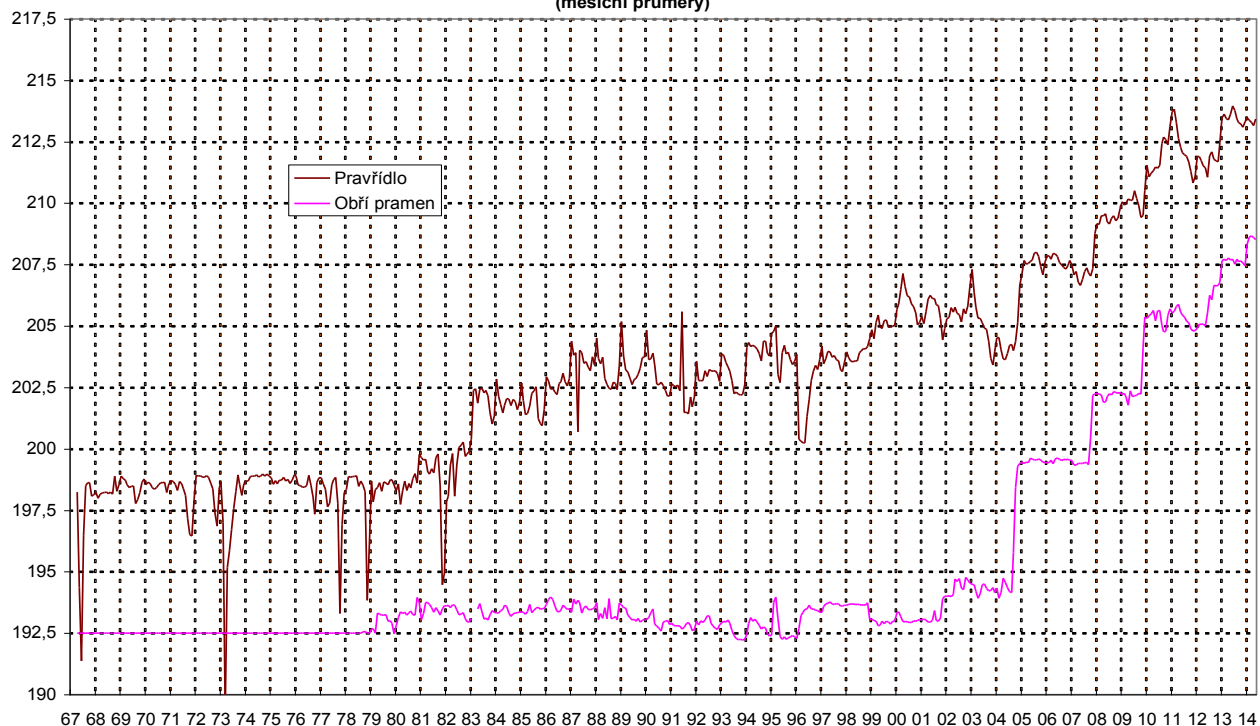
Tabulka 4-14 Čerpání ze zdroje Hynie (vrt TP-28) v m<sup>3</sup> za měsíc a rok (Jaššo 2015)

ROK	2015	2014	2013	2012	2011	2010	2009	2008	2007	2006	2005	2004	2003
leden	640	655	660	690	790	800	715	675	8575	1800	4105	2790	2535
únor	610	640	625	650	690	830	520	685	6190	3410	3015	5010	3380
březen	985	795	1090	625	675	650	775	870	1700	1590	750	5885	3200
duben	590	655	630	945	680	785	655	1015	495	3455	585	5295	3100
květen	805	495	700	615	935	740	840	650	1125	1445	685	4475	3045
červen	340	0	755	2365	610	660	690	7310	2225	635	455	3890	2070
červenec	7530	3555	2730	1165	800	505	715	615	110	625	305	3990	3130
srpen	800	3305	4675	565	660	185	7035	695	35	740	405	4505	2900
září	635	640	780	805	645	650	760	705	7876	1205	775	4515	4265
říjen	635	700	600	610	870	6425	530	455	480	935	640	4625	3835
listopad	850	810	1455	0	645	705	855	890	950	1295	500	4470	5150
prosinec	520	655	750	1440	7320	750	690	5925	960	3613	1440	3880	2070
<b>ROK celk.</b>	<b>14940</b>	<b>12905</b>	<b>15450</b>	<b>10475</b>	<b>15320</b>	<b>13685</b>	<b>14780</b>	<b>20490</b>	<b>30721</b>	<b>20748</b>	<b>13660</b>	<b>53330</b>	<b>38680</b>

2002	2001	2000	1999	1998	1997	1996	1995	1994	1993	1992	1991	1990
9070	8440	3800	3630	3445	8445	6900	4495	3405	1581	6954	1780	560
4855	13800	5900	6610	6305	11485	20120	4740	3675	5740	7495	3441	4662
4570	13770	8700	7840	6430	12505	21360	7350	6070	7810	13797	3707	6022
4600	14045	9300	7430	6330	12555	21065	7215	5578	5805	12290	3003	4440
4540	11530	9410	7475	6105	12180	21020	12630	5060	3835	13430	4473	678
3335	12815	9370	7340	6150	9930	20111	16595	8990	6400	13945	2000	4751
2115	11015	9200	7595	5770	9140	17340	13735	6985	4340	12633	2128	9200
2920	8710	9290	7185	5495	7675	17950	20605	6650	5760	10435	2560	9190
4215	10370	10000	6760	5900	7675	14010	18065	2245	0	7750	546	4252
4405	9500	10300	7270	6130	9805	14970	18695	5670	1720	8419	130	3646
5170	11950	11305	7855	6030	9050	14720	18965	7420	4025	8200	5913	3081
3405	7970	9520	5605	6285	6080	13360	11285	3925	1885	4130	4089	2245
<b>53200</b>	<b>133915</b>	<b>106095</b>	<b>82595</b>	<b>70375</b>	<b>116525</b>	<b>202926</b>	<b>154375</b>	<b>65673</b>	<b>48901</b>	<b>119478</b>	<b>33770</b>	<b>52727</b>

1989	1988	1987	1986	1985	1984	1983	1982	1981
0	0	0	0			0	14925	42441
0	0	0	0			0	28778	10128
300	990	0	0			0	35164	0
6608	0	0	0			0	30003	0
6305	10408	4138	0			0	7778	0
7709	5130	2295	5379			0	0	0
8441	5562	3170				0	0	0
11349	6612	2404	4617			0	0	0
6895	0	0	0			0	0	0
4287	1652	0	3200			0	0	18635
5326	5212	0	2715			0	0	67863
3343	0	0	0			0	0	51653
<b>60563</b>	<b>35566</b>	<b>12007</b>	<b>15911</b>					

Hladiny Pravřídla a Obřihó pramene.  
(mėsíční průměry)



Obrázek 4-23 Hladiny Pravřídla a Obřihó pramene v letech 1967-2014 (Jařšo 2015)

## **Křída**

V nadloží krystalinika a teplického ryolitu se vyskytují křídová bazální klastika. Jejich mocnost narůstá z prostoru Teplic na V k Ústí nad Labem. Jedná se převážně o různě prokřemenělé pískovce až slepence s puklinovou a omezenou průlinovou propustností. Propustnost výrazně narůstá při tektonickém porušení pískovců. Vysoce propustná bazální klastika v nadloží ryolitu mají průměrný index transmisivity  $Y=6,4$  a bazální pískovce teplicko-ústecké oblasti mají průměrné  $Y=5,6$  (Berka et al. 1989). Eluvia bazálních klastik jsou silně propustná.

V nadloží klastické křídý se obvykle vyskytují slínovce až jílovité vápence. Propustnost závisí na intenzitě rozpukání, otevřenosti puklin (a tím i na hloubce uložení pod povrchem) a na celkové mocnosti. Prakticky na celé ploše zájmového území mají slínovce charakter izolátoru s  $Y$  převážně v rozmezí 3,6 až 5,5. Rozpukané slínovce o mocnosti kolem 20 m (např. v prostoru Pravřídla) jsou velmi dobře propustné ( $Y=6$ ). V prostoru úpatí Krušných hor na teplicko-lahošťském hřbetu se v mělkých částech slínovců vytvořily lokální zvodněné kolektory. Eluvia slínovců jsou jen nepatrně propustná až nepropustná.

## **Vulkanogenní souvrství**

V hlubším podloží uhelné sloje má většinou charakter nepropustných jílu a lze je zároveň s jílovcovým podložím uhelné sloje pokládat za izolátor.

Hydraulické parametry neovulkanitů a pyroklastik byly zjišťovány jen na území Českého středohoří. Neovulkanity mají propustnost puklinovou, zóna podpovrchového rozpojení puklin dosahuje obvykle 20-30 m. U pyroklastik je propustnost průlinovo-puklinová, v zóně podpovrchového navětrání převládá propustnost průlinová. Ze sporadických údajů o hydraulických vlastnostech vyplývá jejich značná nestejnorodost, indexy  $Y$  jsou mezi 3,4 až 5,7 (velmi nízká až střední transmisivita).

## **Podložní souvrství**

Podloží uhelné sloje má většinou charakter nepropustných jílu a lze je pokládat za izolátor. Místy je jílovitý vývoj narušován výskyty čoček a poloh jílovitých písků.

## **Uhelná sloj**

Původně neporušená uhelná sloj měla slabou propustnost, která se do hloubky snižovala. Navíc zlomy probíhající podélně a šikmo přes sloj, nedovolovaly intenzivní oběh slojových vod. Tento kolektor měl statický režim a vytvářel artéskou nádrž.

K oběhu podzemních vod ve sloji docházelo pouze v mělkých okrajových částech.

Lokálně byla propustnost uhelné sloje zvýšena v poruchových pásmech u většiny zlomů. V současné době se hlubinnou těžbou neporušená uhelná sloj vyskytuje pouze v ochranných pilířích.

Režim slojových vod byl výrazně ovlivněn hlubinnou a povrchovou těžbou. Došlo k podstatnému zvýšení propustnosti a zrychlení oběhu slojové vody, současně byly v ojedinělých případech načepovány nadslojové a podslojové zvodněné kolektory. V průběhu důlní činnosti zanikla přirozená odvodňovací centra (níže položené výchozy sloje) a byla nahrazena umělými.

V hlubinně rozfárané uhelné sloji se propustnost a transmisivita enormně zvýšila až o několik řádů na hodnoty indexu  $Y$  6 až 8 (vysoká až velmi vysoká transmisivita). Vydatnosti čerpacích zkoušek ze stařin a důlních chodeb obvykle dosahují desítek l/s. V nerozfárané sloji je index  $Y$  3 až 5, průměrně 4,9 (nízká transmisivita); koeficient filtrace  $k$   $10^{-7}$  -  $10^{-5}$  m/s (Berka et al. 1992).

Hlavní infiltrační oblastí uhelné sloje je její podkrušnohorský výchoz. Výchozové partie nejsou rozsáhlé a někde téměř chybějí. K napájení však dochází též prostřednictvím nadložních a podložních písků, někdy i krystalinika. Velmi příznivé infiltrační podmínky na úpatí Krušných hor jsou dány relativně trvalou dotací z krušnohorských údolí a z kvartérních štěrků. Příznivé podmínky jsou vyvinuty v oblasti Domaslavic, Křížanova a Hrobu, kde uhelná sloj a nadložní písků vycházejí pod zvodněné kvartérní štěrky.

Od infiltračních ploch směřuje voda po spádu sloje k hlavním odvodňovacím centrům. Nejhlubší místo čerpání je na dole Alexander (Gottwald) na J od okraje mapy, které zachycuje vody přitékající z Krušných hor, od J a průsaky přes inundační poruchu (Hurník-Haas-Kohoutová 1988). Odvodňování stařin a uhelné sloje v. od inundační poruchy zajišťuje čerpání na bývalém dole I.Máj.

Vypálené jíly, vyskytující se místy v blízkosti výchozů uhelné sloje (Košťany) mají poměrně dobrou propustnost.

### **Hydrogeologické změny v uhelné sloji**

Z hlediska hydrogeologických změn vyvolaných těžbou uhlí, lze zájmové území rozdělit na dvě části, rozdělené slojovým hřbetem, probíhajícím napříč zúženou částí SHP v prostoru Teplic.

Severně od Teplic hlubinná těžba od poloviny 19. století zasáhla kromě ochranných pilířů převážnou část území s výskytem uhelné sloje. Došlo k propojení slojových vod na velké vzdálenosti. V blízkosti okrajových partií uhelné sloje s malou mocností nepropustného nadloží se výrazně zvýšila dotace mělkých podzemních i povrchových vod do sloje. V prostoru z. od slojového hřbetu těžila do 2. světové války řada hlubinných dolů, z nichž poslední Jaroslav skončil roku 1968. V území mezi řetenickým zlomem a zlomem Lesní brány byl největším hlubinným dolem důl Václav.

Do hlubinně přerubaného prostoru zasáhla těžba lomová. Jižně od zlomu Lesní brány to byly např. Lampertus, Hermína, Václav, Osvobození, dále na S Liebig a ČSM. Těžba skončila v 70. letech 20. století. Tyto lomy byly zaplňovány vnitřními výsypkami, tvořenými nadložními jíly a v menší míře i kvartérními štěrky. V lomech Lampertus a Osvobození byly umístěny skládky odpadů. Výsypky lomů oddělily stařiny v. části SHP od stařin centrální části SHP.

Po skončení hlubinné těžby byla většina důlních prostor zatopena. Stařinová voda byla v době činnosti dolu Jaroslav odváděna překopem ve slojovém hřbetu do v. části SHP. Drenážní funkce překopu se zachovala až do současnosti.

Zbytkové jámy lomů ČSM, Liebig, Otakar a Barbora byly (částečně) zatopeny. Zbytkové jámy lomů j. od zlomu Lesní brány jsou zasypány.

Východně od slojového hřbetu na dole Jaroslav až k v. okraji SHP hlubinná těžba uhlí pokryla kromě pilířů prakticky celé území s výskytem uhelné sloje (převážně mimo zájmové území).

Hlavní hydrogeologický význam uhelných lomů tkví v tom, že odtěžením výchozových partií uhelné sloje a zasypáním vytěženého prostoru nepropustnými výsypkami došlo k výraznému snížení dotace mělké podzemní vody do artéské nádrže stařinových vod.

Ustálené hydrogeologické poměry vznikly po ukončení těžební činnosti s. od Teplic. Tento prostor je porušen řadou směrných zlomů ukloněných k S. Zlomy jsou profarány chodbami, takže umožňují komunikaci stařinových vod mezi jednotlivými tektonickými krami. Stařiny jsou dotovány mělkou podzemní vodou na výchozech sloje mezi Mstišovem a Běhánkami a ze zbytkových jam ČSM a Liebig.

Hlavním odvodňovacím místem těchto stařin je překop na dole Jaroslav, kterým z úrovně 217 m n.m. odtéká 15 až 20 l/s do níže položených stařin chabařovické části SHP. Menší část stařinových vod proudí k J přes zlom Lesní brány do stařin dolu Václav a vzdouvá se na řetenickém zlomu (piezometrická úroveň 220 m n.m.) a patrně přepadá do aluvia Sviního potoka (Bejšovec-Trachtulec-Zelenková 1994).

Nejdůležitějším odvodňovacím místem v. části SHP (v blízkosti, ale již mimo HGR 6133) je jáma Kateřina. Z ní se čerpallo cca 50 l/s z úrovně 80 m n.m. Dotační oblastí je sz. okraj uhelného ložiska mezi Mstišovem a Krupkou (260 až 320 m n.m.), oblast obce Chabařovice, zbytková jáma Petri (170 až 195 m n.m.), lom Chabařovice, aluviální náplavy a svahové hlíny z j. výchozu sloje mezi Proboštovem a Roudníky.

### **Nadložní písky**

Jejich uložení v ukloněné části pánve přiléhající na svahy Krušných hor (výchozy u Horního Háje a Domaslavic) vyklíňující do pánve má charakter jednostranné artéské struktury. Byly silně zvodnělé (tzv. kuřavky) Mimo účinek odvodňovacích center je v píscích napjatá hladina.

Výrazná poloha (koryto) hrubozrnných písků se vyskytuje v těsném nadloží uhelné sloje v prostoru mezi Běhánkami a bývalým lomem Osvobození (mimo okolí Drahůnek a Bystřice byly tyto písky odtěženy). Vyznačuje se silnou propustností, jsou propojeny s hlubinně přerubanou uhelnou slojí.

### **Nadložní jíly**

Nadložní jíly a jílovce tvoří výrazný izolátor, mají propustnost pod  $10^{-8}$  m/s. Závaly způsobovaly narušení jílu až k povrchu v místech jejich malé mocnosti a umožnily tak zvýšenou dotaci mělkých podzemních vod a i vtok vod povrchových do vyrubaných prostor v uhelné sloji mezi Dubím a Krupkou.

### **Kvartér**

V oblasti pánve je režim mělkých vod značně ovlivněn důlní činností. Většina potoků neteče ve svém původním korytě. Poklesy po hlubinné těžbě ovlivnily režim mělkých podzemních vod - došlo k zatopení poklesových kotlin a vzniku močálů a jezírek.

Tam, kde skrývka protнула zvodnělé šterky a šterkopísky, došlo k jejich odvodnění do lomu. Výrony vod z kvartéru jsou častou příčinou narušení stability svahů.

Kvartér je z části tvořen těž zeminami hlinito-jílovitého charakteru. Jsou to spraše, sprašové hlíny, svahové hlíny a aluviální hlíny potoků. Jejich propustnost je velmi nízká až nepatrná.

Převážnou část kvartéru v zájmovém území tvoří zeminy šterkopísčitého charakteru. Patří sem především deluviální, proluviální a aluviální sedimenty Krušných hor a jejich úpatí. Index transmisivity uvádí Berka (1989) hodnotou  $Y=4,6$  (nízká transmisivita). Vzhledem k tomu, že pánevní šterky jsou většinou zahliněné (snížení infiltrace a propustnosti), dochází k jejich trvalému zvodnění jen při bázi, a to nesouvisle časově i prostorově. Mělké zvodně v náplavech potoků mají hydraulickou spojitost s vodními toky na jejich povrchu.

Mělké podzemní vody jv. svahu Krušných hor odtékaly přímo k jejich úpatí a dále na území SHP. V prostoru vyústění potoků z krušnohorských údolí navazují na aluviální náplavy proluviální kužele, které na nepropustném podkladě nadložních jílu zasáhly prstovitými výběžky hluboko do pánve. Také tyto kolektory byly odvodňovány do vodních toků občasnými prameny.

Naproti tomu aluviální náplavy potoků, které protékaly šikmo přes zájmovou část SHP, jsou pro svou nízkou propustnost (jsou jílovitopísčité) jen málo významné.



**Tabulka 4-15 Indexy transmisivity Y a propustnosti Z na území SHP**

(na listu 02-321 Dubí - Burda in Schovánek et al. 2004)

	Y min	Y max	Y prům	n	Z min	Z max	Z prům	n
Ryolit – oblast Domaslavice-Křížanov	3,49	3,76	3,92	4				
Ryolit – většina území	3,8*	6,76	5,17	15				
Křída – spojená	5,13	5,47	5,31	5				
Kj slínovce			4,08	1				
Kj pískovce	4,49	5,8	5,15	2	3,8	4,7	4,25	2
Kpk pískovce+jílovce			5,67	1			5,06	1
Křída celkem	4,08	5,8	5,18	9	3,8	5,06	4,52	3
Miocén – podložní sloje – jíly s písky			2,86	1				
Miocén – podložní sloje - písky			4,14	1			2,11	1
Miocén – uhelná sloj - nerozřádaná	3,98	4,44	4,21	2				
Miocén – uhelná sloj - rozřádaná	6,57	>7	~6,9	3				
Miocén – nadložní jíly	2,57	3,6	3,09	2		2,4		1
Kvartér – proluviální štěrky	4,52	5,02	4,74	3	3,36	4,62	4,01	3

\*navíc v jednom případě ryolit bez vody

**Tabulka 4-16 Transmisivity na území ryolitu, Krušných hor a krystalinika dle starších prací (před rokem 1991)**

	Y průměr	Y medián	Y minimum	Y maximum
ryolit <sup>1</sup>	5,5		4,5	5,5
ryolit <sup>2</sup> -Obří pramen	6,9		6,83	6,94
ryolit <sup>3</sup> -okolí Proboštova			4,6	6,8
ryolit <sup>4</sup>	6,6		3,7	6,3
ryolit <sup>5</sup>	5,2	4,7	4,0	5,8
ruly <sup>5</sup> -v. od ryolitu	5,4	5,1	3,6	6,2
pararuly <sup>5</sup> -Altenb.kra	5,9	5,9	4,0	6,3
ruly <sup>1</sup>			2,8	5,2
ruly <sup>9</sup> -prostor Hrob-Lom	2,4		1,4	3,3
křída <sup>4</sup>	4 - 5			
kvartér <sup>6</sup>	3 - 4			
kvartér <sup>7</sup>	4 - 5			
kvartér <sup>8</sup>	5,5		4,4	6,6

<sup>1</sup> Hazdrová et al. (1980), <sup>2</sup> v podložní pánve Václavek (1986), <sup>3</sup> Václavek (1990), <sup>4</sup> Kačura (1989), <sup>5</sup> Pištora (1994), <sup>6</sup> fluviální, deluviofluviální a deluviální sedimenty v území Telnice -Petrovice-Krásný Les-Adolfov (Kačura 1986), <sup>7</sup> fluviální a deluviální sedimenty Petrovického a Rybného potoka a Slatiny (Kačura 1986), <sup>8</sup> fluviální a deluviální sedimenty (Kačura 1989), <sup>9</sup> v blízkosti krušnohorského zlomového pásma (Kačura 1989)

### Hydrogeologie výsypkových těles

Téměř všechny bývalé uhelné lomy jsou zcela nebo částečně zasypány výsypkami. Materiál vnitřních výsypek je tvořen především nadložními jíly. Menší objem tvoří hlíny a v prostoru Teplíc též štěrky. Jako celek je lze pokládat za nepropustné, koeficient filtrace k  $10^{-11}$ –  $10^{-6}$  m/s (Horváth 1994). Nesouvislé zvodnění je vázáno na bazální kvartérní sedimenty nebo zbytky uhelné sloje a písky, štěrky a uhelný výkliz. Jejich propustnost časem s pokračující konsolidací klesá. Propustnost svrchních partií je až o pět řádů vyšší než propustnost spodních partií.

Výsypka na bývalém lomu Liebig je zatravněna a z menší části také zalesněna; vodní plochy tu byly zřízeny jednak severně od železniční stanice Teplice lesní brána, jednak severně od Újezdečka, a to v bývalém lomu Karel.

### Prognóza změn hydrogeologických poměrů po ukončení těžby

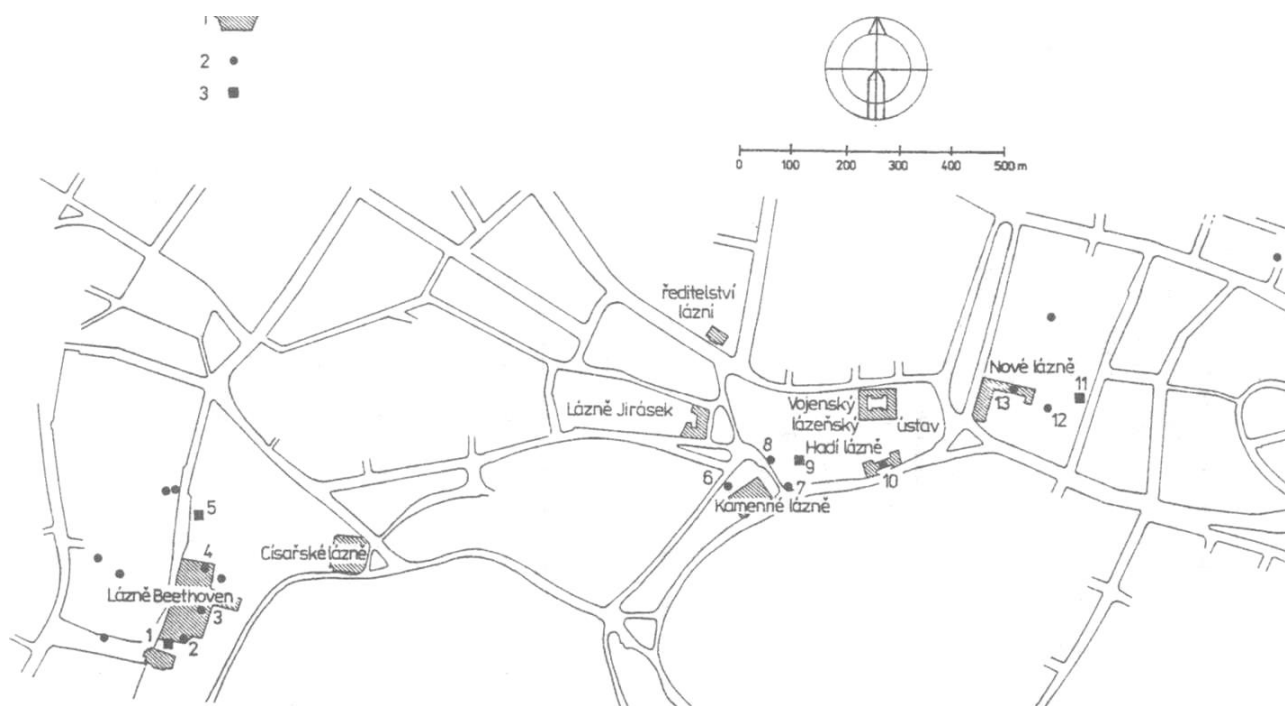
Změny stávajícího režimu ryolitových vod souvisejí s ukončováním hlubinné těžby na dole Kohinoor v centrální části SHP. Po zastavení čerpání stařinových vod se předpokládá vzestup jejich hladiny až na 230 m n. m. a zatopení stařin až ke zbytkovým jámám Barbora a Otakar.

Po vzestupu hladiny stařinových vod bude stařinová voda doovat teplický ryolit a pravděpodobně dojde k obnovení přelivu Obřího pramene. Zvýšená hladina zasáhne prostor Pravřídla (teplickou pramenní skupinu), méně výrazně se projeví v prostoru šanovské pramenní skupiny (Bejšovec-Trachtulec-Zelenková 1994).

### TEPLICKÉ TERMÁLNÍ PRAMENY (podrobnější popis)

Teplické termy vznikají prohříváním sestupného proudu podzemní vody v ryolitu, kde se obohacují zejména ionty  $\text{HCO}_3$ , Na a F. Vzniká Na- $\text{HCO}_3$  terma s vyšším obsahem F (kolem 6–7,5 mg/l). Pramenní vývěry byly soustředěny ve dvou skupinách (Obr. 4-24): Teplické (Pravřídlo, Dámské prameny, Písečný a Oční pramen zvaný též Zahradní) a Šanovské (pramen Kamenolázeňský, Hadí, Chrámový zvaný též Štěpánčin, Sirný, Pahorkový a Nových lázní).

K prvním změnám v režimu minerálních vod docházelo s rozvjem těžby hnědého uhlí a vápence zejména v z. okolí Teplic. Postupně se vytvářely nové odtokové cesty ryolitových vod do hlubinnou těžbou narušené uhelné slaje a vápencových lomů – viz ztráta přelivu Obřího pramene v Lahošti r. 1878.



Obr. 4 Mapa původních teplických pramenů (upraveno dle TRACHTULCE 1992).

Obrázek 4-24 Mapa původních teplických termálních pramenů (Trachtulec 1992)

- 1 - lázeňské budovy; 2 - prameny a vrty; 3 - pramenní šachty. Čísla pramenů: 1 - Pravřídlo; 2, 3, 4 – Dámské prameny; 5 - Oční pramen; 6 - Luční pramen; 7 - Chrámový pramen; 8 - Písečný pramen; 9 - Kamenný pramen; 10 - Hadí pramen; 11 - Horský pramen; 12 - Pahorkový pramen; 13 - Sirný pramen

Pokles vydatností pramenů šanovské skupiny od r. 1818 (14,66 l/s) do r. 1863 (7,82 l/s) lze vysvětlit výstavbou lázeňských objektů a s tím souvisejícími zásahy do režimu mělkých podzemních vod, úpravami způsobů jímání termálních vod, regulacemi koryta Bystřice, výstavbou inženýrských sítí...

Teplícký ryolit byl před r. 1879 odvodňován samovolně přepadajícími teplíckými termálními prameny (22 l/s) a Obřím pramenem v Lahošti (27–42 l/s).

Tento ustálený hydrogeologický režim byl výrazně narušen v roce 1879 průvalem na dole Döllinger a později průvaly na dole Viktorin (1887 a 1892) a Gisela (1897). Po průvalech došlo k postupné ztrátě přelivu všech termálních pramenů, což bylo provázeno též poklesem jejich teploty. Původní jímání piscinového typu se po průvalech změnilo na zachycení šachtami.

Nejvýraznějším destrukčním faktorem dalšího období bylo udržování trvalého snížení hladiny ryolitových vod oproti původním hladinám, od roku 1895 na dole Döllinger až o 34 m (+190 až +192 m n.m.) a na Pravřídle až o 25 m (+197 m n.m.). Tím došlo k výrazné změně původních směrů proudění podzemních vod a k odtoku části ryolitových termálních vod směrem k dolu Döllinger a později k jímací šachtě Obřího pramene a jejich částečnému nahrazení ve svrchní části výstupní cesty termy chladnými vodami z okolí. Tento destrukční proces byl usnadněn drenážním účinkem jímacích šachet, který působil zejména na okolní chladné podzemní vody teplíckého ryolitu a částečně i jeho křídového pokryvu.

Šanovská pramenní skupina byla ovlivňována sníženou hladinou ryolitových vod méně výrazně než teplícká. Od konce 19. a začátku 20. století, kdy byly v prostoru Ústí nad Labem vrty zastíženy tzv. „ústecké termy“, se prameny šanovské pramenní skupiny dostaly navíc pod drenážní účinek ústeckých terem prostřednictvím bazálních křídových klastik (Trachtulec 1992).

Jako výrazný destrukční faktor se do současné doby projevuje čerpání termálních vod o celkových vydatnostech až několikanásobně překračujících vydatnosti původních přelivů. Tento jev je zvyrazňován přerušovaným čerpáním.

V období 1907–1930 bylo čerpáno z jam Döllinger, Viktorin a z teplíckých pramenů v průměru 72,70 l/s oproti původním 56,31 l/s (z Obřího pramene a z teplíckých termálních pramenů). V období 1960–1991 bylo z duchcovské oblasti (tj. z jam Döllinger, Viktorin a šachty Obřího pramene) v průměru čerpáno 59,4 l/s a v období 1982–1991 (z Obřího pramene) 53,3 l/s, což je proti původnímu přelivu o 18,8 l/s víc.

Po vyhloubení šachet teplíckých pramenů docházelo k redukci čerpacích míst. V roce 1930 byly využívány: Pravřídlo, Dámský pramen, Horský pramen a Kamenný pramen. Od r. 1975 je využíváno pouze Pravřídlo.

Aby bylo možno čerpat termu z nižší úrovně, byl cca 250 m sz. od Pravřídla proveden v letech 1967–1972 vrt TP-28 hluboký 972 m, kde byla terma zachycena. Její vlastnosti jsou analogické termě Pravřídla, má teplotu 48°C a byla vyhlášena za léčivý zdroj - pramen Hynie. Balneoprovoz lázeňských objektů je zajišťován z šachty Pravřídla (denní odběr 1500 m<sup>3</sup> termy 38–39°C).

Voda z Horského pramene se vyznačovala vyšší radioaktivitou - cca 1,8.10<sup>3</sup> Bq/l. Ke zvýšení radioaktivity i obsahu uranu (r. 1960 0,74 mg/l) dochází při styku mělkých vod s nižším pH a uranových minerálů akumulovaných v bazálních křídových slepencích. Na vrtu TH-35 blízko Horského pramene byla radioaktivita 1,1·10<sup>4</sup> Bq/l (Kačura 1964). Horský pramen ani vrt TP-41 umožňující odběr 2 l/s termy 41–44°C se nevyužívá.

Jako destrukční faktory se na šanovskou pramenní skupinu projeví i zásahy do mělkých podzemních vod v 70. letech 20. století (rekonstrukce kanalizační sítě). Vedly k přítokům chladných vod do jímací šachty Horského pramene a k rychlému poklesu jeho teploty.

Souhrnné působení výše uvedených faktorů vedlo k úplné destrukci 11 teplických termálních pramenů. Nejnižších teplot ohrožujících lázeňskou využitelnost termy Pravřídla bylo dosaženo roku 2000 – jen 35°C. Poslední pramen Pravřídlo je udržován v lázeňsky využitelném provozu manipulacemi čerpacího režimu - separátním odčerpáváním chladných vod přitékajících do jímací šachty Pravřídla.

V r. 1994 docházelo na Pravřídle v průběhu čerpání k poklesu teploty od hladiny (38 °C) ke dnu šachty (21 °C), což značí další pokles teploty oproti předchozímu období. Pokles je ve svrchní části pozvolný, ve spodní části šachty rychlý. Hlavní přítoková místa termokarotáž ověřila v úrovni 193 až 194 m n. m. - teplá voda a 173 až 174 m n. m. - chladná voda (Trachtulec – Vopat 1994).

**Tabulka 4-17 Průměrné roční teploty v letech 1960 – 2000 na pramenech ve °C (podle Májové 2003)**

	Pravřídlo	Horský pramen	Kamenolázeňský pramen
1960	41,1	42	27,3
1961	40,2	41,2	25,1
1962	40,3	42,1	27,7
1963	40,9	41,7	26,6
1964	41	41,8	26
1965	40,8	41,4	26,1
1966	39,4	40,5	26,5
1967	40,6	41	27,9
1968	39,8	40,4	24
1969	40,3	39,3	26,8
1970	40,1	39,5	27,4
1971	39,7	40,1	28,5
1972	40,7	39	28,1
1973	40,2	37,8	26,1
1974	40,2	38,4	27,5
1975	40,2	35,2	29
1976	39,5	33,6	29
1977	39,7	30,5	29,6
1978	39,7	30,4	28,9
1979	40,6	29,3	28,9
1980	39,5	28,2	28,2
1981	38,5	28,1	26,5
1982	40,2	26,5	24,5
1983	39,6	26,5	24,8
1984	39,9	28	25,6
1985	40	28	25,3
1986	39,8	28,1	23,4
1987	39,1	28	23
1988	38,9	28	23,3
1989	39,3	28,1	23,7
1990	39,5	28,1	25,8
1991	40,1	28,1	25,7
1993	39,8	-	-
1999	36,7	16,3	28,2
2000	35,1	16,3	28,2
2002-3	38	17,3	28,2

V důsledku změn na Pravřídle (hlavně pokles teploty) byla v letech 2000 - 2001 provedena sanace jeho spodní části, která prozatím přinesla příznivé výsledky, byla zahájena 1. a 2. etapa "modernizace čerpání podzemní vody" – zkušební čerpání termy z hlavní pukliny v Pravřídle.

V období ca od r. 2000 nastaly na jednotlivých termálních pramenech a vrtech minimální změny teploty. Kromě Pravřídla, kde teplota od r. 2001 pomalu stoupá, byla teplota na ostatních zdrojích konstantní a kolísala minimálně. Průměrné měsíční teploty se lišily pouze o několik desetin °C. Mírné zvýšení teploty na konci r. 2003 bylo zjištěno dále na Horském prameni. (Májová 2003).

