Europäische Union. Europäischer Fonds für regionale Entwicklung. Evropská unie. Evropský fond pro regionální rozvoj.

SN CZ
Ahoj sousede. Hallo Nachbar.
Interreg V A / 2014 – 2020

Vita-Min

PRINCIP MOST

R - PRINCIP MOST, s. r. o.

Slatinická 2571, 434 01 Most

Posouzení stávajících koncepcí hydrických rekultivací

Ústecký kraj

LANDESAMT FÜR UMWELT, LANDWIRTSCHAFT UND GEOLOGIE

Freistaat SACHSEN

Europäische Union. Europäischer Fonds für regionale Entwicklung. Evropská unie. Evropský fond pro regionální rozvoj.

SN CZ
Ahoj sousede. Hallo Nachbar.
Interreg V A / 2014 – 2020

Vita-Min

R - PRINCIP MOST, s. r. o.

Slatinická 2571, 434 01 Most

Posouzení stávajících koncepcí hydrických rekultivací

Ústecký kraj

LANDESAMT FÜR UMWELT, LANDWIRTSCHAFT UND GEOLOGIE

Freistaat SACHSEN

Obsah

1. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE 6
1.1. Identifikační údaje objednavatele 6
1.2. Identifikační údaje zpracovatele 6
1.3. Identifikace díla 6
2. PŘEDMĚT DÍLA 7
3. ZPRACOVATELSKÝ KOLEKTIV 9
4. ÚVOD 10
5. ŘEŠENÉ ÚZEMÍ A VSTUPNÍ DATA 12
5.1. Geografická data 12
5.2. Meteorologická data 14
5.2.1. Stanice Kopisty 15
5.2.2. Stanice Tušimice 15
5.3. Hydrologická data 18
6. ZHODNOCENÍ HYDRICKÉ REKULTIVACE BÝVALÉHO DOLU MOST-LEŽÁKY ... 24
6.1. Vstupní podklady 24
6.2. Stručný popis průběhu zatápění zbytkové jámy 24
6.3. Výběr a kalibrace matematických modelů hydrologické bilance 28
6.3.1. Modely hydrologické bilance 28
6.3.1.1. Model GR4J 28
6.3.1.2. Model TUW 31
6.3.1.3. Model BILAN 32
6.3.2. Metody pro stanovení potenciální evapotranspirace 33
6.3.3. Klimatické modely 37
6.3.3.1. Simulace klimatických modelů 37
6.3.3.2. Scénáře změny klimatu 40
6.4. Testování a kalibrace matematických modelů na jezeře Most 42
6.4.1. Výběr metod pro stanovení potenciální evapotranspirace 43
6.4.2. Kalibrace hydrologických modelů a ověření simulační efektivity 47
6.4.3. Plnění a bilance nádrže 55
6.4.3.1. Plnění jezera Most bez externí dotace 57
6.4.3.2. Vývoj hladiny v jezeře Most bez externí dotace 58
6.4.3.3. Stanovení externí dotace pro udržení hladiny na požadované úrovni 60
6.4.4. Změny klimatických veličin na jezeře Most 62
6.4.5. Bilance jezera Most v rámci klimatické změny 68
6.4.5.1. Vývoj hladiny v jezeru Most bez externí dotace 68
6.4.5.2. Stanovení externí dotace pro udržení hladiny na požadované úrovni 69
6.5. Celkový souhrn a závěry 72
7. POSOUZENÍ STÁVAJÍCÍ KONCEPCÍ HYDRICKÉ REKULTIVACE ZBYTKOVÉ JÁMY DOLU ČSA 76
7.1. Vstupní podklady 76
7.2. Rešerše a zhodnocení výchozích hydrogeologických, hydrografických a hydrologických podmínek 77
7.2.1. Hydrogeologické podmínky 77
7.2.1.1. Stařinové systémy 77
7.2.1.2. Hydrogeologické kolektory 78
7.2.2. Změny vodohospodářských poměrů 81
7.2.3. Hydrologické podmínky 86
7.2.4. Stanovení disponibilních průtoků ve vodních tocích 91

7.2.5. Hydrochemické podmínky 95
7.3. Matematický model hydrologické bilance plnění zbytkové jámy 96
7.3.1. Kalibrace modelu na charakteristikách odtoku 98
7.3.2. Plnění a bilance nádrže 99
7.3.2.1. Plnění nádrže bez externí dotace 100
7.3.2.2. Plnění nádrže s hydrogeologickým přítokem 101
7.3.2.3. Plnění nádrže s dotací z vybraných vodních toků 103
7.3.2.4. Plnění nádrže s hydrogeologickým přítokem a dotací z vybraných vodních toků 105
7.3.2.5. Stanovení externí dotace pro udržení hladiny na požadované úrovni 109
7.3.3. Plnění a bilance nádrže v rámci klimatické změny 110
7.3.3.1. Plnění nádrže bez externí dotace 111
7.3.3.2. Plnění nádrže s hydrogeologickým přítokem 113
7.3.3.3. Plnění nádrže s dotací vody z vybraných vodních toků 116
7.3.3.4. Plnění nádrže s hydrogeologickým přítokem a dotací z vybraných vodních toků 116
7.3.3.5. Stanovení externí dotace pro udržení hladiny na požadované úrovni 126
7.4. Návrh optimálního způsobu zatápění zbytkové jámy na základě technicko-ekonomického posouzení variantních možností 130
7.4.1. Disponibilita zdrojů vody pro zatápění 131
7.4.2. Cílová hladina jezera ve zbytkové jámě 134
7.5. Závěrečné shrnutí a doporučení optimalizace stávajících koncepcí 138
8. POSOUZENÍ STÁVAJÍCÍ KONCEPCÍ HYDRICKÉ REKULTIVACE ZBYTKOVÉ JÁMY DOLU VRŠANY 142
8.1. Vstupní podklady 142
8.2. Rešerše a zhodnocení výchozích hydrogeologických, hydrografických a hydrologických podmínek 143
8.2.1. Hydrogeologické podmínky 143
8.2.1.1. Stařinové systémy 143
8.2.1.2. Hydrogeologické kolektory 144
8.2.2. Změny vodohospodářských poměrů 146
8.2.3. Hydrologické podmínky 150
8.2.4. Stanovení disponibilních průtoků ve vodních tocích 153
8.2.5. Hydrochemické podmínky 154
8.3. Matematický model hydrologické bilance plnění zbytkové jámy 154
8.3.1. Kalibrace modelu na charakteristikách odtoku 155
8.3.2. Plnění a bilance nádrže 156
8.3.2.1. Plnění nádrže bez externí dotace 157
8.3.2.2. Plnění nádrže s hydrogeologickým přítokem 158
8.3.2.3. Plnění nádrže s dotací vody z Ohře 160
8.3.2.4. Stanovení externí dotace pro udržení hladiny na požadované úrovni 161
8.3.3. Plnění a bilance nádrže v rámci klimatické změny 162
8.3.3.1. Plnění nádrže bez externí dotace 163
8.3.3.2. Plnění nádrže s hydrogeologickým přítokem 165
8.3.3.3. Plnění nádrže s dotací vody z Ohře 169
8.3.3.4. Stanovení externí dotace pro udržení hladiny na požadované úrovni 169
8.4. Návrh optimálního způsobu zatápění zbytkové jámy na základě technicko-ekonomického posouzení variantních možností 173
8.4.1. Disponibilita zdrojů vody pro zatápění 174
8.4.2. Cílová hladina jezera ve zbytkové jámě 175
8.5. Závěrečné shrnutí a doporučení optimalizace stávajících koncepcí 177
9. POSOUZENÍ STÁVAJÍCÍ KONCEPCÍ HYDRICKÉ REKULTIVACE ZBYTKOVÉ JÁMY DOLU LIBOUŠ 180

9.1. Vstupní podklady 180
9.2. Rešerše a zhodnocení výchozích hydrogeologických, hydrografických a hydrologických podmínek 181
9.2.1. Hydrogeologické podmínky 181
9.2.1.1. Stařinové systémy 181
9.2.1.2. Hydrogeologické kolektory 182
9.2.2. Změny vodohospodářských poměrů 183
9.2.3. Hydrologické podmínky 187
9.2.4. Stanovení disponibilních průtoků ve vodních tocích 194
9.2.5. Hydrochemické podmínky 195
9.3. Matematický model hydrologické bilance plnění zbytkové jámy 197
9.3.1. Kalibrace modelu na charakteristikách odtoku 198
9.3.2. Plnění a bilance nádrže 199
9.3.2.1. Plnění nádrže bez externí dotace 199
9.3.2.2. Plnění nádrže s dotací vody z PPV 201
9.3.2.3. Stanovení externí dotace pro udržení hladiny na požadované úrovni 201
9.3.3. Plnění a bilance nádrže v rámci klimatické změny 202
9.3.3.1. Plnění nádrže bez externí dotace 203
9.3.3.2. Plnění nádrže s dotací vody z PPV 207
9.3.3.3. Stanovení externí dotace pro udržení hladiny na požadované úrovni 207
9.4. Návrh optimálního způsobu zatápění zbytkové jámy na základě technicko-ekonomického posouzení variantních možností 210
9.4.1. Disponibilita zdrojů vody pro zatápění 211
9.4.2. Cílová hladina jezera ve zbytkové jámě 213
9.5. Závěrečné shrnutí a doporučení optimalizace stávajících koncepcí 218
10. POSOUZENÍ STÁVAJÍCÍ KONCEPCÍ HYDRICKÉ REKULTIVACE ZBYTKOVÉ JÁMY DOLU BÍLINA 221
10.1. Vstupní podklady 221
10.2. Rešerše a zhodnocení výchozích hydrogeologických, hydrografických a hydrologických podmínek 222
10.2.1. Hydrogeologické podmínky 222
10.2.1.1. Stařinové systémy 222
10.2.1.2. Hydrogeologické kolektory 224
10.2.2. Změny vodohospodářských poměrů 224
10.2.3. Hydrologické podmínky 227
10.2.4. Stanovení disponibilních průtoků ve vodních tocích 232
10.2.5. Hydrochemické podmínky 235
10.3. Matematický model hydrologické bilance plnění zbytkové jámy 236
10.3.1. Kalibrace modelu na charakteristikách odtoku 237
10.3.2. Plnění a bilance nádrže 239
10.3.2.1. Plnění nádrže bez externí dotace 240
10.3.2.2. Plnění nádrže s hydrogeologickým přítokem 240
10.3.2.3. Plnění nádrže s hydrogeologickým přítokem a dotací z vybraných vodních toků 243
10.3.2.4. Stanovení externí dotace pro udržení hladiny na požadované úrovni 245
10.3.3. Plnění a bilance nádrže v rámci klimatické změny 246
10.3.3.1. Plnění nádrže bez externí dotace 247
10.3.3.2. Plnění nádrže s hydrogeologickým přítokem 249
10.3.3.3. Plnění nádrže s hydrogeologickým přítokem a dotací z vybraných vodních toků 252
10.3.3.4. Stanovení externí dotace pro udržení hladiny na požadované úrovni 257
10.4. Návrh optimálního způsobu zatápění zbytkové jámy na základě technicko-ekonomického posouzení variantních možností 259

10.4.1. Disponibilita zdrojů vody pro zatápění 260
10.4.2. Cílová hladina jezera ve zbytkové jámě 263
10.5. Závěrečné shrnutí a doporučení optimalizace stávajících koncepcí 266
11. CELKOVÁ KONCEPCE VODOHOSPODÁŘSKÉHO ŘEŠENÍ 269
11.1. Časový harmonogram zatápění jednotlivých zbytkových jam 269
11.2. Disponibilita zdrojů napouštěcí vody 270
12. CELKOVÉ SHRNUTÍ 273
13. CHARAKTERISTIKA TECHNICKÝCH NEDOSTATKŮ A HLAVNÍCH NEJISTOT A MOŽNOSTI JEJICH ELIMINACE 278
15. REFERENCE 283
16. SHRNUTÍ V NĚMECKÉM JAZYCE 286
17. SEZNAM OBRÁZKŮ 291
18. SEZNAM TABULEK 298
19. PŘÍLOHA A – GRAFY ZMĚNY VYBRANÝCH VELIČIN V DŮSLEDKU KLIMATICKÉ ZMĚNY 301
20. PŘÍLOHA B – TABULKY HODNOT BATYMETRIE 308
21. PŘÍLOHA C – TABULKY VÝVOJE HLADINY 313
22. PŘÍLOHA D – TABULKY VÝŠEK USTÁLENÝCH HLADIN ZE SIMULACÍ PRO SCÉNÁŘE KLIMATICKÉ ZMĚNY 330

1. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

1.1. Identifikační údaje objednavatele

Název:	**Ústecký kraj**
sídlo:	Velká Hradební 3118/48, 400 02 Ústí nad Labem
zastoupený:	Oldřichem Bubeníčkem, hejtmanem Ústeckého kraje
IČ:	70892156
DIČ:	CZ70892156
bankovní spojení:	Česká spořitelna a.s., č. ú.: 1983272/0800
pro věcná jednání:	Ing. Jana Nedrdová, vedoucí oddělení strategie
tel.:	+420 475 657 944
e-mail:	nedrdova.j@kr-ustecky.cz

1.2. Identifikační údaje zpracovatele

Název:	**R-PRINCIP Most s. r. o.**
sídlo:	Slatinická 2571, 434 01 Most
zastoupený:	Mgr. Martinem Kabrnou, Ph.D., jednatelem
IČ:	61326216
DIČ:	CZ61326216
registrace:	Krajský soud v Ústí nad Labem, oddíl C, složka 7024
bankovní spojení:	ČSOB v Mostě, č. ú.: 715215873/0300
tel.:	+420 724 302 256
kontakt:	rprincip@rprincip.cz

1.3. Identifikace díla

Název:	**„Posouzení stávajících koncepcí hydrických rekultivací“** v rámci projektu Vita-Min, č. 100266035
SoD č:	19/SML0043-SoD/SPRP
ze dne:	15. 2. 2019
termín plnění díla:	do 31. 5. 2019

2. PŘEDMĚT DÍLA

Předmětem zakázky je posouzení stávajících koncepcí budoucích hydrických rekultivací zbytkových jam současně aktivních povrchových dolů ČSA, Vršany, Libouš a Bílina, a to na základě zjištěných hydrochemických a hydrologických charakteristik dotčených povodí a vodních toků, získaných praktických poznatků a zkušeností ze zatápění zbytkových jam bývalých povrchových dolů Most-Ležáky a Chabařovice, a za použití vhodného matematického modelu hydrologické bilance. Práce budou rozděleny na jednotlivé těžební lokality, přičemž samostatně bude řešena i jedna referenční lokalita, na které bude kalibrován matematický model hydrologické bilance, který pak bude aplikován na ostatní lokality.

Na referenční lokalitě bude testován matematický model hydrologické bilance plnění zbytkové jámy, který bude kalibrován na základě provozních údajů z průběhu skutečného zatápění. Při stanovení hydrologické bilance budou uvažovány tyto složky: srážky, potenciální evapotranspirace, přímý odtok (povrchový a hypodermický odtok) a výpar z volné hladiny. Za účelem podchycení různých klimatických odchylek budou pro kalibraci použita vybraná meteorologická data v denním kroku za období posledních min. 20 let a základní hydrologické údaje stanovené pro dané povodí. Na základě kvality simulací modelů na této referenční lokalitě bude vybrán jeden model, který bude dále použit pro matematické modelování hydrologických bilancí na ostatních lokalitách. Vybraný matematický model v oblasti modelování hydrologické bilance by měl být standardně používaný, celistvý, konceptuální model, který bude vykazovat značnou míru robustnosti. Vybraný model bude použit pro stanovení bilance a průběhu plnění jezera ve zbytkové jámě. Model by měl zohledňovat vývoj půdního krytu v povodí jezera a rovněž aktuální scénáře klimatické změny.

Pro každou těžební lokalitu budou zakoupena relevantní hydrologická a klimatická data. Bude provedena rešerše a zhodnocení výchozích hydrologických, hydrografických a klimatických podmínek zbytkových jam. Dále bude popsána stávající koncepce zatápění zbytkové jámy dle platných Souhrnných plánů sanací a rekultivací. Pozornost bude věnována jak parametrům vlastního jezera ve zbytkové jámě, tak i navrhovaným zdrojům napouštěcí vody, způsobu jejího přivedení do zbytkové jámy a způsobu řešení převádění nadbilančních vod. Následně bude tato koncepce posuzována z hlediska technické proveditelnosti a ekonomické náročnosti. Na každé zbytkové jámě bude aplikován vybraný matematický model hydrologické bilance, který byl kalibrován na referenční lokalitě. Cílem matematického modelování by mělo být stanovení přirozeně ustálené hladiny jezera ve zbytkové jámě z přítoků povrchových i podzemních vod z vlastního povodí zbytkové jámy. Podle potřeby může být model vytvořen v několika scénářích, které budou zohledňovat přípustnou variabilitu vstupních parametrů hydrologické bilance. Následně budou hledána a analyzována možná variantní řešení celkového vodohospodářského řešení hydrické rekultivace každé zbytkové jámy. Nakonec bude provedeno posouzení využitelnosti vodních toků v okolí zbytkových jam pro jejich zatápění, a to na základě hydrochemických a hydrologických charakteristik těchto toků dle výsledků Kompendia. Závěrečným bodem bude návrh optimálního způsobu zatápění každé zbytkové jámy a stanovení potřeby a způsobu modifikace stávajících koncepcí hydrických rekultivací. V neposlední řadě bude sestavena celková koncepce vodohospodářské řešení všech posuzovaných zbytkových jam z hlediska jejich časového harmonogramu, vzájemné provázanosti a disponibility vody pro zatápění.

Výstupem zakázky bude souhrnná textová zpráva ve formátu WORD (min. rozsah 100 normostran) s doprovodnými přílohami (textové, tabulkové a grafické přílohy). Zpráva bude mít následující základní osnovu:

a) *Zhodnocení hydrické rekultivace bývalého dolu Most-Ležáky*
   i. *Stručný popis průběhu zatápění zbytkové jámy.*
   ii. *Kalibrace vybraných matematických modelů hydrologické bilance jezera Most (příprava vstupních dat, identifikace charakteristických časových úseků, tvorba kalibračních setů pro hydrologické modely, stanovení rozvodnice a batymetrických charakteristik referenčního jezera, sestavení modulu pro dynamické stanovení výparu).*
b) *Posouzení stávající koncepcí hydrické rekultivace zbytkové jámy dolu ČSA*
   i. *Rešerše a zhodnocení výchozích hydrologických, hydrografických a klimatických podmínek*
   ii. *Matematický model hydrologické bilance plnění zbytkové jámy*
   iii. *Možnosti variantního řešení zatápění zbytkové jámy*
   iv. *Technicko-ekonomické zhodnocení*
   v. *Návrh optimálního způsobu zatápění zbytkové jámy*
   vi. *Závěrečné shrnutí a doporučení optimalizace stávajících koncepcí*
c) *Posouzení stávající koncepcí hydrické rekultivace zbytkové jámy dolu Vršany*
   i. *Rešerše a zhodnocení výchozích hydrologických, hydrografických a klimatických podmínek*
   ii. *Matematický model hydrologické bilance plnění zbytkové jámy*
   iii. *Možnosti variantního řešení zatápění zbytkové jámy*
   iv. *Technicko-ekonomické zhodnocení*
   v. *Návrh optimálního způsobu zatápění zbytkové jámy*
   vi. *Závěrečné shrnutí a doporučení optimalizace stávajících koncepcí*
d) *Posouzení stávající koncepcí hydrické rekultivace zbytkové jámy dolu Libouš*
   i. *Rešerše a zhodnocení výchozích hydrologických, hydrografických a klimatických podmínek*
   ii. *Matematický model hydrologické bilance plnění zbytkové jámy*
   iii. *Možnosti variantního řešení zatápění zbytkové jámy*
   iv. *Technicko-ekonomické zhodnocení*
   v. *Návrh optimálního způsobu zatápění zbytkové jámy*
   vi. *Závěrečné shrnutí a doporučení optimalizace stávajících koncepcí*
e) *Posouzení stávající koncepcí hydrické rekultivace zbytkové jámy dolu Bílina*
   i. *Rešerše a zhodnocení výchozích hydrologických, hydrografických a klimatických podmínek*
   ii. *Matematický model hydrologické bilance plnění zbytkové jámy*
   iii. *Možnosti variantního řešení zatápění zbytkové jámy*
   iv. *Technicko-ekonomické zhodnocení*
   v. *Návrh optimálního způsobu zatápění zbytkové jámy*
   vi. *Závěrečné shrnutí a doporučení optimalizace stávajících koncepcí*
f) *Celková koncepce vodohospodářského řešení*
   i. *Časový harmonogram zatápění jednotlivých zbytkových jam*
   ii. *Disponibilita zdrojů napouštěcí vody*

Předkládaná souhrnná zpráva je po věcné stránce zpracována dle výše uvedené osnovy. Po formální stránce byly některé dílčí kapitoly sloučeny, aby se předešlo zbytečné roztříštěnosti sdělovaných informací, a zároveň byly přidány některé nové dílčí kapitoly obsahující další relevantní informace. Souhrnná zpráva obsahuje celkem 269 normostran.

3. ZPRACOVATELSKÝ KOLEKTIV

Na zpracování díla se kromě autorského kolektivu R-PRINCIP Most, s. r. o., rovněž externě podíleli odborní pracovníci České zemědělské univerzity v Praze, Fakulty životního prostředí, katedry vodního hospodářství a environmentálního modelování, a to Ing. Vojtěch Havlíček, Ph.D., Ing. Martin Heřmanovský, Ph.D., a doc. Ing. Martin Hanel, Ph.D., kteří se zabývali výběrem, ověřením a kalibrací vhodného matematického modelu hydrologické bilance a jeho aplikací na jednotlivých lokalitách.

Pro kalibraci matematického modelu hydrologické bilance na referenční lokalitě (jezero Most) byly použity provozní údaje ze zatápění jezera Most, které poskytl Palivový kombinát Ústí, s. p.

V Mostě dne 31. května 2019

R-PRINCIP Most, s.r.o.
Slatinická 2571, 434 01 Most
IČO: 61326216

Vedoucí kolektivu: Mgr. Martin Kabrna, Ph.D. ……

4. ÚVOD

Pánevní krajina pod Krušnými horami je od poloviny minulého století rozsáhle přetvářena povrchovou těžbou hnědého uhlí. Nevyhnutelným pozůstatkem této antropogenní krajinotvorné činnosti jsou zbytkové jámy povrchových dolů. Logistika povrchové těžby je do značné míry předurčena technologickými možnostmi dobývání hluboce uloženého ložiska suroviny i dlouhodobým charakterem provádění hornické činnosti. Prvotní otvírka lomu vyžaduje odtěžení nemalých objemů zemin a substrátů uložených nad vlastní uhelnou slojí a jejich deponování mimo prostor budoucího postupu porubní fronty lomu. Takto založená tělesa nadložních zemin mimo povrchový důl se označují jako vnější výsypky. Zpravidla se využívá nikoli jediná vnější výsypka, ale dvě i více vnějších výsypek. Jejich povrch bývá po dosypání konečné morfologie tělesa výsypky rekultivován. Teprve až porubní fronta lomu postoupí tak daleko, aby za sebou zanechala dostatečný prostor, může být vyuhlená část lomu využita pro zpětné ukládání nadložních zemin. Výsypky budované uvnitř lomu se pak označují jako vnitřní. Nicméně okamžik, kdy je možné přesměrovat transport nadložních zemin z vnějších do vnitřních výsypek, nastává nejdříve po 10 až 20 letech od otvírky lomu, u hlubokých velkolomů i později. Přednostně musí být zpětně ukládány nadložní zeminy z porubní fronty lomu. Až v samotném závěru douhlování ložiska, kdy se postupně ukončuje těžba na skrývkových řezech lomu, by bylo teoreticky možné uvažovat o redeponování těles vnějších výsypek založených v počátečních fázích těžby. V té době jsou však tato tělesa vnějších výsypek, stará několik desítek let, zcela rekultivována. Muselo by tedy dojít k opětovné devastaci ekosystémů na vnější výsypce, které již bývají v pokročilém stádiu svého vývoje. Navíc by si opětovné odtěžování vnějších výsypek, jejich transport a redeponování do vnitřní výsypky vyžádalo mnohaleté prodloužení působení negativních vlivů povrchové těžby, tedy prašnosti a hlučnosti, které by jinak ustaly s ukončením samotné těžby v lomu.

Pokud přijmeme skutečnost, že zpětné zasypání zbytkových jam povrchových dolů je z hlediska životního prostředí neakceptovatelnou variantou, pak ve hře zůstávají již pouze dvě možnosti. První z nich je ponechat zbytkové jámy samovolnému vývoji. Pomineme-li legislativní aspekty, po technické stránce je to představitelné pouze u maloplošných těžeben, jejichž zbytkové jámy jsou relativně mělké a nehrozí zde sesuvy bočních svahů lomu či svahů vnitřní výsypky. U hlubokých zbytkových jam hnědouhelných lomů se však takové negativní projevy mohou projevit v rozsáhlém měřítku a potenciálně ohrozit i širší okolí zbytkové jámy. Příkladem samovolného vývoje

zbytkové jámy hnědouhelného lomu je bývalý malolom Barbora u Teplic. Jeho zbytková jáma nebyla dostatečně sanována a po ukončení čerpání vody na dně lomu došlo k samovolné akumulaci povrchových i podpovrchových vod, které do zbytkové jámy neřízeně přitékaly z okolí lomu. Následně došlo k opakovaným sesuvům svahů nad vodní plochou, které ohrozily i pozemní stavby v okolí bývalého lomu, a proto musela být lokalita dodatečně a opakovaně sanována.

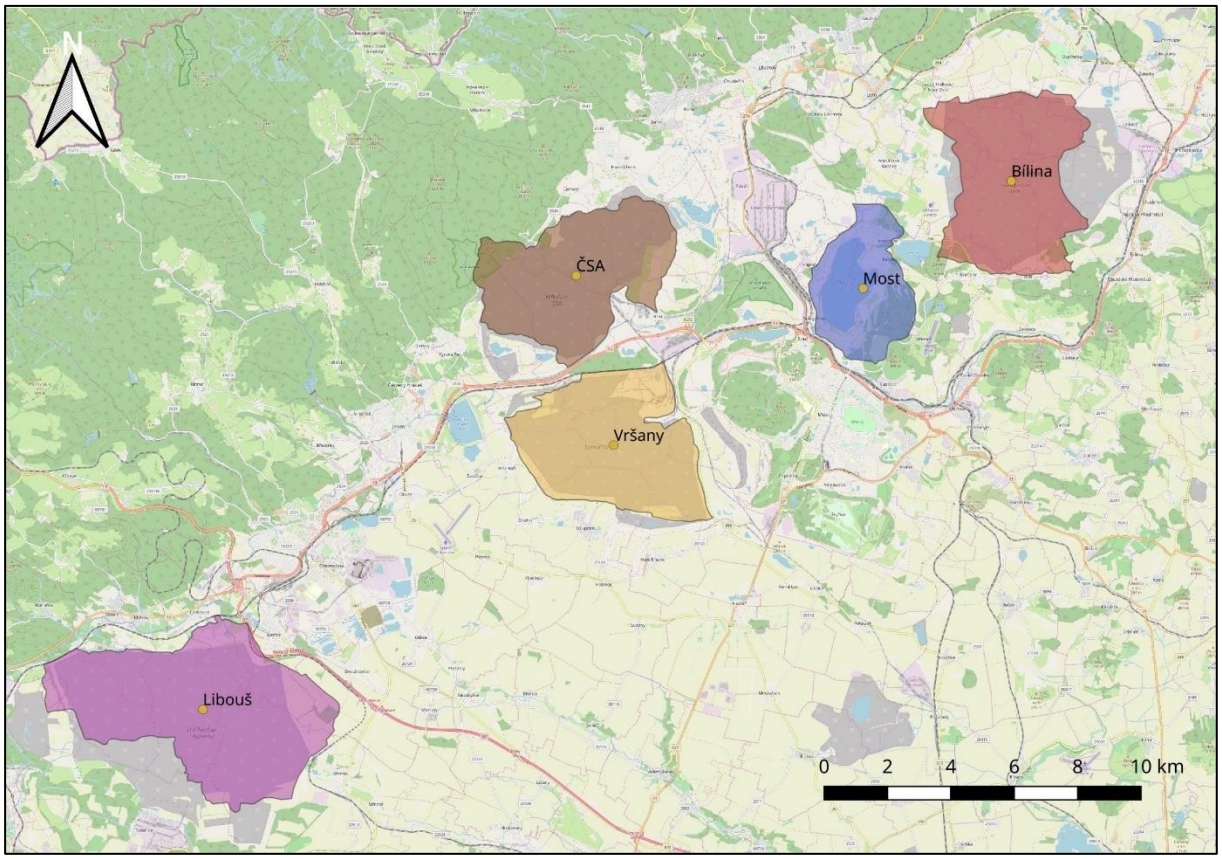
V případě hnědouhelných velkolomů je tak jedinou přijatelnou variantou řízené zatopení zbytkové jámy povrchovou vodou. I v případě samovolného vývoje by došlo k přirozenému zaplavování zbytkové jámy, ale trvalo by to desítky až stovky let. Pod pojmem řízené zatápění máme proto na mysli zaplavení vodou z dostatečně kapacitního zdroje na předem stanovenou úroveň, kterému předchází nezbytná sanace zbytkové jámy. Sanací zbytkové jámy se rozumí nejen provedení nezbytných stabilizačních opatření, které zajistí bezpečnost a stabilitu celé zbytkové jámy, ale i provedení veškerých vodohospodářských opatření, které umožní budoucí jezero provozovat. Tímto způsobem byly rekultivovány zbytkové jámy bývalých lomů Chabařovice na Ústecku či Ležáky-Most na Mostecku. Se zatopením zbytkových jam počítají i rekultivační plány všech čtyř současně provozovaných lomů.