**Tabulka 4-18 Teplota Pravřídla měřená v tradičním místě 1 m pod hladinou (měsíční průměry) (Jaššo 2015)**

ROK	2015	2014	2013	2012	2011	2010	2009	2008	2007	2006	2005	2004	2003	2002	2001	2000
leden	40,8	40,9	40,8	40,5	40,2	40,4	40,3	39,9	38,9	39,6	39,9	39,1	38,2	37,8	36	37,4
únor	40,7	40,6	40,3	40	40,1	39,8	40,1	39	38,6	39,2	39,6	38,4	37,8	37,5	36	36,7
březen	40,7	40,5	40,3	39,7	40,2	39,9	39,7	39,3	38,5	38,4	38,9	37,9	37,1	37,3	36,4	35,8
duben	40,5	40,5	40,3	40	39,7	39,8	39,7	38,9	38,3	38,4	38,8	37,7	37,8	37,4	36,4	35,2
květen	40,6	40,5	40,6	40,9	39,5	39,8	39,6	38,9	38,5	38,1	38,7	37,7	37,9	37,7	36,4	35,1
červen	40,6	40,6	40,7	40,7	39,5	39,9	39,5	39,1	38,5	38	38,3	37,6	37,6	37,3	36,2	34,7
červenec	40,5	40,5	40,6	40,3	40,1	40,4	39,7	38,9	38,5	38	38,5	37,6	37,6	37,1	36,2	34,6
srpen	40,6	40,5	40,5	40,8	40,5	39,9	39,5	39,5	38,7	38,2	38,3	37,7	37,3	36,6	36,1	34,7
září	40,6	40,4	40,4	40,8	40,2	39,7	39,4	39,6	38,7	38,1	38,4	37,8	37,6	37,4	36,3	34,6
říjen	40,6	40,4	40,4	40,7	39,7	39,6	39,1	39,5	38,6	38,1	38,4	38,3	37,3	37,6	36,5	34,4
listopad	40,7	40,5	40,4	40,7	39,9	39,4	39,1	39,3	38,5	38,1	38,5	38,9	37,7	37,7	36,6	33,8
prosinec	40,8	41,1	40,8	40,8	40,3	40,4	39,1	39,9	39,7	38,6	39,5	39,2	38,6	38	37,4	33,9
<b>ROK průměr</b>	<b>40,6</b>	<b>40,6</b>	<b>40,5</b>	<b>40,5</b>	<b>40,0</b>	<b>39,9</b>	<b>39,6</b>	<b>39,3</b>	<b>38,7</b>	<b>38,4</b>	<b>38,8</b>	<b>38,2</b>	<b>37,7</b>	<b>37,5</b>	<b>36,4</b>	<b>35,1</b>

1999	1998	1997	1996	1995	1994	1993	1992	1991	1990	1989	1988	1987	1986
38	38,5	37,8	36,8	40,2	40,6	39,9	41,2	40,9	40,3	40,6	40,9	40,7	
36,7	38,1	37	32,7	39,4	40,4	39,7	39,8	40,5	39,7	39,2	39,1	38,8	40,5
36,7	37,9	36,9	33,8	37,8	39,9	39,6	39	40,3	39,4	38,6	38,4	38,8	40,2
37,3	38,2	36,8	33,8	37,4	39,6	39,8	38,8	40,3	39,4	39,1	38,1	38,8	40
37	38,1	36,9	34,6	36,6	39,5	40,1	39,6	40,1	39,1	39	38,6	39	40,2
36,8	38,1	36,8	35,5	36	38,3	40	39,5	39,8	39,2	39	38,9	38,9	39,8
36,2	38,2	37,1	36,3	36	38,1	40	39,5	39,8	39,2	39,1	38,9		39
36,1	37,7	37,2	35,9	37	38,1	39,8	39,4	39,6	39,3	39,1	38,8		
36,5	37,6	37,6	36,5	38,1	38,3	39,8	38,9	39,7	39,8	39,2	38,7		38,9
36,3	37,1	37,3	35,8	37,4	38,6	39,7	38,8	39,7	39,4	39,5	38,6		38,8
36,4	37	37,3	35,6	37,2	38,9	39,7	38,4	39,7	39,5	39,2	39,1		39,2
36,6	37,2	37,9	36,6	36,9	38,9	39,6	38,2	40,2	39,4	39,2	39,3		40,1
<b>36,7</b>	<b>37,8</b>	<b>37,2</b>	<b>35,3</b>	<b>37,5</b>	<b>39,1</b>	<b>39,8</b>	<b>39,3</b>	<b>40,1</b>	<b>39,5</b>	<b>39,2</b>	<b>39,0</b>	<b>39,2</b>	<b>39,7</b>

**Tabulka 4-19 Chemické rozbory teplických termálních pramenů (mg/l) (Sonnenschein 1872, in Čadek J. et al. 1968).**

	1	2	3	4	5	6	7
Li*	-	0,66	stopy	0,42	0,05	0,18	0,04
Na*	205,29	205,13	182,44	168,75	207,28	190,15	193,92
K*	10,23	16,62	16,61	14,91	12,87	15,26	20,55
Mg"	3,31	3,27	2,37	3,56	3,02	3,74	0,48
Ca"	20,15	10,54	20,85	26,70	23,34	26,56	15,45
Sr"	1,27	0,25	1,20	2,96	0,33	1,98	0,55
Mn"	0,90	0,21	0,24	1,57	0,53	0,29	3,04
Fe"	7,00	1,61	1,66	3,18	1,66	0,94	0,84
Al""	0,03	0,04	0,04	4,23	stopy	0,38	1,26
F	8,30	30,75	-	stopy	stopy	-	-
Cl	38,20	-	12,81	29,67	30,91	34,21	33,88
HCO <sub>3</sub>	589,20	489,12	537,00	614,05	521,88	505,20	454,26
SO <sub>4</sub>	52,09	80,32	41,58	60,34	61,12	45,96	62,29
HPO <sub>4</sub>	1,04	0,46	-	0,58	0,57	-	-

1 - Pravřídlo, 2 - Dámský pramen, 3 - Oční pramen, 4 - Horský pramen, 5 - Kamenný pramen, 6 - Hadí pramen, 7 - Štěpánčin pramen

Vlivem přítoku mělkých chladných vod do šachet dochází od r. 1879 i ke změnám chemického složení termy. Zvýšený podíl chladných vod se projevil zvýšenou mineralizací (>1 g/l), termá se obohacuje o ionty typické pro mělké chladné vody  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  a  $\text{SO}_4^{2-}$ . Z analýz v r. 2002 lze vidět pokles těchto iontů, ale jen díky zvýšené teplotě vody v důsledku sanace a zkušebního čerpání přímo z pukliny, přítoky mělkých chladných vod jsou však trvalého rázu.

**Tabulka 4-20 Změny chemismu Pravřídla (mg/l)**

rok	1835	1836	1863	1872	1879	1897	1908	1937	1945	1956	1967	1971	1973	1985	1990
Li'					0,02	0,09	0,18	0,17	-	0,52		0,29	0,5		
Na*	208,88	195,15	223,81	205,29	226,7	238,5	238,5	225,51	225,04	230,2	286	231,8	268	219,0	
K*	0,81	5,70	6,95	10,23	7,4	8,13	10,05	17,58	10,02	8,81	16,2	11,98	21	11,30	
Mg	11,13	3,30	3,37	3,31	3,8	4,12	4,16	6,39	8,04	5,64	18	9,5	5,2	7,66	4,9
Ca"	30,76	15,89	21,66	20,15	22,4	28,07	29,89	35,26	48,05	41,44	29	43,0	33	61,12	56,1
Sr"		2,06	stopy	1,27	0,05	0,68	0,66	-	-	0,32		0,19			
Mn-		1,33	0,13	0,9	0,14	-	-	-	-	0,89	0,02	0,02	0	0,01	
Fe-		1,77	0,43	7,0	0,22	0,69	0,64	0,45	0,57	stopy	0,23	<0,02	0,05	0,05	0,01
Al		0,56	0,22	0,03	0,1	0,01	0,01	0,1	-	-		0,02	0,3	0,1	
F			stopy	8,3	stopy	-	-	-	-	6,0	13,0	7,50	11,0	5,00	7,24
a	35,42	34,22	39,84	38,2	40,1	44,33	43,68	49,70	50,3	46,96	54	50,10	46	48,22	51,4
NO <sub>3</sub>										4,6	0	7,00	stopy	1,94	3,38
HCO <sub>3</sub>	563,2	560,55	544,18	589,2	553,4	609,2	604,8	570,46	591,7	565,0		560,0		560,15	
SO <sub>4</sub>	55,23	32,46	51,72	52,09	62,9	62,50	65,08	88,02	97,12	92,85	141	125,4	134	129,21	
HPO <sub>4</sub>	1,82			1,04	0,43	-	-	-	-	0		0,02			
H <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>	45,3				46,2	58,3	60,8	54,54	53,82	53,43	24,0+	90,6	25+	45,2+	

+ ... SiO<sub>2</sub>

K prohlubování destrukce přispívá nevhodný čerpací režim. Střídání intervalů čerpání a přestávek několikrát denně způsobuje výrazně vyšší čerpaná množství oproti původní kontinuální vydatnosti přírodního přelivu.

V nebezpečí je i vrt Tp-28 (pramen Hynie) – nepravidelné čerpání a prudké výkyvy hladiny (hydraulické rázy). Spolu s využívaným vrtem Tp-28, který byl dokončen v 70. letech 20. století, došlo i k dalším pokusům nahrazení některých zdrojů termální vody (např. Tp-39 a Tp-41). Ne všechny pokusy byly úspěšné a vrty jsou vesměs nevyužívány. Vrt Tp-41 byl hlouben jako náhrada za Horský pramen. Byl úspěšně dokončen, ale kvůli svému nevyužívání se jeho technický stav zhoršuje. Hloubení vrtu Tp-39 skončilo neúspěchem. Tyto a další vyhloubené vrty nezlepšily stav v teplejších lázních. Žádný z vrtů se nestal rezervním k Pravřídlu a vrtu Tp-28 (Trachtulec 1992).

Separátním čerpáním z hlavní pukliny šachty Pravřídla po roce 2000 se zlepšily teplotní poměry na Pravřídle, teplota stoupla až nad 38 °C, což umožňuje omezit odběr vody z vrtu Tp 28 Hynie (Gloser 2003).

K odstranění destrukce teplejších termálních pramenů existují 3 základní varianty:

a) Zachycení termy Pravřídla a Horského pramene hlubinnými vrty. Dosavadním výsledkem jsou vrty TP-28 a TP-41.

b) Zastavení čerpání z Obřího pramene a následný vzestup hladiny podzemních vod v teplejším ryolitu.

c) Úpravy čerpacího režimu Pravřídla a Horského pramene zabrání pokračující destrukci posledního využívaného pramene - Pravřídla a zajišťují zásobování lázeňských provozů do doby, než dojde k realizaci trvalého řešení (Trachtulec 1992, 1993).

#### 4.4. HYDROCHEMIE

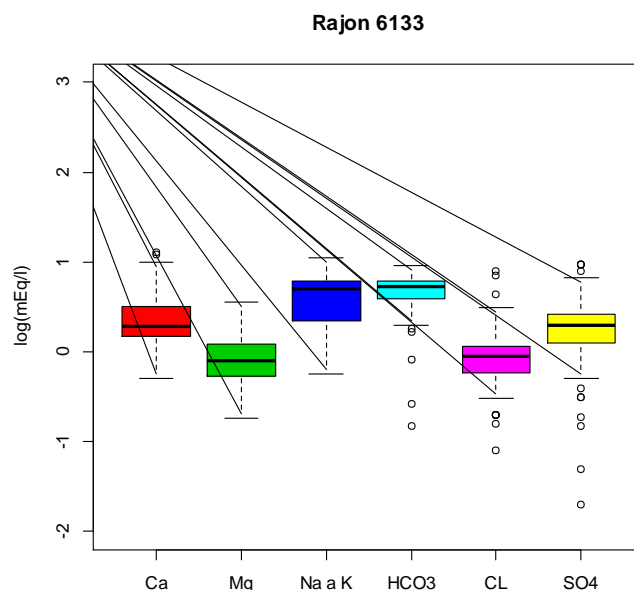
Chemismus podzemních vod a zvláště jeho prostorový vývoj a případné změny jsou důležité pro systémovou analýzu oběhu podzemních vod. Primárně byly využity především analýzy z archivu ČGS Geofond, přiřazené v archivu ČGS jednotlivým kolektorům a hydrogeologickým rajonům. Ze základního souboru byly vybrány analýzy od roku 1980, s chybou elektrolytické bilance menší, než 10%, které byly následně podrobeny elementární statistické analýze (výpočtu základních popisných charakteristik) a které byly následně využity k dalšímu zpracování formou Piperových grafů a map prostorového rozložení celkové mineralizace podzemní vody (TDS). Jako doplňkový zdroj byla využita data z monitorovací sítě ČHMU.

V Piperových grafech jsou zobrazena data základního chemického složení podzemní vody, rozlišená podle základních kolektorů v daném rajonu (pro úplnost včetně mělkého kvartérního kolektoru).

Pro klasifikaci hydrochemických typů byla použita metoda na základě procentuálních (20 %) ekvivalentních koncentrací, s označováním hydrochemického typu ve formátu Na-HCO<sub>3</sub>.

Celkový počet hodnocených vzorků v rajonu je poměrně velký (celkem 98)

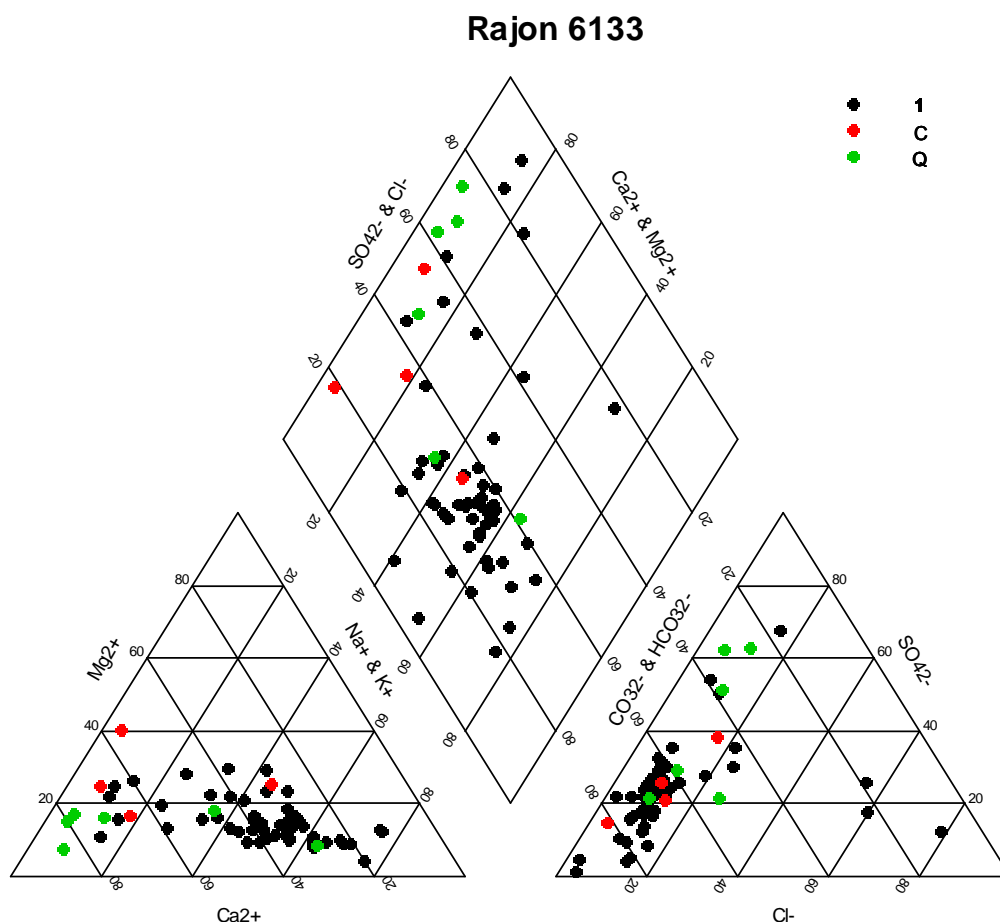
Hodnoty minima, maxima, prvního kvartilu, mediánu, aritmetického průměru a třetího kvartilu pro jednotlivé hodnocené kolektory (s počtem vzorků > 3) shrnují následující tabulky (koncentrace v meq/l).



Obrázek 4-25 Souhrnný krabicový graf základních hydrochemických složek

Jak je patrné z Piperova grafu a krabicových grafů pro jednotlivé kolektory, v případě rajonu 6133 jsou mezi jednotlivými kolektory patrné významné rozdíly. Kolektor 1 (krystalinikum) lze charakterizovat převažujícím hydrochemickým typem Na-Ca-HCO<sub>3</sub> až Na-HCO<sub>3</sub> (dle 20 mval%), s relativně velmi malou variabilitou složení, zejména z hlediska obsahů Na a HCO<sub>3</sub>. Tento hydrochemický typ je vázán především na těleso teplického ryolitu a je spojen hlubokým oběhem vod,

dotací endogenního CO<sub>2</sub> a rozpouštěním horninotvorných minerálů. Charakteristické jsou zvýšené obsahy fluoru (až jednotky mg/l) a teplota vody, přesahující 40 °C .



V ostatních kolektorech má základní chemické složení poměrně významnou variabilitu. V kvartérním kolektoru Q je možné čtyři vzorky ze šesti přiřadit k hydrochemickému typu Ca–CO<sub>3</sub> až Ca–SO<sub>4</sub>–HCO<sub>3</sub>, zbývající dva vzorky jsou na přechodu k typu Na–HCO<sub>3</sub>.

V křídovém střednoturonském kolektoru je možné vzorky přiřadit rovněž k typům Ca – Mg – HCO<sub>3</sub> – SO<sub>4</sub> až Ca–Na–HCO<sub>3</sub>.

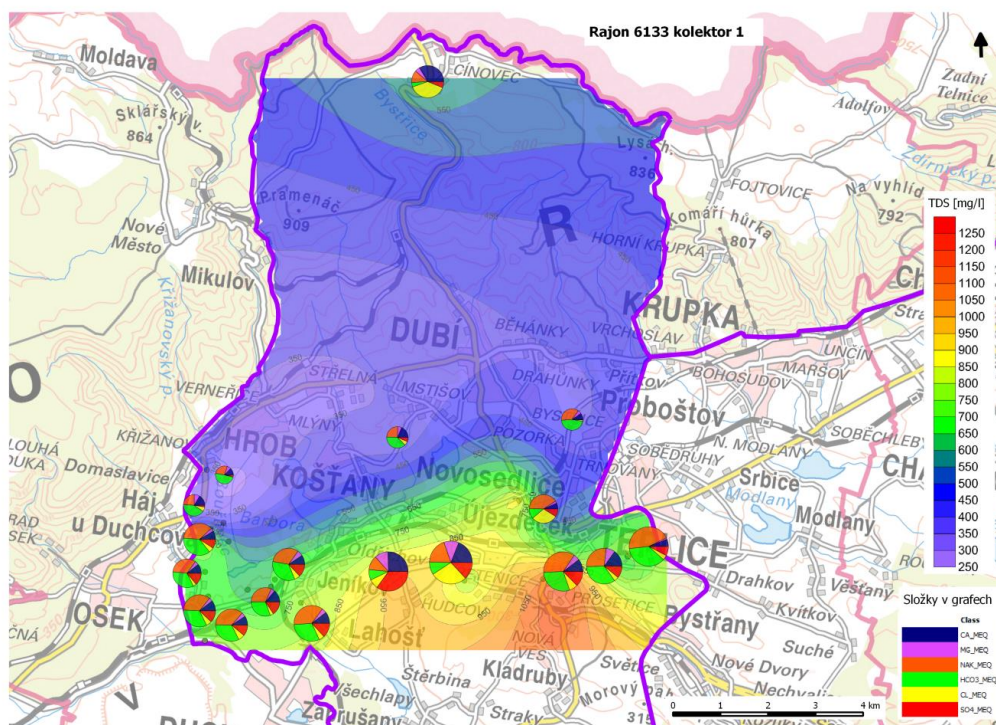
Je možné, že v případě kolektorů Q a C se v jednotlivých případech jedná o projevy mísení s podzemní vodou kolektoru krystalinika (kolektor 1) v místech jeho odvodnění.

Vývoj celkové mineralizace kolektoru krystalinika je typický nízkými hodnotami v oblasti infiltrace na hřebenech Krušných hor a vysokými hodnotami v oblasti drenáže kolektoru mezi Lahoští a Teplicemi. Tento vývoj souvisí pravděpodobně s hlubinným systémem oběhu teplických termálních vod.

Pro hodnocení jižní části rajonu zde není k dispozici dostatek vzorků z kolektoru krystalinika.

Přehled pozorovaných objektů s časovými řadami chemických analýz podzemní vody je uveden v kapitole 7.2.





Obrázek 4-27 Plošné rozdělení obsahu celkových rozpuštěných látek (TDS) pro rajon 6133

Tabulka 4-21 Statistický přehled výsledků vybraných hydrochemických složek

Koncentrace (mg/l)	Počet analýz	Průměr	Median	Modus	Smodch	Minimum	Maximum
Na	141	108,01	110	112	82,33	2,8	450
K	141	9,71	7,5	6,9	8,81	0,5	67
Ca	141	59,45	41,1	34,07	46,68	8,02	246,09
Mg	141	14,01	9,73	7,3	12,31	0	90
Fe	140	1,425	0,295	0	4,51	0	46,3
Mn	137	0,202	0,07	0	0,326	0	1,85
Li	117	0,248	0,2		0,414	0	3,5
Sr	7	0,26	0,12		0,33	0,005	0,96
Ba	10	0,1325	0,09	0,06	0,124	0,005	0,43
NH4	135	0,79	0,22	0	1,375	0	7,76
Cl	141	40,62	31,9	35,45	40,19	1,06	280,46
Br	1	0,18					
I	1	0,0027					
HCO3	141	320,18	329,51	238	151,62	2,44	945,8
SO4	141	127,14	97,97		110,38	0,82	562,5
NO3	141	7,254	0,58	0	18,63	0	126,9
Si	114	10,995	9,635		7,388	0,48	41,6
pH	110	7,28	7,3	6,9	0,643	5,36	8,34
TDS	141	675,761	662		285,374	108,9	1393,1
TEMP	119	23,43	21,2	20	9,884	4,8	48,2

Na základě předchozích prací lze chemismus podzemních vod rozlišovat a popisovat ještě detailněji:

### Chemismus podzemních vod Krušných hor

V Krušných horách se vyskytují dva odlišné typy chemismu podzemních vod:

1) Typ Ca-SO<sub>4</sub>, CaNaMg-SO<sub>4</sub>HCO<sub>3</sub> (dle 20 mval%), vždy převažuje SO<sub>4</sub> nad HCO<sub>3</sub>, s nízkou mineralizací 0,06-0,15 g/l - typický pro mělký oběh v blízké podpovrchové zóně. Má značnou variabilitu kvality. Jedná se o vody s převahou iontů Ca a SO<sub>4</sub>, jejichž maximální obsah je kolem 20 až 50 mg/l, obsahy Cl jsou do 10-15 mg/l. Část obsahu SO<sub>4</sub> a NO<sub>3</sub> je původem z imisí z exhalací v podkrušnohorské pánvi. Podzemní vody jsou slabě kyselé, s hodnotou pH kolem 5 až 6. Obsah Fe a Mn vesměs vyhovuje I. kategorii upravitelnosti podzemní vody pro pitné účely.

2) Typ Ca-HCO<sub>3</sub>SO<sub>4</sub>, CaNa-HCO<sub>3</sub>SO<sub>4</sub>, CaNaSO<sub>4</sub>HCO<sub>3</sub> je dokumentován v hlubším podpovrchovém oběhu (např. důl Moldava) s celkovou mineralizací 0,11-0,29 g/l.

Vody z ryolitu (převážně z pramenů) mají nejnižší poměr HCO<sub>3</sub>/SO<sub>4</sub> z horninových typů v Krušných horách. Mají celkovou mineralizaci <0,1 g/l, zřídka >0,1 g/l.

Pro v. část Krušných hor je typický zvýšený obsah Al, zvýšený obsah Rn, celková  $\alpha$  aktivita jen výjimečně přesahuje 0,1 Bq/l. Obsahy NO<sub>3</sub> jsou obvykle 10-30 mg/l, od 80.let 20.stol. mají sestupný trend. Vody mají nízké obsahy PAU, často pro pitné účely nevyhovuje obsah Rn.

Pro v. část Krušných hor jsou typické vysoké koncentrace berylia, často přesahující obsahy povolené pro pitné účely. Obsah Be závisí především na petrografickém složení - nejvíce v teplickém ryolitu, nižší v ortorulách a nejnižší v pararulách.

Zajímavé jsou obsahy hliníku v podzemních vodách, zejména z důvodu podezření, že zvýšené obsahy Al způsobují Alzheimerovu chorobu. Obsah Al povolený pro pitné účely je pod 0,2 mg/l. V teplickém ryolitu, tj. zhruba mezi Mikulovem a Krupkou, hodnoty Al téměř vždy přesahují 0,2 mg/l, někdy i > 1,0 mg/l. Dohromady v teplickém ryolitu a jeho nejbližším okolí je průměrná koncentrace Al 0,91 mg/l, maximální koncentrace dosahují >4 mg/l (pramen v zatáčce nad Mikulovem). Vyšší obsahy Al ve v. části Krušných hor jsou vázány na určité typy hornin (teplický ryolit s nejbližším okolím, ortoruly kateřinohorské klenby - Kačura, Burda, Jiráček 1994).

Podzemní vody v Krušných horách prodělaly od 60. let 20.stol. významné změny. Charakteristický je výrazný pokles alkalinity, který přechází až v absenci HCO<sub>3</sub> a nárůst především obsahu NO<sub>3</sub> a SO<sub>4</sub>. Při poklesu pH pod 5, který je doprovázen poklesem obsahů HCO<sub>3</sub> pod 1 mg/l, prudce rostou obsahy Al a Be. Nejvýznamnějším faktorem ovlivňujícím acidifikaci podzemních vod je atmosférická depozice a stav vegetačního pokryvu. Stupeň acidifikace podzemních vod v Krušných horách se již nezvyšuje. Od 60. let 20.stol. klesly koncentrace HCO<sub>3</sub> v průměru z 22 mg/l na 12 mg/l a obsahy NO<sub>3</sub> stouply z 4 mg/l na 19 mg/l. Stoupající trend zaznamenaly rovněž SO<sub>4</sub> a Ca. Tyto změny jsou způsobeny atmosférickou depozicí. Největší kvalitativní změny nastaly v nejnižších nadmořských výškách. V pramenech pod 500 m n.m. klesly průměrné hodnoty HCO<sub>3</sub> z 51 v 60. letech, na 23 mg/l v 80. a 90. letech, obsahy NO<sub>3</sub> stouply v tomto období z 2 na 23 mg/l (Hrkal et al. 1994).

Často se vyskytují zvýšené obsahy stopových prvků, zejména berylia (Be), arzenu (As) a kadmia (Cd) na základě analýz provedených mezi lety 1992-2000:

As (nejvyšší mezná hodnota 50 µg/l pro pitné účely): např. pramen nad Mikulovem (750 m n.m.) 0 až 4,5 µg/l (průměr 2,1 µg/l), pramen "Sedmihůrky" pod Cínovcem 4,70 µg/l, odtok ze štoly na j. okraji Mikulova (540 m n.m.) 2,0-165 µg/l (průměr 83 µg/l), odtok ze štoly "Arzénová voda" v Mikulově (565 m n.m.) 123 µg/l.

Be (nejvyšší mezná hodnota 0,2 µg/l pro pitné účely): pramen v Moldavě (750 m n.m.) 0,62-0,78 µg/l, pramen pod Cínovcem 3,28-4,12 µg/l, pramen "Sedmihůrky" 4,70 µg/l, odtok ze štoly na j. okraji Mikulova 0,18-0,79 µg/l, pramenní jímka sz. Mstišova (350 m n.m.): 2,45-5 µg/l, pramenní jímka

“Grenzzaun” s. Střelné (420 m n.m.): 2,15 µg/l, pramenní jímka “Mühlborn” na z. Střelné (374 m n.m.) 15,6 µg/l (!).

Cd: např. pramen nad Mikulovem 0,27 až 1,57 µg/l (průměr 1,03 µg/l), pramen u Oldříše (850 m n.m.) 1,72 µg/l.

### **Chemismus podzemních vod v pánvi**

V SHP je zastoupeno několik chemických typů podzemní vody. Výrazně se liší chemismus oxidační zóny (svrchní podpovrchové zvodně) a redukční zóny (hlubší zvodně).

V neogenních sedimentech je chemismus ovlivňován buď komunikací s podzemními vodami hlubších zvodní (vyšší obsahy Na a HCO<sub>3</sub>) nebo produkty větrání pyritu (výrazná převaha SO<sub>4</sub>).

Chemické rozborů rulových vod pocházejí většinou z vod z několikasetmetrových hloubek. Celková mineralizace je velmi rozdílná - dosahuje až 2 g/l.

Rovněž u ryolitových vod lze nejvyšší mineralizaci pozorovat u vod z hlubokého a polohlubokého oběhu (kolem 1 g/l). Vody mělkého oběhu mají mineralizaci výrazně nižší (kolem 0,2 g/l). Chemické složení a vývoj chemismu terplických termálních pramenů, především Pravřídla - viz kap. 4.3.

Podobné složení a mineralizaci mají také vody bazální křídly, které bývají mnohdy s rulovými a ryolitovými vodami propojeny.

Uvedené podzemní vody hlubokého oběhu mají obvyklý hydrochemický typ Na-HCO<sub>3</sub>, vody mělkého oběhu většinou typ Ca-SO<sub>4</sub>.

Slojové a stařinové vody mají mineralizaci obvykle 0,5 až 2 g/l a slabě kyselou reakci. Značně rozdílné jsou zejména obsahy SO<sub>4</sub> a nerozpuštěných látek.

Kvartérní vody mají nízkou mineralizaci v Krušných horách (do 0,2 g/l). Uvnitř SHP jejich mineralizace podle místních podmínek stoupá.

Podobné vody, popř. vody Ca-HCO<sub>3</sub> typu jsou v mělkém podpovrchovém kolektoru tvořeném kvartérními hlínami často se svahovou kamenitou příměsí a přípovrchově rozpukanými a zvětralými křídovými slínovci, terciérními vulkanity a vulkanoklastiky. Celková mineralizace je obvykle přes 1 g/l.

Vody typu Ca-SO<sub>4</sub> se vyskytují i v přípovrchové zóně ryolitu v městské části Teplic.

### **MAPY HYDROCHEMICKÝCH TYPŮ**

Pro potřeby regionálního hodnocení bilancovaných hydrogeologických rajonů, případně oblastí byly jako vstupní informace využity existující výsledky chemických analýz převážně z jednorázových odběrů podzemní vody z archivu ČGS do roku 2013, dále analýzy z pramenů ČHMÚ, výsledky analýz z pramenů a nových vrtů provedených v rámci projektu za období 2013 a 2015. Mapy byly konstruovány na základě hydrochemického typu, který vyjadřuje kationty a anionty přesahující 35 mval%. Hranice 35 mval% byla zvolena pro jednoduchost chemického typu, který obsahuje jeden, nanejvýš pak dva kationty a anionty. Nižší hranice (např. 20 mval%) by pro zobrazení na mapě byla složitá a nepřehledná. Navíc hranice 35 mval% nejlépe odpovídá Alekinovu typu, který byl použit k hodnocení chemismu na starších mapách 1:200 000 vydávaných Ústředním ústavem geologickým v 80. letech 20. století.

V rámci projektu byl ke všem vrtům dostupným z databáze projektu a obsahujícím chemickou analýzu podzemní vody, byl přiřazen reprezentující hydrogeologický kolektor (či izolátor) V rajonech základní vrstvy došlo k vyřazení vrtů s hloubkou menší než 10 m, analýz s analytickou chybou větší než 10 % a analýz s chybějící analýzou některé z makrosložek (mimo K a NO<sub>3</sub>). Z hodnocení chemismu podzemních vod v bilancovaných rajonech byly vyřazeny všechny analýzy starší roku 1960.

**Tabulka 4-22 Počet relevantních analýz podzemní vody v HGR 6133**

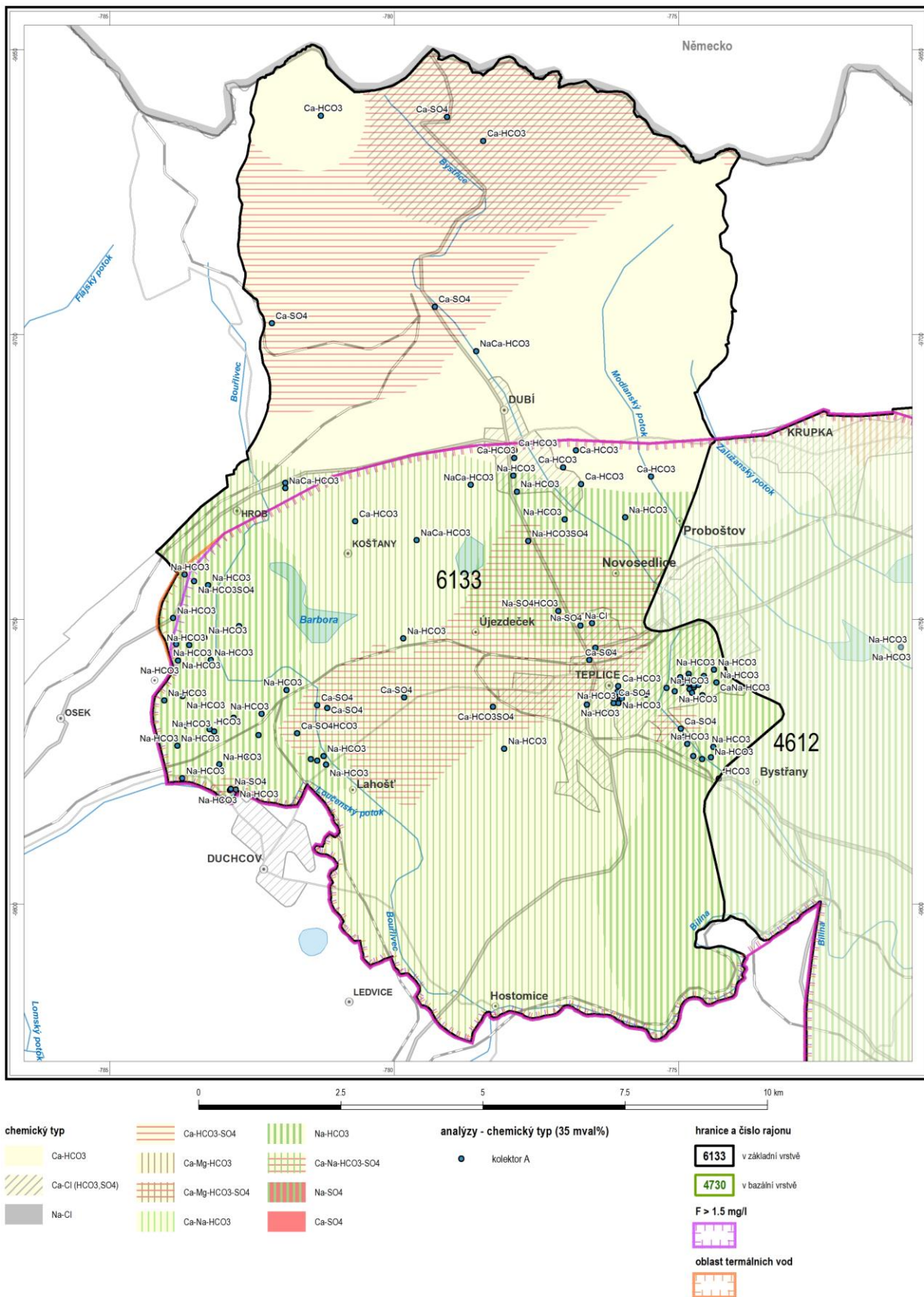
Kolektor	celkový počet analýz v databázi	použité analýzy	
		upravitelnost	chemický typ
ryolit	150	149	127
A	1	0	0
C	17	0	0
D	0	0	0
Připovrchová zóna	86	86	
Indikace znečištění	43	43	

V severní – horské části teplického ryolitu převažuje Ca chemický typ Ca-HCO<sub>3</sub> nebo Ca-SO<sub>4</sub>. V hlubších partiích a u vrtů převažuje (původní?) hydrogenuhličitanový typ, v mělkých partiích a u pramenů převažuje síranový typ, který v průběhu 20. století nahrazoval hydrogenuhličitanový typ, vlivem kyselá depozice SO<sub>2</sub>. Celková mineralizace je nízká až velmi nízká, 0,1-0,3 g/l v hlubších vrtech a 0,06-0,15 g/l v pramenech a mělkých vrtech.