Cílem této studie je posouzení stávajících koncepcí plánovaných hydrických rekultivací zbytkových jam současně aktivních povrchových dolů ČSA, Vršany, Libouš a Bílina, a to na základě hydrochemických a hydrologických charakteristik dotčených povodí a vodních toků zjištěných v rámci předchozích studií projektu VITA-MIN, praktických poznatků a zkušeností získaných při zatápění zbytkových jam bývalých povrchových dolů Most-Ležáky a Chabařovice, a prostřednictvím aplikace vhodného matematického modelu hydrologické bilance.

5. ŘEŠENÉ ÚZEMÍ A VSTUPNÍ DATA

Řešeným územím jsou povodí 4. řádu, ve kterých se nachází lomy Bílina, ČSA, Vršany a Libouš a jezero Most. Tato povodí, kromě povodí jámy Libouš, spadají pod povodí Bíliny (2. řádu), povodí lomu Libouš patří do povodí Ohře (2. řádu).

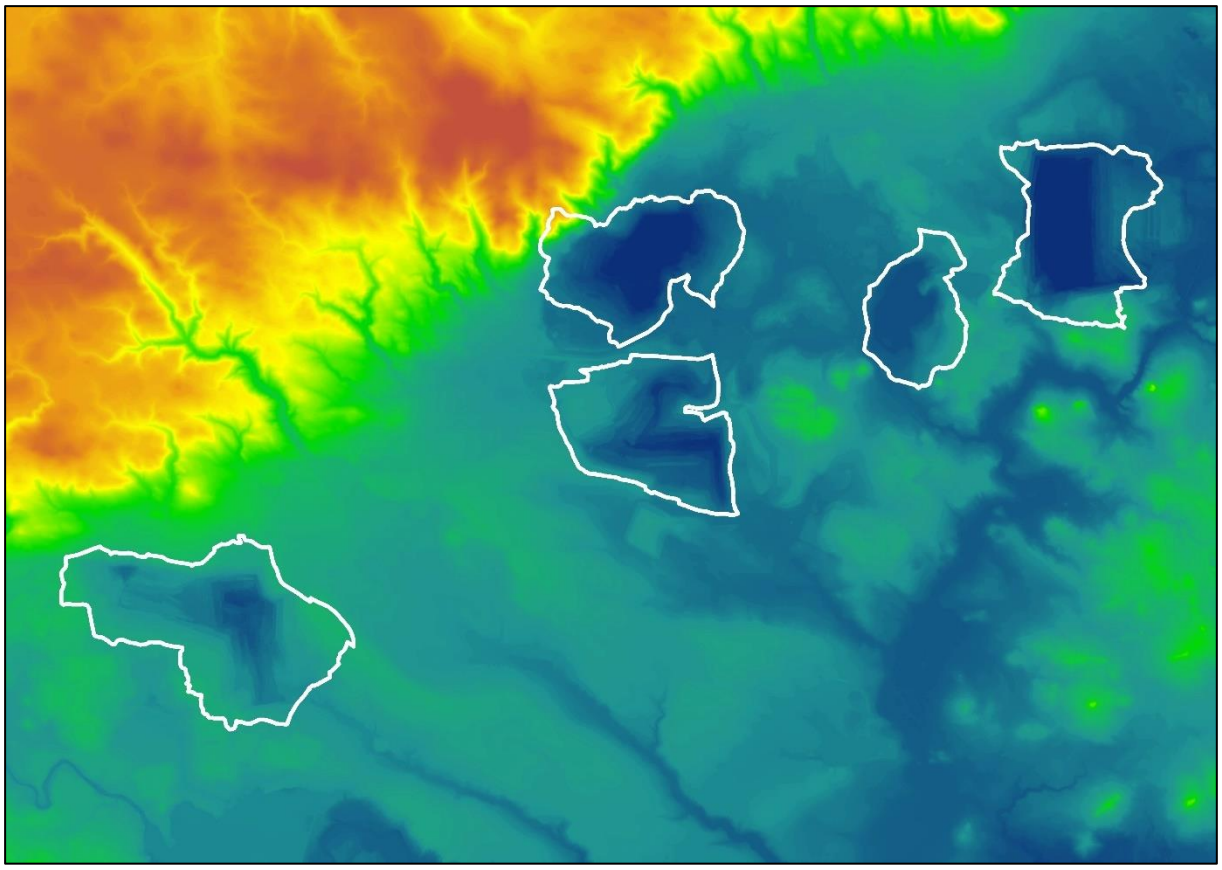
Zájmová oblast spadá dle Quittovy klasifikace podnebí (*Quitt, 1971*) do klimatické oblasti T2, s dlouhým teplým létem, s velmi krátkými přechodovými obdobími a krátkou mírně teplou zimou. Podnebí je silně ovlivněno členitým reliéfem a srážkovým stínem Krušných hor. Řešená povodí zobrazuje Obrázek 1.



Obrázek 1. Řešená povodí

5.1. Geografická data

Geografická data představoval rastr digitálního modelu terénu (DMT) s rozlišením 5 m, který byl vytvořen společností Sweco Hydroprojekt, a. s., v rámci předchozí studie projektu VITA-MIN (Obrázek 2). DMT byl odvozen z digitálního reliéfu České republiky 5. generace (DMR 5G) z roku 2010 až 2011 a prostory povrchových dolů, včetně přilehlých území, byly zpřesněny současným zaměřením, které poskytly těžební společnosti jednotlivých lomů.



Obrázek 2. Digitální model terénu

Vektorová data povodí zbytkových těžebních jam (dále jen povodí) v podobě polygonů byla rovněž vytvořena společností Sweco Hydroprojekt, a. s., v rámci předchozí studie projektu VITA-MIN. Na základě polygonů povodí a DMT byly rastrovou a vektorovou analýzou v geografickém informačním systému *GRASS GIS* stanoveny charakteristiky povodí, které jsou nezbytné pro sestavení hydrologického modelu. Jedná se o plochu povodí, průměrnou nadmořskou výšku, souřadnice těžiště povodí a hypsografické křivky. Přehled geografických charakteristik povodí uvádí Tabulka 1.

Tabulka 1. Geografické charakteristiky povodí (Q1 je dolní kvartil, Q2 medián a Q3 horní kvartil)

ID	Lom/Jezero	Plocha povodí	Souřadnice	Hypsografie [m n. m.]				
		[km^2]	těžiště povodí	Min.	Q1	Q2	Q3	Max.
LIB	Libouš	31,52	50,42N, 13,361E	5,2	264,0	295,6	326,6	376,1
BIL	Bílina	21,14	50,569N, 13,719E	2,6	148,4	201,7	235,4	377,6
MOS	Most	11,35	50,539N, 13,654E	197,0	199,2	228,8	264,1	341,5
CSA	ČSA	20,37	50,542N, 13,526E	53,6	166,4	209,2	236,8	755,0
VRS	Vršany	21,04	50,495N, 13,543E	159,4	209,5	234,6	266,3	311,5

Pro stanovení batymetrických hodnot (dále jen batymetrie) budoucích nádrží (zbytkových jam) byly použity podklady poskytnuté jednotlivými těžebními společnostmi. Jednalo se o vrstevnicové modely terénu nebo modely s bodovým polem. Tyto modely reprezentují budoucí stav terénu v době při ukončení hornické činnosti jednotlivých lomů (viz specifikace zdrojových dat u batymetrických tabulek v příloze B).

Grafy batygrafických čar a tabulky s batymetriemi pro budoucí jezera (v případě jezera Most stávající) jsou uvedeny v grafické podobě v příslušné kapitole, v tabulkové podobě pak v příloze B na str. 308 až 312.

5.2. Meteorologická data

Hydrologické modely použité v této studii vyžadují jako vstupy denní časové řady srážek (P [mm]), průměrné teploty vzduchu (T [°C]) a potenciální evapotranspirace (PET [mm]). Časové řady denních úhrnů srážek a průměrných denních teplot byly poskytnuty Českým hydrometeorologickým ústavem (ČHMÚ), pobočka Ústí nad Labem. Jednalo se o data z meteorologických stanic Kopisty a Tušimice v rozsahu od 1. 7. 1988 do 30. 6. 2018. V průběhu řešení byla rozšířena řada měření ze stanice Kopisty až do konce roku 2018.

Časové řady PET byly vypočteny pomocí metod uvedených v kap. 6.3.2. Vstupem pro výpočet PET byly u všech metod časové řady průměrných denních teplot. Jako doplňkovou informaci vyžadovaly některé metody i údaj o zeměpisné šířce povodí kvůli výpočtu světlé délky dne v průběhu roku a extraterestriální insolace.

Dalším zdrojem meteorologických dat pro lokalitu jezera Most byla data z plovoucího výparoměru na jezeře Most, z něhož byla k dispozici denní časová řada výparu z volné vodní hladiny (E_{vyp}[mm]) o celkové délce 1,5 roku (1. 7. 2017 až 31. 12. 2018) a dále časová řada výparu z volné hladiny v denním časovém kroku pro stanici Kopisty (E_{chmu}[mm]) vypočtená ČHMÚ v délce 5 let (1. 1. 2014 až 31. 12. 2018). Tato časová řada byla vypočtena na základě upravené Penmanovy rovnice, která je součástí agrometeorologického modelu AVISO, provozovaného na ČHMÚ, pobočce Brno.

Základní statistické charakteristiky použitých časových řad prezentuje Tabulka 2. Podrobnější prezentaci pro každou stanici uvádí následující podkapitoly.

Tabulka 2. Základní statistické charakteristiky použitých meteorologických časových řad (Q1 je dolní kvartil, Q2 medián a Q3 horní kvartil)

Veličina	Zdroj dat	Délka řady v letech	Min.	Q1	Q2	Q3	Max.
					[°C], [mm]		
T	stanice Kopisty	30,5	-16,90	3,00	9,60	16,00	29,80
P	stanice Kopisty	30,5	0,00	0,00	0,00	0,90	58,90
E_{chmu}	stanice Kopisty	5	0,00	0,30	0,90	2,20	6,60
E_{vyp}	výparoměr - jezero Most	1,5	0,04	1,74	3,07	4,26	8,86
T	stanice Tušimice	30	-16,60	3,10	9,40	15,60	28,70
P	stanice Tušimice	30	0,00	0,00	0,00	0,80	68,60

5.2.1. Stanice Kopisty

Roční srážkové úhrny ve sledovaném období znázorňuje Obrázek 3. Dlouhodobý průměr ročních srážkových úhrnů činí 489,8 mm.

Roční průměrné teploty ve sledovaném období znázorňuje Obrázek 4. Dlouhodobý průměr ročních teplot činí 9,4 °C.

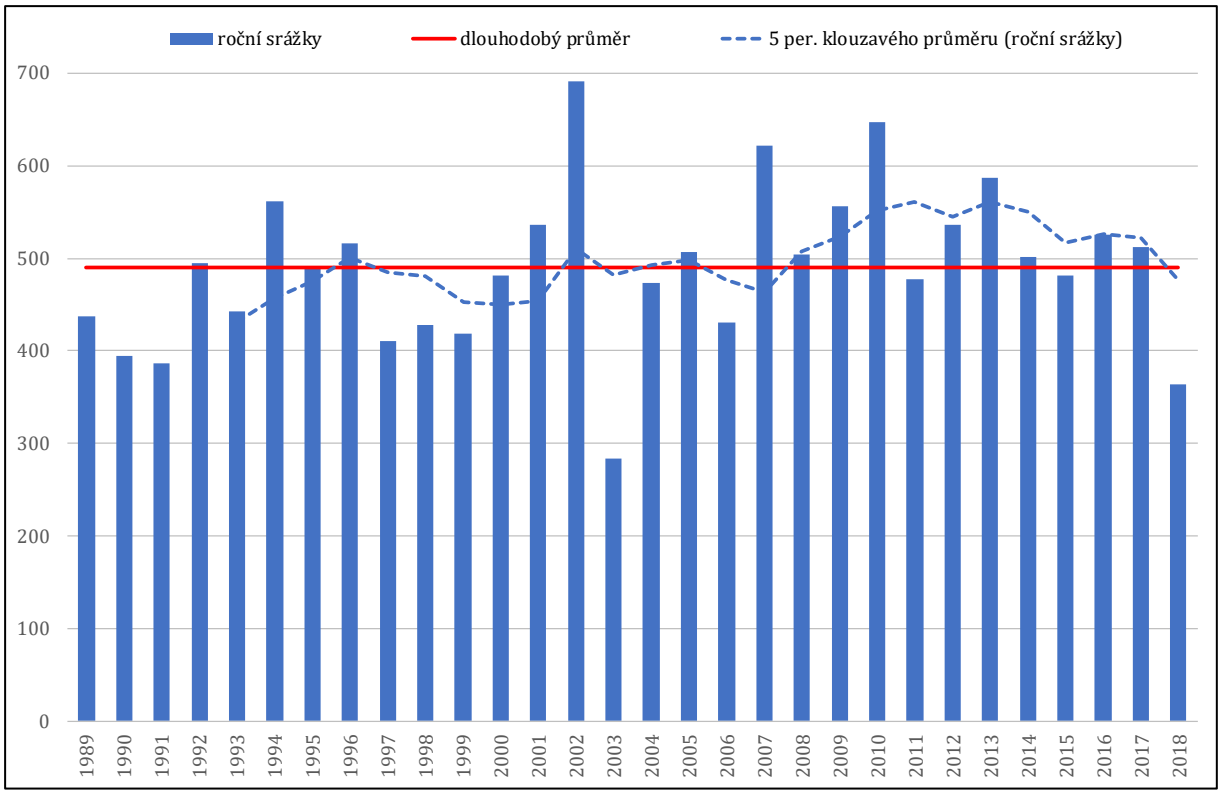
Z vypočtených časových řad PET byl spočítán dlouhodobý průměr PET. Pro výpar z povodí (dle Oudina) činí hodnota 639,2 mm. Pro výpar z volné hladiny (dle VUV1) činí hodnota 811,9 mm.

5.2.2. Stanice Tušimice

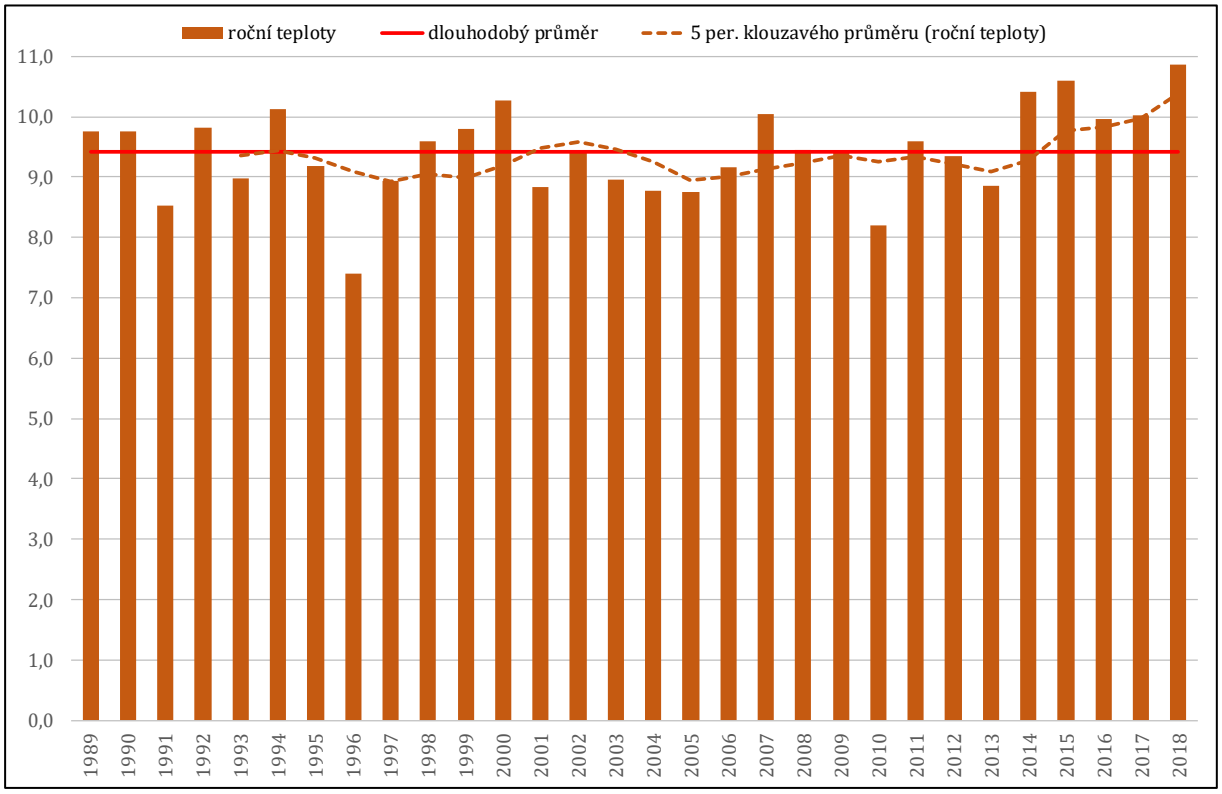
Roční srážkové úhrny ve sledovaném období znázorňuje Obrázek 5. Dlouhodobý průměr ročních srážkových úhrnů činí 450,1 mm.

Roční průměrné teploty ve sledovaném období znázorňuje Obrázek 6. Dlouhodobý průměr ročních teplot činí 9,1 °C.

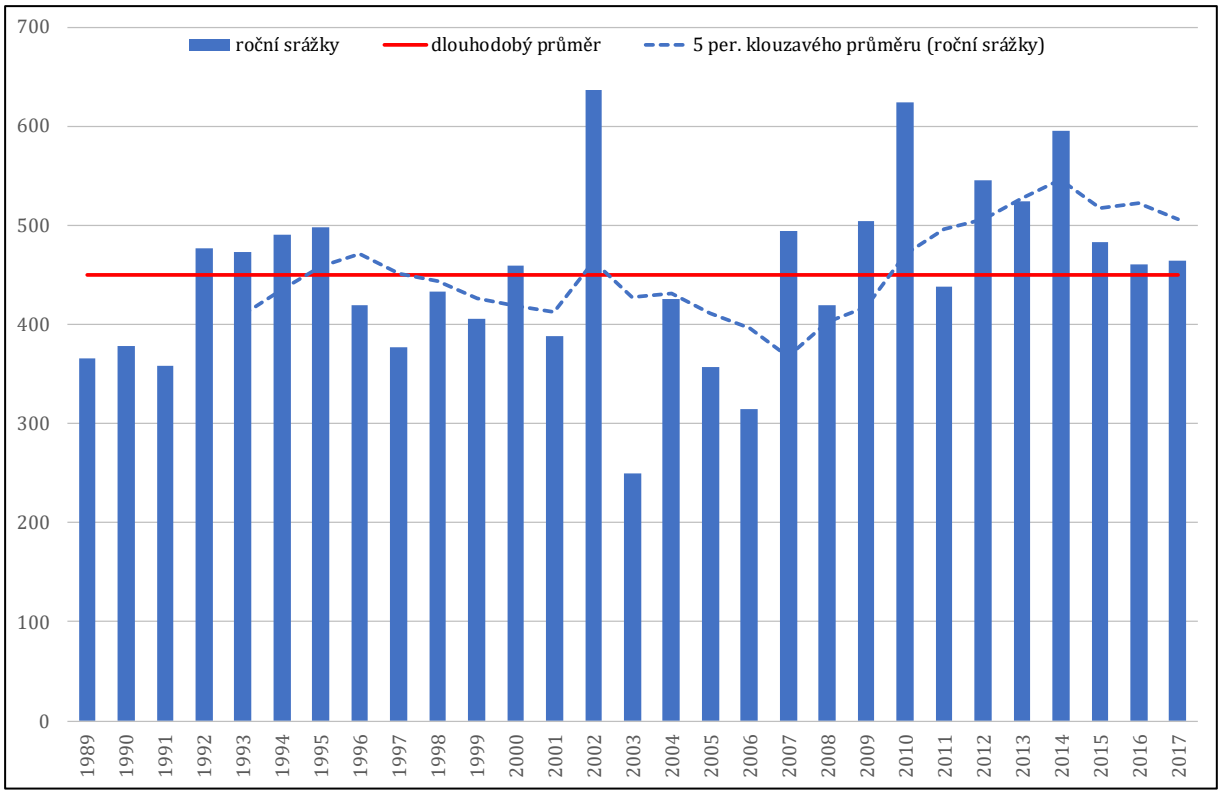
Z vypočtených časových řad PET byl spočítán dlouhodobý průměr PET. Pro výpar z povodí (dle Oudina) činí hodnota 626,4 mm. Pro výpar z volné hladiny (dle VUV1) činí hodnota 793,2 mm.



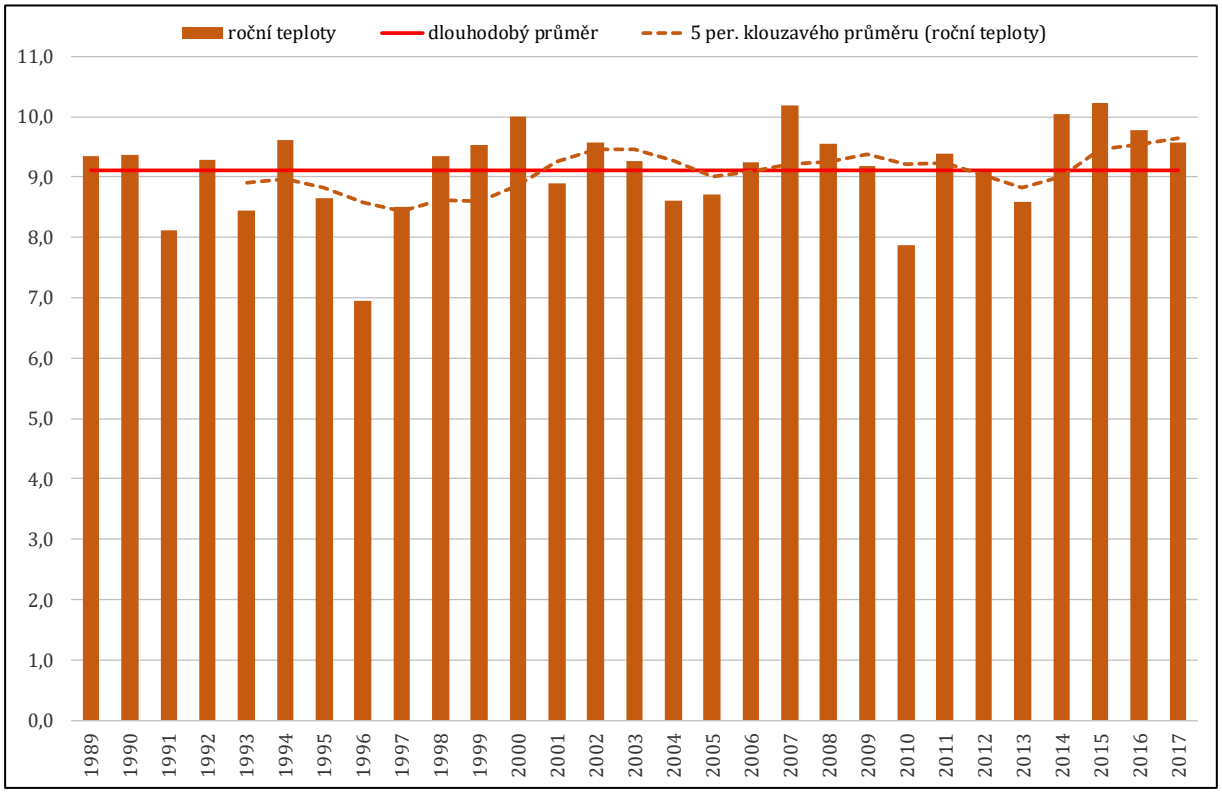
Obrázek 3. Roční srážkové úhrny, stanice Kopisty



Obrázek 4. Roční průměry teplot, stanice Kopisty



Obrázek 5. Roční srážkové úhrny, stanice Tušimice



Obrázek 6. Roční průměry teplot, stanice Tušimice

5.3. Hydrologická data

Kalibrace a následné vyhodnocení simulační účinnosti hydrologických modelů probíhá v měsíčním nebo denním časovém kroku. Modely použité v této studii pracovaly v denním kroku. Denní krok byl zvolen i z důvodu modifikované kalibrace modelů. Modifikovanou kalibrací se zde rozumí kalibrace na odtokové charakteristiky povodí, nikoliv na řady měřených průměrných denních odtoků. V případě jezera Most proběhla i standardní kalibrace obou modelů. Více k této problematice je uvedeno v kap. 6.3.

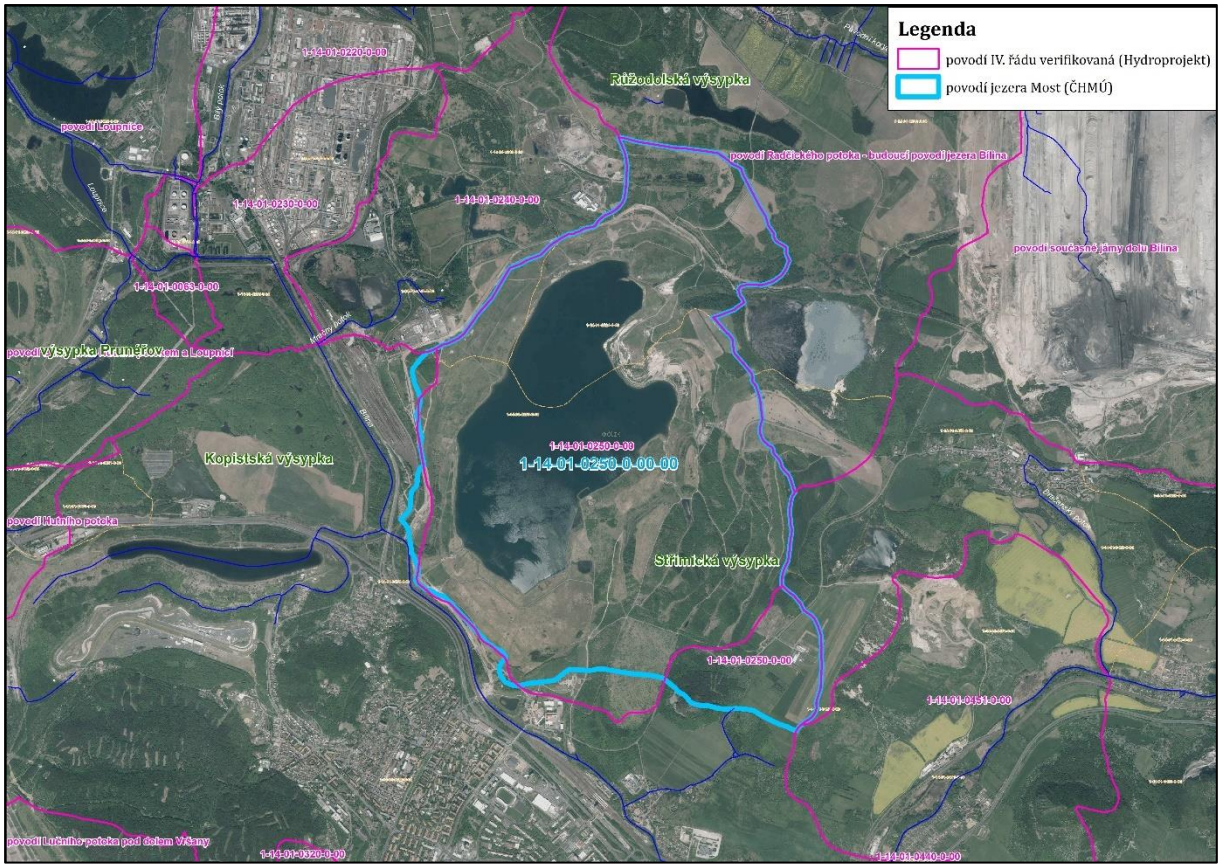
Odtokové charakteristiky povodí, které sloužily pro kalibraci modelů, vycházejí ze základních hydrologických údajů poskytnutých ČHMÚ, které jsou pro jednotlivá povodí uvedeny v následujících tabulkách.

Grafické znázornění jednotlivých povodí ilustrují následující obrázky. Kromě povodí evidovaných ČHMÚ, k nimiž se vztahují poskytnuté základní hydrologické údaje, jsou na obrázcích zobrazeny i rozvodnice, které byly vytvořeny společností Sweco Hydroprojekt, a. s., v rámci předchozí studie projektu VITA-MIN. Z obrázků je patrné, že povodí vymezená ČHMÚ se místy liší od povodí vymezených společností Sweco Hydroprojekt, a. s. Pro účely kalibrace modelů není však důležitá přesnost vymezení současného povodí jámy lomu, ale změna povodí, která nastane v souvislosti s postupem lomu do konečné fáze těžby. Tyto změny jsou blíže popsány samostatně u každé lokality.

Podle ústního sdělení jsou rozvodnice na ČHMÚ průběžně aktualizovány a ČHMÚ poskytuje základní hydrologické údaje pouze k aktuálně existujícím povodím, tj. povodím současných jam lomů. Pokud by měly být základní hydrologické údaje vztaženy k povodím budoucích zbytkových jam, jejichž morfologie teprve vznikne budoucím postupem lomů, musely by být údaje stanoveny v rámci samostatných hydrologických studií, což je mimo finanční i časový rámec této studie. Nicméně v případě, kdy budoucím postupem lomu nedojde k významnějším změnám v rozloze povodí či k výraznější změně geografické lokalizace budoucího povodí, lze považovat hydrologické údaje poskytnuté pro současná povodí za dostatečně reprezentativní i pro budoucí povodí.