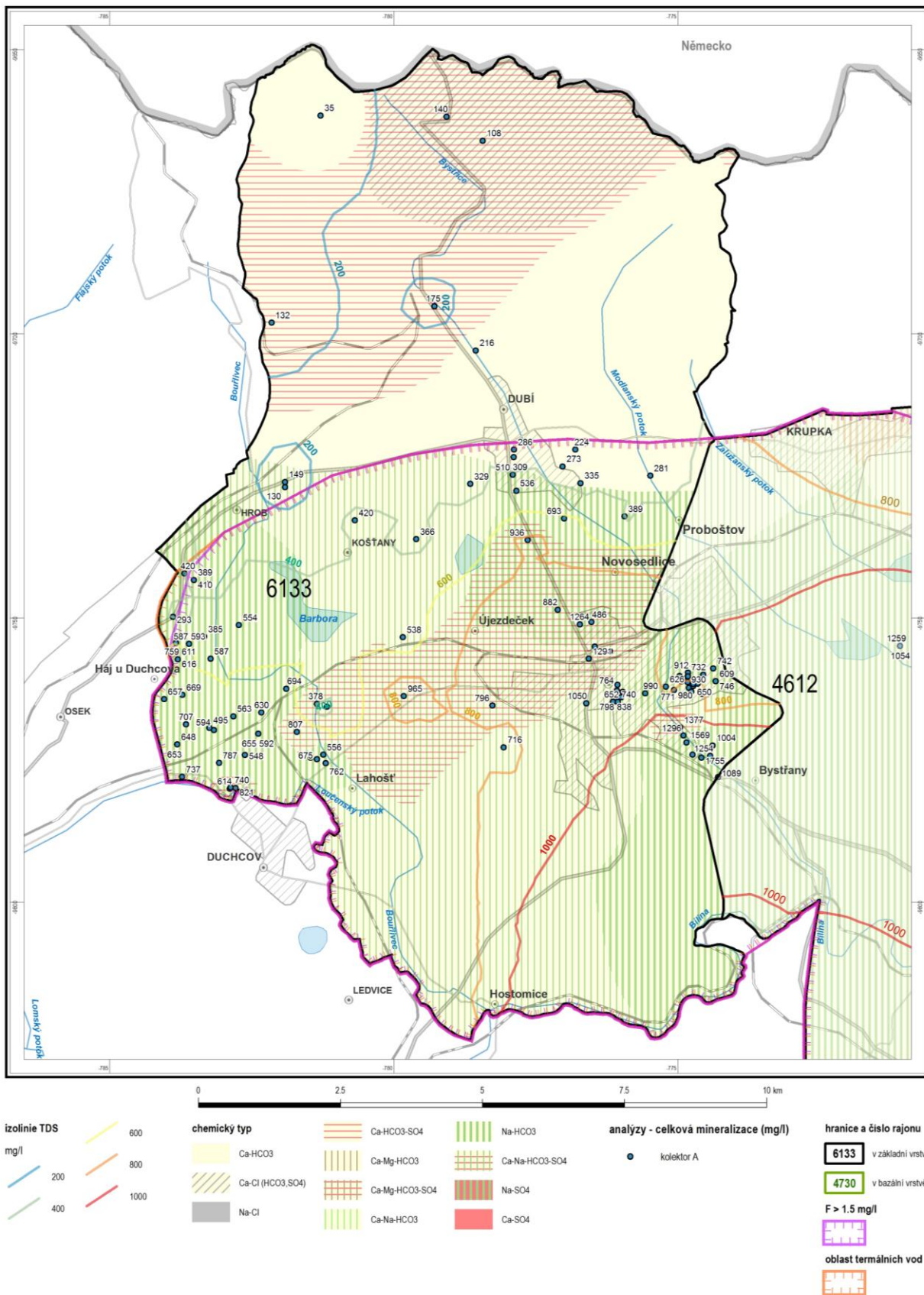
V jižní – pánevní části teplického ryolitu (převážně termální vody) dominují Na typy Na-HCO<sub>3</sub>, NaCa-HCO<sub>3</sub> s celkovou mineralizací 0,5 až kolem 1 g/l u terem. Zde je vysoký obsah fluoru nad 1,5 mg/l (tzn. hranice nejvyšší mezní hodnoty pro pitné účely a zároveň hranice pro minerální vody s vyšším obsahem fluoru).

Ve středu pánevní části převažují smíšené síranové typy Ca-SO<sub>4</sub>HCO<sub>3</sub>, NaCa-SO<sub>4</sub>HCO<sub>3</sub>, Ca-SO<sub>4</sub> apod., na JZ s vysokou mineralizací nad 1 g/l - až 3 g/l, na V mezi 0,6-1g/l.

V nejj jižnější části HGR 6133 zcela chybí údaje.



Obrázek 4-28 Chemický typ podzemní vody v teplickém ryolitu (a kolektoru A) v HGR 6133



Obrázek 4-29 Hydrochemický typ a celková mineralizace podzemní vody v teplickém rylitu (a kolektoru A) v HGR 6133

## 4.5. GEOCHEMICKÝ MODEL

### PRŮMĚRNÁ DOBA ZDRŽENÍ PODZEMNÍ VODY V HORNINOVÉM PROSTŘEDÍ V RAJONU 6133

Hydrogeologie tradičně využívá především hydraulické metody (čerpací zkoušky, analýzu poklesu vydatnosti pramenů či průtoku povrchových toků v čase, numerické modelování „proudění vody“ kalibrované na úrovně hladin ve vrtech a průtoky). Tyto metody umožňují dobře určit hydraulickou vodivost/transmisivitu prostředí a hydraulické reakce na různé vlivy (nadměrné čerpání apod.). S výjimkou litologicky homogenních, nebo detailně litologicky charakterizovaných kolektorů však tyto metody neumožňují hodnověrný odhad rychlosti proudění podzemní vody, protože neumožňují určit efektivní pórovitost kolektorů (např. preferenčních puklinových zón). Efektivní porozita spolu s intenzitou doplňování podzemní vody ze srážek rozhoduje o rychlostech proudění podzemní vody nebo doby zdržení vody pod zemským povrchem. Střední doba zdržení (Mean residence time, Yurtsever 1983) je čas, který voda setrvává ve zvodni. V případě tritia ( $^3\text{H}$ ) a  $^{18}\text{O}$  je časem  $t=0$  okamžik, kdy voda proniká pod zemský povrch. V případě plyných stopovačů se jedná o okamžik, kdy voda dosáhne nasycené zóny (v nenasyčené zóně dochází obvykle ke komunikaci s atmosférickými freony anebo  $\text{SF}_6$ ). Znalost střední doby zdržení je nezbytná pro předpověď budoucího vývoje plošné kontaminace podzemní vody (např. vývoj koncentrace  $\text{NO}_3^-$  v závislosti na čase; Katz a kol., 2004). Pro zjednodušení bude v dalším textu používán termín „moderní“ voda pro vodu infiltrovanou po roce 1950 a tedy s dobou zdržení v řádu několika desítek let (např. Tykva a Berg 2004). V silně heterogenním puklinovém prostředí, kde dobu zdržení podzemní vody nelze ani zhruba odhadnout z hydraulických vlastností kolektoru je nutné použít pro určení doby zdržení stopovačů, které se pohybují spolu s vodou podzemním prostředím (např.  $^3\text{H}$ ,  $^{18}\text{O}$ , CFC,  $\text{SF}_6$ ,  $^{14}\text{C}$ , atd.). V projektu byly tyto stopovače použity pro určení střední doby zdržení a výsledky byly srovnány se staršími údaji.

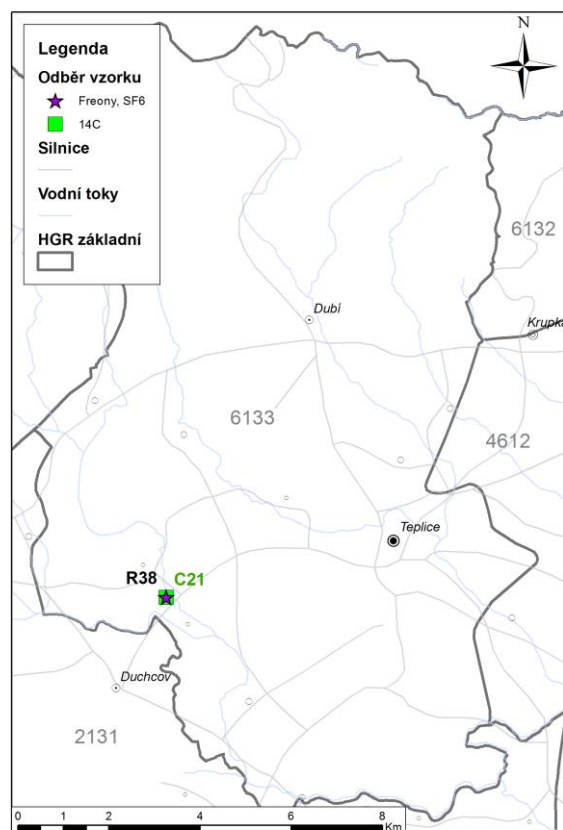
V oblasti byla koncentrace freonů 11, 12, 113 a  $\text{SF}_6$  stanovena na v současnosti odčerpávaném Obřím prameni v Lahošti (R38, tab. 4-23). Pramen je hlavním odtokem ze struktury Teplického ryolitu. Střední doby zdržení pramenné vody přesahuje 180 let (tab. 4-25).

**Tabulka 4-23 Koncentrace freonů a  $\text{SF}_6$  změřené v Spurenstofflabor  $\pm$  směrodatná odchylka**

vzorek	CFC 12 (pmol/l)	CFC 11 (pmol/l)	CFC 113 (pmol/l)	$\text{SF}_6$ (fmol/l)
R38	7,1 $\pm$ 0,4	0,29 $\pm$ 0,05	0,03 $\pm$ 0,05	205 $\pm$

**Tabulka 4-24 Rozsah středních dob zdržení (roky) za předpokladu exponenciálního modelu podle 4 různých stopovačů**

vzorek	Freon 11	Freon 12	Freon 113	$\text{SF}_6$
R38	200-200	kontam.	185-200	kontam.

Obrázek 4-30 místo odběru freonů a  $^{14}\text{C}$  v HGR 6133

V prostoru rajonu 6133 byla studována radiouhlíková aktivita termálního Obřího pramene v Lahošři (C21), což je zdaleka nejvydatnější vývěr (od roku 1879 trvale uměle čerpaný) z tělesa teplického ryolitu. Radiouhlíková aktivita je velmi nízká (18 PMC) prakticky stejná jako v dalších objektech zachycujících zdejší termální vody, které byly studovány již v minulosti (Pravědlo a vrt TP 28 Teplice s  $22 \pm 3$  PMC; Šilar 2001). Podobné jsou i hodnoty  $\delta^{13}\text{C}$  (-7,1‰ Obří pramen i Pravědlo a -5,9‰ vrt TP 28). Po korekci pearsonovým faktorem vychází stáří vody podle radiouhlíku 3600 let. Stáří podle radiouhlíku je pravděpodobně výrazně přeceněno, protože radiouhlík z půdního  $\text{CO}_2$  se ve velké míře ředí endogenním  $\text{CO}_2$  o hodnotě  $\delta^{13}\text{C}$   $-4 \pm 2$ ‰ PDB (Weinlich et al 1999).

Tabulka 4-25 Výsledky stanovení aktivity  $^{14}\text{C}$  v podzemních vodách

vzorek	označení	Laboratorní C.U.	$^{13}\text{C}$ (‰)	$^{14}\text{C}$ aktivita (PMC)	SD (PMC)	Pearson PA	další stopovače	stáří vody (roky)
C21	Obří pramen, Lahošť	1728	-7,1	18%	0,6%	28%	F	3600

Dupalová (2012) uvádí radiouhlíkovou aktivitu Pravědla 10,5 PMC, hodnotu  $\delta^{13}\text{C}$  -5,4‰ a tritiovou aktivitu  $2,2 \pm 0,3$  TU. Hodnoty  $\delta^{18}\text{O}$  a  $\delta^2\text{H}$  Pravědla odpovídají infiltraci během holocénu.

Na základě měření aktivity tritia, freonů a  $\text{SF}_6$  se střední doby proudění termální vody v teplickém ryolitu pohybují v řádu stovek až tisíců let.



#### 4.6. ODBĚRY PODZEMNÍCH VOD A VYPOUŠTĚNÍ ODPADNÍCH VOD

Hodnoty čerpání a vypouštění odpadních vod mají zásadní význam pro hodnocení využitelných zásob, ale také pro hodnocení jejich prostorového vývoje a hodnocení výsledků PPP. V hodnoceném rajonu byla provedena revize všech jímacích objektů zdrojů podzemních vod s odběrem vyšším než 6 000 m<sup>3</sup>/rok. Současně byla doplněna dokumentace k jímacím objektům, kde tato dokumentace nebyla k dispozici. Pro revizi byla využita data Výzkumného ústavu vodohospodářského T.G.Masaryka v.v.i., který je tvůrcem a správcem databáze odběrů podzemních vod, ve které se shromažďují informace z podniků Povodí. Jedinečnost této databáze spočívá v jednotné formě zpracování, délka sledování zahrnující období 1979 – 2010 a celorepublikový charakter. Údaje o odběrech včetně lokalizací VÚV každoročně zpracovává pro Souhrnnou vodohospodářskou bilanci množství podzemních vod. Jedná se o údaje vykazované podle vyhlášky MZe č.431/2001 Sb., o obsahu vodní bilance, způsobu jejího sestavení a o údajích pro vodní bilanci. V databázi jsou odběry podzemních vod v množství přesahujícím 6 000 m<sup>3</sup> v kalendářním roce nebo 500 m<sup>3</sup> v kalendářním měsíci. Uvedená databáze, která je každoročně doplňovaná, byla dále kontrolována na základě údajů předaných ČGS od podniků Povodí. Skutečný odběr byl porovnáván s povoleným odběrem tak, aby se dal zohlednit tento údaj při následujících výpočtech a jeho variantách. Toto hodnocení umožní upřesnit bilanční výpočty a podíl přetékání mezi kolektory. Zvýšená pozornost byla věnována odběrům ze zdrojů pro hromadné zásobování ve vlastnictví obcí nebo jiných soukromých subjektů. Pokud byly nalezeny nové odběrné objekty, byly doplněny do databáze.

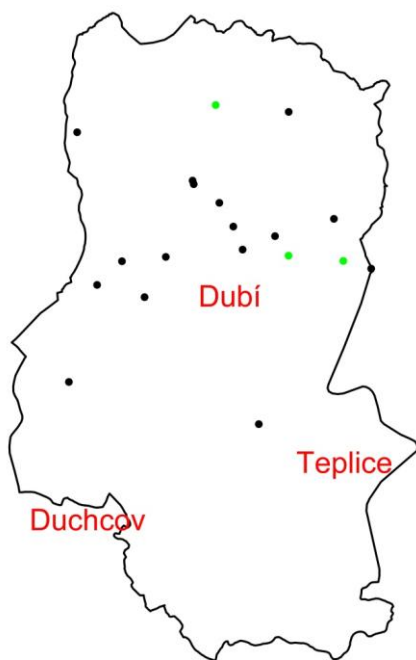
#### ODBĚRY PODZEMNÍCH VOD

Přehled lokalizovaných odběrných objektů je uveden v tabulce 4-26 a jejich přehledná lokalizace je zobrazena na obr. 4-31. V tabulce i v mapě jsou vyznačeny jak objekty v současné době využívané, tak i ty, které jsou v neaktuálnějším období nečinné, ale v minulosti zde odběry existovaly. V grafické podobě je znázorněn vývoj odběrů v hydrogeologickém rajonu od roku 1979 v obrázku 4-32.

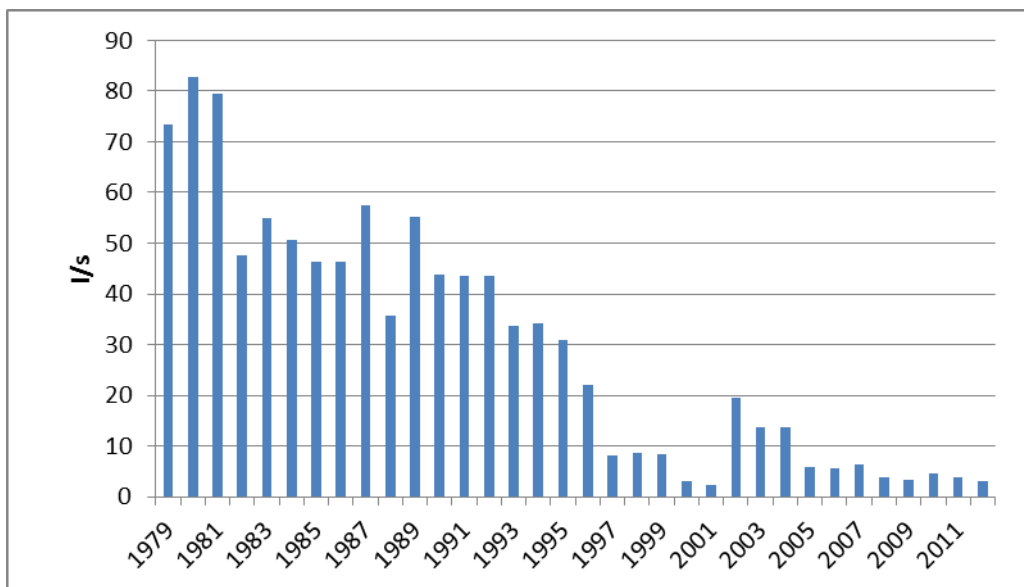
Tabulka 4-26 Přehled lokalizovaných odběrných objektů

Název jímacího území	Původ	2008	2009	2010	2011	2012	průměr za 33 let
		l/s					
SĚVK Drahůnky	mělká	1,92	2,43	3,63	2,80	2,12	1,23
Obec Mikulov prameniště 1 a 2	hlubinná	0,42	0,42	0,45	0,45	0,36	0,09
SĚVK Malše	mělká	0,36	0,36	0,56	0,48	0,53	0,42
SCVK.TEPL.PRAMENISTE.OLDRICHOV	neurčeno	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,25
SĚVK Liščí doupě	neurčeno	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,71
SCVK.TEPLICE.STUDNA.STRELNA	neurčeno	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,70
Vak Liščí doupě	neurčeno	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,22
SCVK.TEPLICE.PRAM.KOSTANY	neurčeno	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,37
SCVK.TEPLPRAMENISTE.RETENICE	neurčeno	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,92
SĚVK Košťany	neurčeno	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,74
SĚVK Dubí Bilinská pila	mělká	0,37	0,00	0,00	0,00	0,00	1,54
Tereziny lázně Dubí	mělká	0,46	0,00	0,00	0,00	0,00	0,55
SCVK.TEPLICE.PRAM.SEDMI.CESTA	neurčeno	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,18
AVIRUNION - Dubí - R. huč	neurčeno	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04
SCVK.TEPLICE.PRAM.UJEZDECEK	neurčeno	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,20
SĚVK Dubí štola	mělká	0,24	0,14	0,00	0,00	0,00	0,05
SCVK.TEPLICE.PRAMENISTE.MALSE	neurčeno	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	14,30
SCVK.TEPLICE.PRAM.VRCHOSLAV.I	neurčeno	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,75
Sportovní areál Krupka	neurčeno	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
Celkový odběr		3,77	3,35	4,64	3,73	3,00	29,26

šedě podbarvené nevyužívané v neaktuálnějším období



Obrázek 4-31 Přehledná lokalizace odběrných objektů (černé objekty v roce 2012 nevyužívané, zeleně jímané)



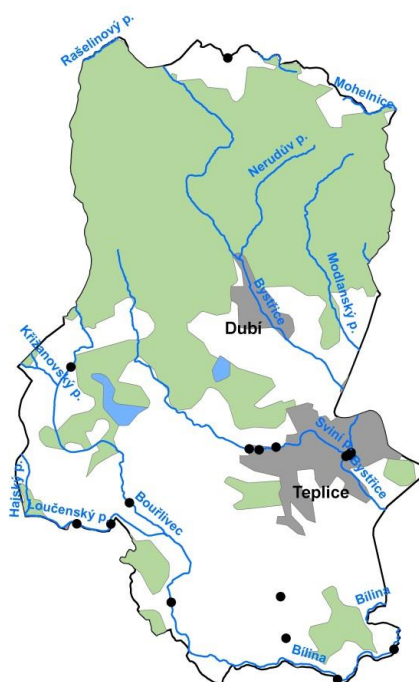
Obrázek 4-32 Vývoj odběrů podzemní vody v HGR 6133 od roku 1979 do roku 2012

### VYPOUŠTĚNÍ ODPADNÍCH VOD

Hodnoty a lokalizace míst vypouštění odpadních vod předaných ČGS podniky Povodí jsou uvedeny v tabulce 4-27 a jejich přehledná lokalizace je zobrazena na obrázku 4-33.

Tabulka 4-27 Přehled lokalizovaných vypouštění odpadních vod

NÁZEV	PŮVOD	2008	2009	2010	2011	2012	průměr
		m <sup>3</sup> /rok					
Obec Ohnič ČOV	městská	44818	44300	70576	68076	68076	59143
SĚVK Bžany ČOV	splašková	104910	59838	111644	105929	81729	92810
SĚVK Křemýž ČOV	splašková	9226	0	0	12995	12217	11479
SĚVK Želénky ČOV	splašková	2484554	2435493	3304012	2759703	2581053	2712963
Obec Kladruby kanal.	městská	24300	25100	22800	27264	27806	25454
Doly Biliny ČS Křinec	důlní	539900	644300	910200	895789	645246	727087
Město Duchcov	jiná	46870	43000	48800	24300	0	32594
CS ČS Obří průmen	důlní	2899100	2698500	2938900	3496300	2501030	2906766
Lázeňský dům Kamenné Lázně	jiná	77000	69600	105100	195903	193035	128128
Lázeňský dům Beethoven	jiná	495200	408900	408400	356130	344115	402549
Aquatest Praha Nová voda střed	splašková	90785	0	0	193264	123262	101826
Aquacentrum termální vody	průmyslová	136900	98500	123300	108522	93877	112220
VLL Teplice LD Judita	průmyslová	54000	169600	174654	143900	156122	139655
AGC Řetenice hlavní výúst'	průmyslová	136900	98500	123300	108522	93877	112220
AGC Před AB+parkoviště	jiná	0	0	0	0	2300	
AGC výpúst sklady a expedice	splašková	23000	23000	23000	23000	23000	23000
SĚVK Hrob ČOV	splašková	268067	288828	366963	225318	225318	293482
SĚVK Cínovec ČOV	splašková	60127	70547	71939	57057	60118	63958
Celkem		7495657	7178006	8803588	8801972	7232181	7945334



Obrázek 4-33 Přehledná lokalizace lokalizovaných vypouštění odpadních vod

## 5. KONCEPČNÍ HYDROGEOLOGICKÝ MODEL

### ÚČEL KONCEPČNÍHO MODELU

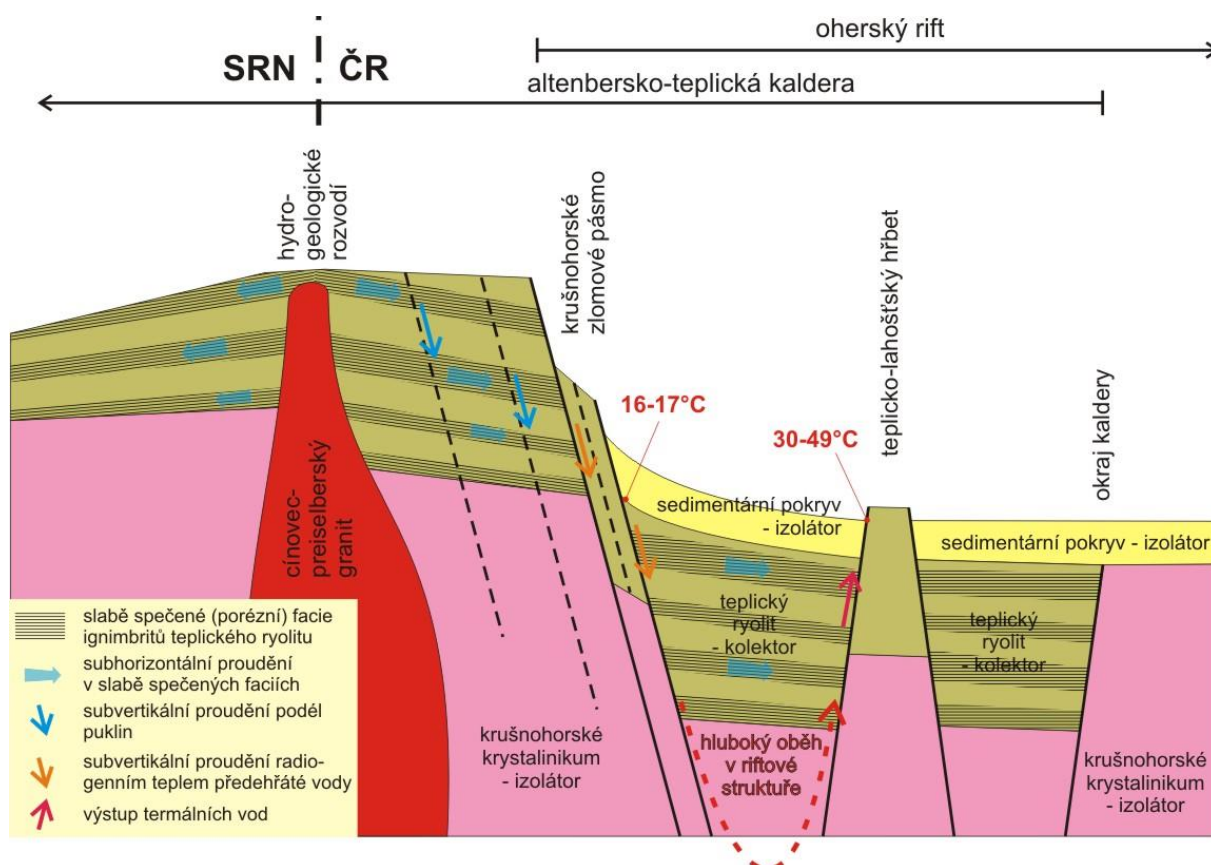
Koncepční hydrogeologický model byl pro HGR 6133 zpracován s cílem formulovat základní představu o geometrii a vlastnostech kolektoru, jeho napájení a drenáži a interakci s vodním tokem. Model vychází z přiměřené generalizace geologických a hydrogeologických dat, kterou lze graficky vyjádřit. Koncepční model byl sestavován v interakci se zpracovateli hydrologických a hydrogeologických matematických modelů. Výsledkem je představa – schéma území, jako jednotný podklad pro pochopení stavby a základních funkcí HGR. Prvotní koncepční model sloužil také k identifikaci chybějících dat a k jejich doplnění. Vytvoření koncepčního modelu je základním předpokladem pro úspěšnou konstrukci hydraulického modelu.

HGR 6133 Teplický ryolit zahrnuje rozsáhlou oblast tzv. teplického ryolitového komplexu na našem území mezi Teplicemi, Krupkou a Cínovcem v rámci krušnohorského krystalinika. Významnou roli hraje jeho tektonické porušení. Zde se nacházejí horniny, které jsou využity pro tvorbu balneologicky využívaných teplých minerálních vod (lázně Teplice).

Nepropustný strop hlavního kolektoru (puklinově propustný teplický ryolit) v j. části tvoří slínovce a jílové vápence střednoturonského stáří a neogenní pelitické sedimenty podkrušnohorských pánví; funkce tohoto stropu je významně postižena antropogenními zásahy (těžba uhlí). Směrem do masívu Krušných hor se teplický ryolit vyskytuje již při povrchu a vytváří tak důležité infiltrační území.

Prosté podzemní vody potenciálně vodárensky využitelné se vytvářejí jen v přípovrchové části tohoto kolektoru, hlubší oběh dává vznik teplým minerálním vodám. Hlubší oběh proto nemá smysl uvažovat z hlediska přírodních zdrojů prostých vod, z bilančního hlediska prostých podzemních vod se tedy v zájmovém prostoru nachází jeden hlavní kolektor svrchnokarbonského stáří s puklinovou propustností a hloubky oběhu v desítkách metrů (max. 100 m).

Hladina je vlivem velkého převýšení infiltrační oblasti vrcholové partie Krušných hor) napjatá. Koeficient transmisivity přípovrchového kolektoru dosahuje středních hodnot v rozmezí  $1 \cdot 10^{-4}$  -  $1 \cdot 10^{-3}$  m<sup>2</sup>/s, na hlubokých propustných tektonických liniích proudění minerální vody však může být i řádově vyšší. Případné využití podzemních vod tohoto rajonu musí respektovat ochranu lázeňsky využívaných minerálních vod hlubokého oběhu, což spočívá především v hloubkovém omezení případných jímacích objektů.



Obrázek 5-1 Konceptní model teplického ryolitu

## INTERPRETACE MAP GEOMETRIE KOLEKTORŮ A IZOLÁTORŮ

V HGR 6133 se bilancuje jen mělký kolektor přípoř�chové zóny zvětralin a rozpojení puklin. Pro bilanční řešení není zpracován hydraulický model proudění. Z tohoto důvodu nebyla vytvořena mapa geometrie kolektorů a izolátorů, tak, jako je realizována v případě křídových rajonů.

S využitím dostupných údajů o charakteristikách horninového prostředí zájmového území z archivních vrtů byly vytvořeny mapy velikosti transmisivity. S ohledem na skutečnost, že účelem bilancování nejsou termální minerální vody, byly použity jen vrty s maximální hloubkou do 100 metrů. Pro porovnání hydraulických vlastností HGR 6133 a okolního krystalinika byly statisticky zpracovány podobně hluboké vrty i v širším okolí krušnohorského masívu.

## SESTAVENÍ MAP HYDRAULICKÝCH, FYZIKÁLNÍCH A DALŠÍCH PARAMETRŮ

S využitím dostupných údajů o charakteristikách horninového prostředí zájmového území z archivních vrtů byly vytvořeny mapy velikostí hodnot jednotlivých parametrů, tj. hydraulická vodivost, porozita, rychlosti proudění podzemní vody, mocnost zvodnění. Tyto mapy následně budou využity jako podklad pro naplňování matematického modelu. Na základě dosavadních zkušeností byly pro konstrukci map využity jen vrty, které mají jednoznačné údaje o výstroji, jinými slovy jen takové, které prokazatelně nepropojují více kolektorů a reprezentují vlastnosti popisovaného kolektoru.

## ODVOZENÍ CHARAKTERISTICKÉ SPECIFICKÉ VYDATNOSTI A NÁSLEDNĚ TRANSMISIVITY $T_1$

V databázi se pro většinu vrtů nachází 1 až 5 snížení pro dané čerpané množství, resp. 1 až 5 hloubek hladin podzemní vody pro dané čerpané množství a hloubka hladiny podzemní vody před počátkem čerpací zkoušky. Z těchto dat je možné odvodit 1 až 5 specifických vydatností.

Pokud je specifických vydatností více než 1, maximální specifická vydatnost  $q_{\max}$  charakterizuje daný vrt.

Pokud je však maximální specifická vydatnost zjištěna v „první depresi“ a zároveň je specifických vydatností více než 1 a zároveň je snížení v „první depresi“ menší než 1 m, tato specifická vydatnost z „první deprese“ nebyla uvažována jako charakteristická a byla nahrazena druhou nejvyšší hodnotou specifické vydatnosti pro daný vrt.

Pokud je hladina podzemní vody před čerpacím pokusem záporná (čili vrt je přetokový) a zároveň chybí údaj o hladině podzemní vody pro první depresi, prázdné pole bylo nahrazeno nulou (předpokládá se, že v případě přetokového vrtu hloubka hladiny podzemní vody v „první depresi“ je nula).

Transmisivita  $T_1$  se pak vypočte: 
$$T_1 [m^2 / d] = q_{\max} / 1000 * 86400$$

## ODVOZENÍ TRANSMISIVITY $T_2$ DLE DATABÁZE

Pokud je v databázi uvedena transmisivita, tato hodnota byla převedena na  $m^2/d$  a označena jako transmisivita  $T_2$ .

## ODVOZENÍ TRANSMISIVITY $T_3$ PODLE HYDRAULICKÉ VODIVOSTI

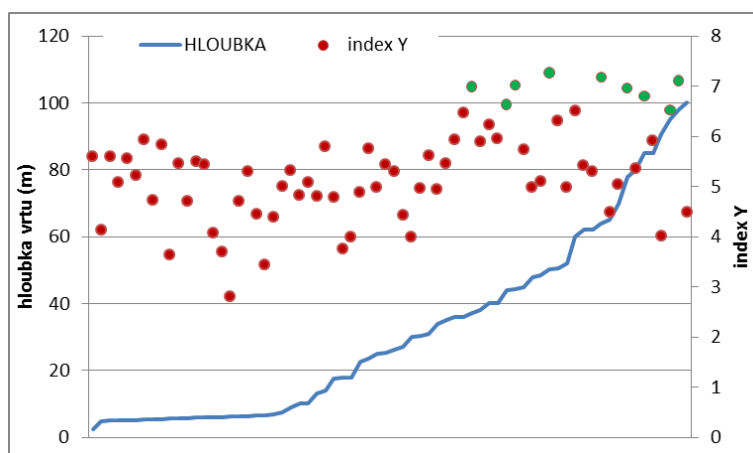
U řady vrtů je uvedena pouze hydraulická vodivost. I tento údaj je vhodné využít. Hodnotu hydraulické vodivosti je nutné přenásobit mocností zvodně, což je rozdíl mezi bází filtru a ustálenou hladinou vrtu před čerpací zkouškou („HLPRED“ – „DO“).