Tabulka 3. Základní hydrologické údaje pro povodí jezera Most

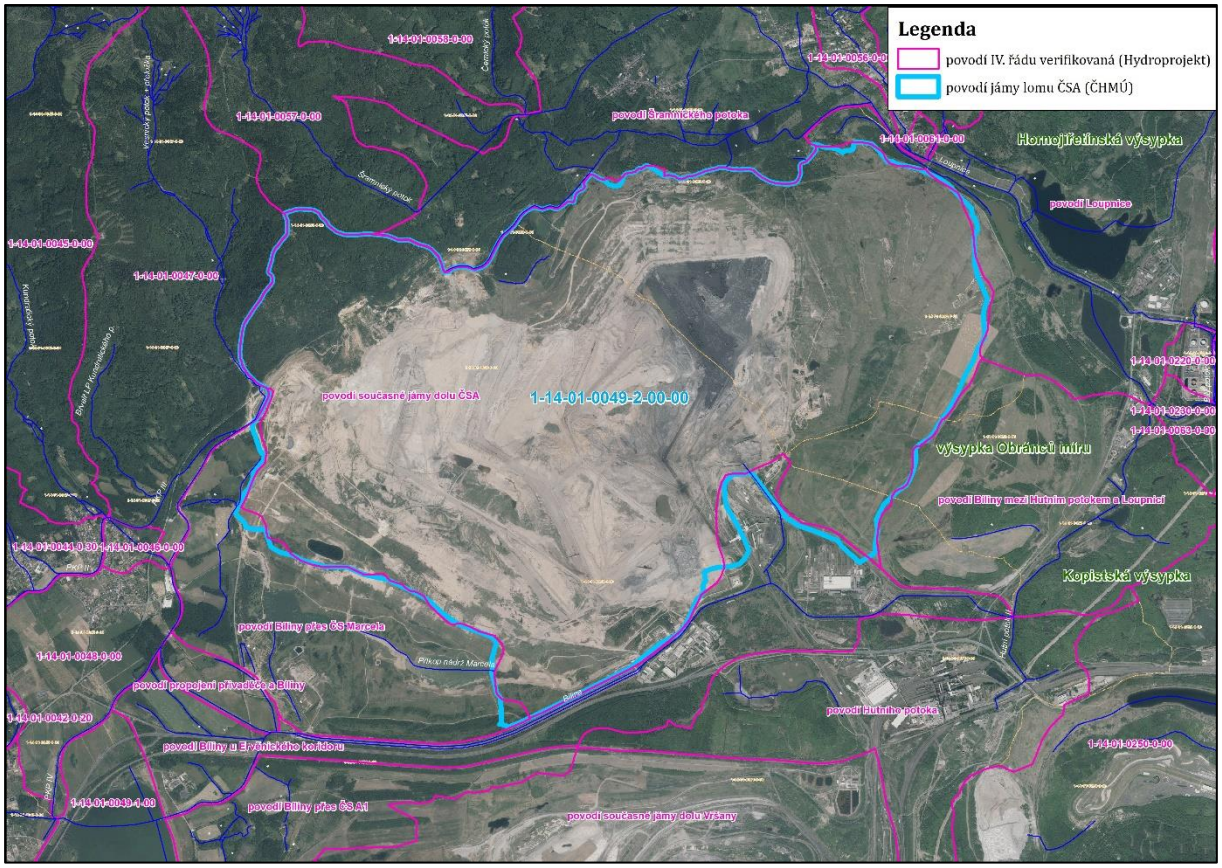
Vodní tok	**jezero Most**												
Číslo hydrologického pořadí	1-14-01-0250-0-00												
Profil	potenciální přepad												
Plocha povodí A [a]	12,15 km²												
Dlouhodobá průměrná roční výška srážek na povodí P_a	500 mm												
Dlouhodobý průměrný průtok Q_a	16 l/s									Třída IV			
M-denní průtoky Q_{Md} [b]	l/s												
30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	355	364	Tř.
44	28	20	15	11	8,5	6,4	4,6	3,7	3,1	2,6	1,8	1,0	IV
N-leté průtoky Q_N	m³/s												
1	2	5	10	20	50	100	200		500		Třída		
3,47	4,77	7,37	9,10	12,6	20,8	28,9					IV		



Obrázek 7. Povodí jezera Most

Tabulka 4. Základní hydrologické údaje pro povodí současné jámy lomu ČSA

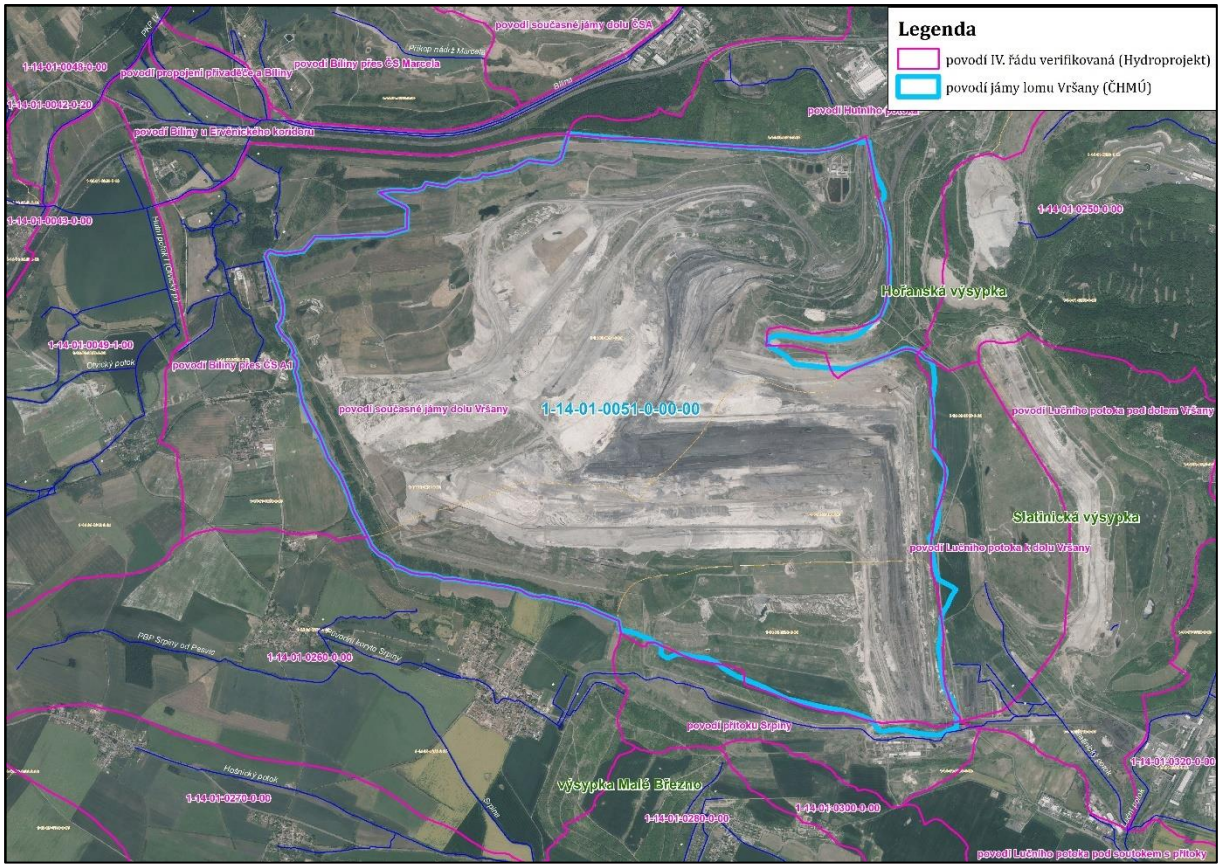
Vodní tok	**Důl ČSA**												
Číslo hydrologického pořadí	1-14-01-0049-2-00												
Profil	potenciální přepad												
Plocha povodí A [a]	20,62 km²												
Dlouhodobá průměrná roční výška srážek na povodí P_a	587 mm												
Dlouhodobý průměrný průtok Q_a	57 l/s									Třída IV			
M-denní průtoky Q_{Md} [b]	l/s												
30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	355	364	Tř.
153	100	74	56	44	38	31	25	20	16	13	7,8	4,8	IV
N-leté průtoky Q_N	m³/s												
1	2	5	10	20	50	100	200		500		Třída		
4,94	6,80	10,5	13,0	18,0	29,7	41,2					IV		



Obrázek 8. Povodí současné jámy lomu ČSA

Tabulka 5. Základní hydrologické údaje pro povodí současné jámy lomu Vršany

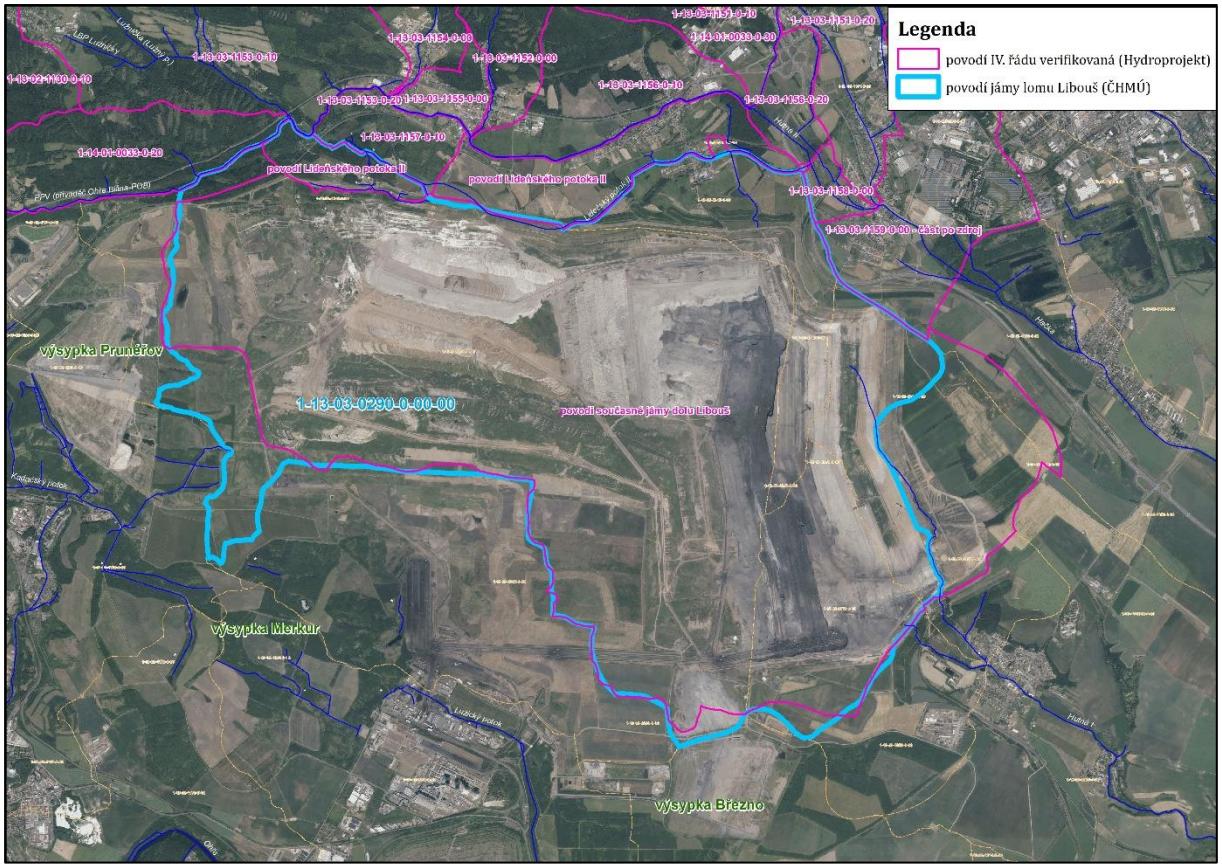
Vodní tok	**Důl Vršany**												
Číslo hydrologického pořadí	1-14-01-0051-0-00												
Profil	potenciální přepad												
Plocha povodí A [a]	21,10 km^2												
Dlouhodobá průměrná roční výška srážek na povodí P_a	496 mm												
Dlouhodobý průměrný průtok Q_a	24 l/s									Třída IV			
M-denní průtoky Q_{Md} [b]	l/s												
30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	355	364	Tř.
68	43	31	23	17	13	9,9	7,2	5,7	4,8	4,1	2,9	1,6	IV
N-leté průtoky Q_N	m^3/s												
1	2	5	10	20	50	100	200		500		Třída		
4,73	6,50	10,0	12,4	17,2	28,4	39,4					IV		



Obrázek 9. Povodí současné jámy lomu Vršany

Tabulka 6. Základní hydrologické údaje pro povodí současné jámy lomu Libouš

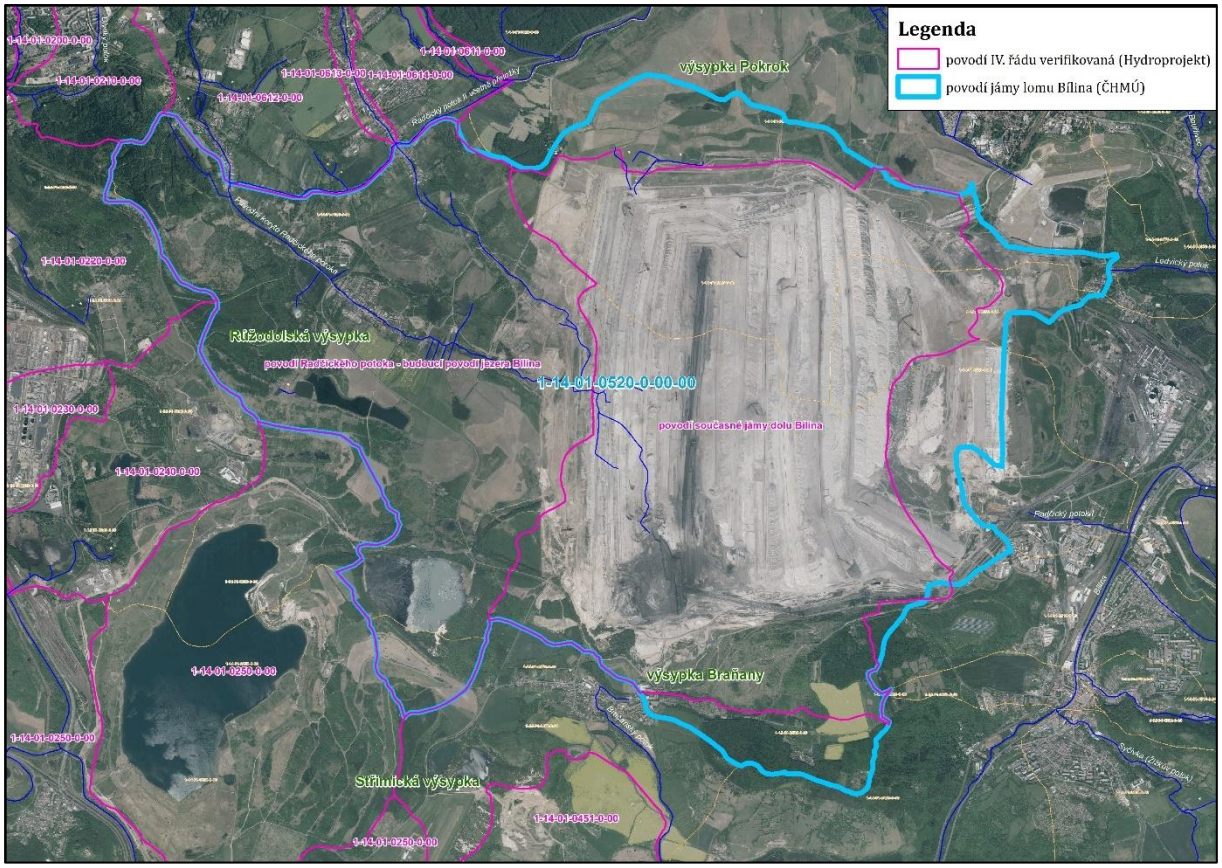
Vodní tok	**Důl Nástup**												
Číslo hydrologického pořadí	1-13-03-0370-0-00												
Profil	potenciální přepad												
Plocha povodí A [a]	31,58 km^2												
Dlouhodobá průměrná roční výška srážek na povodí P_a	488 mm												
Dlouhodobý průměrný průtok Q_a	42 l/s									Třída IV			
M-denní průtoky Q_{Md} [b]	l/s												
30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	355	364	Tř.
98	69	54	44	36	30	25	20	16	13	8,4	4,1	0,9	IV
N-leté průtoky Q_N	m^3/s												
1	2	5	10	20	50	100	200		500		Třída		
6,11	9,43	14,9	19,8	25,4	33,7	41,0					IV		



Obrázek 10. Povodí současné jámy lomu Libouš

Tabulka 7. Základní hydrologické údaje pro povodí současné jámy lomu Bílina

Vodní tok	**Důl Bílina**												
Číslo hydrologického pořadí	1-14-01-0520-0-00												
Profil	potenciální přepad												
Plocha povodí A [a]	43,23 km^2												
Dlouhodobá průměrná roční výška srážek na povodí P_a	544 mm												
Dlouhodobý průměrný průtok Q_a	86 l/s									Třída IV			
M-denní průtoky Q_{Md} [b]	l/s												
30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	355	364	Tř.
242	152	109	82	61	47	35	25	20	17	14	10	5,6	IV
N-leté průtoky Q_N	m^3/s												
1	2	5	10	20	50	100	200		500		Třída		
6,20	8,53	13,2	16,3	22,5	37,2	51,7					IV		



Obrázek 11. Povodí současné jámy lomu Bílina

6. ZHODNOCENÍ HYDRICKÉ REKULTIVACE BÝVALÉHO DOLU MOST-LEŽÁKY

6.1. Vstupní podklady

1. Zhodnocení dlouhodobého vývoje kvality vody ve zbytkových jezerech SHP. R-Princip Most, s. r. o., duben 2019.
2. Akumulace vod v jezeře Most, zpráva za 2. pololetí 2018. R-Princip Most, s. r. o., leden 2019.
3. Manipulační řád pro ověřování vodohospodářské soustavy jezera Most. MV projekt, s. r. o., listopad 2014.