## POUŽITÍ TRANSMISIVITY

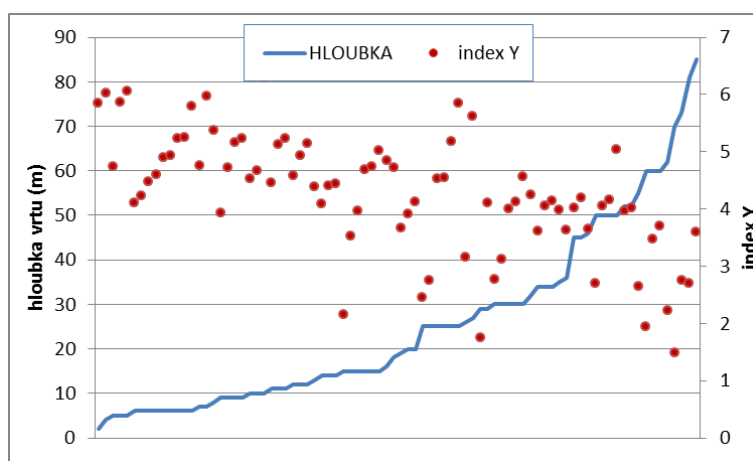
Transmisivitu  $T_1$  odvozenou s ustáleného proudění lze považovat za nejspolehlivější charakteristiku hydraulických vlastností, proto měla přednost v použití. Pokud je k dispozici transmisivita  $T_1$ , hodnota  $T_1$  charakterizuje daný vrt. Pokud není k dispozici transmisivita  $T_1$  a je k dispozici transmisivita  $T_2$ , hodnota  $T_2$  charakterizuje daný vrt. Pokud není k dispozici transmisivita  $T_1$  a  $T_2$  a je k dispozici transmisivita  $T_3$ , hodnota  $T_3$  charakterizuje daný vrt.

Z použité transmisivity byly následně odvozeny indexy Y které byly staticky vyhodnoceny (tab. 5-1). zobrazena v mapě a v grafech (obr. 5-2, 5-3, 5-4).

V HGR 6133 bylo v databázi výsledků čerpacích zkoušek k dispozici **celkem 70 údajů**. V prvním kroku byl testován vztah hodnoty indexu Y, který charakterizuje transmisivitu kolektoru k otevřenému - potenciálně zvodněnému úseku vrtu. Kromě toho bylo k dispozici dalších 85 údajů z vrtů, převážně z metamorfítů krušnohorského krystalinika.



Obrázek 5-2 Závislost hloubky vrtu teplického ryolitu na indexu Y (zeleně jsou znázorněny vrtu na lokalitě Teplice)



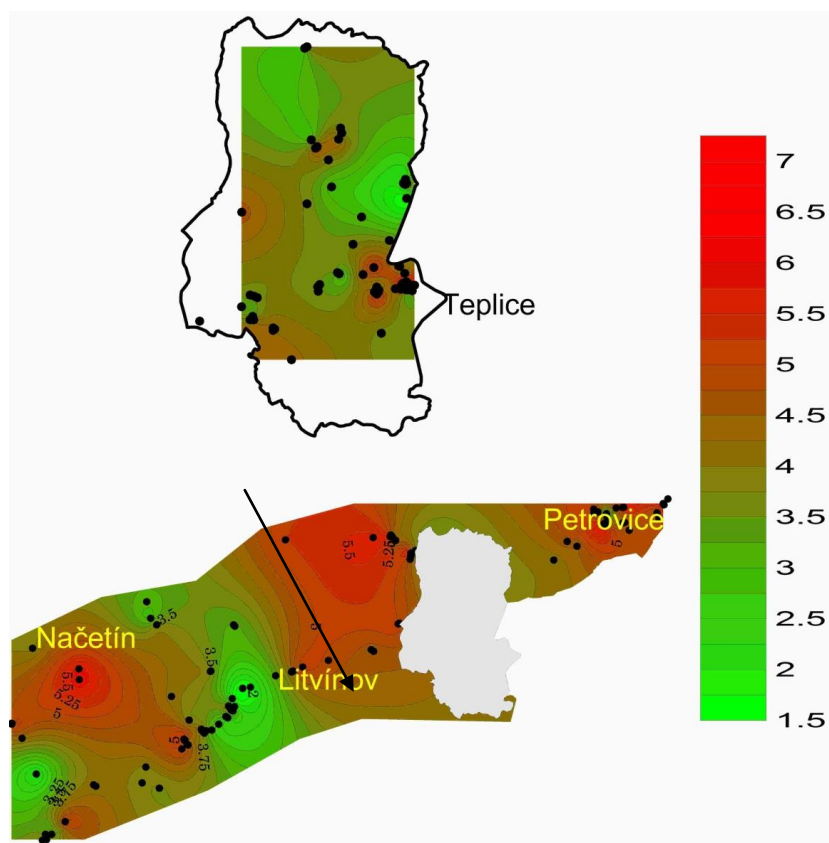
Obrázek 5-3 Závislost hloubky vrtu krušnohorského krystalinika na indexu Y

Ze vztahu hodnot indexu Y a hloubek vrtů lze pro HGR 6133 odvodit následující závěry:

1. Zásadní rozdíl mezi oběma srovnávanými soubory je zásadně odlišný vliv hloubky jímání na velikost transmisivity. U krušnohorského krystalinika lze pozorovat systematický pokles transmisivity s hloubkou u vrtů situovaných v krystaliniku. Tento jev se však u teplického ryolitu v hloubkovém horizontu do 100 metrů neprojevuje. Naopak vrtu v HGR 6133 s hloubkou přesahující 35 metrů vykazují vyšší hodnoty indexu Y než mělké, jejichž otevřený úsek často může zahrnovat i kvartérní uloženiny. Pokles propustnosti s hloubkou je obecný trend, který je pozorován ve všech oblastech budovanými metamorfovanými a vyvřelými horninami, ve kterých oběh vody je vázán především na relativně mělkou zóně zvětralin a rozpojení puklin. S narůstající hloubkou dochází k poklesu intenzity zvětrávacích procesů a pukliny se stávají sevřenější. V případě teplického ryolitu sice zřejmě dochází k podobnému poklesu zvětrávání, nicméně tektonická síť zůstává otevřená i do podstatně větších hloubek. To je důsledek křehkého charakteru ryolitu, který vytváří optimální prostředí pro oběh podzemních vod i ve větších hloubkách.

2. Při srovnání transmisivity krystalinika a teplického ryolitu vychází průtočnost HGR 6133 téměř o jeden řád vyšší. Tento významný rozdíl však způsobují především hlubší vrty v tektonicky porušené oblasti v Teplicích s hodnotami indexu Y vyšším než 7.

I když plošné vyjádření změn transmisivity pomocí izoliní je v prostředí tak heterogenním jako je kolektor s dominantní puklinovou porozitou poměrně diskutabilní, mapy na obrázku 5-4 poskytují určitou představu o centrech se zvýšenými hodnotami. V HGR 6133 je zřejmé centrum s vysokým indexem Y přesahujícím hodnotu 7 v prostoru Teplic.



Obrázek 5-4 Rozdělení transmisivity kolektoru přípovrchové zóny teplického ryolitu a okolního krystalinika ve formě indexu Y

Tabulka 5-1 Popisná statistika indexu Y v HGR 6133 ve srovnání s hodnotami v okolní přípovrchové zóně krušnohorského krystalinika

Popisná statistika hodnot	Přípovrchový kolektor HGR 6133		Přípovrchový kolektor HGR 6133 bez vrtů v Teplicích		Přípovrchový kolektor krušnohorského krystalinika	
	Y	T m <sup>2</sup> /s	Y	T m <sup>2</sup> /s	Y	T m <sup>2</sup> /s
Stř. hodnota	5,3	1,99.10 <sup>-4</sup>	4,8	6,30.10 <sup>-5</sup>	4,25	1,77.10 <sup>-3</sup>
Medián	5,3	1,99.10 <sup>-4</sup>	4,98	9,54.10 <sup>-5</sup>	4,26	1,82.10 <sup>-5</sup>
Směr. odchylka	0,97		0,70		1,04	
Rozdíl max-min	4,47		3,13		4,81	
Minimum	2,8	6,3.10 <sup>-7</sup>	2,8	6,3.10 <sup>-7</sup>	1,48	3,01.10 <sup>-8</sup>
Maximum	7,27	1,86.10 <sup>-2</sup>	8,51	3,23.10 <sup>-1</sup>	6,29	9,77.10 <sup>-3</sup>
Počet	70		52		85	

Vysvětlivky: Y - index transmisivity, T - koeficient transmisivity, Z - index propustnosti, Kf – koeficient hydraulické vodivosti



Průměrná transmisivita kolektoru přípovrchové zóny zvětralin a rozevření puklin odvozená z parametru Y (bez zavedení přepočtové diference „d“ podle Jetela, 1985) je podle klasifikace Krásného (1978, 1986) v kategorii III. střední.

## SYSTEMOVÁ ANALÝZA OBĚHU PODZEMNÍ VODY

Od ostatních puklinově porézních hornin krystalinika se skutečně či domněle liší svými vlastnostmi, a to zejména:

- Ve vertikálním sledu lze v ryolitu rozlišit minimálně tři hydrogeologické polohy: bazální, střední (málo propustnou) a přípovrchovou, v nichž proudí podzemní voda víceméně odděleně; hydraulické spojení všech uvedených tří poloh se uskutečňuje jednorozměrným vertikálním propojením napříč střední relativně málo propustné polohy.
- Nositelem termálních vod, jimž vděčí Teplice za svoji pověst lázeňského místa, je bazální poloha, nejen občasné výskyty termálních vod na povrchu. Přes to byly vývěry termálních vod rozptýleny v předpřívalovém období jakousi piezometrickou „kupu“, většinou na povrchu v nadmořské výšce vyšší v širokém okolí hlavních výskytů na Teplicku.
- Hluboko uložené termální vody reagují na vzdálené seismické a zemětřesné projevy.
- Podle dosavadních poznatků se na rozdíl od ostatních tvrdých (krystalinických) hornin projevuje vyšší propustnost přípovrchové zóny; to také bylo důvodem větší pozornosti, věnované v minulosti přípovrchové zóně a vyšším partiím ryolitového tělesa (např. dříve ražená štola pod Pramenáčem).

## ANALÝZA ČASOVÝCH ŘAD KOLÍSÁNÍ HLADINY PODZEMNÍCH VOD

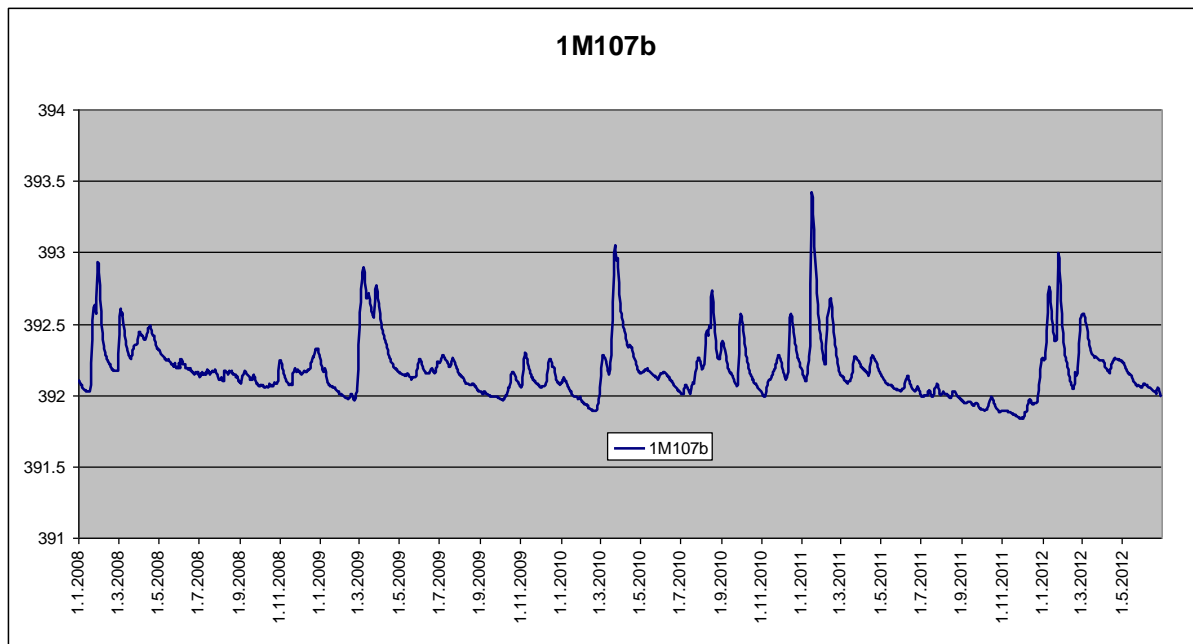
Pro analýzu chování kolektoru – jeho doplňování a vyprazdňování byl zvolen rozbor kolísání hladiny podzemní vody na vrtech pozorovaných ČHMÚ. Seznam vrtů použitých pro analýzu je uveden v tab. 5-2, 5-3

**Tabulka 5-2 Přehled objektů ČHMÚ s časovými řadami pozorování hladiny podzemí vody**

Klíč GDO	Název	Lokalita	Sledován od roku	Sledovaný parametr	Kolektor
692575	VP1936	Dubí u Teplic, 1M107b	2007	H,J	ryolit

**Tabulka 5-3 Statistické údaje, charakterizující režim podzemních vod.**

DTB	Průměr	Medián	Modus	Maximum	Minimum	Variační rozpětí	90% překročení	85% překročení	Trend
<b>VP1936</b>	392.18	392.15	392.16	393.42	391.83	1.59	391.98	392.01	



Obrázek 5-5 Kolísání hladin na vrtu ČHMÚ

Obrázek 5-5 ukazuje kolísání hladiny na vrtu. Ačkoli je vrt hluboký 70 m a sleduje hladinu podzemních vod Teplického ryolitu má výrazný roční chod, kolísání hladiny je dáno především intenzitou srážek a výškou hladiny v toku. Vrt není vhodný pro jeho využití pro institut minimální hladiny vzhledem k bilanci HGR 6133 .

### NÁVRH NA DOPLNĚNÍ POZOROVACÍ SÍTĚ PODZEMNÍCH VOD

V hydrogeologickém rajonu je k dispozici pouze jeden objekt sledování ČHMÚ pro kolektor přípvrchové zóny teplického ryolitu v Krušných horách.

Z navrhovaných hydrogeologických pozorovacích objektů byl realizová vrt 6133\_A Košťany pro kolektor hlubší zvodně v ryolitu.

**Tabulka 5-4 Základní charakteristiky nových vrtů doporučených k pozorování**

ID vrtu	Lokalita (katastr)	Cílový kolektor	Souřadnice JTSC X	Souřadnice JTSC Y	terén m n.m.	Hloubka vrtu (m)	Rozsah cílového kolektoru (m)	Čerpací zkoušky	datalogger
6133_A	Košťany	Teplický ryolit (ignimbrit)	966144,96	781274,75	860,9	253	149 - 235	Ano	Ano

## 6. MODELOVÉ VÝPOČTY ZÁSOB PODZEMNÍCH VOD

### 6.1. HYDROLOGICKÝ MODEL

#### 6.1.1. DOTACE PODZEMNÍCH VOD

##### POPIS SADY POVODÍ A DOSTUPNÝCH DAT

Odtok z rajonu není sledován žádnou vodoměrnou stanicí ČHMÚ, proto byla použita data ze stanic Proboštov na Bystřici a Řetenice na Sviním potoce, které provozuje Povodí Ohře, s. p. Obě povodí leží celou svou plochou uvnitř hranic HGR 6133.

V rámci rajonu není k dispozici reprezentativní vrt s dlouhodobým sledováním hladin bilancovaného kolektoru, a proto plánovaná korelace dlouhodobých časových záznamů kolísání podzemních vod versus separovaný základní odtok nebyla realizována.

Poloha povodí v rajonu je znázorněna na obrázku 6-1, základní charakteristiky a informace o dostupných datech obsahuje tabulka 6-1.

Tabulka 6-1 Přehled povodí – základní charakteristiky a dostupná data

ID		DBC	ANALOG	P [mm]	Qa [m <sup>3</sup> /s]	NV [m n. m.]	A [km <sup>2</sup> ]	IA [km <sup>2</sup> ]	KALIB
6133pByst	povodí Bystřice	Byst		931.50	0.386	676.42	19.64	19.56	2006-2010
6133pSvin	povodí Sviní p.	Svin		731.13	0.137	398.65	23.45	23.45	2002-2010
HGR	HGR	-	TRANS	727.52	-	426.96	134.42	134.42	NE

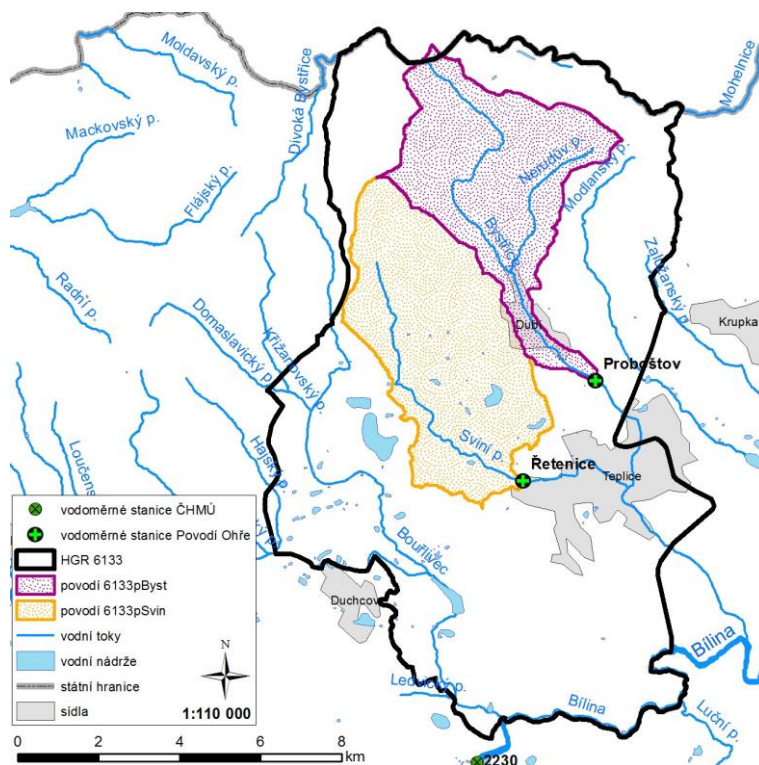
ID: Identifikace povodí nebo části HGR; DBC: databankové číslo povodí / postup odvození mezipovodí; ANALOG: ID vodoměrné stanice, použité jako analogon (SYN/TRANS pro HGR indikuje metodu odvození hydrologické bilance pro celý hydrogeologický rajon); P: průměrná dlouhodobá výška srážek mm/rok za období 1981-2010; Qa: průměrný dlouhodobý roční průtok za pozorované období; NV: průměrná nadmožská výška; A: plocha povodí nebo části HGR; IA: plocha z dílčího povodí ležící v HGR; KALIB: období, z kterého byla použita data pro kalibraci hydrologického modelu;

##### INFORMACE O DOPLŇKOVÝCH MĚŘENÍCH V RÁMCI PROJEKTU

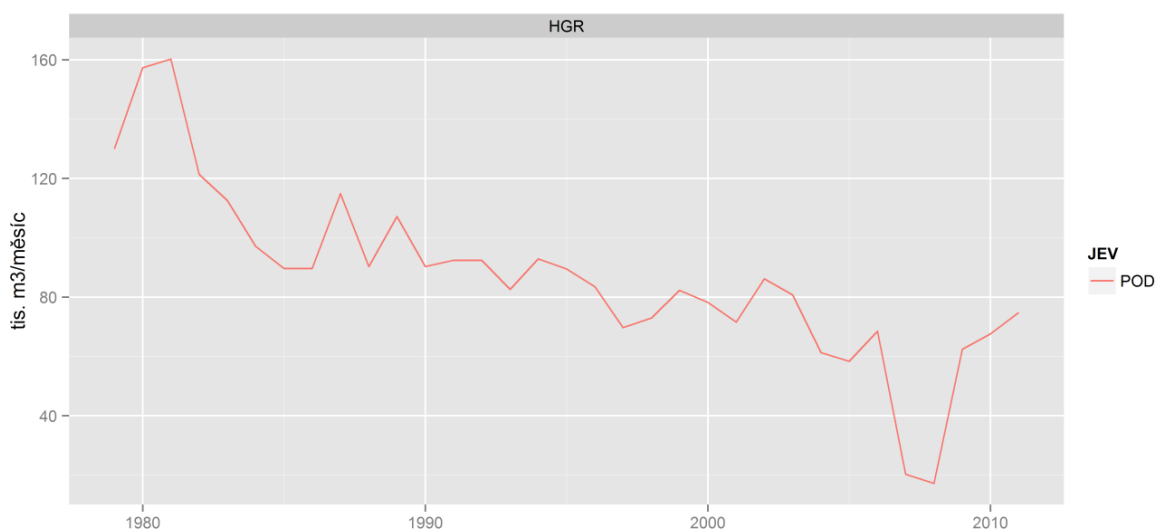
V rámci úkolu nebyla na území HGR 6133 zřízena žádná doplňující pozorování, pro postižení přítoku do toku Bouřlivec v rajonu by bylo nutné zřídit stanice dvě, přínos ke zpřesnění výstupů řešeného úkolu by vynaloženým nákladům patrně neodpovídal. Dvě existující stanice Povodí Ohře s.p. pokrývají významnou část HGR 6133, takže na jejich základě lze bilanci podzemních vod provést.

##### INFORMACE O MÍŘE OPRAV PRŮTOKŮ O UŽÍVÁNÍ

Průtokové řady použité pro kalibraci hydrologických modelů dílčích povodí i pro separaci základního odtoku nebyly opraveny o užívání vod. Obrázek 6-2 poskytuje informace o souhrnném užívání vod v dílčích povodích. Míru ovlivnění vyjádřenou v % celkového odtoku obsahuje tabulka 6-2.



Obrázek 6-1 Lokalizace zájmové oblasti s polohou relevantních vodoměrných stanic VÚV a ČHMÚ



Obrázek 6-2 Souhrnné užívání vod v dílčích povodích.  
POV: povrchový odběr, POD: podzemní odběr, VYP: vypouštění

**Tabulka 6-2 Míra ovlivnění průtoků ve vodoměrných v % celkového odtoku pro jednotlivá období**

JEV		% (1981-2010)	% (2001-2010)	tis.m <sup>3</sup> /měsíc (1981-2010)	tis.m <sup>3</sup> /měsíc (2001-2010)	mm/rok (1981-2010)	mm/rok (2001-2010)
POD	HGR	NaN	NaN	80.79	58.04	7.21	5.18

POV: povrchový odběr; POD: podzemní odběr; VYP: vypouštění; NaN: žádné evidované užívání

## POSTUP A VÝSLEDKY STANOVENÍ PODZEMNÍHO ODTOKU A DOTACE PODZEMNÍCH VOD

V případě hydrogeologických rajonů s menším počtem pozorovaných dat, což je případ HGR 6133 bylo nutno volit tento postup:

1. Pro všechna dílčí povodí a pro celý HGR 6133 byly vypočteny řady průměrných srážek a průměrných teplot v období 1981-2010.
2. Pro povodí s měsíčním pozorováním byl kalibrován model BILAN, s využitím pozorovaného odtoku.
3. Hydrologická bilance pro rajon byla modelována pomocí meteorologických dat pro rajon.

Výsledky pro HGR dle této metodiky jsou dále označovány HGR\_TRANS.

Výsledky ve formě datových řad měsíčních průměrů veličin hydrologické bilance, včetně základního odtoku a dotace zásob podzemní vody jsou předány odběrateli v elektronické formě spolu s výsledky pro dílčí povodí.

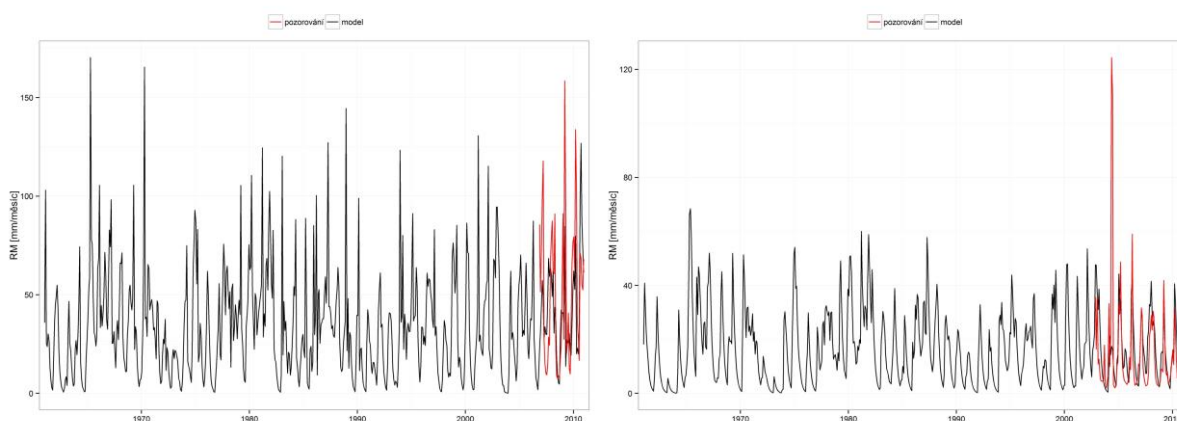
Pro rámcové posouzení dílčích i finálních výsledků uvádíme na obrázku 6-3 až 6-7 průběhy měsíčních řad pozorovaného a modelovaného odtoku, na obrázku 6-8 až 6-5 průběhy základního odtoku stanovené modelováním.

Hodnota koeficientu Nash-Sutcliffe pro vyjádření shody průtoku simulovaného modelem Bilan a měřeného průtoku je pro povodí Bystřice -0.61, povodí Sviní potok -0.66.

Na obrázku 6-6 a 6-7 jsou pro všechny použité dílčí části rajonu a pro rajon jako celek vyneseny řady měsíčních dotací zásob podzemní vody.

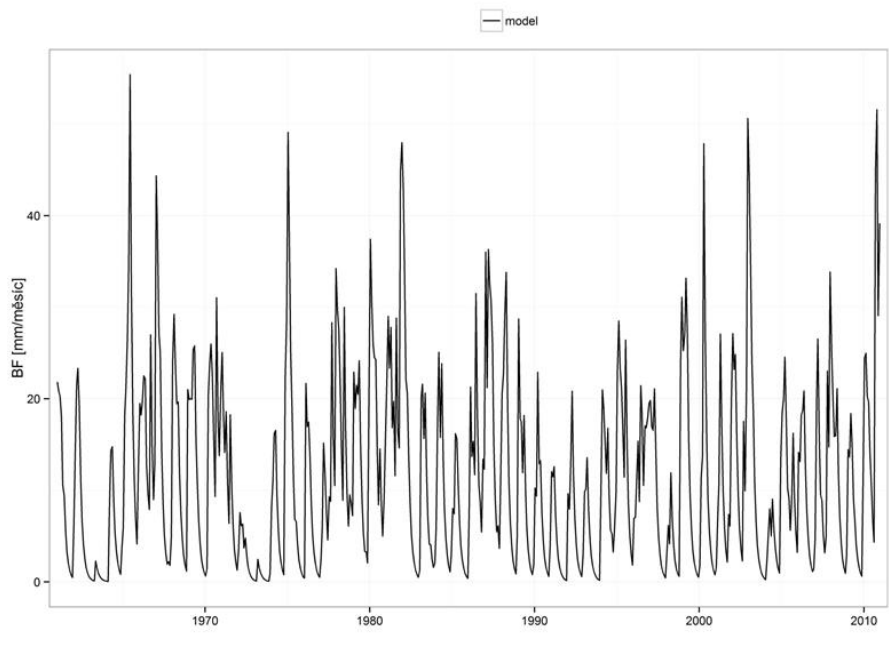
Sezónní průběh základního odtoku ve formě pravděpodobnostních polí, vyjádřený pro zužující se rozmezí kvantilů od nejširšího 10-90% po nejužší 40-60%, stanovený pro období 1981-2010 a 2001-2010 je na obr. 6-8. Stejně charakteristiky jsou na obr. 6-9 pro dotace podzemní vody.

Na obrázku 6-10 pro základní odtok, na obrázku 6-11 pro dotace podzemní vody jsou čáry překročení zpracované z chronologických řad, tj. ze všech měsíců období 1981-2010 a 2001-2010.

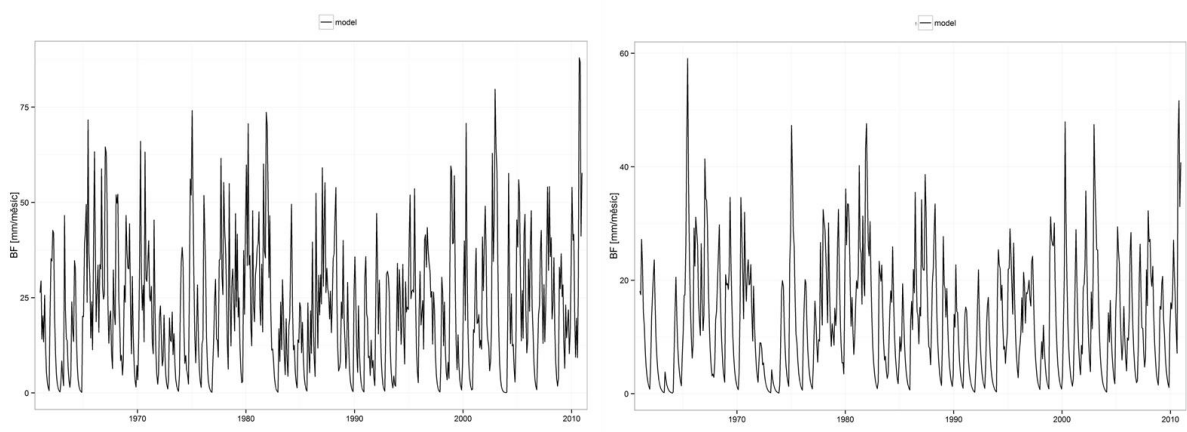


Obrázek 6-3 Obrázek 6-4 Pozorovaný a modelovaný odtok povodí Bystřicea Sviní potok

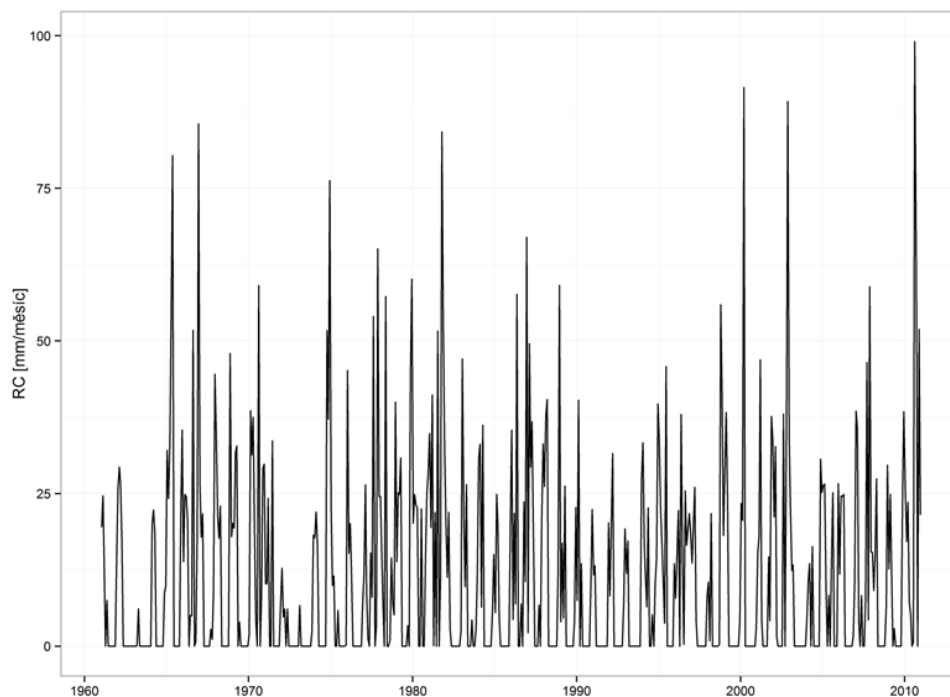
[mm/měsíc].



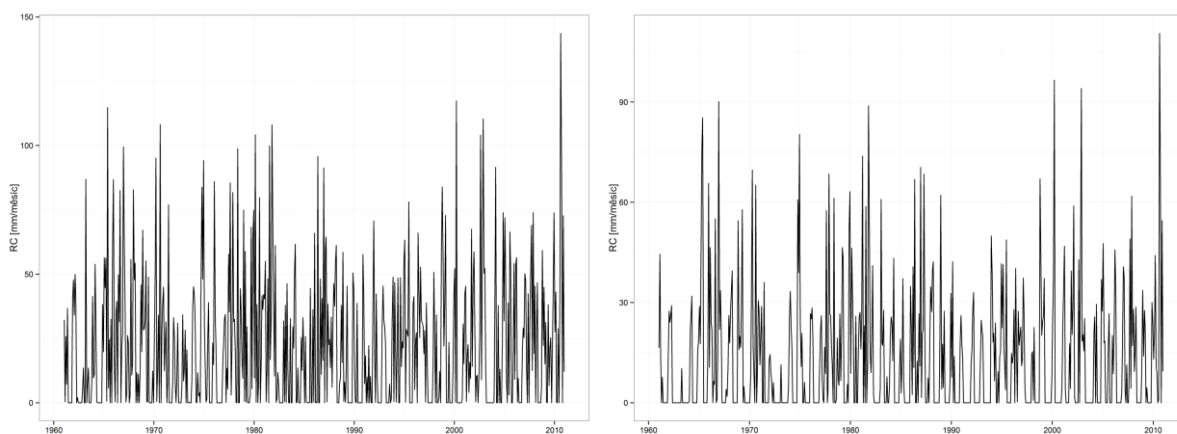
Obrázek 6-5 HGR 6133. Základní odtok [mm/měsíc].



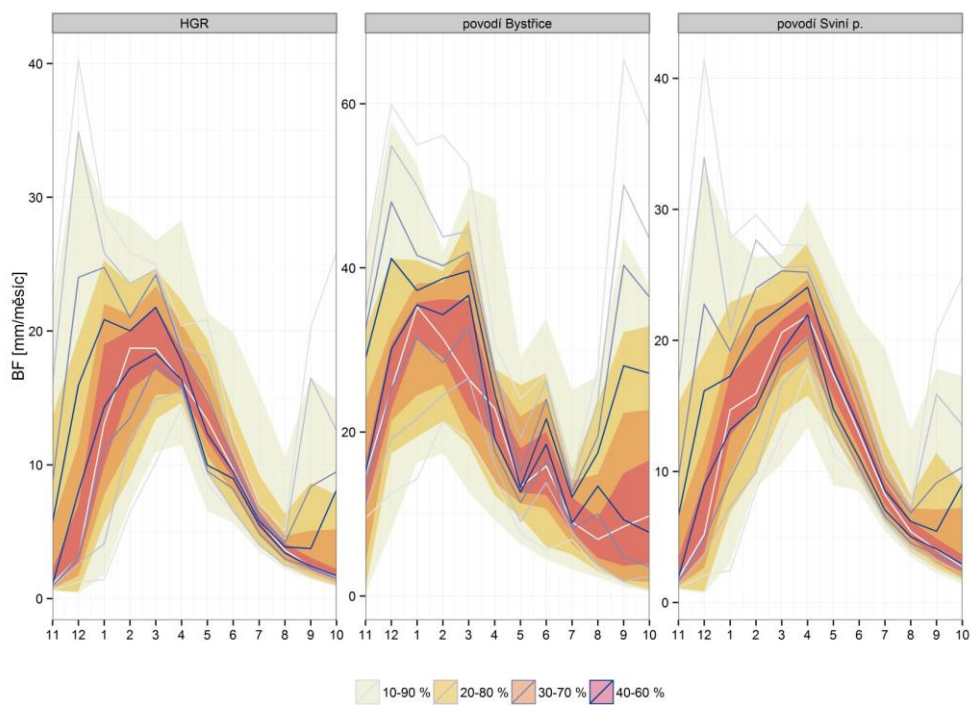
Obrázek 6-6, Obrázek 6-7 Povodí Bystřice. Povodí Sviní potok. Základní odtok [mm/měsíc].



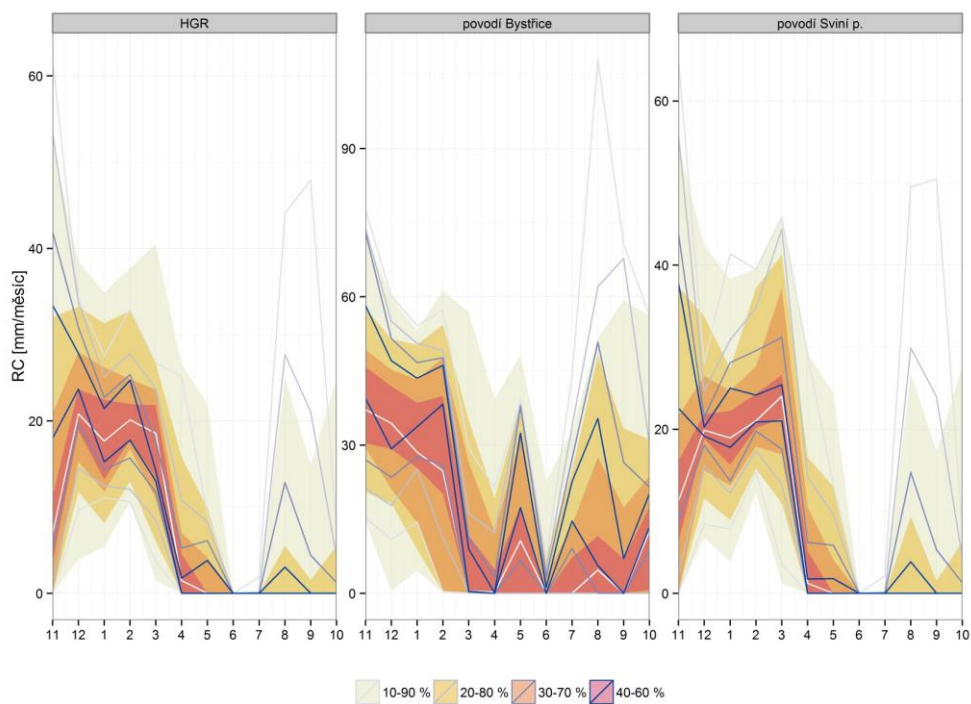
Obrázek 6-8 HGR. Modelovaná dotace podzemních vod  
[mm/měsíc].



Obrázek 6-9, Obrázek 6-10 Povodí Bystřice. Povodí Svin potok. Modelovaná dotace podzemních vod  
[mm/měsíc].

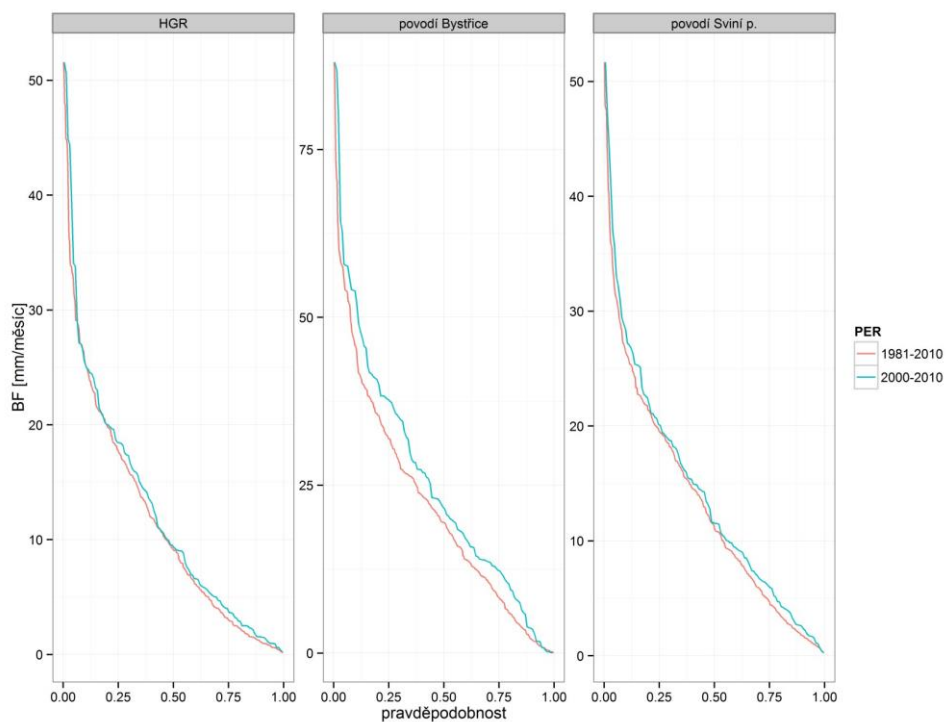


Obrázek 6-11 Pravděpodobnostní pole – základní odtok [mm/měsíc].  
 Plné plochy odpovídají období 1981-2010, čáry období 2001-2010.

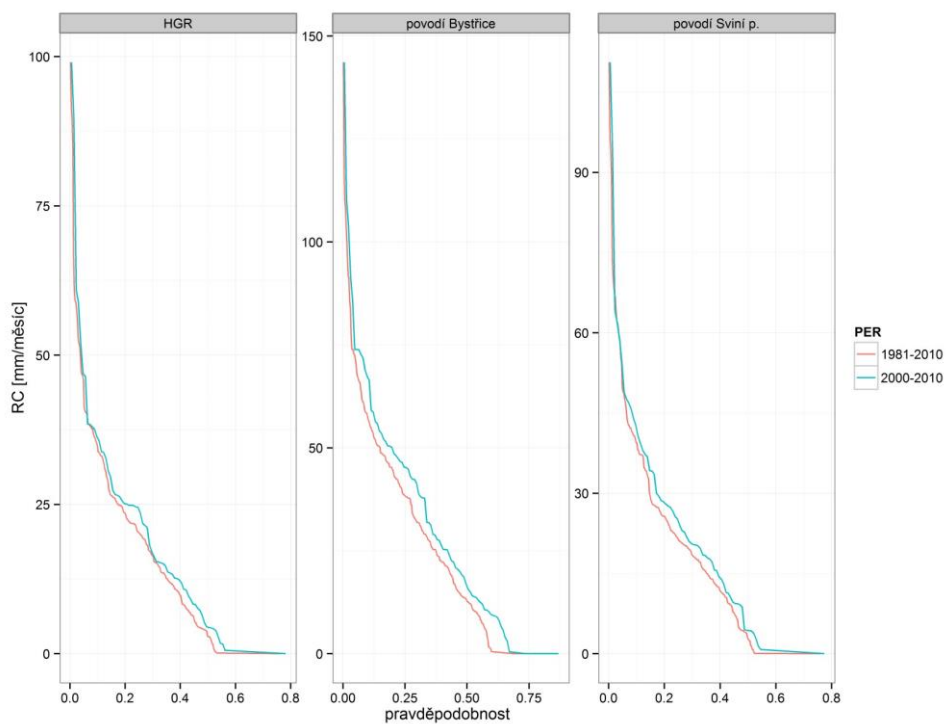


Obrázek 6-12 Pravděpodobnostní pole – dotace podzemní vody.  
 Plné plochy odpovídají období 1981-2010, čáry období 2001-2010





Obrázek 6-13 Čára překročení měsíčního základního odtoku [mm/měsíc].



Obrázek 6-14 Čára překročení měsíční dotace podzemní vody [mm/měsíc].

**SOUHRNNÉ CHARAKTERISTIKY HYDROLOGICKÉ BILANCE**

Podle hydrologického modelování na území HGR 6133 činí za období 1981 až 2010 specifická dotace podzemních vod  $4.46 \text{ l/s/km}^2$ , celková dotace je pak  $140.73 \text{ mm/rok}$ .

Souhrnné charakteristiky hydrologické bilance za modelované mezipovodí a celý hydrogeologický rajon jsou uvedeny v tabulkách 6-3 a 6-4.

K rajonu 6133 byl zpracován samostatný materiál Stanovení velikosti využitelného množství podzemních vod u hydrogeologických rajonů s nesouvislým zvodněním, kde jsou vypuštěny oblasti s nejvyšší nadmořskou výškou. Hodnoty přírodních zdrojů podzemních vod jsou uvedeny v tabulce 6-5.

**Tabulka 6-3 Shrnutí hydrologické bilance (1981-2010)**

	P [mm]	R [mm]	RM [mm]	P – R [mm]	ET [mm]	RC [mm]	RC [l/s/km <sup>2</sup> ]
povodí Bystřice	931.46	619.7*	417.23	453.09*	510.55	261.89	8.3
povodí Svini p.	731.1	184.4*	204.72	584.1*	522.75	159.29	5.05
.HGR	727.49	NA	198.62	528.87	525.67	140.73	4.46

\*nejdou k dispozici data pro celé období P - Měsíční srážkový úhrn, R - Měsíční odtoková výška (pozorovaná), RM Měsíční odtoková výška (modelovaná), ET – evapotranspirace, RC - Dotace zásob podzemní vody

**Tabulka 6-4 Shrnutí hydrologické bilance (2001-2010).**

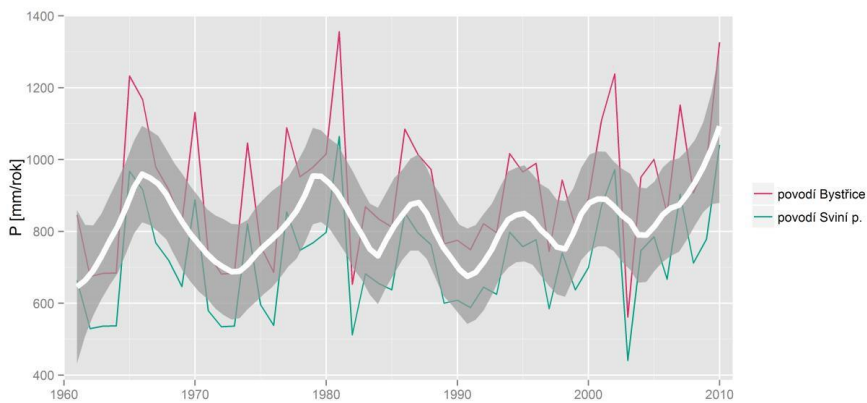
	P [mm]	R [mm]	RM [mm]	P – R [mm]	ET [mm]	RC [mm]	RC [l/s/km <sup>2</sup> ]
povodí Bystřice	1008.46	619.7*	465.72	453.09*	527.5	309.36	9.8
povodí Svini p.	791.54	184.4*	221.41	584.1*	553.13	177.33	5.62
.HGR	787.63	NA	218.12	569.51	553.03	156.14	4.95

**Tabulka 6-5 Stanovení přírodních zdrojů podzemních vod.**

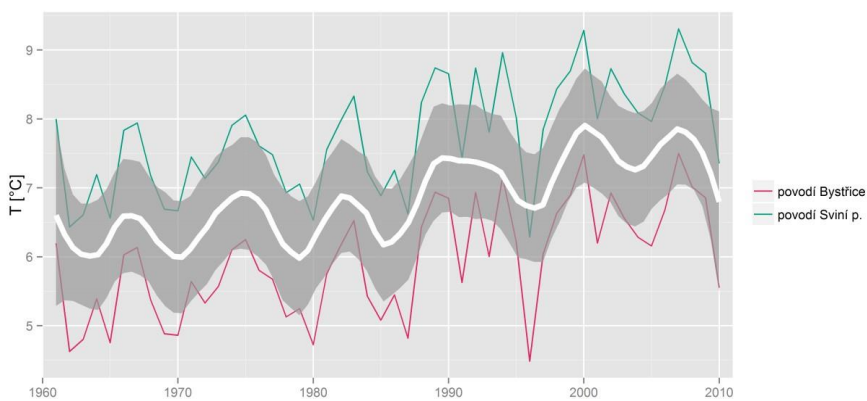
nadmořská výška	plocha	dotace - průměr	sklonem redukováná dotace - průměr	přírodní zdroje - 90% kvantil	přírodní zdroje - 90% kvantil
m n. m.	km <sup>2</sup>	l/s/ km <sup>2</sup>	l/s/ km <sup>2</sup>	l/s/ km <sup>2</sup>	l/s
<b>celý HGR (430)</b>	<b>134.42</b>	<b>4.79</b>	<b>4.10</b>	<b>0.4</b>	
203-245	28	1.60	1.48	0.14	4
246-279	28	2.53	2.37	0.23	6
280-399	27	3.53	3.16	0.31	8
<b>celkem</b>					<b>19</b>

**POSOUZENÍ VÝVOJE PRŮMĚRNÝCH VELIČIN HYDROLOGICKÉ BILANCE**

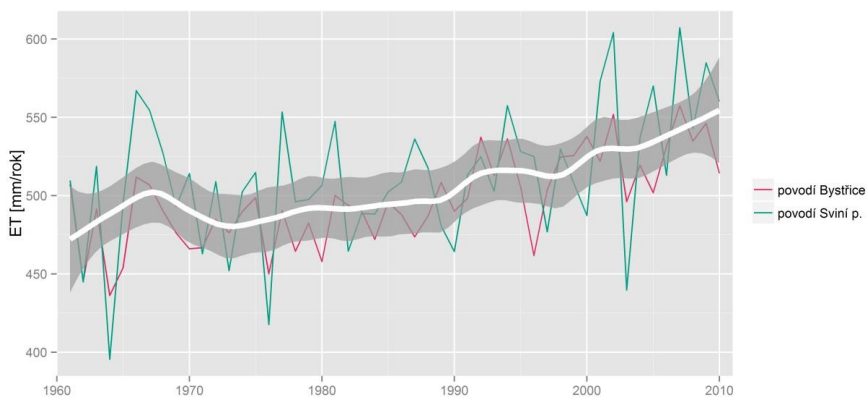
Na obr. 6-15 až 6-20 jsou znázorněny průběhy ročních řad základních veličin hydrologické bilance za období 1961–2010 v jednotlivých dílčích povodích a částech HGR. Silnou čarou je vyznačen průměr vyhlazený lokální regresí (každý bod je stanoven na základě váženého lineárního modelu, váhy jsou kubickou funkcí převrácené hodnoty vzdálenosti), šedivý pás odpovídá 95% intervalu spolehlivosti odhadu průměru.



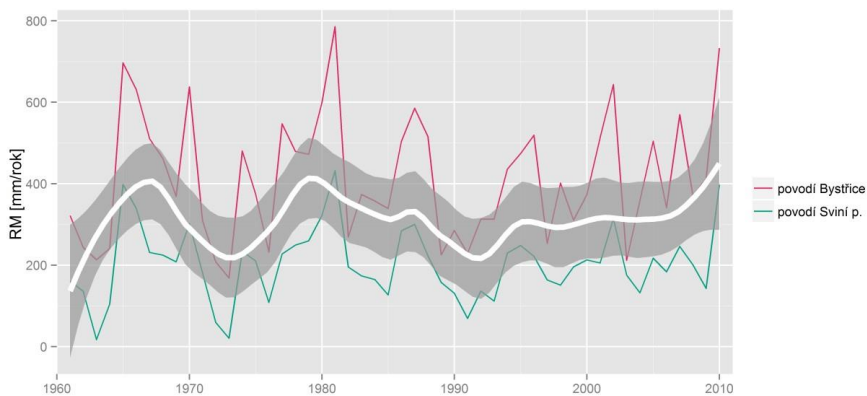
Obrázek 6-15 Vývoj průměrných ročních srážek.



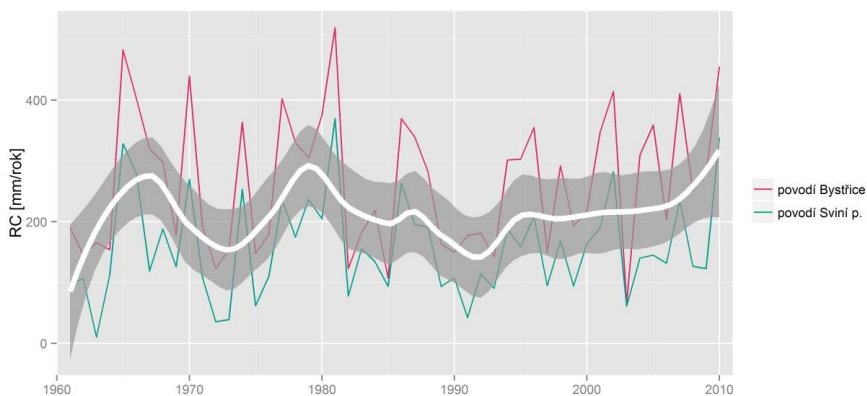
Obrázek 6-16 Vývoj průměrné roční teploty.



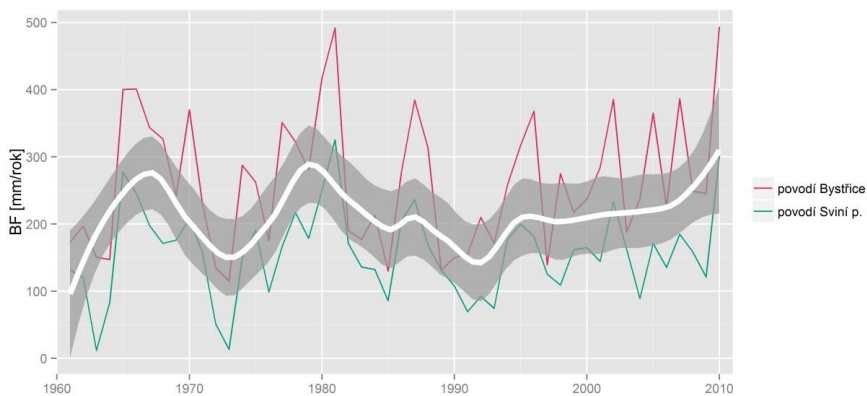
Obrázek 6-17 Vývoj aktuální evapotranspirace (odhad z modelu BILAN).



Obrázek 6-18 Vývoj průměrného ročního odtoku (odhad z modelu BILAN).



Obrázek 6-19 Vývoj průměrné roční dotace zásob podzemní vody (odhad z modelu BILAN).



Obrázek 6-20 Vývoj průměrného ročního základního odtoku (odhad z modelu BILAN).

V tabulce 6-6 až 6-9 jsou uvedeny průměry odtoku, aktuální evapotranspirace, dotace zásob podzemních vod a základního odtoku za období 1981-2010, porovnané s průměry za období 2001-2010 a 1961-1980 pomocí poměrů hodnot. Vývoj srážkových úhrnů a teploty je uveden v kapitole 4.2.

**Tabulka 6-6 Vývoj odtoku (odhad z modelu BILAN)**

období	1961-1980	1981-2010		2001-2010	
	[mm]	[mm]	dif.[-]	[mm]	dif.[-]
.HGR	194.73	198.62	1.02	218.12	1.10
povodí Bystřice	409.70	417.23	1.02	465.72	1.12
povodí Sviní p.	199.63	204.72	1.03	221.41	1.08

**Tabulka 6-7 Vývoj aktuální evapotranspirace (odhad z modelu BILAN)**

období	1961-1980	1981-2010		2001-2010	
	[mm]	[mm]	dif.[-]	[mm]	dif.[-]
.HGR	498.51	525.67	1.05	553.03	1.05
povodí Bystřice	477.32	510.55	1.07	527.50	1.03
povodí Sviní p.	496.54	522.75	1.05	553.13	1.06

**Tabulka 6-8 Vývoj dotace zásob podzemní vody (odhad z modelu BILAN)**

období	1961-1980	1981-2010		2001-2010	
	[mm]	[mm]	dif.[-]	[mm]	dif.[-]
.HGR	136.62	140.73	1.03	156.14	1.11
povodí Bystřice	267.42	261.89	0.98	309.36	1.18
povodí Sviní p.	154.92	159.29	1.03	177.33	1.11

**Tabulka 6-9 Vývoj základního odtoku (odhad z modelu BILAN).**

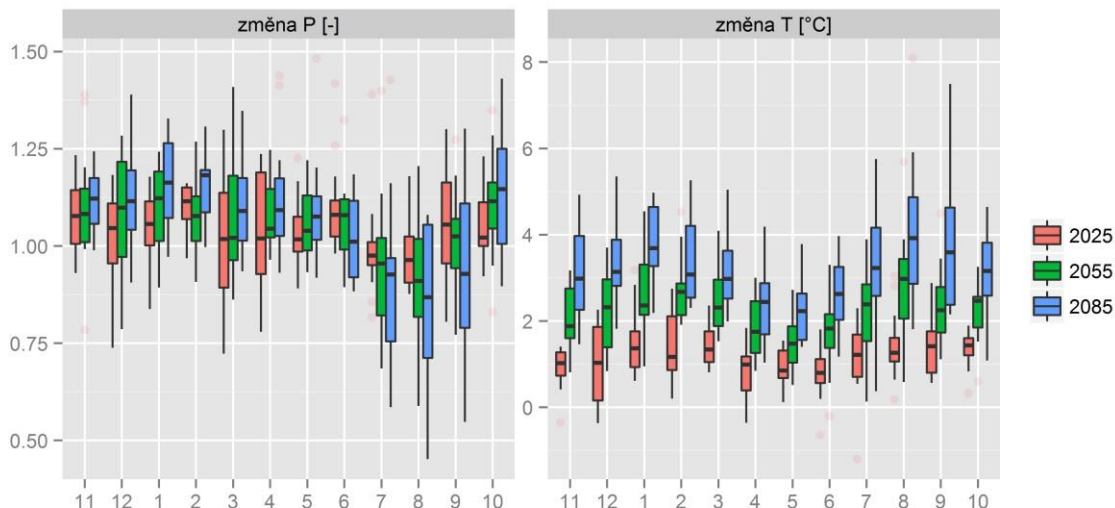
období	1961-1980	1981-2010		2001-2010	
	[mm]	[mm]	dif.[-]	[mm]	dif.[-]
.HGR	136.58	139.88	1.02	148.96	1.06
povodí Bystřice	266.30	262.16	0.98	305.97	1.17
povodí Sviní p.	154.66	158.41	1.02	169.92	1.07

## 6.1.2. POSOUZENÍ MOŽNÝCH DOPADŮ ZMĚN KLIMATU

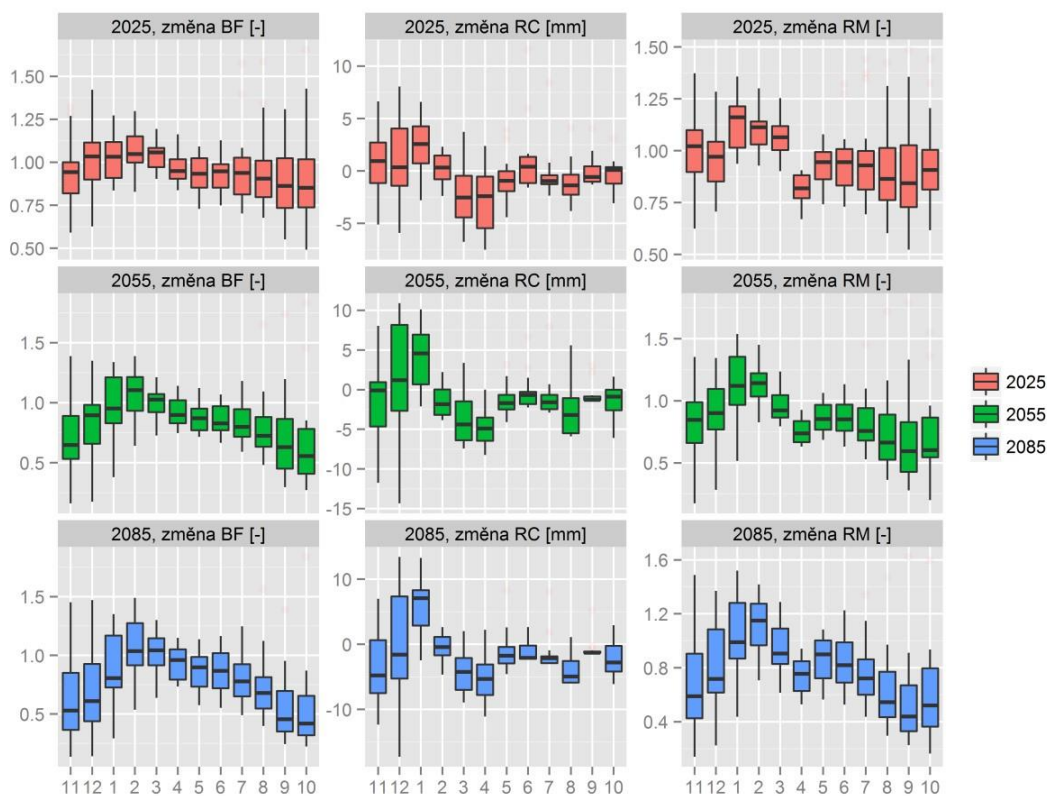
Posouzení možných dopadů klimatické změny bylo provedeno na základě simulací 15 regionálních klimatických modelů pro časové horizonty 2025 (2011-2040), 2055 (2041-2070) a 2085 (2071- 2100). Vzhledem k dostupným datům jsou uvažovány změny oproti období 1961-1990, které je standardně uvažováno pro referenční klima ve studiích dopadů změn klimatu.

Uvažované změny srážek i teploty udává obrázek 6-21. Pro srážky předpokládají klimatické modely pokles v letních měsících (dle časového horizontu 5-25 %), po zbytek roku spíše růst. Teplota roste pro všechny tři časové horizonty po celý rok, v průměru cca o 1.5, 2.2 a 3.5 °C.

Dopady uvedených změn meteorologických veličin na základní odtok, dotaci podzemních vod a celkový odtok ukazuje obrázek 6-22. Z hlediska možných využití podzemních vod je podstatné, že zejména v časově vzdálenějších časových úrovních se základní odtok od května až do listopadu zmenšuje.



Obrázek 6-21 Měsíční změny srážek (poměr) a teploty vzduchu (rozdíl) dle RCM simulací pro jednotlivé měsíce. Krabicové grafy indikují 5%, 25%, 50%, 75% a 95% kvantil rozdělení měsíčních změn v souboru klimatických modelů.



Obrázek 6-22 Měsíční změny základního odtoku [-], dotace zásob podzemní vody [mm] a odtoku dle RCM simulací pro jednotlivé měsíce. Krabicové grafy indikují 5%, 25%, 50%, 75% a 95% kvantil rozdělení měsíčních změn v souboru klimatických modelů

**ZHODNOCENÍ MONITORINGU A NÁVRH ÚPRAVY POZOROVACÍ SÍTĚ.**

Odtok z HGR 6133 není sledován žádnou vodoměrnou stanicí ČHMÚ. Povodí stanic Proboštov na Bystřici a Řetenice na Sviním potoce, které provozuje Povodí Ohře, s. p. plochu HGR 6133 přijatelně pokrývají. Je třeba usilovat o pokračující spolehlivé pozorování malých průtoků.

**6.2. HYDRAULICKÝ MODEL PROUDĚNÍ PODZEMNÍ VODY**

Hydraulický model v tomto rajonu nebyl plánován a tudíž ani realizován.

## 7. KVALITATIVNÍ STAV ÚTVARŮ PODZEMNÍCH VOD

### 7.1. ÚPRAVÁRENSKÁ HLEDISKA VYUŽITÍ PODZEMNÍCH VOD

#### UPRAVITELNOST PODZEMNÍ VODY NA VODU PITNOU

Pro potřeby regionálního hodnocení bilancovaných hydrogeologických rajonů, případně oblastí byly jako vstupní informace využity existující výsledky chemických analýz převážně z jednorázových odběrů podzemní vody z archivu ČGS do roku 2013, dále analýzy z pramenů ČHMÚ, výsledky analýz z pramenů a nových vrtů provedených v rámci projektu za období 2013 až 2015. Hodnocení upravitelnosti podzemních vod na vodu pitnou bylo provedeno dle vyhlášky č. 120 ze dne 29. dubna 2011, kterou se mění vyhláška Ministerstva zemědělství č. 428/2001 Sb., kterou se provádí zákon č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů (zákon o vodovodech a kanalizacích), ve znění pozdějších předpisů.

Jednotlivé kategorie upravitelnosti podzemní vody a případné úpravy ve smyslu této vyhlášky uvádí tabulka 7-1. Hodnoceny byly všechny složky dle vyhlášky č. 120/2011 Sb.

**Tabulka 7-1. Kategorie upravitelnosti dle vyhlášky č. 120/2011 Sb.**

Kategorie upravitelnosti	Typy úprav
A1	Úprava surové vody s koncovou dezinfekcí pro odstranění sloučenin a prvků, které mohou mít vliv na její další použití a to zvláště snížení agresivity vůči materiálům rozvodného systému včetně domovních instalací (chemické nebo mechanické odkyselení), dále odstranění pachu a plynných složek provzdušňováním. Prostá filtrace pro odstranění nerozpuštěných látek a zvýšení jakosti.
A2	Surová voda vyžaduje jednodušší úpravu, např. koagulační filtrace, jednostupňové odželezňování, odmanganování nebo infiltraci, pomalou biologickou filtrace, úpravu v horninovém prostředí a to vše s koncovou dezinfekcí. Pro zlepšení vlastností je vhodná stabilizace vody.
A3	Úprava surové vody vyžaduje dvou či vícestupňovou úpravu čiřením, oxidací, odželezňováním a odmanganováním s koncovou dezinfekcí popř. jejich kombinací. Mezi další vhodné procesy se řadí např. využívání ozónu, aktivního uhlí, pomocných flokulantů, flotace. Ekonomicky náročnější postupy technicky zdůvodněné (např. sorpce na speciálních materiálech, iontová výměna, membránové postupy) se použijí mimořádně.
>A3	Vodu této jakosti lze výjimečně odebírat pro výrobu pitné vody s udělením výjimky příslušným krajským úřadem. Pro úpravu na vodu pitnou se musí použít technologicky náročné postupy spočívající v kombinaci typů úprav uvedených pro kategorii A3, při čemž je nutné zajistit stabilní kvalitu vyráběné pitné vody podle vyhlášky č. 252/2004 Sb. Přednostním řešením v těchto případech je však eliminace příčin znečištění anebo vyhledání nového zdroje vody.

V každém rajonu (regionu, oblasti) byly zkonstruovány účelové mapy pro každí jednotlivý významnější kolektor samostatně, plus pro přípovrchovou zónu.

V rajonech základní vrstvy došlo k vyřazení vrtů s hloubkou menší než 10 m pro hodnocení jednotlivých kolektorů; tyto mělké vrty byly zařazeny do samostatně hodnocené skupiny přípovrchové zóny (viz níže).

Údaje z pramenů byly zahrnuty vždy do konstrukce přípovrchové zóny, a většinou zároveň do konstrukce map jednotlivých kolektorů - s výjimkou těch pramenů, které byly zařazeny do izolátoru či neznázorňovaného kolektoru.

Pro konstrukci účelových map charakterizujících přípovrchovou zónu (PPZ) byly použity analýzy podzemních vod z vrtů s hloubkou do 100 m v teplickém ryolitu (viz kap. 3) a z pramenů bez ohledu na litologické rozdíly a kolektory. Do přípovrchové zóny byly zařazeny i vrty s hloubkou menší než



10 m, které byly vyřazeny z hodnocení jednotlivých kolektorů. Smyslem bylo vytvořit připovrchovou zónu celého rajonu, nikoli pouze bilancovaného kolektoru.

Z hodnocení upravitelnosti podzemních vod v bilancovaných rajonech byly vyřazeny všechny analýzy starší roku 1960.

**Tabulka 7-2 Počet analýz podzemní vody v HGR 4640**

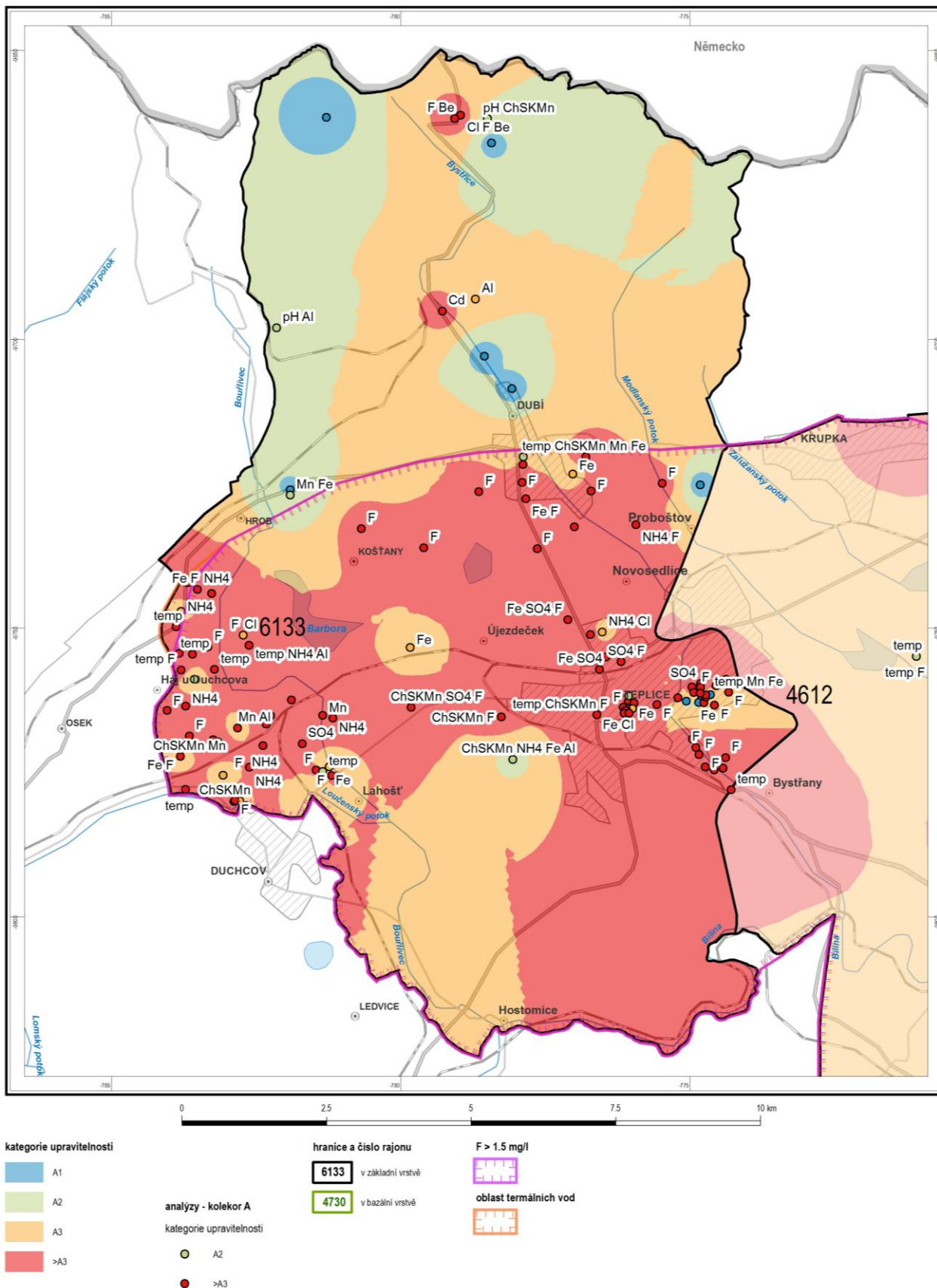
KOLEKTOR	celkový počet analýz v databázi	použité analýzy	
		upravitelnost	chemický typ
ryolit	150	149	127
A	1	0	0
C	17	0	0
D	0	0	0
Připovrchová zóna	86	86	
Indikace znečištění	43	43	

Analýzy podzemních vod z indikačních, monitorovacích a sanačních vrtů v oblasti starých ekologických zátěží nebyly zahrnuty do celkového hodnocení upravitelnosti podzemních vod. Posloužily však pro indikaci lokálního bodového znečištění, uvedeného v mapách připovrchové zóny. Znázorněny jsou sanační a indikační vrty obsahující podzemní vody kategorie A3 a vyšší, analýzy podzemních vod spadající do kategorie A1 a A2 byly považovány za sanované a následně byly použity pro vyhodnocení upravitelnosti.