6.2. Stručný popis průběhu zatápění zbytkové jámy

Napouštění jezera Most bylo zahájeno 24. října 2008. Jediným řízeným zdrojem vody byla voda z řeky Ohře, přiváděná Průmyslovým vodovodem Nechranice. Na něm byla v katastrálním území Třebušice, v blízkosti státní silnice II/255 u areálu United Energy, a. s., vybudována rozdělovací šachta. Z té je v zemi veden trubní přivaděč o celkové délce 4 928,85 m až ke zbytkové jámě, u které je přivaděč ukončen regulační šachtou s uklidňovací nádrží. Odtud vytéká voda do otevřeného přívodního kanálu v původní délce 1 716 m, který se postupně zkracoval a přivádí vodu až na úroveň stávající hladiny jezera.

Při zahájení napouštění dne 24. října 2008 mělo jezero hloubku cca 21 m a objem vody cca 1,1 mil. m^3. Napouštění jezera do roku 2012 probíhalo na základě realizační smlouvy mezi Povodím Ohře, s. p., a Ministerstvem financí ČR, které zatápění zbytkové jámy lomu Ležáky financovalo v rámci tzv. ekologických škod. Od zahájení napouštění do 25. 6. 2012 bylo celkem odebráno 69 809 300 m^3 vody, čímž byla naplněna realizační smlouva založená na původní bilanci, původně projektovaných parametrů (kóty stálého nadržení +199 m n. m.) však dosaženo nebylo.

V roce 2012 byla zpracována aktualizace vodohospodářské bilance vodního díla jezera Most, která byla vyvolána postupným zpřesňováním vstupních údajů (zejména vlivu saturace závěrných svahů zbytkové jámy lomu majoritně tvořené vnitřním výsypným prostorem). Proto bylo v červnu 2012 přerušeno napouštění jezera, byla zpracována projektová dokumentace „Lom Ležáky – stabilizace a optimalizace břehové linie jezera Most“, byly stanoveny nové parametry a bylo stanoveno přechodné období pro realizaci úprav protiabrazních opatření, úpravy komunikace a úpravy ČS

nadbilančních vod. Tyto úpravy vyplynuly z aktualizované vodohospodářské bilance, která počítá s větším rozkyvem hladiny, než se původně předpokládalo.

Po dobu přechodného období bylo rozhodnutím povoleno udržování hladiny v rozmezí 198,00 m n. m. ±20 cm (197,80 – 198,20). Úpravy břehové linie, protiabrazních prvků a čerpací stanice nadbilančních vod byly dokončeny v září 2013. V srpnu 2013 bylo do jezera dopuštěno ještě 330 000 m^3, což byl objem vody potřebný pro udržení hladiny v jezeře po dobu přechodného období.

Na základě projektu „Dokončení projektu hydrické rekultivace zbytkové jámy lomu Most – Ležáky" z dubna 2013 byla dne 25. 4. 2014 uzavřena nová realizační smlouva mezi Ministerstvem financí ČR a Povodím Ohře, s. p., na „Dokončení projektu hydrické rekultivace zbytkové jámy lomu Most – Ležáky". Jejím předmětem bylo čerpání a převod vody v max. množství 5 000 000 m^3, které zajistilo doplnění jezera Most na kótu stálého nadržení podle aktualizované bilance. Napouštění jezera podle této smlouvy bylo zahájeno 13. 5. 2014 a ukončeno 10. 9. 2014. **Od tohoto data je vodní dílo v režimu ověřovacího provozu, který by měl trvat do konce roku 2019.**

Dne 9. 7. 2015 byla uzavřena smlouva s Povodím Ohře, s. p., na odběr vody z PVN za účelem doplňování vody do jezera Most. K této smlouvě byly následně uzavírány dodatky (aktuálně dodatek č. 6 pro rok 2019), kterými se upřesňovaly objemy povoleného množství odebíraných vod v jednotlivých letech, a to ve výši 300 000 až 1 650 000 m^3.

Od roku 2016 se trvalá provozní hladina jezera cíleně udržuje v souladu se závěry vodohospodářské bilance na kótě 199,0 m n. m. s povoleným rozpětím ± 5 cm, což by mělo vést k vyplnění volných půdních pórů vodou a k následné kolmataci půdního pokryvu vlivem sedimentace suspendovaných látek a tím i k setrvalé stabilizaci hladiny jezera. Důvodem takového opatření je předpoklad, že k vyšším ztrátám vody dochází pouze při intenzivním zvyšování zakleslé vodní hladiny v důsledku zvýšené saturace břehových partií jezera.

Přehled akumulovaných vod od začátku do konce zatápění uvádí Tabulka 8. V tabulce jsou pro přehlednost uvedeny i objemy vod, které do jezera byly dopouštěny i po dosažení cílové kóty hladiny jezera, a to za účelem doplňování ročních ztrát vody.

Tabulka 8. Akumulace vody ve zbytkové jámě lomu Ležáky-Most

období	odběr z PVN [m^3]	poznámka
rok 2008	3 458 713	
rok 2009	22 353 709	
rok 2010	22 150 055	
rok 2011	18 108 037	
rok 2012	3 738 786	
celkem 2008–2012	**69 809 300**	ukončení napouštění dle původní bilance
rok 2013	330 000	dopuštění pro přechodné období
rok 2014	5 000 000	napouštění dle upřesněné bilance
celkem 2008–2014	**75 139 300**	
rok 2015	1 205 181	doplňování ročních ztrát
rok 2016	705 297	doplňování ročních ztrát
rok 2017	1 098 917	doplňování ročních ztrát
rok 2018	1 674 332	doplňování ročních ztrát

Z výše uvedeného přehledu je zřejmé, že v letech 2015 až 2018 bylo nutné do jezera dopouštět v průměru 1,171 mil. m^3 vody, aby se hladina jezera udržela na cílové kótě stálého nadržení. Odběr vody z PVN pro účely doplňování ztrát jezera v období po dosažení provozní hladiny (v roce 2014) je však účtován nejen cenou za čerpání a dopravu vody, jak tomu bylo do roku 2014[1], ale navíc i cenou samotné povrchové vody. Pro rok 2019 je cena služby za čerpání a dopravu vody PVN ve výši 3,34 Kč/m^3 a cena vody ve výši 5,07 Kč/m^3. To představuje významnou ekonomickou zátěž při provozování jezera.

Ztráty vody z jezera mohou být zapříčiněny v zásadě dvěma procesy, zasakováním vody či výparem vody z volné hladiny. Zasakování vody do nesaturovaných břehových partií jezera zcela nepochybně přispívalo ke ztrátám vody v průběhu zatápění zbytkové jámy a potvrdilo se i v rámci vyhodnocování provozních údajů napouštěného jezera. Od roku 2016 se proto hladina jezera udržuje ve velice úzkém rozpětí hladin, což by mělo tento způsob ztrát vody eliminovat. Pokračující ztráty vody z jezera v posledních letech je proto možné vysvětlovat pouze výparem z volné hladiny. Nejedná se o standardně sledovaný meteorologický ukazatel. Pro jeho kvantifikaci byl nejprve využit výpočet podle originální Penmanovy rovnice v úpravě podle metodiky FAO. Výpočet provádí pracovníci Českého hydrometeorologického ústavu, pobočka Brno, v prostředí

[1] podle písm. c) odst. (3) § 101 zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon), při zatápění zbytkových jam po těžbě nerostů v případech vyžadujících čerpání vody nebo převádění vody cena za odběr povrchové vody nesmí překročit výši provozních nákladů, které správci vodního toku na tuto činnost vzniknou

agrometeorologického modelu AVISO. Podkladem pro výpočet jim jsou denní údaje o teplotě vzduchu, vlhkosti vzduchu (v podobě vypočítaného tlaku vodní páry), rychlosti větru, úhrnu slunečního svitu a úhrnu srážek ze stanice Kopisty. Tímto způsobem byly získány vypočtené denní úhrny evaporace z vodní hladiny zpětně od roku 2014. Pro další upřesnění výparu byl na jezero Most v červenci 2017 instalován plovoucí výparoměr vyrobený společností METEOSERVIS, v. o. s., Vodňany. Zařízení se skládá z plovoucího voru, na kterém je umístěna výparoměrná nádoba s příslušenstvím. Výparoměr umožňuje celoroční měření výparu z výparoměrné nádoby za předpokladu, že hladina v nádobě není zamrzlá. Výparoměrná nádoba je tvořena válcovou nádobou o průměru 618 mm (plocha 3 000 cm^2) a výšce 600 mm, jejíž větší část je ponořena do vody jezera z důvodu vyrovnání teploty v nádobě s teplotou vody v jezeře. Výparoměrná nádoba je umístěna v ochranné vaně, která chrání nádobu před přeléváním vln do nádoby. Principem měření výparu z vodní hladiny je měření změny hydrostatického tlaku v nádobě výparoměru v závislosti na změně výšky hladiny, a tedy hodnotě výparu. Při automatickém zpracování dat z výparoměru jsou naměřené údaje rozděleny na úseky, které jsou díky rušivým jevům nepoužitelné (např. dešťové srážky, šplouchnutí vlny) a ty, ze kterých lze stanovit hodnotu výparu. Výsledkem zpracování jsou hodnoty výparu v mm/den. Za určitých nepříznivých podmínek, kdy se nedaří ve výparoměru udržet ustálenou hladinu, např. silný vítr, při kterém se vlny přelévají do výparoměrné nádoby, či zvýšené množství srážek, tak nejsou denní hodnoty výparu z výparoměru dostupné. Přestože údaje z výparoměru nejsou od zahájení měření kompletní, ukazuje se, že naměřený výpar je výrazně vyšší než výpar vypočtený. Tyto skutečnosti jsou předmětem dalšího odborného posuzování, které je v gesci Palivového kombinátu Ústí, s. p., který jezero Most provozuje.

Paralelně s hledáním příčin negativní hydrologické bilance jezera Most prověřoval provozovatel jezera rovněž jiné zdroje vody pro doplňování jezera jako alternativu k úplatnému odběru vody z PVN. V době přípravy zatápění jezera Most se

uvažovalo o možnosti využití důlních vod čerpaných na ČS MR 1. Pro tyto účely byl vybudován i převaděč od čerpací stanice do zbytkové jámy. Od využití důlních vod se nakonec upustilo. Důvodem bylo náhlé zhoršení kvalitativních ukazatelů důlních vod v důsledku změny režimu čerpání vod, kdy se zvýšila úroveň, na níž se hladina důlních vod čerpáním udržuje. Změna chemismu důlních vod byla pravděpodobně způsobena zatopením do té doby obnažených partií starých důlních děl. Jelikož však provoz čerpací stanice MR 1 podmiňuje další pokračování hornické činnosti na sousedním lomu Bílina, čerpání důlních vod zde stále pokračuje a tento zdroj vody tedy bude dostupný minimálně v období příštích 20 let. A nejde o zanedbatelný objem čerpaných vod, neboť průměrně se ročně vyčerpá asi 2,5 mil. m^3 důlních vod. Jejich využití jako zdroje vody pro jezero Most je ovšem podmíněno úpravou chemismu těchto vod. Pro tyto účely byl ze strany provozovatele jezera připraven projekt biotechnologického čištění důlních vod. V srpnu 2018 byla uzavřena realizační smlouva mezi Ministerstvem financí a společností EUROVIA CS, a. s., na výstavbu Biotechnologického systému čerpaných důlních vod z MR 1. Stavba by měla být dokončena do konce roku 2019.

6.3. Výběr a kalibrace matematických modelů hydrologické bilance

Předmětem této kapitoly je výběr, testování a kalibrace vhodného matematického modelu hydrologické bilance. Použité modely byly: GR4J - *CemaNeige (modèle du Génie Rural à 4 paramètres Journalier*), TUW (*Technische Universität Wien*) a BILAN. Zvolené modely jsou v oblasti modelování hydrologické bilance standardně používané. Jedná se o celistvé konceptuální modely, které vykazují značnou míru robustnosti. Výpočty byly provedeny v programovacím jazyce R (*R Core Team*, 2018), ve kterém jsou výše zmíněné modely implementovány v podobě knihoven funkcí (balíků). Pro dílčí výpočty bilance byly dále vytvořeny podprogramy v programovacím jazyce FORTRAN 90.