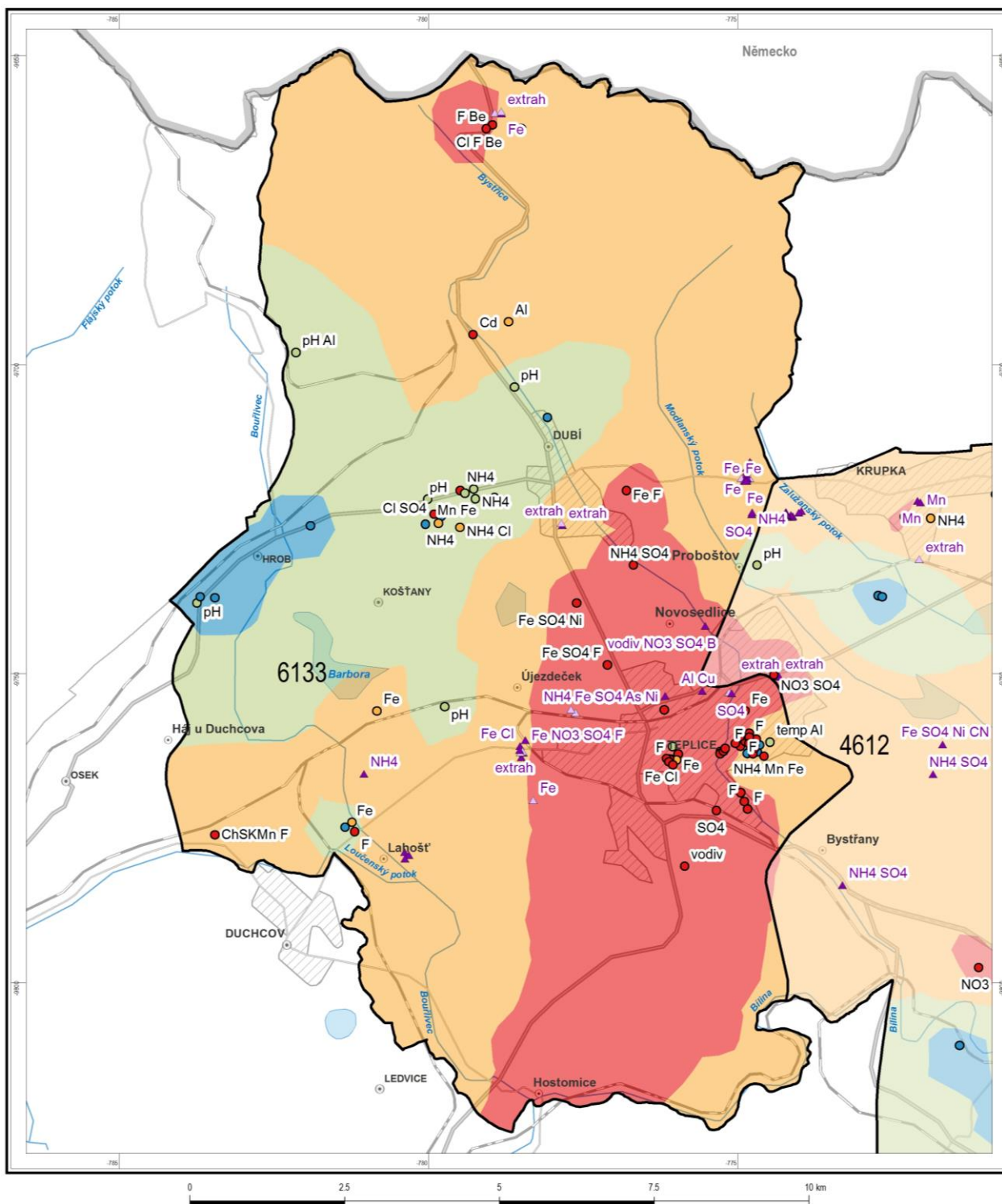
V krystaliniku teplického ryolitu je patrný přechod z oblasti infiltrace (kategorie A1 - A2) do území severočeské pánve, kde je krystalinikum převážně překryté neogenními a křídovými sedimenty a z hlediska upravitelnosti se zvyšují koncentrace zejména železa, fluoru a zvyšuje se teplota. Převážná část pánevní oblasti HGR 6133 náleží do nejhorší kategorie >A3 ovšem převážně vlivem existence termálních vod (fluor, teplota aj. – nelze tedy ani náznakem uvažovat o sanaci pro nápravu nevhodné upravitelnosti). Ale i v horách se objevuje nejhorší kategorie >A3 v okolí Cínovce a železniční stanice Dubí (Be, F, Cd).

Připovrchová zóna příliš neodpovídá poměrům v kolektoru ryolitu – na Z převažuje kategorie A2 (pH, NH<sub>4</sub>, Fe). Postupně se zhoršuje směrem k V na nejhorší kategorii >A3 v širším okolí Teplic (F, Fe, SO<sub>4</sub>, atd) a též v okolí Cínovce a železniční stanice Dubí (Be, F).

Lokální znečištění se vyskytuje v Teplické aglomeraci (NH<sub>4</sub>, SO<sub>4</sub>, kovy včetně arzenu, organické látky).



Obrazek 7-1 Upravitelnost podzemní vody kolektoru teplického ryolitu

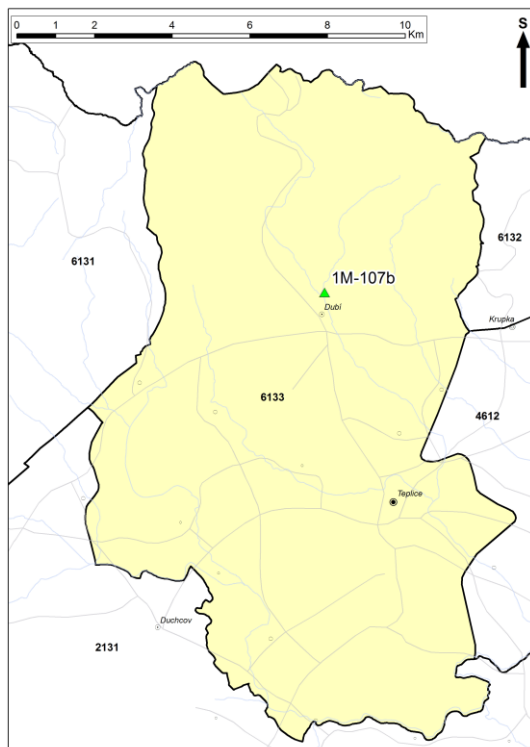


kategorie upravitelnosti	Analýzy - PPZ	Analýzy - bodové zdroje znečištění	hranice a číslo rajonu
A1	kategorie upravitelnosti	kategorie upravitelnosti	6133 v základní vrstvě
A2	A1	A3	
A3	A2	>A3	
>A3	A3		
	>A3		

Obrázek 7-2 Upravitelnost podzemní vody připovrchové zóny včetně indikace znečištění

### 7.2. VÝVOJ KVALITY PODZEMNÍ VODY

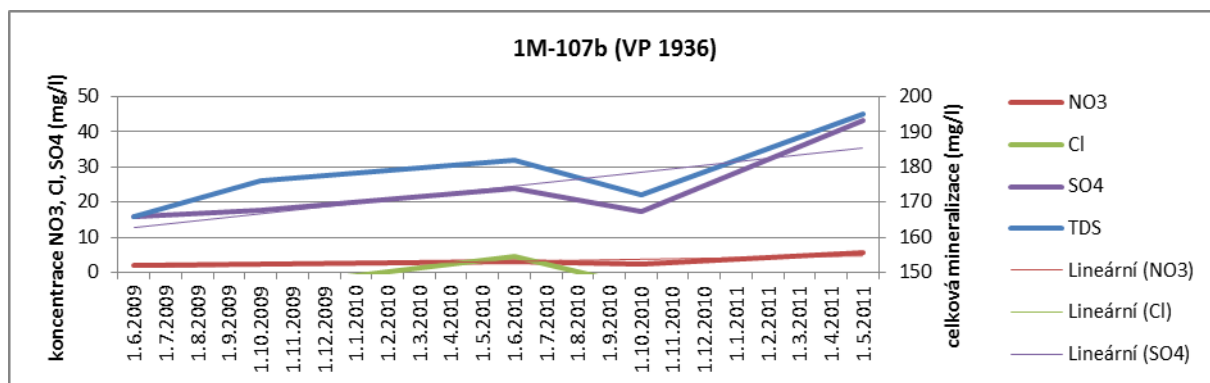
V rajonu 6133 se nachází pouze 1 vrt s reprezentativními časovými řadami chemického složení vody. Přehled vrtů je uveden v tabulce 7-3 a na obrázku 7-2, grafy koncentrací vybraných prvků na obrázku 7-3.



Obrázek 7-3 Lokalizace objektů s časovými řadami chemických analýz podzemní vody

Tabulka 7-3. Přehled objektů s časovými řadami chemických analýz podzemní vody

Typ objektu	X	Y	Z (m n.m.)	název	ČHMÚ	kolektor	hloubka (m)	lokalizace
vrt	-778076.46	-970853.2	399.86	1M-107b	VP 1936	ryolit	68.2	Dubí u Teplíc



Obrázek 7-4. Časové řady s proloženými regresními přímkami koncentrací Cl, NO<sub>3</sub> a SO<sub>4</sub> a celkové mineralizace (TDS).

Pozorovaný vrt pro krátkost pozorování nelze objektivně hodnotit. Orientačně tedy jeví snad stoupající trend síranů celkové mineralizace i dusičnanů (roky 2009-2011), za celkově velmi nízkého obsahu  $\text{NO}_3$  a nulového obsahu  $\text{Cl}$ .

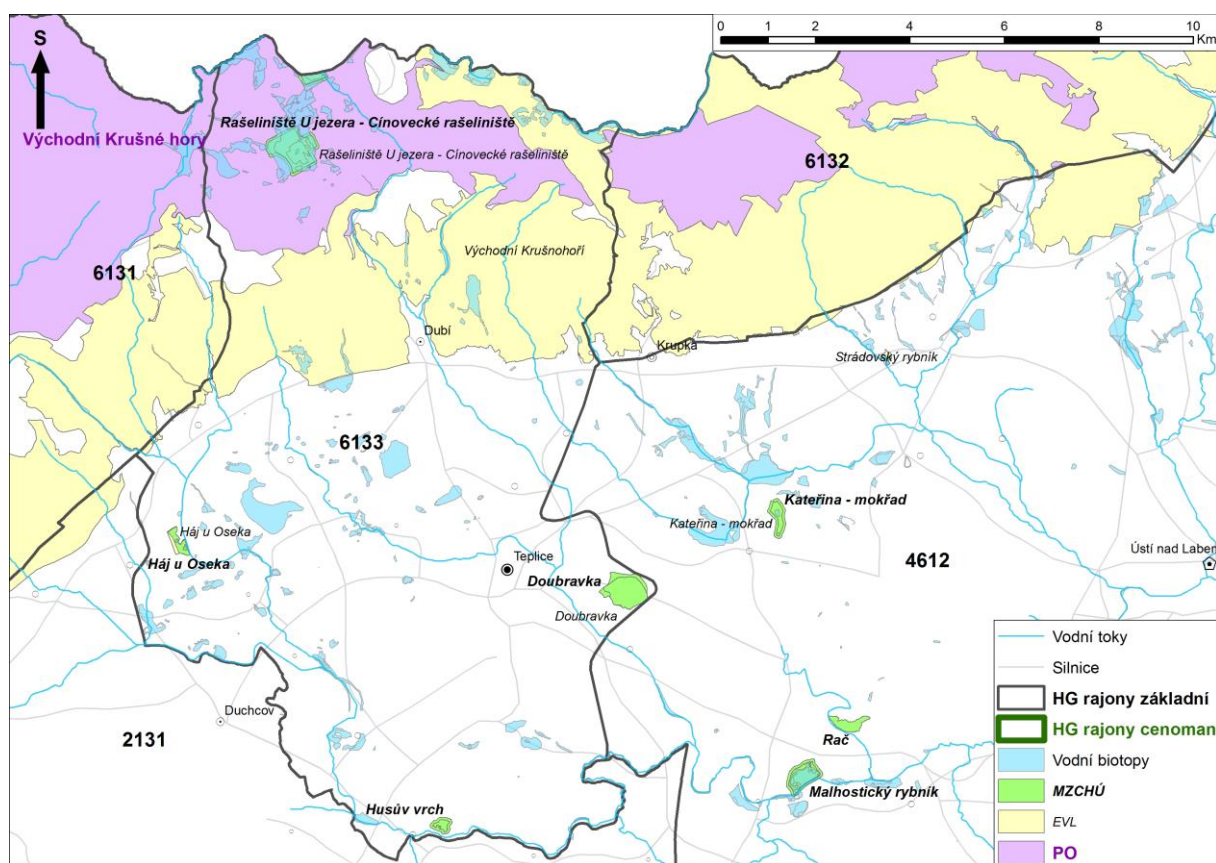
Avšak ani při stoupajícím obsahu se žádná z porovnávaných složek ani perspektivně neblíží limitům pro pitnou vodu (ve smyslu Vyhlášky č. 252/2004 Sb.).

## 8. OCHRANA PŘÍRODNÍCH EKOSYSTÉMŮ

AOPK ČR zpracovala „Vrstvy biotopů s vazbou na vodu v rozsahu detailně hodnocených rajonů + buffer 500 m včetně výběru prioritních území s cennými ekosystémy“. na základě metodiky Lustyk – Guth (2014).

Materiál obsahuje několik vrstev zahrnujících a) vrstvu biotopů vázaných na vodu, b) vrstvu všech maloplošných zvláště chráněných území (MZCHÚ) a tabulku citací předmětů ochrany, c) vrstvu evropsky významných lokalit (EVL) a ptačích oblastí (PO) včetně identifikace těch s předmětem ochrany vázaným na vodu, d) vrstvu MZCHÚ s vazbou na podzemní vodu, a e) prioritní území v péči AOPK ČR s cennými ekosystémy k podrobnějšímu zpracování.

Obrázek 8-1 ukazuje rozmístění jednotlivých maloplošných zvláště chráněných území, evropsky významných lokalit, ptačích oblastí v HGR 6133. Seznam maloplošných zvláště chráněných území, evropsky významných lokalit, ptačích oblastí je uveden i v tabulkách 8-1 a 8-2.



Obrázek 8-1 Biotopy s vazbou na vodu v HGR 6133

**Tabulka 8-1 Seznam maloplošných zvláště chráněných území (MZCHÚ) v HGR 6133**

KOD	KAT	NÁZEV	ROZLOHA (ha)	Rozloha biotopu	%	Orgán ochrany přírody
2128	OP	Rašeliniště U jezera - Cínovecké rašeliniště	22,2776	10,1691	45,65	krajský úřad
2128	PR	Rašeliniště U jezera - Cínovecké rašeliniště	60,1367	47,4925	78,97	krajský úřad
5754	PP	Háj u Oseka	9,8535	1,2658	12,85	krajský úřad
5755	OP	Doubravka	10,5623	0	0	krajský úřad
5755	PP	Doubravka	43,2743	0	0	krajský úřad
1177	OP	Husův vrch	6,4273	0	0	krajský úřad
1177	PP	Husův vrch	4,6891	0	0	krajský úřad

KOD – číselný kód, pod kterým je MZCHÚ vedeno v USOP (Digitálním registru Ústředního seznamu ochrany přírody);  
 KAT – kategorie MZCHÚ: OP-ochranné pásmo, PR-přírodní rezervace, NPR-národní přírodní rezervace, NPP-národní přírodní památka, PP-přírodní památka; Rozloha biotopu - uvádí souhrnné rozlohu biotopů s vazbou na podzemní vodu v hektarech, procento - jejich souhrnné plošné procentuální zastoupení v daném území.

**Tabulka 8-2 Seznam evropsky významných lokalit (EVL) a ptačích oblastí (PO) v HGR 6133**

KOD	SITECODE	KAT	NÁZEV	ROZLOHA (ha)	BIOREG	PO_vodni	PO_habitat	PO_druh
2800	CZ0423210	EVL	Doubravka	42,7413	c			
2803	CZ0423211	EVL	Háj u Oseka	12,9715	c	ano		1188
5488	CZ0420053	EVL	Rašeliniště U jezera - Cínovecké rašeliniště	61,0186	c	ano	7110, 91D0, 9410	
5504	CZ0424127	EVL	Východní Krušnohoří	14635,13	c	ano	6430, 91D0, 91E0, 9410	1061
2315	CZ0421005	PO	Východní Krušné hory	16367,7				

SITECODE – mezinárodní kód EVL či PO používaný v rámci soustavy NATURA 2000

BIOREG – biogeografická oblast: c = kontinentální, p = panonská

PO – ptačí oblast

PO\_vodni – uvádí, zda je v dané EVL předmět ochrany vázaný na vodu

PO\_habitat – uvádí, které habitaty jsou předmětem ochrany EVL

PO\_druh – uvádí, které druhy jsou předmětem ochrany EVL či PO

## 8.1. PRIORITNÍ MALOPLOŠNÉ ZVLÁŠTĚ CHRÁNĚNÁ ÚZEMÍ VE SPRÁVĚ AOPK ČR S VAZBOU NA PODZEMNÍ VODU

AOPK ČR spravuje 24 CHKO (včetně PR a PP ležících na jejich území) a dále NPR a NPP mimo území národních parků a vojenských újezdů. Z těchto lokalit, ležících zároveň v zájmovém území, bylo po odborném posouzení vybráno 48 lokalit, které byly identifikovány jako prioritní z hlediska jejich vazby na podzemní vodu.

Všechny lokality s vazbou na podzemní vodu jsou potenciálně ohroženy změnami vodního režimu a je nutné je v hydrogeologických modelech zohlednit. Obecně lze konstatovat, že rizikový rozsah změny vodního režimu je různý pro jednotlivé biotopy. Komplexní studii, v jakém rozsahu se mají pohybovat optimální parametry vodního režimu jednotlivých biotopů, nemá AOPK ČR k dispozici a vznik takové studie by byl velmi žádoucí.

Vybrané prioritní lokality jsou takové, u kterých je známé nebo předpokládané výraznější přímé ohrožení vodního režimu antropogenními činnostmi. Na těchto lokalitách by bylo vhodné zpracovat detailnější hydrogeologický průzkum resp. je podrobit hlubším hydrogeologickým analýzám, zjistit optimální parametry vodního režimu konkrétně pro tato území. MZCHÚ byla vybrána jednotlivými regionálními pracovišti AOPK ČR v rámci jejich územní působnosti. Platí, že MZCHÚ kategorií PR a

PP jsou prioritní z regionálního hlediska, zatímco z národního hlediska jsou prioritní MZCHÚ kategorií NPR a NPP.

HGR 6133 neobsahuje žádné lokality, které byly identifikovány jako prioritní s cennými ekosystémy z hlediska jejich vazby na podzemní vodu.

Následuje stručný popis jednotlivých chráněných území (MZCHÚ, EVL a PO) s vazbou na vodu nebo významných z geologického hlediska z veřejně dostupných zdrojů uvedených u každé lokality.

## 8.2. POPIS JEDNOTLIVÝCH CHRÁNĚNÝCH ÚZEMÍ

### DOUBRAVKA



Obrázek 8-2 Doubravská hora

(foto [Packa](#) CC-BY-SA-3.0, rok 2010)

EVL a PP Doubravka představuje vrchol na východním okraji města Teplice, v nadmořské výšce 273 - 395 m n. m. Doubravská hora (též Doubravka) je osamělý znělcový vrch v Českém středohoří. Svahy kopce jsou chráněny jako přírodní památka Doubravka a na vrcholu stojí upravené zříceniny středověkého hradu Doubravská Hora.

Znělcové vulkanické (podpovrchové) těleso tvoří výrazný suk s místy skalnatými srázy na západním okraji Českého středohoří vystupující nad ploché dno Chomutovsko-teplické pánve na západě. Vyvinuly se zde modální (eubazické) a litické kambizemě s litickými rankery, místy velmi mělké litozemě.

Krajinná charakteristika: Starý dubový a bukový porost. Severní strana je porostlá starší květnatou bučinou, zbytek pokrývají dubohabřiny, teplomilné doubravy, místy i suťové lesy. V teplomilné



doubravě na jižních svazích se vyskytují staré mohutné exempláře dubu letního s mnoha dutinami. Lesní porost slouží jako příměstský lesopark.

Jedna z významných a perspektivních lokalit páchníka hnědého (*Osmoderma eremita*).

(<http://www.nature.cz>; <https://cs.wikipedia.org/>)

## HÁJ U OSEKA



Obrázek 8-3 Háj u Oseka. Informační tabule.

(foto Petr Kinšt CC-BY-SA-3.0, rok 2016)

EVL a PP představují mokřiny v duchcovské části Mostecké pánve při úpatí Krušných hor, 5 km severně od Duchcova, východně od obce Háj v 270 - 295 m n. m. Chráněné území s rozlohou 9,85 ha bylo vyhlášeno 13. srpna 2011. Důvodem jeho zřízení je ochrana evropsky významné lokality s výskytem kuňky

Geologie: Miocénní jíly a písky v nadloží uhelné sloje, překryté deluviofluviálními sedimenty čtvrtohor. Podmáčená terénní sníženina a menší rybník v mírně skloněné rovině v minulosti poznamenané důlní činností a pozdějšími poklesy terénu. Vznikly zde modální gleje, obklopené plošně převažujícími arenickými kambizeměmi.

Krajinná charakteristika: Dvě mělké vodní plochy při úpatí Krušných hor. Mokřady ležící ve vlhké olšíně jsou napájené drobnou vodotečí. Vodní plochy jsou zarostlé makrofytní vegetací (V1) s bublinatkou jižní (*Utricularia australis*); navazující porosty tvoří mokřadní vrbiny (K1) a druhotné údolní jasanovo-olšové luhy (L2.2). Jedná se o významnou batrachologickou lokalitu. Lokalita je jádrem početně bohaté populace kuňky ohnivé (*Bombina bombina*) v této části Mostecké pánve.

Zaznamenán zde byl skokan štíhlý (*Rana dalmatina*), skokan hnědý (*Rana temporaria*), skokan skřehotavý (*Pelophylax ridibindus*), ropucha obecná (*Bufo bufo*) čolek obecný (*Lissotriton vulgaris*), čolek velký (*Triturus cristatus*). Populace většiny druhů jsou poměrně početné.

Zranitelnost: Odvodňování a vysoušení bažin - lokalita je závislá a drobném přítoku, který může při déle trvajícím suchu vysychat. Její zranitelnost vyplývá z ohrožení při pokusech o odvodnění nebo regulaci vodního režimu území. Lokalita leží na území dříve využitém k povrchové těžbě uhlí, v současné době je v nedaleké vzdálenosti plánována výstavba golfového hřiště. Okolní vzrostlé lesy je žádoucí vyjmout z hospodářského využívání - jde o podmáčené olšové porosty poskytující útočiště obojživelníkům.

(<http://www.nature.cz>; <https://cs.wikipedia.org/>)

## HUSŮV VRCH



Obrázek 8-4 Skály na úbočí přírodní památky Husův vrch

(foto Petr Kinšt CC-BY-SA-3.0, rok 2015)

Husův vrch je přírodní památka na úbočí Husova vrchu, vyhlášená v roce 1989. Nachází se u obce Hostomice v 220-230 m n. m. Hlavní předmět ochrany je teplomilná vegetace s hlaváčkem jarním.

Geologická charakteristika: Návrší je tvořeno třetihorním neovulkanitem (olivinický nefelinit - bazanit) a jeho pyroklastiky, kvarterního stáří jsou svahové sedimenty a vápnité spraše. Geomorfologicky se jedná o neovulkanický suk nad údolím řeky Bíliny.

Předmětem ochrany jsou xerothermní travinná společenstva a ochrana teplomilných druhů rostlin vzácně se vyskytujících v severní části českého termofytika, jako je např. tařinka horská, kavyl

vláskovitý, koniklec luční a chřest obecný. Na svazích Husova vrchu prosperuje mnohočetná populace hlaváčku jarního, zvláště chráněného druhu.

(<http://lokality.geology.cz>; <http://drusop.nature.cz> ; <https://cs.wikipedia.org/>)

## RAŠELINIŠTĚ U JEZERA - CÍNOVECKÉ RAŠELINIŠTĚ



Obrázek 8-5 Rašeliniště U jezera - Cínovecké rašeliniště na podzim 2014

(foto Chmee2 CC-BY-3.0)

Rašeliniště vrchovištního typu v nadm. Výšce 876 m s výskytem řady chráněných a ohrožených rostlinných a živočišných druhů. PR představuje jeden z ohrožených ekosystémů Krušných hor. Pro cenné přírodní hodnoty komplexu rašelinišť ve východní části Krušných hor a jejich ojedinělost, bylo Cínovecké rašeliniště zařazeno k zápisu do světové ochrany mokřadů dle Ramsarské úmluvy. 02.10.2009;

Na náhorní plošině ve východní části Krušných hor, západně od obce a hraničního přechodu Cínovec, navazuje na Georgenfeldské rašeliniště na německé straně a na rašeliniště U jezera na české straně. Cínovecké rašeliniště leží v nadmořské výšce 831 - 870 metrů n. m. a celý komplex má rozlohu cca 150 ha. V podloží jsou metamorfované horniny krušnohorského krystalinika proterozoického stáří.

Patří k tzv. vrchovištnímu rozvodnicovému typu, neboť část vody odchází do Německa a část do Čech. V minulosti se zde těžila rašelina pro lázeňské účely, v 60. letech minulého století byla těžba ukončena. Celý komplex Cínoveckého rašeliniště byl necitlivě odvodněn systémem odvodňovacích kanálů. V posledních letech probíhá opačný proces směřující k revitalizaci této krušnohorské krajiny - výstavbou dřevěných přehrázek pro zadržení vody v rašeliništi. Za přírodní rezervaci bylo Cínovecké rašeliniště vyhlášeno v roce 2001.

Lokalita zahrnuje dvě rašeliniště - Rašeliniště U jezera a Cínovecké rašeliniště. I když jsou obě rašeliniště od sebe odděleny silnicí, stále spolu vzájemně hydrologicky souvisí, v minulosti se jednalo

o jeden vrchovištní komplex. Střed rašeliniště U jezera tvoří mimořádně zachovalé otevřené vrchoviště (R3.1) poněkud netypického charakteru. Vegetace vrchoviště vykazuje značnou přechodovost k fytoocenózám vrchovištních šlenků (R3.3). Vegetačnímu krytu dominují rašeliničky, v bylinném patře pak dominuje rosnatka okrouhlolistá (*Drosera rotundifolia*), klikva bahenní (*Oxycoccus palustris*), suchopýr úzkolistý (*Eriophorum angustifolium*). Vegetace je trvale zamokřena. Otevřené vrchoviště je obklopeno starými porosty borovice rašelinné (*Pinus x pseudopumilio*) a kleče (*Pinus mugo*). Roztroušeně se v porostech kleče (R3.2) vyskytuje smrk ztepilý (*Picea abies*) a borovice blatka (*Pinus rotundata*). V podrostu se hojně vyskytují typické keřiky a byliny rašelinišť. Vrchoviště a klečové porosty jsou obklopeny rašelinnými smrčinami (L9.2) s dominantním smrkem ztepilým a s hojným výskytem břízy pýřité (*Betula pubescens*). Ve smrčinách je bohužel hojně zastoupen dosazovaný smrk pichlavý (*Picea pungens*). Cínovecké rašeliniště je reprezentováno porosty borovice rašelinné a kleče (R3.2), které jsou obklopené rašelinou smrčinou (L9.2). Druhové složení je zde obdobné jako na rašeliništi U jezera. Na Cínoveckém rašeliništi mají značné zastoupení přechodová sukcesní stádia s dominantní břízou pýřitou (rašelinné březiny - L10.1), které vznikly na stanovištích rozpadajících se smrčin (důsledek imisní katastrofy v 80. letech minulého století). Vegetace obou rašelinišť vykazuje charakteristickou zonaci podle stupně zamokřeni. Tato zonace je zvláště patrná na rašeliništi U jezera. Ze vzácných rostlinných druhů se v lokalitě vyskytuje: bříza pýřitá (*Betula pubescens*), rosnatka okrouhlolistá (*Drosera rotundifolia*), šicha černá (*Empetrum nigrum*), rojovník bahenní (*Ledum palustre*), kyhanka sivolistá (*Aldrovanda polifolia*), klikva bahenní (*Oxycoccus palustris*), borovice rašelinná (*Pinus x pseudopumilio*).

(<http://lokality.geology.cz>; <http://www.nature.cz>)

## VÝCHODNÍ KRUŠNOHOŘÍ



Obrázek 8-6 Východní Krušnohoří (Foto: L.Volf, <http://www.casopis.ochranaprirody.cz>)

PO a EVL Východní část Krušných hor zahrnuje převážně jejich svahy, přibližně od Jirkova po Tisou (okr. Chomutov, Most, Teplice, Ústí nad Labem).

Plochá hornatina s výškovou členitostí 200-600 m je budovaná převážně z hornin krušnohorského krystalinika (rulové jádro obklopené obalem svorové a fylitové série), do nichž pronikly variské hlubinné vyvřeliny. Izolovaně se zachovaly denudační zbytky třetihorních lávových příkrovů. Geologická historie Krušných hor začíná v předprvohorním období, kdy se patrně vytvořily nejstarší usazeniny a vyvřeliny, později změněné vlivem tlaků a tepla v hloubce zemské kůry na tzv. šedé a červené ruly. Lokalita částečně zasahuje do poloh miocenních sedimentů Severočeské pánve. Geomorfologický vývoj celé soustavy byl silně ovlivněn až třetihorní zlomovou tektonikou, která

způsobila silné poklesy na jihovýchodní straně pohoří a vznik jezerních depresí, jako např. Komořanské jezero na Mostecku. Pohyb na zlomových liniích, které se několikrát opakovaly, usnadnily také práci povrchové vodě a přispěly tak ke vzniku hlubokých příčných údolí v Krušných horách a mocných kamenitých sutí a jiných zvětralin na horských svazích. Lokalita je součástí Krušnohorské hornatiny, částečně však přesahuje do pánevní oblasti Podkrušnohorské podsoustavy. Převážně lesnaté jednostranně ukloněné svahy Krušných hor jsou protkané četnými údolními malých horských toků. Území zahrnuje částečně náhorní parovinu i úpatí pohoří. Oblast není zemědělsky intenzivně využívána, v malé míře se uplatňuje pouze pastva dobytka. Osídlení je řídké.

Rozsáhlý komplex zachovalé lesní i nelesní vegetace východní části Krušných hor. Fenomémem území jsou zachovalé svahové lesní porosty bučin *as. Luzulo-Fagetum*, *Violo reichenbachianae-Fagetum*. Reprezentativní a zachovalé jsou také květnaté bučiny v oblasti Telnického údolí (*as. Dentario enneaphylli-Fagetum*). V bezlesí mají ochranný význam především tzv. koprníkové louky (*as. Meo athamantici-Cirsietum heterophylli*). Tato asociace se omezuje pouze na Krušné hory, Jizerky a část Doupovských hor. Louky na úpatí Krušných hor u obce Domaslavice (mezi Osekem a Hrobem) jsou významnou lokalitou evropsky chráněných motýlů - modráška bahenního (*Maculinea nausithous*) a modráška očkovaného (*Maculinea teleius*). Území stávající NPR Jezerka je také významné výskytem evropsky chráněného kovařika (*Limoniscus violaceus*). Území Východního Krušnohoří zahrnuje několik stávajících maloplošných chráněných území. Jsou to: Přírodní rezervace Černá louka, Přírodní památka Buky na Bouřňáku, Přírodní památka Domaslavické údolí, Přírodní rezervace Vlčí důl, Přírodní památka Vrása a Národní přírodní rezervace Jezerka. Na území Východního Krušnohoří také částečně zasahuje Ptačí oblast Východní Krušné hory.

Krušné hory byly postiženy rozpadem lesních jehličnatých monokultur. Značná část území byla v minulosti zalesňována geograficky nepůvodními druhy dřevin, hlavně borovice kleč (*Pinus mugo*), smrk pichlavý (*Picea pungens*) a modřín opadavý (*Larix decidua*), a s tím byly prováděny značné úpravy ve vodním režimu. Značně ohroženy jsou porosty bučin, které jsou v současnosti masivně káceny. Tento aspekt je v současnosti asi klíčový. Problematické jsou snahy o intenzifikaci aktivit spojených se zimními sporty (rozšiřování a prodlužování sjezdových drah, budování vodovodů k zasněžování, umísťování nových staveb, rozšiřování zimních center a jejich zázemí). Dosud nejasný je vliv umělého zasněžování na společenstva horských luk. Problematické jsou také záměry a konkrétní projekty na výstavbu větrných elektráren (narušení krajinného rázu, narušení stanovišť jejich výstavbou, negativní vliv na ptactvo). Vysoké stavy jelení zvěře zabraňují přirozenému zmlazování lesa a narušují svou nadměrnou koncentrací především mokřadní biotopy. Negativní vliv v bezlesí spočívá v upuštění od tradičního extenzivního obhospodařování (kosení, pastva), nebo naopak pokusy o jeho intenzifikaci (dosev kulturních trav a jetelovin, hnojení, meliorace, nadměrná pastevní zátěž). Obtížně odhadnutelné následky bude mít provoz dálnice D8.

(<http://www.nature.cz>)

## 9. STŘETY ZÁJMU

### VYHODNOCENÍ KVANTITATIVNÍHO STAVU ÚTVARŮ PODZEMNÍCH VOD

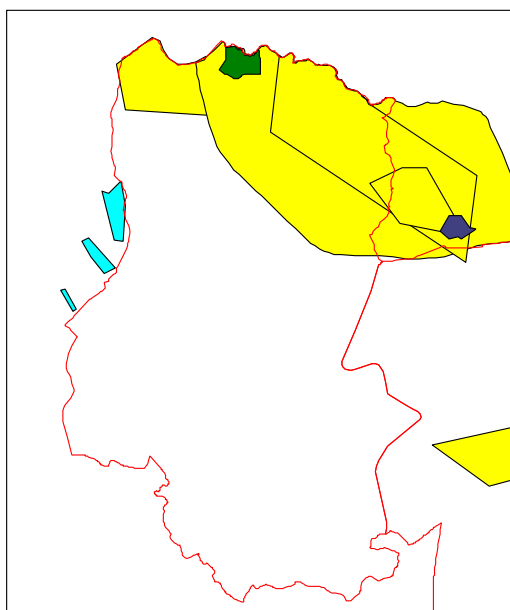
Posuzovaný hydrogeologický rajon nemá napjatou bilanci.