6.3.1. Modely hydrologické bilance

6.3.1.1. Model GR4J

Model GR4J (*modèle du Génie Rural à 4 paramètres Journalier*), který představili *Perrin et al.* (2003), je celistvý konceptuální srážko-odtokový model operující v denním časovém kroku. Struktura modelu (viz Obrázek 12) je založena na dvou zásobnících (produkční a transformační), jednotkovém hydrogramu a obsahuje 4 kalibrované

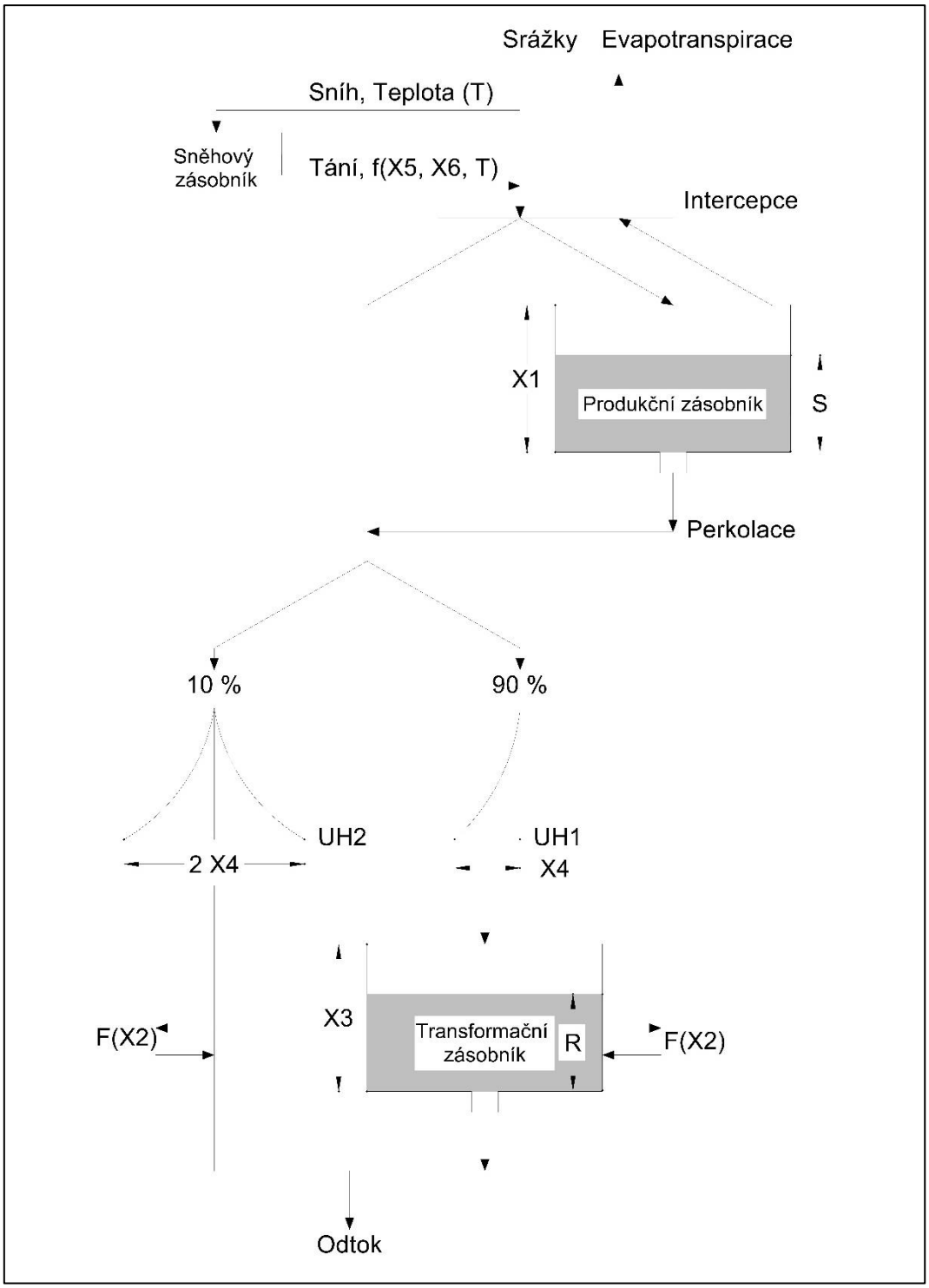
parametry: X1 [mm] – maximální kapacita produkčního zásobníku, X2 [-] – maximální výměnný koeficient povodí, X3 [mm] – maximální kapacita transformačního zásobníku a X4 [den] – časový parametr jednotkového hydrogramu. Vstupem do modelu jsou časové řady srážek P [mm·den^{-1}], potenciální evapotranspirace PET [mm·den^{-1}] a výstupem je časová řada simulovaného odtoku R [mm·den^{-1}]. Výpočet celkového simulovaného odtoku lze shrnout do následujících kroků:

- výpočet efektivní srážky na základě intercepčního zásobníku s nulovou kapacitou a produkčního zásobníku,
- rozdělení efektivní srážky do dvou komponent (90 % pomalá odezva povodí, 10 % rychlá odezva povodí) a jejich transformace pomocí pouze jednotkového hydrogramu (rychlá odezva) anebo jednotkového hydrogramu a nelineárního transformačního zásobníku (pomalá odezva),
- korekce na základě maximálního výměnného koeficientu povodí (v případě pomalé odezvy řešena jako součást bilance v nelineárním transformačním zásobníku),
- výpočet celkového odtoku z povodí.

V podmínkách ČR je vhodné spojit model GR4J se sněhovým modulem. Pro účely studie byl vybrán sněhový modul *CemaNeige* (*Valéry et al.*, 2014), který je semi-distribuovaným sněhovým modulem založeným na konceptu den–stupeň. Modul obsahuje dva kalibrované parametry, které popisují tepelnou setrvačnost sněhové pokrývky (X5) a faktor tání pro metodu den–stupeň (X6). Vstupem do modulu jsou časové řady celkových srážek na povodí P [mm·den^{-1}] a průměrné teploty T [°C].

Každé povodí je nejprve rozděleno do zvoleného počtu výškových zón o stejných plochách (nejčastěji do 5 zón). Následně jsou pro každou zónu extrapolovány nové časové řady vstupních srážek a průměrné teploty na základě vztahů, které odvodili *Valéry et al.* (2010). V rámci každé výškové zóny jsou postupně provedeny tyto kroky:

- určení podílu pevné srážky k celkové srážce,
- akumulace sněhové pokrývky,
- aktualizace hodnoty SCC (*snowpack cold-content*),
- výpočet potenciálního tání sněhové pokrývky,
- výpočet skutečného tání sněhové pokrývky.



Obrázek 12. Struktura modelu GR4J

Výstupem ze sněhového modulu jsou časové řady tání Mt [mm·den^{-1}] a kapalných srážek Rn [mm·den^{-1}] pro každou výškovou zónu. Průměrné hodnoty Mt a Rn (časové řady Mt a Rn jsou zatíženy stejnými vahami) následně vstupují do modelu GR4J jako celková srážka P.

6.3.1.2. Model TUW

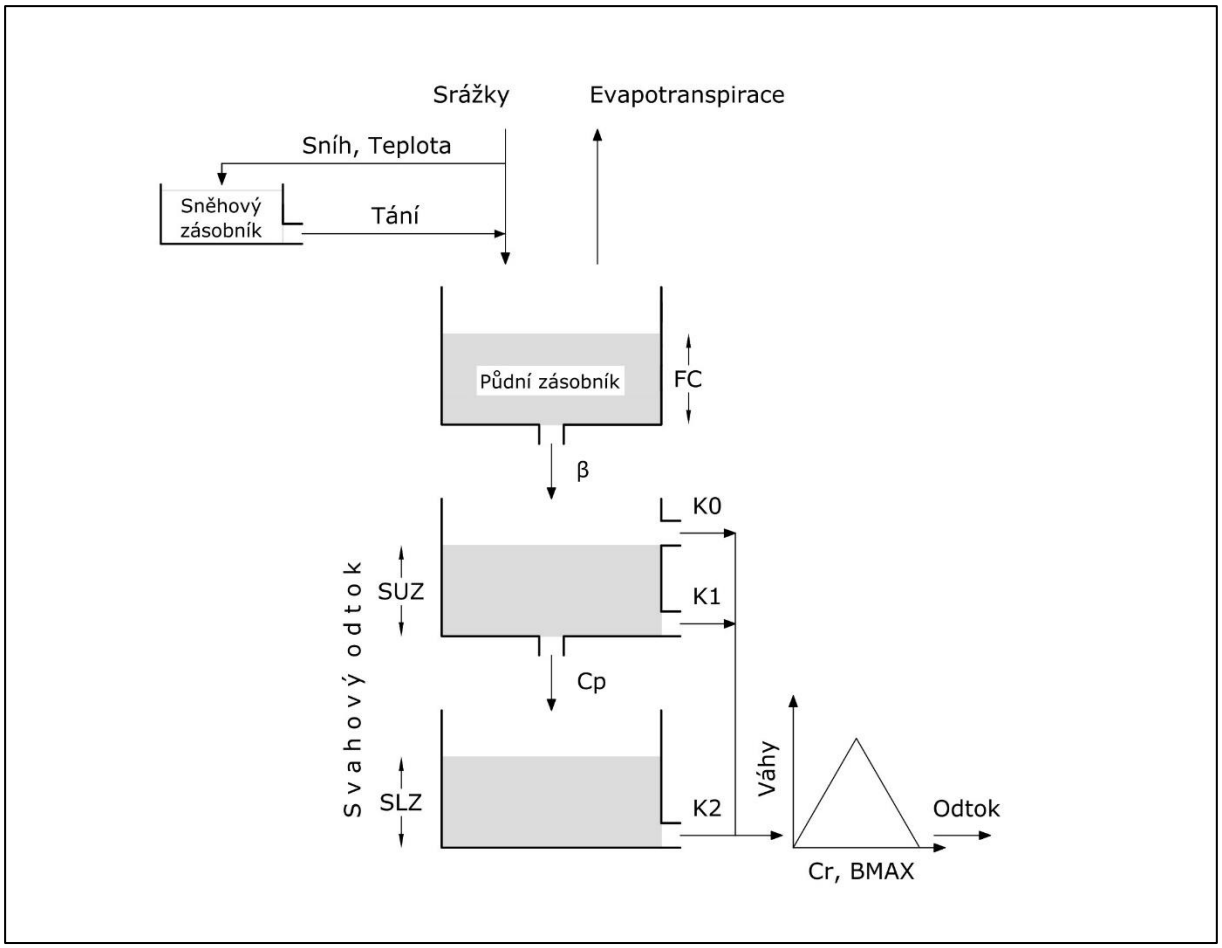
Model TUW (*Parajka et al.*, 2007) je konceptuální srážko-odtokový model vycházející z modelu HBV (*Bergström*, 1992), který operuje v denním časovém kroku. Model je tvořen třemi moduly (sněhový modul, modul půdní vlhkosti a modul transformace odtoku), obsahuje celkově 4 zásobníky a 15 kalibrovaných parametrů.

Sněhový modul reprezentuje procesy spojené s akumulací a táním sněhové pokrývky, které je řešeno metodou den-stupeň. Tento modul obsahuje jeden zásobník a 5 kalibrovaných parametrů: Tr [°C] je prahová teplota, nad kterou je veškerá vstupní srážka uvažována jako déšť, Ts [°C] je prahová teplota, pod kterou je veškerá vstupní srážka uvažována ve formě sněhu, Tm [°C] je prahová teplota, nad kterou začíná tání sněhu, DDF [$mm \cdot °C^{-1} \cdot den^{-1}$] je faktor tání sněhu a SCF [-] je sněhový korekční faktor.

Modul půdní vlhkosti reprezentuje procesy spojené s tvorbou odtoku a změnou půdní vlhkosti na povodí, obsahuje jeden zásobník a tři kalibrované parametry: FC [mm] je maximální kapacita půdního zásobníku, LP [-] je parametr upravující výpočet aktuální evapotranspirace a β [-] je parametr nelinearity pro generování efektivní srážky.

Transformační modul reprezentuje procesy spojené se svahovým odtokem a transformací odtoku korytem. Svahový odtok je řešen pomocí dvou vertikálně spojených lineárních zásobníků (horní zásobník reprezentuje rychlou a velmi rychlou odezvu, spodní zásobník pak reprezentuje pomalou odezvu). Výstup z obou zásobníků je dále transformován triangulární funkcí na celkový odtok z povodí. Transformační modul obsahuje 6 kalibrovaných parametrů: K0 [den] je výtokový koeficient pro velmi rychlou odezvu, K1 [den] je výtokový koeficient pro rychlou odezvu, K2 [den] je výtokový koeficient pro pomalou odezvu, Cp [$mm \cdot den^{-1}$] je množství perkolované vody mezi horním a dolním zásobníkem svahového odtoku, LSUZ [mm] je prahová hodnota v horním zásobníku svahového odtoku, Cr [$den^{-2} \cdot mm^{-1}$] je parametr triangulární funkce a BMAX [den] je parametr spojený se základním odtokem.

Vstupem do modelu jsou časové řady srážek P [$mm \cdot den^{-1}$], potenciální evapotranspirace PET [$mm \cdot den^{-1}$], průměrné denní teploty T [°C] a výstupem je časová řada simulovaného odtoku R [$mm \cdot den^{-1}$].



Obrázek 13. Struktura modelu TUW ve variantě celistvého modelu

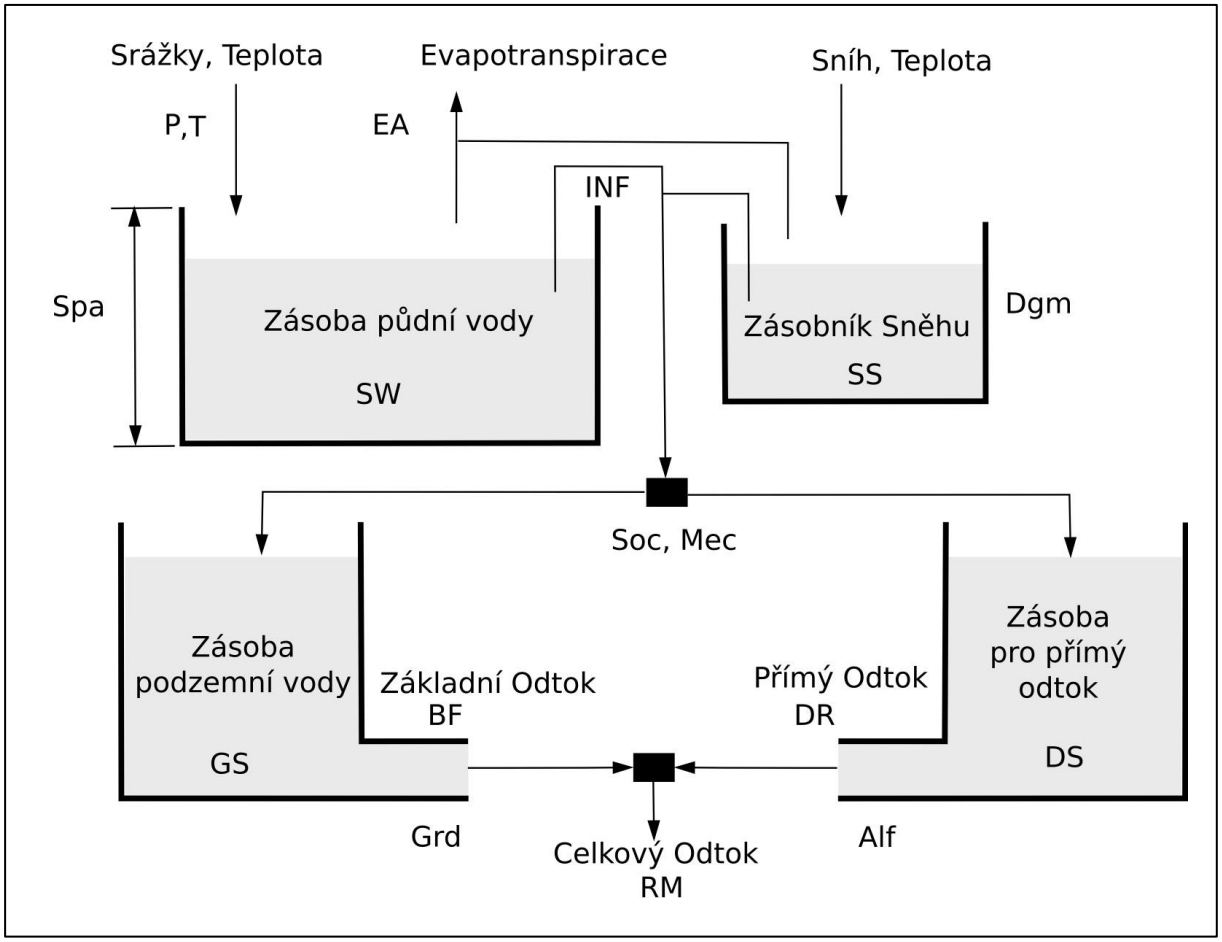
6.3.1.3. Model BILAN

Hydrologický model Bilan je celistvým konceptuálním modelem (*Kašpárek et al.*, 2016), který je v České republice standardně používán pro studie odtokových poměrů a pro modelování hydrologické bilance povodí v denním, vícedenním a měsíčním časovém kroku (*Hanel et al.*, 2013; *Vizina et al.*, 2018).