### OCHRANA PODZEMNÍCH VOD

Ochrana podzemních vod v hydrogeologickém rajonu je na úrovni obecné ochrany, platné pro celé území a pak specifické ochrany pro odběry podzemních vod hromadného zásobování v ochranných pásmech vodních zdrojů. Rámcová směrnice o vodě požaduje ochranu všech útvarů podzemních vod bez ohledu na jejich využití a vzhledem k regionálnímu charakteru hodnocení nemá smysl hodnotit jednotlivá ochranná pásma vodních zdrojů.

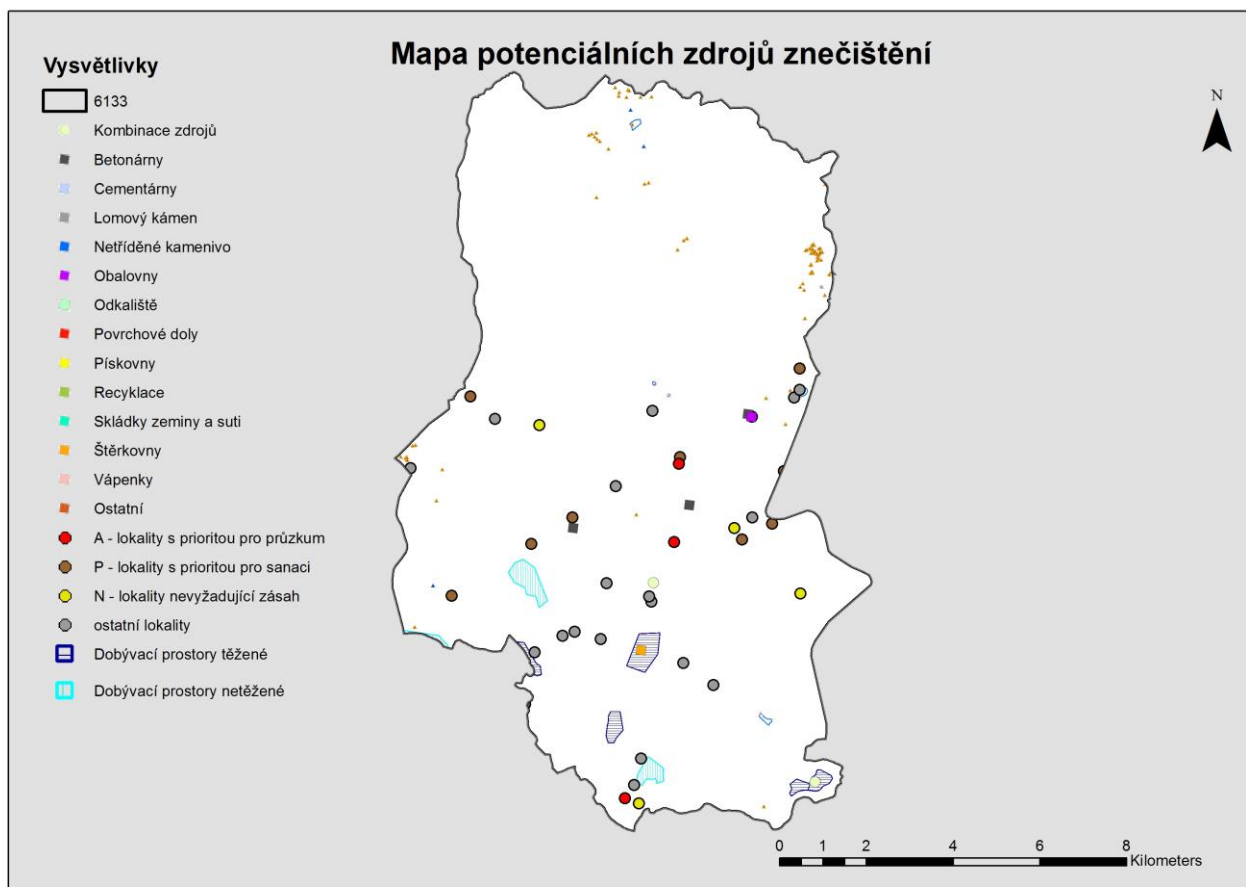
### TĚŽBA SUROVIN

Podle údaje ČGS Geofondu (GF P056546) jsou v hydrogeologickém rajonu 6133 dva typy ložisek. První skupinu představují dosud netěžená ložiska: Vápenice-Cínovec (Cín-wolframová ruda), Cínovec-Fojtovice-Unčín (Cín-wolframová ruda), H. Krupka-Bohosudov-Loupežný (kassiterit, scheelit, wolframit). Druhou skupinu tvoří dříve těžená ložiska, která jsou ale dlouhodobě uzavřená: Cínovec-starý (Cín-wolframová ruda), závod Hrob-Mikulov (arzenopyrit, galenit, Ag-ruda, sfalerit). Samo o sobě, žádné z těchto ložisek však nepředstavuje střet vodohospodářských zájmů s bilancovaným mělkým oběhem podzemní vody, neboť jsou v převážné většině vázána na pozdní intruze Sn-Li-granitů, představujících hydrogeologické izolátory nebo bariéry. Do střetu by se tato ložiska dostala v případě obnovené těžby a rozsáhlých technických prací zasahujících do tělesa samotného teplického ryolitu – např. přístupové tunely, rozsáhlé povrchové odkrývky, atd.



Obrázek 9-1 Rozsah evidovaných uzavřených a netěžených ložisek v HGR 6133

## ZDROJE ZNEČIŠTĚNÍ A JEJICH VZTAH K OVĚŘENÝM ZÁSOBÁM PODZEMNÍCH VOD



Obrázek 9-2 mapa potenciálních zdrojů znečištění

Chemický stav podzemní vody rajonu 6133 podle hodnocení chemického a kvantitativního stavu útvarů podzemních vod pro druhý cyklus plánů povodí v ČR (metodika viz Prchalová et al. 2013) je celkově **nevyhovující**, způsobený starými ekologickými zátěžemi, přestože chemický stav podzemní vody je dobrý.

V rajonu 6133 se vyskytuje stará ekologická zátěž s nevyhovujícím stavem, vlivem těžkých kovů (zejména olovo) a polycyklických aromatických uhlovodíků.

Trendy v rajonu 6133 nebyly hodnoceny.

Vyhodnocení je uvedeno v následující tabulce 9-1.

**Tabulka 9-1 Chemický stav pracovní jednotky (upraveno)**

ID PRJ	ID pracovní jednotky	613300562
ID útvaru	ID útvaru podzemních vod	61330
Plocha PRJ (km2)	Plocha pracovní jednotky podzemních vod v km <sup>2</sup>	134,4
Stav PZV	Chemický stav pracovní jednotky pro recipient podzemní voda (C dobrý, N nevyhovující, U nehodnoceno - nejsou data)	C
Stav SEKM	Chemický stav pracovní jednotky pro staré zátěže (N nevyhovující)	N
SEKM kontaminant	Kontaminující látky ve starých zátěžích, způsobujících nedosažení dobrého chemického stavu	Pb
Počet zátěží	Počet starých zátěží v pracovní jednotce, způsobujících nevyhovující chemický stav	1
Chem. stav celkem	Chemický stav pracovní jednotky (C vyhovující, N nevyhovující, U nehodnoceno)	N
Stoupající trend	V pracovní jednotce se vyskytuje stoupající trend (A ano)	
Stoupající trend ukazatel	Ukazatel stoupajícího trendu	
Potenciální trend	V pracovní jednotce se vyskytuje potenciální trend (A ano)	
Potenciální trend ukazatel	Ukazatel potenciálního trendu	
Trend celkem	V pracovní jednotce se vyskytuje potenciální nebo stoupající trend (S - stoupající, P - potenciální, S,P - stoupající i potenciální)	

**Vztah současného využití zásob podzemních vod k územně plánovací dokumentaci.**

Vzhledem ke skutečnosti, že posuzovaný hydrogeologický rajon nemá napjatou bilanci, tato kapitola nebyla řešena.

**Návrh doplnění pozorovací sítě (s ohledem na nové vrty projektu)**

V hydrogeologickém rajonu 6133 je k dispozici pouze jeden objekt sledování ČHMÚ pro kolektor přípoверхové zóny teplického ryolitu v Krušných horách. Odtok z HGR 6133 není sledován žádnou vodoměrnou stanicí ČHMÚ. Z navrhovaných hydrogeologických pozorovacích objektů byl realizován vrt 6133\_A Košťany pro kolektor hlubší zvodně v ryolitu.



## 10. PŘÍRODNÍ ZDROJE A VYUŽITELNÉ MNOŽSTVÍ PODZEMNÍCH VOD

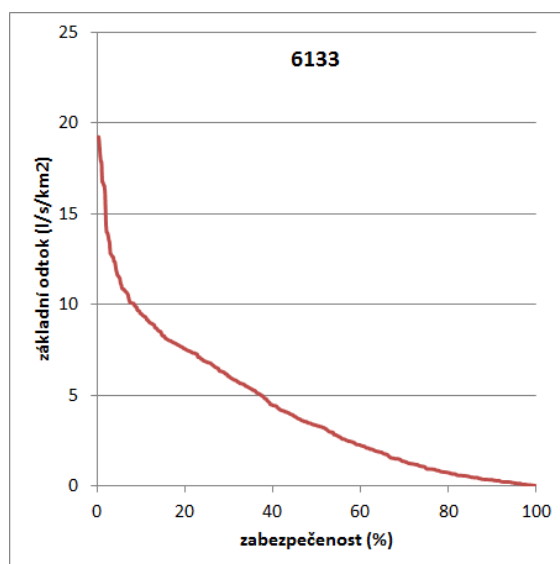
### VÝPOČET PŘÍRODNÍCH ZDROJŮ

Byly zpracovány podklady (shromážděna archivní data KKZ a data z modelových řešení projektu) pro výpočet přírodních zdrojů a využitelných zásob. Metoda výpočtu přírodních zdrojů byla stanovena po zhodnocení všech vstupních dat a informací pro daný rajon.

Tabulka 10-1 Přírodní charakteristiky

Položka	Charakteristika	Kód	Popis
3.5.	Kód litologického typu	9	převážně granitoidy
3.6.	Typ a pořadí kolektoru	9	nevymezený
3.9.	Dělitelnost rajonu	A	ano
3.11.	Kód typu propustnosti	Pu	puklinová
3.12.	Hladina	N	napjatá
3.13.	Transmisivita m <sup>2</sup> /s	2	Střední 1.10 <sup>-4</sup> – 1.10 <sup>-3</sup>
3.14.	Kód kategorie mineralizace (g/l)	2	0,3 – 1 g/l
3.15.	Kód kategorie chemického typu podzemních vod	2	Ca-Na-HCO <sub>3</sub>

Pro **mělký kolektor přípoверхové zóny ryolitu** výpočet přírodních zdrojů a využitelného množství podzemních vod mělkého oběhu vychází z výstupních dat hydrologického modelu BILAN, zpracovaného pro celý rajon pro období 1961 - 2010. Z řady měsíčních dat základního odtoku byly připravené čáry překročení (obrázek 10-1). Medián této řady představuje přírodní zdroje se 50% zabezpečení ve výši 447 l/s.



Obrázek 10-1 Čára překročení základního odtoku

**Tabulka 10-2 Přírodní zdroje a využitelné množství podzemní vody pro mělký kolektor v l/s**

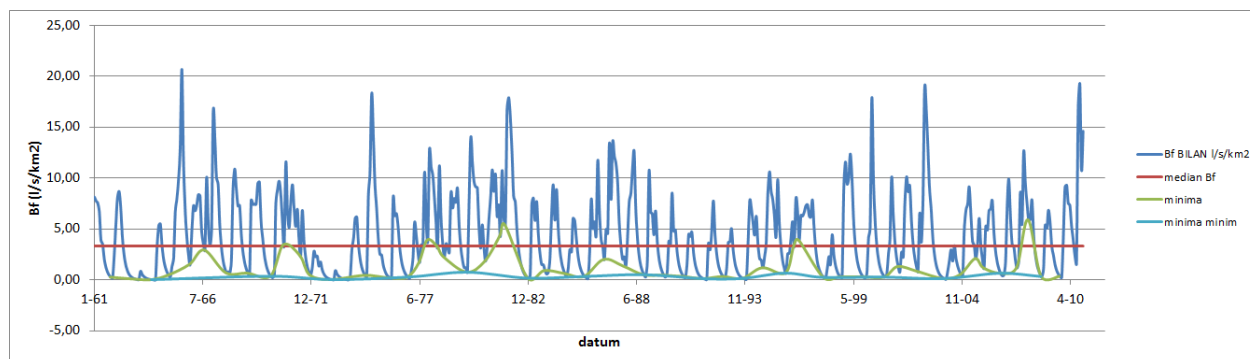
HGR 6133 - mělký kolektor	Bilan - kvantily	Bilan – analýza minim	Archivní údaje	Hydraulický model
Přírodní zdroje	447 (50%)	449 (50%)		
Využitelné množství (zabezpečení %)	128 (75%)			
	99 (80%)	90 (81%)		
	22 (95%)	39 (91%)		
	12 (97%)			
	2 (100%)			

Hydrogeologický rajon z geologického hlediska není homogenní. Severní část rajonu se skládá převážně z ignimbitového ryolitu, ve kterém se podzemní voda vyskytuje v puklinách a v poréech méně spečené, porézni pyroklastické horniny. Jižní část rajonu je tvořena mnoha různými geologickými jednotkami: horniny okrajové části České křídové pánve, terciérní vulkanity českého středohoří, kvartérní písky hlíny a spraše. Kvůli rozmanité geologické stavbě, pro toto území nelze vyčlenit charakteristickou hydrogeologickou jednotku. Rozmanitost hydrogeologických podmínek v rajonu naznačují velké rozdíly v hodnotách specifických odtoků pro jednotlivá povodí v rajonu. Povodí Bystřice se specifickým základním odtokem  $7,3 \text{ l/s/km}^2$  se nachází převážně v oblasti ignimbitového ryolitu, zatímco Sviní potok se specifickým základním odtokem  $4,0 \text{ l/s/km}^2$  prameni v oblasti ignimbitového ryolitu a dale protéká převažně oblasti kryty kvartérními a jinými sedimenty.

Hodnoty přírodních zdrojů v tabulce 10-2 se vztahují na celý hydrogeologický rajon a reprezentují jakýsi průměr zmíněných hydrogeologických celků. Pro podrobnější zpracování přírodních zdrojů podle jednotlivých hydrogeologických struktur v současné době není k dispozici dostatek údajů.

Pro výpočet využitelného množství podzemních vod byly zvoleny dvě metody zpracování výsledků hydrologického modelu BILAN:

- Z řady měsíčních dat základního odtoku byly připravené čáry překročení (obrázek 10-1). Hodnoty s určitým stupněm zabezpečení jsou určeny jako příslušné kvantily řady dat.
- Řada dat základního odtoku byla analyzována z hlediska minim (obrázek 10-2). Medián minim řady představuje využitelné množství s nižším stupněm zabezpečení a medián minim z minim představuje využitelné množství s vyšším stupněm zabezpečení.



Obrázek 10-2. Analýza minim základního odtoku

Obě metody poskytly velmi blízké a srovnatelné hodnoty využitelného množství (tabulka 10-2).

Vodohospodářský význam mělkého oběhu podzemní vody HGR 6133 je nízký. V současné době součet všech odběru v rajonu dosahuje od 3 do 4 l/s.

Vypočtené využitelné množství kolektorů je vztaženo na celý rajon. Tyto hodnoty proto nelze brát jako přijatelnou hodnotu součtu existujících nebo potenciálních jednotlivých soustředěných odběrů podzemních vod z daného kolektoru. Obecně je při plánování jímacích objektů potřeba respektovat následující podmínky:

- konstrukce objektů odpovídá hydrogeologickým podmínkám,
- jednotlivé kolektory jsou vzájemně oddělené,
- nedochází k vzájemné interakci jímacích objektů,
- charakteristiky objektů jsou ověřené a vyhodnocené hydrogeologem,
- odběry nezpůsobují nekontrolovatelnou tvorbu indukovaných zásob ani zhoršení kvality povrchových nebo podzemních vod.

Pro kolektory, které nejsou kryté izolátorem a komunikují s povrchovými toky, je odhad založen na hydrologickém modelu. Model BILAN užívá měsíční hodnoty bilančních vztahů na povrchu území (velikost srážek, teplot vzduchu a jeho relativní vlhkosti, výparu, evapotranspirace, infiltrace do zóny aerace, procesy v zóně aerace včetně zahrnutí vlivu vegetačního krytu) a procesy v zóně podzemní vody charakterizované úrovní její hladiny a posléze velikostí základního odtoku. Model je zpravidla verifikován vztahem vypočítaného odtoku z území k naměřené velikosti průtoku v uzávěrovém profilu povodí. Skladba modelu umožňuje i extrapolaci výsledků v základním povodí na dílčí oblasti přiléhající k řešenému na základě existujících meteorologických vstupů, které budou zpracovány podle parametrů kalibrovaných na základním povodí.

Hlavní výstup modelu BILAN je časová řada základního odtoku území v měsíčním kroku. Přírodní zdroje území jsou definované jako medián základního odtoku, využitelné množství s nižším stupněm zabezpečení jako 75. kvantil a využitelné množství s vyšším stupněm zabezpečení jako 95. kvantil časové řady. Výsledky získané tímto statistickým zpracováním dat byly ověřené grafickou analýzou stejné časové řady, přičemž je využitelné množství s nižším stupněm zabezpečení medián minim a využitelné množství s vyšším stupněm zabezpečení medián minim z minim.

Využitelné množství zakrytých kolektorů lze vyčlenit z celkových přírodních zdrojů pouze odborným odhadem a zohledněním veškerých dostupných podkladů o charakteristice kolektoru.

## 10.1. VÝSLEDKY OCENĚNÍ PŘÍRODNÍCH ZDROJŮ PODZEMNÍCH VOD,

### Zásoby podzemních vod

#### Přírodní zdroje

Tabulka 10-3 Hodnota přírodních zdrojů mělkého kolektoru ryolitu pro období 1981-2010

kolektor	zabezpečení	hodnota l/s
mělký	50 %	<b>161</b>
	80 %	<b>41*</b>
	90 %	19*

\* - prosté podzemní vody

Pro rajon 6133 s nesouvislým zvodněním byly přírodní zdroje podzemních vod určeny **redukci základního odtoku** podle hydrologického modelu BILAN.

**Přírodní zdroje prostých podzemních vod lze vyčíslit hodnotu 41 l/s, která odpovídá 80% zabezpečení.** Hodnota přírodních zdrojů založená na výpočtu 90% zabezpečení je totiž již natolik nízká, že neodpovídá ani minimálním historickým odběrům (viz kapitola 10.2).

Podíl termálních podzemních vod z celkových přírodních zdrojů podzemních vod s 50% zabezpečení se pohybuje okolo 31 %. Toto množství (cca 50 l/s) bylo určeno především na základě historických údajů o přirozených přelivech termálních vod.

Tabulka 10-4 Souhrnný přehled

Plocha HGR 6133	134,42	km <sup>2</sup>	
Srážky v HGR	727,52	mm/rok	zdroj: hydrologický model
Odtokový koeficient	0,46	-	dopočet
Celkový odtok Qa v HGR	1427	l/s	dopočet
Koeficient minimálního zůstatkového průtoku	0,18	-	Mrkvičková, Balvín 2013
minimální zůstatkový průtok HGR	257	l/s	dopočet
Přírodní zdroje v HGR	161	l/s	medián základního odtoku
Využitelné zdroje prostých podzemních vod	21	l/s	dopočet
Současné odběry prostých podzemních vod	3 - 4	l/s	zdroj: data ČGS
Současné odběry termálních vod pro lázeňské účely – pouze v lázeňské sezóně	13-15	l/s	dle údajů MZ
Současné odběry termálních vod z důvodu ochrany dolů	30	l/s	dle údajů MZ a Povodí
Souhrnné odběry termálních vod v HGR	45	l/s	roky 2014 a 2015; viz obr.10-4
Využitelné zdroje termálních podzemních vod - průměr	50	l/s	historické údaje o přirozených přelivech terem, současné odběry terem, viz níže

## 10.2. DISPONIBILNÍ MNOŽSTVÍ PODZEMNÍCH VOD

### Využitelné množství

**Hodnota využitelného množství prostých (mělkých) podzemních vod je 21 l/s.** Tato hodnota odpovídá polovině přírodních zdrojů určených pro 80% zabezpečení a zachování minimálního zůstatkového průtoku (dle návrhu aktualizace metodiky stanovení minimálního zůstatkového průtoku z roku 2013).

**Využitelné zdroje termálních podzemních vod činí 50 l/s,** tato hodnota byla přijata na základě historických údajů o vydatnosti přirozených přelivů termálních vod v Teplicích a na Obřím prameni (viz Komentář).

### Střety zájmů v důsledku odběrů podzemních vod

Povolené odběry prostých podzemních vod ve výši 4 l/s nepřekračují jejich využitelné zdroje. V nedávné minulosti udávaný průměrný odběr 30 l/s (tab. 4-26), resp. dlouhodobý průměr 54 l/s se součtem minim jednotlivých zdrojů 18,6 l/s (ryolit, granitový porfyr a kvartér v horské nebo svahové části HGR 6133 - Pištora et al. 1994, Burda in Müller ed. 1997) zahrnuje navíc blíže neurčitelný podíl povrchové vody zachycené soustavou mělkých pramenních jímek se zářezy v aluviu krušnohorských potoků.

Vzhledem k nízkému stupni využití prostých podzemních vod nedochází na území rajonu ke střetu zájmů v důsledku čerpání prostých podzemních vod (viz komentář).

Kromě prostých podzemních vod se v rajonu vyskytují termální podzemní vody, které do 80. let 19. století, do průvalu podzemních vod do dolu Döllinger, vyvěraly přirozeně na povrch a byly využívány pro lázeňství. Po průvalech se řešila otázka pokračování těžby hnědého uhlí a současně také udržet existenci termálních vod. Vzhledem k zásadní změně hydrogeologických poměrů v poprůvalovém období závisela vydatnost v odběrových místech hlavně na způsobu čerpání v rámci uměle vytvořeného hydraulického systému.

Po roce 2000 je na Pravřídle průměrně čerpáno okolo 10 l/s, z vrtu TP-28 Hynie okolo 1 l/s a odběr z šachty Obřího pramene je cca 60 l/s. Podle nejnovějších informací Inspektorátu lázní a zříděl z května 2015 se na Pravřídle udržuje hladina na úrovni 214 m n.m. a ve vrtu Hynie na úrovni 211 m n.m. (obr. 4-23).

Po průvalech byly termální podzemní vody zachyceny šachtami a později částečně vrty, jsou z menší části využívány pro lázeňské účely ve výši 13-15 l/s v sezóně a zbývajících cca 30 l/s termálních podzemních vod je z důvodu zamezení zatopení hnědouhelných dolů vypouštěno do kanalizace, případně povrchového toku.

S ohledem na snahu omezit, případně až zcela zastavit finančně náročné čerpání na Obřím prameni zůstává otázka narušeného přírodního režimu a využitelné vydatnosti termálních vod otevřená a to až do doby stabilizace režimu po zatopení hnědouhelných dolů.

## KOMENTÁŘ

### Přírodní zdroje

Metoda výpočtu přírodních zdrojů prostých podzemních vod byla stanovena po zhodnocení všech vstupních dat a informací pro daný rajon.

Vypočet přírodních zdrojů podzemních vod a využitelného množství prostých podzemních vod vychází z výstupních dat hydrologického modelu BILAN, zpracovaného pro celý rajon pro referenční období 1981 - 2010. Z řady měsíčních dat základního odtoku byly zpracovány čáry překročení a kvantily řady pro několik úrovní zabezpečení. Takto získaná hodnota základního odtoku byla redukována na základě nadmořské výšky a sklonitosti terénu v rajonu.

Hydrogeologický rajon je z geologického hlediska velmi nesourodý a patří mezi rajony s nesouvislým zvodněním. Severní část rajonu se skládá převážně z ignimbritového ryolitu, ve kterém se podzemní voda vyskytuje v puklinách a pórech pyroklastické horniny. Zde je infiltrační oblast termálních minerálních a prostých podzemních vod, které jsou jímány v lázních Teplice.

Bilance je zpracovány pouze pro potenciálně vodárensky využitelné prosté podzemní vody v přípoверхové části tohoto kolektoru s hloubkou oběhu do několika desítek metrů. V jižní části rajonu je tento masiv překrytý sedimentárními horninami. Rozmanitost hydrogeologických podmínek v rajonu naznačují velké rozdíly v hodnotách specifických odtoků pro jednotlivá povodí v rajonu. Povodí Bystřice se specifickým základním odtokem  $7,3 \text{ l/s/km}^2$  se nachází převážně v oblasti ignimbritového ryolitu, zatímco Sviní potok se specifickým základním odtokem  $4,0 \text{ l/s/km}^2$  pramení v oblasti ignimbritového ryolitu a dále protéká převážně oblastí s pokryvnými sedimenty.

Specifikou tohoto rajonu je výskyt termálních minerálních vod, které jsou v hydraulické vazbě na vody prosté. Následující text charakterizuje **konceptní model** celého rajonu.

Na základě přehodnocení dosavadních poznatků formulovali Jakeš a Krásný (1998) konceptní hydrogeologický model ryolitu, sestávající ze tří vertikálních zón. Při tomto pojetí má značný význam regionálně působící izolátor, oddělující svrchní kolektor zóny zvětrání a přípoверхového rozpojení puklin (který je předmětem bilancování) od bazálního (hlubinného) kolektoru.

Teplický ryolit je souborem uloženin pyroklastických proudů (ignimbritů), vytváří několik typů (jednotek), které reprezentují samostatné erupční epizody. V mocných akumulacích horkých ignimbritů dochází ke spékání, tím se (hlavně v centrální části) výrazně snižuje primární pórozita. Nejvyšších hodnot dosahuje pórozita vždy při bázi a stropu každé jednotky ryolitového ignimbitu. Voda proto přednostně migruje při rozhraní jednotlivých jednotek (viz obr. 5-1).

Tento bazální, heterogenní a anizotropní kolektor s preferenčními cestami proudění se nachází v nejstarších, silně rozpukaných částech starých lávových proudů nebo střídajících se poloh pyroklastik a láv ve spodní části ryolitového tělesa. Koncept předpokládá značnou hydraulickou difuzivitu právě tohoto bazálního kolektoru, umožňující rychlé hydraulické ovlivnění povrchového výskytu termálních vod i na značné vzdálenosti. Vertikální komunikace mezi bazálním a přípoверхovým kolektorem napříč regionálním izolátorem je pak umožněna existencí víceméně izolovaných, někdy křivolakých preferenčních cest proudění podzemní vody, které se mohou nacházet v místech křížení tektonických poruch. Tyto izolované, převážně vertikální „kanály“ či „komíny“ jsou výstupními cestami terem a zónami hydraulických „zkratů“. Koncept je v souladu se skutečností, že původní nejvýznamnější přírodní teplické termální vývěry podzemních vod, stejně jako dále zmíněná termální „kupa“, se nacházely mimo drenážní zóny podzemních vod (dna údolí), tedy nikoli při dolní erozní bázi, jak bývá u velkých pramenů obvyklé.

Původní přírodní vývěry terem v předprůvalovém období byly v Teplicích soustředěny ve dvou územích, v tzv. teplické a šanovské skupině.

### Využitelné množství prostých podzemních vod

Z hlediska využitelného množství prostých podzemních vod nebyl posuzovaný rajon v minulosti a ani v současnosti nikdy přetížen. Využitelné množství prostých podzemních vod bylo stanoveno na základě uvažovaných přírodních zdrojů podzemních vod a minimálního zůstatkového průtoku.

### Odběry podzemních vod a střety zájmů

Vodohospodářský význam prostých podzemních vod HGR 6133 je v současnosti nízký. V současné době součet všech odběrů prostých podzemních vod v rajonu dosahuje od 3 do 4 l/s. Jíná situace však byla v minulosti. V průběhu 19. a 20. století v horské části HGR 6133 bylo hlavní jímání pitné vody pro teplickou aglomeraci pomocí mělkých pramenních jímek a gravitačních vodovodů, v průměrné výši minimálně 50 l/s.

Zcela specifickou otázkou jsou však odběry termálních minerálních podzemních vod, které jsou od průvalu na dole Döllinger dlouhodobě ovlivněné.

**Teplickou skupinu** termálních podzemních vod před rokem 1879 (před průvalem na uhelném dole Döllinger) tvořil hlavní pramen Pravřídlo, který vyvěral přibližně v místě dnešní šachty Pravřídla, a další prameny v okolí: Dámské (celkem 3), Zahradní ad. Uváděné vydatnosti byly ca 9 l/s u Pravřídla na kótě asi 220 m n. m., dalších téměř 4 l/s u největšího Dámského a ca 1,5 l/s u Zahradního pramene. Vydatnosti ostatních pramenů nedosahovaly 0,5 l/s. Celková vydatnost teplické skupiny tak dosahovala **kolem 15 l/s**.

Termální voda vyvěrala i ve sklepech některých okolních domů a byla využívána ke koupelím. Teplá podzemní voda byla zjištěna též v mnohých domovních studních kolem Pravřídla, především v jeho sz. okolí, ve srovnání s prostorem kolem Pravřídla s povrchem terénu obvykle ve vyšší nadmořské úrovni. Piezometrický povrch terem nad terénem tak vytvářel v Teplicích jakousi termální „kupu“, v místech výstupu termy zatlačující okolní mělké studené vody.

**Šanovskou skupinu** termálních podzemních vod v jz. okolí dnešní šachty Horského pramene tvořily prameny Kamenolázeňský, Hadí ad. Největší vydatnosti zde měly Kamenolázeňský (ca 4,5 l/s) a Hadí pramen (kolem 2 l/s). Celková vydatnost šanovské skupiny termálních pramenů byla ca **8,5 l/s**.

Další původní přírodní vývěr termy, **Obří pramen**, nacházející se při z. konci teplicko-lahošťského hřbetu u obce Lahošť ca 5 km zjz. od Teplic, měl před r. 1879 v úrovni 225 m n. m. údajnou vydatnost 27–42 l/s.

Při pronikání hlubokými partiemi ryolitu získává podzemní voda fyzikální a chemické vlastnosti terem. **Pravřídlo** obsahuje termální vodu typu Na-HCO<sub>3</sub>, se zvýšeným obsahem fluoru a kyseliny metakřemičité. Hlavním atributem teplických terem je však jejich teplota, která v předprůvalovém období dosahovala u Pravřídla téměř 50 °C, v důsledku umělých zásahů všeobecně klesala.

V poprůvalovém období se poněkud změnilo i chemické složení termy Pravřídla. Původní natrium-hydrogenkarbonátový typ s celkovou mineralizací mírně přesahující 1 g/l stále převládá, vzrůstající podíl síranů naznačuje pokračující mísení termy se studenou mělkou podzemní vodou, sestupující do hlubší zvodně v důsledku regionálního snížení piezometrické úrovně podzemní vody.

Po průvalech se řešila otázka pokračování těžby hnědého uhlí a současně také udržet existenci termálních vod. Vzhledem k zásadní změně hydrogeologických poměrů v poprůvalovém období závisela vydatnost v odběrových místech hlavně na způsobu čerpání v rámci uměle vytvořeného

režimu. Hydraulická rovnováha je udržována čerpáním termy ze šachet v Teplicích a v průvalovém místě na dole Döllinger, později nahrazeným čerpáním ze šachty v místě bývalého Obřího pramene.

### Odhad přírodních zdrojů terem a jejich využitelného množství:

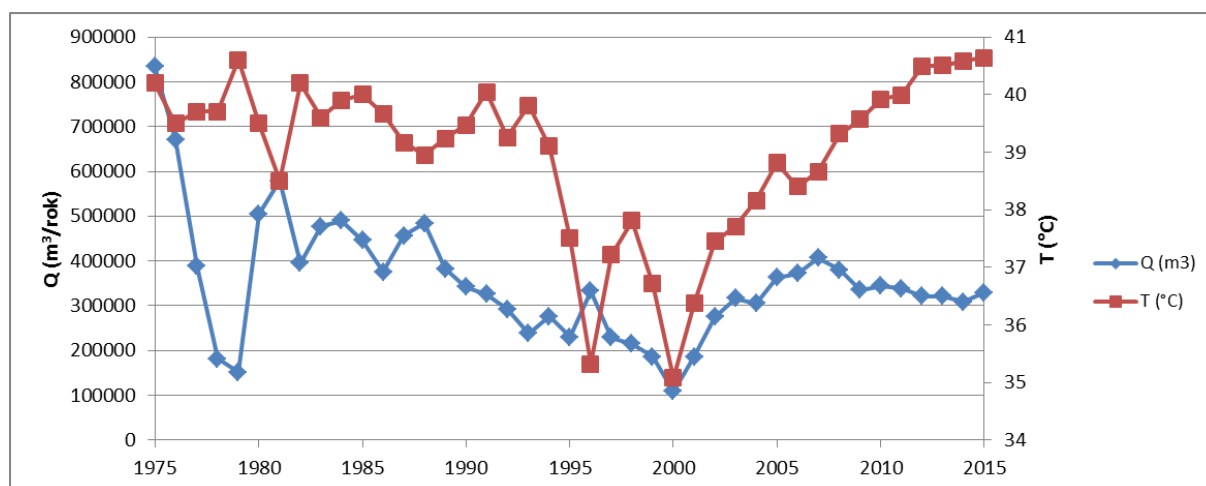
Lze vycházet z presumce existence dolní limitní hodnoty minimálního množství přírodních zdrojů i využitelného množství, a tou je někdejší přirozený přeliv termálních vod v předprůvalovém období (přibližně do roku 1870). Tento údaj se pohybuje v rozmezí **49 l/s až 65 l/s** – kalkuluje-li se s hodnotou teplických termálních pramenů dle Wrany (1864) ve výši 21,8 l/s nebo 23,5 l/s a s údaji o vydatnosti Obřího pramene 27 až 42 l/s (Čadek et al. 1968).

Lze tedy odhadovat průměrné využitelné množství ryolitových termálních vod ve vyšší **50 l/s** (z toho 20 l/s terem v Teplicích).

Za posledních 5 let (2011-2015) činil průměr čerpaného množství termálních ryolitových vod 54,6 l/s, což již odpovídá původním přelivům. Taktéž průměrné roční teploty Pravřídla vzrostly trvale nad 40 °C po roce 2011.

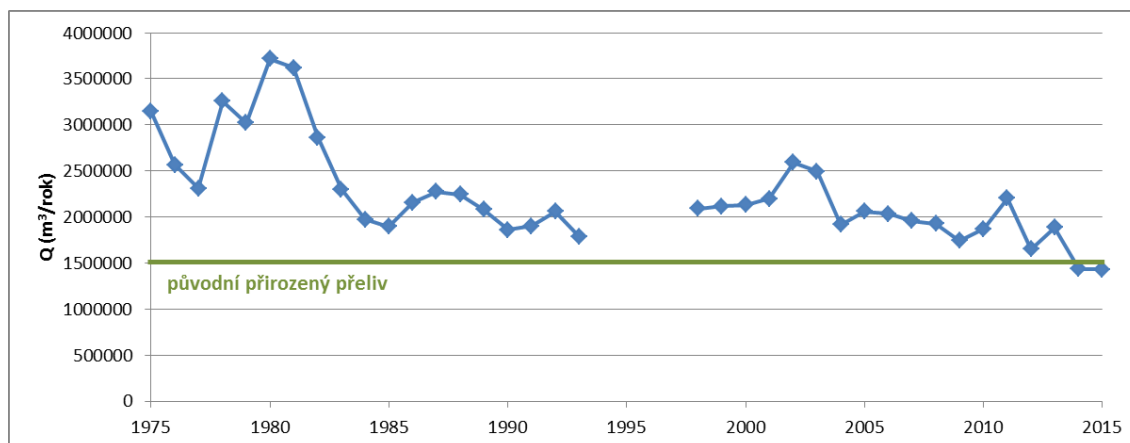
Množství ryolitových vod odtékající samovolně do stařin není nikde vyčísleno, avšak ve struktuře teplického ryolitu existuje již po desítky let téměř ustálený režim, kdy část vod z teplické oblasti odtéká směrem k čerpací stanici na Obřím prameni, polohluboký oběh je odvodňován převážně na Obřím prameni, menší část odtéká do stařin.

**Za poslední dva roky** došlo k dalšímu dramatickému snížení objemu čerpaných ryolitových vod na 45,5 l/s v roce 2014 a 45,3 l/s v roce 2015, což je poprvé za ca 120 let, kdy **celkové čerpané množství je nižší než původní přeliv**.



Obrázek 10-3 Graf teploty a čerpaného množství termálních podzemních vod (v m<sup>3</sup> za rok) ze šachty Pravřídla





Obrázek 10-4 Graf celkového čerpaného množství (v m<sup>3</sup> za rok) termálních ryolitových vod (Obří pramen + Pravřídlo + Hynie + další tč. nečerpané)

Tabulka 10-5 Podíl terem na celkových přírodních zdrojích podzemních vod v HGR 6133

Přírodní zdroje prostých podzemních vod	<b>161 l/s</b>
Podíl podzemních vod hlubokého oběhu - termy	<b>31%</b>
Využitelné množství přírodních zdrojů termálních podzemních vod	<b>50 l/s</b>

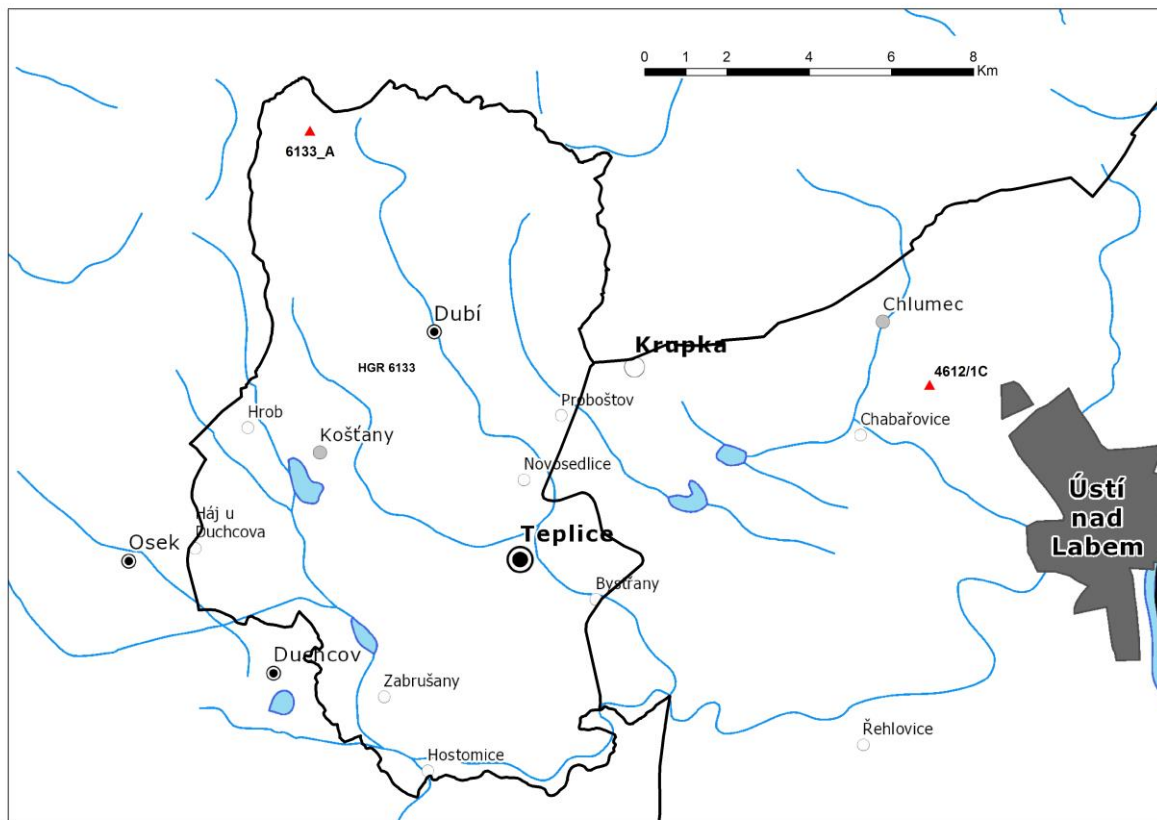
## Návrhy

V tomto rajonu nejsou navrhovány žádné změny hranic. Pro sledování stavu podzemních vod v infiltrační oblasti termálních vod je navržen průzkumný hydrogeologický vrt 6133\_A Košťany vyhloubený v rámci projektu Rebilance zásob podzemních vod.

Signální hladina pro vrt VP1936 nebyla určena, kvůli nereprezentativnosti jeho kolísání hladiny pro kolektor teplického ryolitu. V novém vrtu 6133\_A bude signální hladina podzemní vody pro sledování doplňování přírodních zdrojů podzemních vod (pro kolektor hlubší zvodně v ryolitu) stanovena v roce 2020.

Tabulka 10-6 Navržený monitorovací objekt v HGR 6133

NAZEV	LOKALITA	Y	X	Z	HLOUBKA	Kóta hl.p.v.
6133_A	Košťany	-966144,96	-781274,75	860,87	253	816



Obrázek 10-5 Situace rajonu 6133 a nového průzkumného vrtu 6133\_A (červený trojúhelník)

## 11. ZÁVĚR

Cílem projektu bylo kombinací pestrého souboru nejmodernějších technologických a metodických postupů přehodnotit přírodní zdroje a využitelné zásoby podzemních vod v jednotlivých posuzovaných hydrogeologických rajonech.

### Zásoby podzemních vod

- Celkové přírodní zdroje (prostých podzemních vod včetně těch, co se přemění na termální vody za referenční období 1981-2010) dosahují **161 l/s** při 50% zabezpečení. Pro rajon 6133 s nesouvislým zvodněním byly přírodní zdroje podzemních vod určeny redukcí základního odtoku podle hydrologického modelu BILAN.
- Z toho podíl podzemních vod hlubohého oběhu (termy) činí 31 %.
- **Přírodní zdroje pouze mělkých prostých podzemních vod lze vyčíslit hodnotu 41 l/s**, která odpovídá 80% zabezpečení.
- **Využitelné množství mělkých prostých podzemních vod je 21 l/s.**
- **Využitelné zdroje termálních podzemních vod činí 50 l/s.**
- Povolené odběry prostých podzemních vod ve výši 4 l/s nepřekračují jejich využitelné zdroje.
- Největší změnu hladiny podzemní vody způsobilo masivní čerpání termální vody z důvodu ochrany hnědouhelných dolů po průvalech do dolů od roku 1879. Čerpání (snížení hladiny ryolitových vod) způsobilo mj. postupnou teplotní destrukci všech teplických termálních pramenů kromě Pravřídla, což zapříčinilo zánik světového významu lázní Teplice. V poslední době čerpaná množství klesají, hladina podzemní vody stoupá. Hydrogeologický režim je však stále významně ovlivněn, teploty Pravřídla zdaleka nedosahují původních hodnot (49°C→40°C).
- V současnosti (roky 2014 a 2015) se čerpá v průměru 45,5 l/s termálních vod, což je zřejmě už méně než byla vydatnost původních přírodních přelivů termálních vod před rokem 1870.
- Pro sledování stavu podzemních vod v hlubší zvodni kolektoru ryolitu je navržený nový průzkumný hydrogeologický vrt vyhloubený v rámci projektu 6133\_A Košťany.

## 12. VÝBĚR LITERATURY

- Bejšovec, Z. – Trachtulec J. – Zelenková L. (1994): Zhodnocení změn režimu podzemních vod vyvolaných báňskou činností v SHP, orientační stanovení zdrojů a zásob podzemních vod a možnosti jejich využití. c) východní oblast. – MS Čes. geol. úst.
- Bejšovec, Z. (1994): Zhodnocení změn režimu podzemních vod vyvolaných báňskou činností v SHP, orientační stanovení zdrojů a zásob podzemních vod a možnosti jejich využití. b) centrální oblast. – MS Čes. geol. úst.
- Benek, R. (1991): Aspect of volume calculation of paleovolcanic eruptive product – the example of the Teplice rhyolite (east Germany). – *Z geol Wiss* 19: 379–389.
- Berka, V. a kol. (1989): Účelová důlně-hydrogeologická mapa SHR v měřítku 1:5 000, Teplicko-ústecká část.- Báňské projekty Teplice.
- Berka, V. a kol. (1992): Účelová důlně-hydrogeologická mapa SHR v měřítku 1:5 000, Osecko-duchcovsko-bílinská část.- Báňské projekty Teplice.
- Berka, V. – Růžička, J. – Vozáb, L. (1975): Účelová důlně-hydrogeologická mapa SHR v měřítku 1:50 000, list B. – Báňské projekty Teplice.
- Berka, V. (1992): Dlouhodobý generel rekultivací SHR - hydrogeologická část.- MS Báňské projekty Teplice.
- Berka, V. et al. (1972): Účelová důlně-hydrogeologická mapa SHR v měřítku 1:10 000. – Báňské projekty Teplice.
- Berka, V. et al.(1973): Účelová důlně-hydrogeologická mapa SHR v měřítku 1:25 000. – Báňské projekty Teplice.
- Bořický, E. (1882): Petrologische Studien an den Porphyrgesteinen Böhmens. I. Theil. Quarzporphyre und Quarzporphyrite. – *Archiv d. naturwiss. Landesdurchf. v. Böhmen, IV. Bd., Nr. 4 (Geolog. Abtheilung).* (177 pp.) - Prag.
- Breiter, K. – Novák, J. K. – Chlupáčová, M. (2001): Chemical evolution of volcanic rocks in the Altenberg-Teplice caldera (Eastern Krušné hory Mts., Czech Republic, Germany). – *Geolines* 13: 17–22
- Breiter, K. (1997): The Teplice rhyolite (Krušné hory Mts., Czech Republic) - chemical evidence of a multiply exhausted stratified magma chamber. – *Věst. Čes. geol. úst.* 72: 205–213.
- Bruthans J. (2006): Využití přirozených stopovačů (18O; 3H, freony; SF6) a dalších metod pro zhodnocení doby zdržení vod a charakteru proudění v krasových oblastech ČR).- doktorská disertační práce. PřF UK. Praha 207.str.
- Bruthans J., Kůrková I., Grundloch J., Churáčková Z., Slavík M. a Kadlecová R. (2015): Střední doba zdržení v detailně hodnocených rajonech, Projekt Rebilance zásob podzemních vod, část aktivity 8. 106 str. ČGS Praha.
- Burda J. (1997): Hydrogeologie území. In: Muller, V. (ed.): Vysvětlivky k souboru geologických a ekologických účelových map přírodních zdrojů 1:50 000. Listy 02-32 Teplice, 02-14 petrovice, 29-64.- česk. Geol. Úst. Praha
- Čada, M. et al. (1985): reliéf podloží krystalinika podle gravimetrie v širším okolí velkolomu Barbora II na Mostecku. – *Geol. Průzk.* 3: 67–71.
- Čadek, J. - Hazdrová, M. - Kačura, G.- Krásný, J.- Malkovský, M. (1968): Hydrogeologické poměry teplických a ústeckých term. - *Sbor. geol. Věd, Ř. HIG*, 6, 7-208. Praha.
- Dalmer K. (1908): Erläuterungen zur geologischen Spezialkarte des Königreichs Sachsen. – Section Altenberg-Zinnwald, Blatt 119. - Leipzig.

- Dupalová T. (2012): Geneze složení podzemních vod hlubokých pánevních struktur na příkladu vztahu české křídové pánve a oháreckého riftu. Doktorská disertační práce. PřF UK. Praha 125 str.
- Ebert H. (1932): Der variskische Untergrund Nordböhmens zwischen Erzgebirge und Jeschken. – Zeitschrift d. deutschen Geol. Ges., Bd. 84, 703–717. - Berlin.
- Eisenreich, M. – Jeřábek, M. (1978): Geologická mapa teplického ryolitu 1 : 10 000. - MS Archiv ČGS, Praha.
- Fencl, J. – Záruba, Q. (1955): Geologické poměry okolí Lázní Teplíc v Čechách. – Sbor. Ústř. Úst. geol. 22: 427–489.
- Fiala, F. (1959): Teplický křemenný porfyr mezi Krupkou, Cínovcem, Dubím a Mikulovem a horniny přidružené. – Sbor. Ústř. Úst. geol. 26: 445–494.
- Geinitz, H. B. (1856): Die Steinkohlen Deutschlands.
- Hauer, F. Ritter von (1869): Geologische Uebersichtskarte der österreichischen Monarchie. Blatt I. und II. Böhmen. - Jahrb. d. K. Kön. geol. R. A., 19(1): 1–58. - Wien.
- Hazdrová, M. – Kačura, G. – Krásný, J. (1964): Řešení ochranných pásem lázní Teplice II. Hydrogeologie. - MS Geofond. Praha.
- Hazdrová M. – Jetel J. – Daňková H. – Kněžek M. – Kulhánek V. – Trefná E. (1980): Vysvětlivky k Základní hydrogeologické mapě ČSSR 1 : 200 000 list 02 Ústí nad Labem. - Ústř. úst. geol. Praha.
- Hibsch, J. E. (1906): Beiträge zur Geologie des Böhmisches Mittelgebirges V. Über tertiäre Fluoritgänge im Bereiche der Erzgebirgsbruchzone und des Teplitzer Quarzporphyrs in Nordböhmen. – Tschermaks Mineral. Petrogr. Mitt., Wien, 25. Bd. (1906), Heft 6, 483-488.
- Hibsch, J. E. (1908): Geologische Karte des böhmischen Mittelgebirges. Blatt VII (Teplitz-Boreslau). Nebst Erläuterungen. Mit 1 geol. Karte. – Tschermaks Mineral. Petrogr. Mitt., 27. Bd. (1908), Heft 1, 1-104. - Wien.
- Hibsch, J. E. (1928): Über Quarz- und Granitporphyr von Teplitz in Nordböhmen. – Tschermaks Mineral. Petrogr. Mitt., Wien, 39. Bd. (1928), Heft 5/6, 320-322.
- Hoffmann, U. – Breitkreuz, C. – Breiter, K. – Sergeev, S. – Stanek, K. – Tichomirowa, M. (2013): Carboniferous–Permian volcanic evolution in Central Europe—U/Pb ages of volcanic rocks in Saxony (Germany) and northern Bohemia (Czech Republic). – International Journal of Earth Sciences, 102(1): 73–99.
- Holub, F. V. (1980) Petrografie takzvaného teplického porfyru. - in Wurmová et al. (eds.): Komplexní zpracování hlubinného vrtu B - Le 127, akce Barbora - Výseč II. MS Geoindustria, Praha.
- Holub, F. V. (2009) Volcanic infilling of S part of the Altenberg-Teplice Caldera; ~700 m deep vertical profile through ignimbrites. Mineralogia - Special Papers 34: 14.
- Homola, V. (1978): Výsledky dosavadních hydrogeologických prací pro vybudování nové zřídelní základny v lázních Teplice v Čechách a ideový návrh na jejich dokončení. – Sbor. semináře Teplické termální prameny a těžba uhlí, 1 díl, 19–44. - ČVTS – SHD Most.
- Homola, V. (1981): Podzemní vody teplického porfyru - přehodnocení názorů na oběh a režim podzemních vod teplického porfyru a možnosti prognózy změn, k nimž dojde po zastavení čerpání z Obřího pramene. - MS VŠB Ostrava.
- Homola, V. (1983): Tektonika a strukturní vývoj duchcovsko-teplické oblasti chomutovsko-ústecké hnědouhelné pánve (etapa 1981-83).- VŠB Ostrava.
- Homola, V. (1990): Režim podzemních vod teplického ryolitu v hydrologickém roce 1989.- MS VŠB Ostrava.
- Homola, V. (1996): Problematika sanace termálních pramenů v Teplicích včechách.- MS Institut geol. Inženýrství Vys. šk. Báň. Tech. Univ. Ostrava. Archiv Min. Zdrav.

- Horváth, P. (1994): Báňsko hydrogeologické podmínky přirozené izolace zbytkové jámy Lomu Bílina. - MS Báňské projekty Teplice.
- Hrkal, Z. et al. (1994): Acidifikace podzemních vod Krušných hor, závěrečná etapa. - MS Čes. geol. úst.
- Hrkal Z. - Rozman, D.- Nakládal, V.- Novotná, E.- Procházka, M.- Pitrák, M. (2015): Závěrečná zpráva průzkumného hydrogeologického vrtu 6133\_A Košťany. Česká geologická služba. Praha.
- Humboldt, A. von – Freiesleben, J. K. (1791–1792): Geognostische Beobachtungen auf einer Reise durch einen Teil des böhmischen Mittelgebirges. – Bergmännisches Journal. Herausgegeben von Köhler und Hoffmann, IV. Jg. (1791), Bd. 2, 307-312, V. Jg. (1792), Bd. 1, 215-266, 289-303. - Freyberg und Annaberg.
- Hurník, S. – Haas, K. – Kohoutová, J. (1988): Racionalizace a intenzifikace odvodňování terciérních písků v kvartéru DS a na dole Kohinoor. – MS VÚHU Most.
- Hynie, O. (1956): Návrh nové ochrany termálních zřidel v Teplicích v Čechách proti účinkům dolování uhlí.- Acta Univ. Carol. Geol, 2.1-73.
- IAEA/WMO (2015): Global Network of Isotopes in Precipitation. – The GNIP Database. Accessible at: <http://isohis.iaea.org>
- Jahn, J. J. (1934): O významu arsenové minerální vody u Mikulova v Krušných horách. MS Geofond. Praha.
- Jakeš, P. – Krásný, J. (1998): The Teplice Spa in the Northern Bohemia: 120 years of Hydrogeological Issues and Possibilities of its Future Development. In: Annau, R.- Bender, S.- Wohlich, S. Hardrock Hydrogeology of the Bohemian massif. Proc. 3rd Internat. Workshop 1998. Windescheschenbach. Munchener. Geol. Hefte, B8, 79-86.
- Jetel J. (1982): Určování hydraulických parametrů hornin hydrodynamickými zkouškami ve vrtech. - Ústř. úst. geol. Praha.
- Jiránek, J. – Kříbek, B. – Mlčoch, B. – Procházka, J. – Schovánek, P. (1987): Komplexní geologické zpracování teplického ryolitu. Závěrečná zpráva. – MS Archiv ČGS, Praha.
- Jiránek, J. ed. (1991): Geologická mapa ČSSR 1 : 25 000, list 02-322 Krupka. – MS Archiv ČGS, Praha
- Kačura, G. – Burda, J. – Jiráček R. (1994): Hliník v podzemních vodách východní části Krušných hor. – MS Čes. geol. úst.
- Kačura, G. (1962): Zpráva o geologických výzkumech na Teplicku v letech 1960-1961.- Zpr. geol. výzk. v r.1961, 146-148. Praha.
- Kačura, G. (1964): Návrh pro balneologické využití silně radioaktivní termy v Teplicích.- MS Geofond. Praha.
- Kačura, G. (1979): Zaniklé zdroje minerálních vod v západní části Severočeského kraje in: Zprávy a studie Krajského muzea v Teplicích 1976/1977 (vyšlo 1979) č.12, s.21-51.
- Kačura, G. (1980): Minerální vody Severočeského kraje.- Ústř. úst. geol. Praha.
- Kačura, G. (1986): Hydrogeologická mapa ČSR 02-14 Petrovice 1:50 000.- Ústř. úst. geol. Praha
- Kačura, G. (1989): Hydrogeologická mapa ČSR 02-32 Teplice 1:50 000.- Ústř. úst. geol. Praha.
- Katz B. G., Chellette A. R. a Pratt T. R. (2004): Use of chemical and isotopic tracers to assess nitrate contamination and ground-water age, Woodville karst Plain, USA. – J. hydrol. 289, 36-61.
- Klír, S. et al. (1997): Revize ochranných pásem přírodních léčivých zdrojů lázeňského místa Teplice, III etapa s návrhem nových ochranných pásem.- MS Artézia, Archiv Min. zdrav.
- Kolektiv autorů SHD a BPT (1991): Těžebně-ekologická prognóza SHR.- MS Báňské projekty Teplice.
- Krásný, J. – Císlarová, M. – Čurda, S. – Datel, J. V. – Dvořák, J. – Grmela, A. – Hrkal, Z. – Kříž, H. – Marszalek, H., Šantrůček, J. – Šilar, J. (2012): Podzemní vody České republiky. Regionální geologie prostých a minerálních vod. – 1143 s. Čes. geol. služba. Praha.

- Krásný, J. et al. (1982): Odtok podzemní vody na území Československa.- Český hydrometeor. úst. Praha.
- Laštovka, J. – Václavek, V. (1988): Matematický model hydrogeologické struktury v ryolitu. Sbor. 9. Celost. Hydrogeol. Konfer. Pardubice, 163–184.
- Laube G.C. (1884): Geologische Excursionen im Thermalgebiet des nordwestlichen Böhmens, Teplitz, Carlsbad, Eger-Franzensbad, Marienbad. - Leipzig.
- Laube G.C. (1903): Die geologischen Verhältnisse des Thermalgebietes von Teplitz-Schönau. - Sonderabdruck aus dem Reisebericht des Comités zur Veranstaltung ärztlicher Studienreisen in Bade- und Kurorte. II. Band, 1902, 9 pp. - Berlin.
- Le Maitre RW(ed), Streckeisen A, Zanettin B, Le Bas MJ, Bonin B, Bateman P, Bellieni G, Dudek A, Efremova S, Keller J, Lameyre J, Sabine PA, Schmid R, Sørensen H, Wooley AR (2002) Igneous Rocks. A Classification and Glossary of Terms. Recommendations of the International Union of Geological Sciences Subcommission on the Systematics of Igneous Rocks. 2nd Edition, Cambridge University Press, Cambridge–New York, pp 1–193
- Macák, F. ed. (1963): Základní geologická mapa 1 : 50 000 list M-33-52-B Teplice. – MS Archiv ČGS Praha.
- Májová, J. (2003): Vývoj výzkumu termálních vod v Teplicích v Čechách a současný stav režimních měření a ochrany. – MS MU Brno.
- Maloszewski P. (1996): LP models for the interpretation of environmental tracer data. In: Manual On Mathematical Models in Isotope Hydrology, IAEA-TECDOC 910. Viena. Austria 9-58.
- Maloszewski P. a Zuber A. (1996): Lumped parameter models for interpretation of environmental tracer data, in: Manual on mathematical models in isotope hydrology. IAEA-TECDOC-910, 9-59. – International Atomic Energy Agency. Wien.
- Milič, J. (1994): Hydrogeologie výsypkových těles. In Bejšovec (1994): Zhodnocení změn režimu podzemních vod vyvolaných báňskou činností v SHP, orientační stanovení zdrojů a zásob podzemních vod a možnosti jejich využití. b) centrální oblast.- MS Čes. geol. úst.
- Mlčoch, B. – Skácelová, Z. (2010) Geometry of the Altenberg–Teplice Caldera revealed by the borehole and seismic data in its Czech part. – J. Geosci. 55: 217–229.
- Mlčoch, B. (1994): The geological structure of the crystalline basement below the North Bohemian brown coal basin. – KTB Report 94 (3): 39–46.
- Mlčoch, B. ed. (1989): Geologická mapa ČSSR 1 : 25 000, list 02-314 Litvínov. – MS Archiv ČGS, Praha.
- Moesta, G. (1928): Brüche und Porphyreffusion im östlichen Erzgebirge. – Z Dtsch geol Gessell A-80: 343–408 Berlin.
- Müller, A. – Breiter, K. – Seltmann, R. – Pécskay, Z. (2005): Quartz and feldspar zoning in the eastern Erzgebirge volcano-plutonic complex (Germany, Czech Republic): evidence of multiple magma mixing. – Lithos 80: 201–227.
- Müller, B. (1933): Der Bornhau-Stollen, der neueste und grösste Aufschluss im Teplitzer Quarzporphyr. – Firgenwald, 6(4): 137–142. - Reichenberg.
- Naumann, C. (1825): Einige Bemerkungen über den Porphyr von Töpliz, und über den Klingstein des Schlossberges. – In: Leonhard, K. C. von - Zeitschrift für Mineralogie, 19. Jahrg., II. Band, 289-306. - Frankfurt am Main.
- Oster H., Sonntag C. a Münnich K. O. (1996): Groundwater are dating with chlorofluorocarbons. – Water Resour. Res. 32 (10), 2989-3001.
- Pearce JA (1996) A user's guide to basalt discrimination diagrams. In: Wyman DA (ed), Trace Element Geochemistry of Volcanic Rocks: Applications for Massive Sulphide Exploration. Geol. Assoc. Canada, short course notes 12: 79–113

- Perutz, S. (1852): Die Thermalbäder zu Teplitz und ihre Heilkräfte. - Dessau.
- Pištorá, Z. – Chrástka, F. – Kliner, K. – Řeháčková, O. – Žižka V. (1994): Výzkumný problém H3 Krušné hory - Změny hydrochemických poměrů v antropogenně postižené oblasti Krušných hor a využití mělkých podzemních vod svahů Krušných hor. – MS Čes. geol. úst.
- Prchalová H. – Durčák M. – Kozlová M. – Vizina A. – Rosendorf P. – Mrkvičková M. a kol. (2013): Metodiky hodnocení chemického a kvantitativního stavu útvarů podzemních vod pro druhý cyklus plánů povodí v ČR. – Výz. Úst. Vodohosp. TGM, v. v. i. Praha.
- Rajchl, M. – Uličný, D. – Grygar, R. – Mach, K. (2009): Evolution of basin architecture in an incipient continental rift: the Cenozoic Most Basin, Eger Graben (Central Europe). – Basin Research, 21(3): 269–294.
- Reichmann, F. – Eisenreich, M. – Schováňková, D. – Valín, F. (1985): Vyhodnocení strukturního vrtu Mi-4. – MS Archiv ČGS, Praha.
- Reuss, A. E. (1840): Geognostische Skizzen aus Böhmen. I. Band. Die Umgebungen von Teplitz und Bilin in Beziehung auf ihre geognostischen Verhältnisse. Ein Beitrag zur Physiographie des böhmischen Mittelgebirges. - Prag, Leitmeritz und Teplitz.
- Reuss, A. E. (1841): Die geognostische Verhältnisse von Teplitz. - In: Schmelkes G. - Teplitz und seine Mineral-Quellen mit besonderer Rücksicht auf ihren Werth als Heilmittel. - Dresden, Leipzig, Prag.
- Reuss, A. E. (1844): Die Thermen von Teplitz. Von Dr. Fr. A. Reuss. Zweite umgearbeitete Auflage. (282 pp.) - Prag.
- Reuss, F. A. (1793): Mineralogische Geographie von Böhmen. Erster Band. Mineralogische Beschreibung des Leutmeritzer Kreises in Böhmen. - Dresden.
- Reuss, F. A. (1796): Sammlung naturhistorischer Aufsätze mit vorzüglicher Hinsicht auf die Mineralgeschichte Böhmnes. - Prag.
- Reuss, F. A. (1823): Taschenbuch für die Badegäste von Tepliz. Eine vollständige Beschreibung dieses Heilorts und seiner Umgebungen, in topographischer, pittoresker, geschichtlicher, geognostischer und medizinischer Hinsicht. (126 pp.) - Tepliz.
- Satran, V. (1966): Fluidal structures in the Teplice Quartz Porphyry. – Paleovolcanites of the Bohemian Massif: 185–190, Universita Karlova, Praha.
- Seltmann, R. – Schilka, W. (1995) Late-Variscan crustal evolution in the Altenberg–Teplice caldera. Evidence from new geochemical and geochronological data. – Terra Nostra 7/95: 120–124.
- Schovánek, P. ed. – Adamová, M. – Breiter, K. – Burda, J. – Cajz, V. – Elznic, A. – Fůrych, V. – Godány, J. – Kořán, V. – Manová, M. – Nekovařík, Č. – Šalanský, K. – Šebesta, J. (2004): Vysvětlivky k základní geologické mapě ČR 1:25 000, listy 02-321 Dubí a 02-143 Cínovec. – Česká geologická služba: 1-84
- Skořepa, J. – Beneš, V. – Sotorníková, R. – Jezerský, Z. (1994): Hydrogeologický průzkum Severočeské hnědouhelné pánve a přilehlých svahů Krušných hor. – MS Čes. geol. úst.
- Šilar (2001): Izotopové složení a zranitelnost zdrojů podzemní vody v dolním Polabí. Acta Universitatis Purkynianae 73, Studia Oecologica 12, Výzkum antropogenních zátěží v severočeském regionu a v regionech Slovenska. Sborník příspěvků. Ústí nad Labem: 63-71 str.
- Škvor, V. ed. (1970): Základní geologická mapa 1 : 50 000 list M-33-40-D Chabařovice. – MS Archiv ČGS Praha.
- Štemprok, M. – Holub, F. V. – Novák, J. K. (2003): Multiple magmatic pulses of the Eastern Volcano-Plutonic Complex, Krušné hory/Erzgebirge batholit, and their phosphorus contents. – Bull. Geosci. 78(3): 277–296.
- Štemprok, M. – Lomozová, V. (1983): Litogeochemický výzkum teplického ryolitu a rulového komplexu v okolí Krupky. – Sbor. Geol. Věd, Lož. Geol., Mineral. 25: 9–47.



- Trachtulec, J. – Kohoutová, J. (1993): Báňsko geologická a hydrogeologická problematika zbytkových jam v SHR. – MS Výzkumný ústav hnědého uhlí Most.
- Trachtulec, J. – Vopat, M. (1994): Projekt opatření k zastavení destrukce teplejších termálních pramenů. – MS Čes. geol. úst.
- Trachtulec, J. (1992) Zastavení destrukce teplejších termálních pramenů. a) Příčiny vzniku a prohlubování destrukce teplejších termálních pramenů. MS VÚHU, 34 str.
- Trachtulec, J. (1993): Zastavení destrukce teplejších termálních pramenů, b) Návrh na zastavení destrukce. – MS Čes. geol. úst.
- Tykva R. a Berg D. (2004): Man-made and natural radioactivity in environmental pollution and radiochronology.
- Václavek, V. (1984): Hydrogeologický průzkum dolovaého pole barbora II. – Geol. Průzk. 7, 211-213.
- Václavek, V. (1986): Závěrečná zpráva úkol Barbora II. Část A. – MS Geoindustria. Praha.
- Václavek, V. (1990): Proboštov, závěrečná zpráva, část A. – MS Geoindustria Praha.
- Weinlich, F.H., et al. 1998. Gas flux distribution in mineral springs and tectonic structure in the western Eger Rif. J. Czech Geol. Soc. 1998, 43, stránky 91-110.
- Winter, C. – Breikreuz, C. – Lapp, M. (2008): Textural analysis of Late Palaeozoic coherent-pyroclastic rhyolitic dyke system near Burkendorf (Erzgebirge, Saxony, Germany). – In: Thomson K, Petford N (eds) Structure and Emplacement of High-Level Magmatic Systems. Geological Society of London Special Publications 302: 199–221
- Wrany, A. (1864): Die Teplitz-Schönauer Thermen in physikalischer und chemischer Beziehung. – Praha
- Wrany, A. (1867): Die Teplitz-Schönauer Thermen in physicalischer und chemischer Beziehung. – In: Löschner - Beiträge zur Balneologie. Aus den Curorten Böhmens, II. Band, Teplitz und die benachbarten Curorte, 73-119. - Prag, Carlsbad.
- Wurmová, M. (1978): Výsledky průzkumných prací v prosotoru průvalového místa na dole Dollinger. Sbor. semináře teplejší termální prameny a těžba uhlí, 1 díl, 93-102 ČVTS – SHD Most.
- Wurmová, M. (1984): Hlubinné zachycení teplejších terem.- Geol. Průzk. 8-9, 251 -252.
- Yurtsever Y. (1983): Models for tracer data analysis. In Guidebook on Nuclear Techniques in Hydrology, Tech. Rep. Ser. 91. – International Atomic Energy Agency. Wien.
- Zoellmann K., Kinzelbach W. a Fulda C. (2001): Environmental tracer transport (3H and SF6) in the saturated and unsaturated zones and it use in nitrate pullution management. Journal of Hydrology 240(3):187-205
- ČSN 75 0110 (2010): Vodní hospodářství - Terminologie hydrologie a hydrogeologie.
- ČSN 86 8000 (1965): Přírodní léčivé vody a přírodní minerální vody stolní. Základní společná ustanovení.
- Vyhláška č. 5/2011 Sb. ze dne 20. prosince 2010 o vymezení hydrogeologických rajonů a útvarů podzemních vod, způsobu hodnocení stavu podzemních vod a náležitostech programů zjišťování a hodnocení stavu podzemních vod
- Vyhláška č. 369/2004 Sb. ze dne 3. června 2004 o projektování, provádění a vyhodnocování geologických prací, oznamování rizikových geofaktorů a o postupu při výpočtu zásob výhradních ložisek
- Vyhláška č. 120/2011 Sb., kterou se mění vyhláška Ministerstva zemědělství č. 428/2001 Sb., kterou se provádí zákon č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů (zákon o vodovodech a kanalizacích), ve znění pozdějších předpisů.
- Vyhláška MZd. ČR č. 252/2004 Sb., kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a rozsah kontroly pitné vody.

Vyhláška č. 428/2001 Sb., kterou se provádí zákon č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů (zákon o vodovodech a kanalizacích), ve znění pozdějších předpisů.

Vyhláška MZe. ČR č. 431/2001 Sb., o obsahu vodní bilance, způsobu jejího sestavení a o údajích pro vodní bilanci, ve znění pozdějších předpisů.

Zákon č 62/1988 Sb. o geologických pracích, ve znění pozdějších předpisů

Zákon č 254/2001 Sb. ze dne 28. června 2001 o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon), ve znění pozdějších předpisů

Zákon č 274/2001 Sb. o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů (zákon o vodovodech a kanalizacích), ve znění pozdějších předpisů.

Plán rozvoje vodovodů a kanalizací České republiky (PRVKÚ ČR)

<http://eagri.cz/public/web/mze/voda/vodovody-a-kanalizace/plany-rozvoje-vodovodu-a-kanalizaci/prvku-cr/plan-rozvoje-vodovodu-a-kanalizaci-ceske.html>

<http://heis.vuv.cz>

<http://lokality.geology.cz>

<http://voda.chmi.cz>

<http://www.mzp.cz/natura>

<http://www.nature.cz>

<http://drusop.nature.cz/>

<https://cs.wikipedia.org/>