Pro potřeby studie byla použita modifikace modelu Bilan v denním časovém kroku, schéma struktury modelu znázorňuje Obrázek 14. Model popisuje dynamiku zásoby vody ve sněhové pokrývce, půdě, podzemní a povrchové vodě. Vstupy modelu tvoří časové řady denních srážkových úhrnů a denních průměrných teplot pro analyzovaná povodí. Výstupy modelu Bilan jsou časové řady zásob vody ve sněhové pokrývce, půdě, podzemní a povrchové vodě povodí, výšky přímého, základního a celkového odtoku, výšky perkolací a infiltrací vody v povodí.

Model obsahuje celkem 6 parametrů. Jedná se o následující parametry: Spa – maximální kapacita zásoby půdní vlhkosti [mm], Alf – výtokový koeficient zásobníku pro

rychlou odezvu (zásobník generuje přímý odtok), Dgm – koeficient mezi teplotou a táním sněhu, Soc – parametr rozdělující perkolaci na vstup do zásoby pro přímý odtok a na dotaci podzemní vody pro letní podmínky, Mec – parametr rozdělující perkolaci na vstup do zásoby pro přímý odtok a na dotaci podzemní vody pro zimní podmínky, Grd – výtokový koeficient zásobníku pro pomalou odezvu (zásobník generuje základní odtok).



Obrázek 14. Struktura modelu Bilan

6.3.2. Metody pro stanovení potenciální evapotranspirace

Jedním z důležitých vstupů pro použité hydrologické modely jsou časové řady potenciální evapotranspirace (PET v [mm·den^{-1}]). Pro odhad PET bylo v rámci studie využito několika metod, které uvažují pouze průměrnou denní teplotu:

- metoda dle Oudina,
- metoda dle Hammona (Hammon1) a upravená Hammonova metoda (Hammon2),
- metoda dle Thornthweitea,

- metoda ble Blaney-Criddleho,
- 2 metody dle Výzkumného ústavu vodohospodářského T. G. Masaryka (VÚV1 a VÚV2),
- metoda dle Šermera.

Oudin et al. (2005) odvodili metodu pro výpočet PET pomocí průměrné denní teploty a zeměpisné šířky těžiště povodí na základě prací *Jensen a Haise* (1963) a *McGuinness a Bordne* (1972). Vztah pro výpočet denní PET je následující (metoda dle Oudina):

$$PET = \begin{cases} \frac{0{,}408 \cdot R_e \cdot (T_d + 5)}{100} & \text{pro } T_d + 5 > 0 \\ 0 & \text{pro } T_d + 5 \leq 0 \end{cases} \quad (1)$$

kde T_d [°C] je průměrná denní teplota, R_e [MJ · m^{-2} · den^{-1}] je denní extraterestriální insolace, kterou lze spočítat na základě vztahů, které odvodili *Allen et al.* (1998):

$$R_e = \frac{24 \cdot 60}{\pi} \cdot G_{SC} \cdot d_r [\omega_s \sin\varphi \sin\delta + \cos\varphi \cos\delta \sin\omega_s] \quad (2)$$

kde G_{SC} je sluneční konstanta (0, 082MJ · m^{-2} · min^{-1}), d_r je inverzní relativní vzdálenost Země od Slunce, δ je deklinace Slunce (úhlová vzdálenost od rovníku) [rad], ω_s je hodinový úhel západu Slunce [rad], a φ je zeměpisná šířka povodí [rad]. Inverzní relativní vzdálenost Země od Slunce je řešena:

$$d_r = 1 + 0,033 \cos\left(\frac{2\pi}{365} \cdot J\right) \quad (3)$$

kde $J(i)$ [-] je pořadové číslo dne v roce. Deklinace Slunce je vypočtena:

$$\delta = 0,409 \sin\left(\frac{2\pi}{365} \cdot J - 1,39\right) \quad (4)$$

Hodinový úhel západu Slunce je vypočten:

$$\omega_s = \arccos[-\tan\varphi \tan\delta] \quad (5)$$

Hammon (1961) odvodil metodu stanovení denní PET na základě průměrné denní teploty a zeměpisné šířky těžiště povodí ve formě (metoda Hammon1):

$$PET = 25,4 \cdot 0,55 \cdot D^2 \cdot Pt \tag{6}$$

kde D [-] je poměr délky světlé části dne (časový úsek od východu Slunce po jeho západ) ku 12 hodinám, Pt [-] je hustota nasycených vodních par vypočtená dle rovnice:

$$Pt = \frac{4,95 \cdot e^{0,062 \cdot T_d}}{100} \tag{7}$$

kde T_d [˚C] je průměrná denní teplota. Světlá část dne je vypočtena na základě zeměpisné šířky těžiště povodí.

Oudin et al. (2005) ve své studii uvádějí upravený Hammonův vztah ve formě (metoda Hammon2):

$$PET = D^2 \cdot e^{\frac{T_d}{16}} \tag{8}$$

kde veličiny D a T_d jsou shodné s výše popsanými.

Thornthwaite (1948) odvodil metodu pro výpočet denních hodnot PET (metoda dle Thornthwaitea) na základě korelace průměrné měsíční teploty s evapotranspirací odhadnutou na základě vodní bilance pro oblasti s dostatečným množstvím vody dostupné pro aktivní transpiraci. Tato metoda, přestože je široce využívaná, není vhodná pro aridní a semi-aridní oblasti. PET je řešena následujícím způsobem:

$$PET = PET_u \cdot \left(\frac{d_m}{12}\right)\left(\frac{N}{30}\right) \tag{9}$$

kde d_m je průměrná měsíční délka světlé části dne [hod], která je funkcí zeměpisné šířky, N je pořadové číslo dne v měsíci a PET_u je neopravená hodnota PET, která je vypočtena na základě vztahu:

$$PET_u = 16 \cdot \left(\frac{10 \cdot T_m}{I_r}\right)^a \tag{10}$$

kde T_m [˚C] je průměrná měsíční teplota, I_r je roční teplotní index [-] a ^{a} je koeficient stanovený na základě rovnice:

$$a = 67,5 \cdot 10^{-8} \cdot I_r^3 - 77,1 \cdot 10^{-6} \cdot I_r^2 + 0,0179 \cdot I_r + 0.492 \tag{11}$$

Roční teplotní index (I_r) je stanoven:

$$I_r = \sum_{m=1}^{12} I_m \tag{12}$$

kde I_m [-] je měsíční teplotní index pro daný měsíc vypočtený:

$$I_m = \left(\frac{T_m}{5} \right)^{1,514} \tag{13}$$

Blaney a Criddle (1950) odvodili vztah pro výpočet PET ve formě:

$$PET = k \cdot p \cdot (0,46 \cdot T_d + 8,00) \tag{14}$$

kde T_d [°C] je průměrná denní teplota, k [-] je koeficient, který závisí na typu vegetačního pokryvu, sezóně a zeměpisné šířce těžiště povodí, který se mění v intervalu od 0,5 do 1,2. Pro účely studie byla zvolena hodnota k = 1, jak doporučuje Organizace pro výživu a zemědělství při OSN (FAO). Proměnná p [%] je procentuálně vyjádřený poměr délky světlé části dne k celkovému počtu hodin v roce, pokud uvažujeme průměrný den (průměrný den má délku světlé části dne 12 hodin).

Beran a Vizina (2013) uvádějí několik různých vztahů pro výpočet průměrného denního výparu z volné hladiny, které mohou využívat různé vstupy (např. průměrná denní teplota vzduchu, průměrná denní teplota vody ve výparoměru, průměrná denní rychlost větru a další). Z uvedených vztahů byly vybrány metody, které využívají jako vstup průměrnou denní teplotu vzduchu (metoda VÚV1 – rovnice 15, metoda VÚV2 – rovnice 16):

$$PET = max(0,2157 \cdot T_d + 0,1133; 0) \tag{15}$$

$$PET = \begin{cases} 1,2061 \cdot T_d^{1,0712} - 1,3906 \cdot T_d + 1,7986 & \text{pro } T_d > 0 \\ 0 & \text{pro } T_d \leq 0 \end{cases} \tag{16}$$

kde T_d [°C] je průměrná denní teplota.

Šermer (1961) odvodil vztah pro výpočet výparu z volné vodní hladiny na základě výsledků měření na vodních plochách ve formě (metoda dle Šermera):

$$PET = 10^{0,0452 \cdot T_d - 0,204} \tag{17}$$

kde T_d [°C] je průměrná denní teplota.

6.3.3. Klimatické modely

Součástí studie je také stanovení bilance ovlivněné klimatickou změnou. Pro tvorbu scénářů změny klimatu byly využity nejaktuálnější soubory simulací globálních (CMIP5) a regionálních modelů (CORDEX). Pro stanovení udržitelnosti zatápění a zabezpečenosti objemu je zcela zásadní klimatickou změnu uvažovat. Klimatické modely celkem robustně projektují zvýšení teploty, což vede ke zvýšení evapotranspirace. Zároveň však v modelech zpravidla dochází, více či méně, k růstu srážkových úhrnů, které ztrátu výparem alespoň částečně kompenzují, avšak nejistota budoucího vývoje srážek je značná.

6.3.3.1. Simulace klimatických modelů

V této studii byly využity dvě sady simulací klimatických modelů: globální klimatické modely z projektu https://cmip.llnl.gov/index.html (*Coupled Model Intercomparison Project - Phase 5*; *Taylor et al.*, 2012) a regionální klimatické modely z projektu http://www.cordex.org/ (*Coordinated Regional Climate Downscaling Experiment*; *Jacob et al.*, 2014).

Globální klimatické modely CMIP5 sloužily jako podklad k vypracování Páté hodnotící zprávy Mezivládního panelu pro klimatickou změnu (IPCC; *Stocker et al.*, 2013). V rámci projektu CMIP5 je dostupných několik set simulací, pro účely této studie byly vybrány simulace, které používá Ústav pro výzkum globální změny AV ČR (CzechGlobe) v rámci projektu CzechAdapt. Jedná se o simulace čtyř globálních klimatických modelů: BNU-ESM (Čína), CNRM-CM5 (Francie), HadGEM2-ES (UK), IPSL-CM5A-LR (Francie), MRI-CGCM3 (Japonsko).

Na globální klimatické modely CMIP5 navazují regionální modely z projektu CORDEX. Účelem využití regionálních klimatických modelů je modelování klimatického systému v relativně podrobném měřítku. Za tím účelem jsou regionální klimatické modely vnořeny (*nested*) do modelů globálních (přejímají z nich okrajové podmínky). Z prostorového rozlišení globálních klimatických modelů (většinou přes 100 km × 100 km) je tak možno klimatický systém modelovat v prostorovém měřítku kolem 10 km × 10 km – v případě CORDEX simulací 12 km × 12 km.

Uvažovány byly simulace šesti regionálních klimatických modelů: CCLM4-8-17 (Švýcarsko), CNRM-ALADIN53 (Francie), SMHI-RCA4 (Švédsko), RACMO22E (Nizozemí), DMI-HIRHAM5 (Dánsko), WRF331F (Francie). Výběr byl dán zejména dostupností dat.

Průměrné hodnoty na povodí ze simulací klimatických modelů byly odvozeny stejným způsobem jako pro E-OBS data (tj. průměrná hodnota na povodí se vypočetla jako vážený průměr hodnot jednotlivých gridbodů zasahujících do povodí, přičemž váhy odpovídaly velikosti průniku plochy gridbodu a povodí).

Důležitou okrajovou podmínkou při simulacích klimatických modelů jsou emise, respektive koncentrace skleníkových plynů. Zatímco předchozí zprávy IPCC uvažovaly většinou scénáře emisí (nejznámější je řada scénářů SRES), současná generace modelů využívá scénáře koncentrací tzv. *Representation Concentration Pathways* (RCP; *Van Vuuren et al.*, 2011). Řada scénářů RCP nepopisuje možné scénáře vývoje emisí (jako scénáře SRES prostřednictvím tzv. *storylines*), ale vývoje koncentrací. Ke každé z možných variant vývoje koncentrací je pak možno dojít různými způsoby.

V rámci tvorby RCP scénářů byly publikované scénáře rozděleny do čtyř hlavních skupin a z každé skupiny byl vybrán reprezentativní zástupce. Základní požadavky na RCP scénáře byly (*Moss et al.*, 2008):

- pokrytí rozpětí koncentrací publikovaných scénářů,
- malý sudý počet (za účelem zabránění preference středního scénáře jako nejlepší, průměrné alternativy),
- jasná odlišitelnost tvaru a úrovní koncentrace na konci 21. století.

Scénáře RCP obsahují i scénář předpokládající mírný růst koncentrací s vrcholem před rokem 2100 s následným poklesem (RCP2.6, někdy označovaný i jako RCP3-PD), jenž umožňuje posouzení vlivu možného snižování emisí. Ostatní RCP scénáře víceméně pokrývají rozsah odhadovaných koncentrací pro scénáře SRES. Stejně jako v případě scénářů SRES není definována žádná pravděpodobnější varianta vývoje. V případě omezených výpočetních možností *Moss et al.* (2008) doporučuje primárně uvažovat scénáře s nejvyššími a nejnižšími koncentracemi (RCP8.5 a RCP2.6), následně scénář RCP4.5 a na závěr scénář RCP6. Podrobnosti o tvorbě RCP scénářů rozvádí např. *Moss et al.* (2008) nebo *Meinshausen et al.* (2011).

V této studii proto využíváme simulace scénářů RCP2.6, RCP4.5 a RCP8.5. První scénář předpokládá jen relativně nízké zvýšení koncentrací s poklesem na konci

21. století, naopak scénář RCP8.5 předpokládá výrazný systematický růst koncentrací skleníkových plynů během celého 21. století (hodnota za zkratkou RCP je změna radiačního působení oproti roku 1750 ve $W.m^{-2}$). Celkově bylo v této studii uvažováno 44 simulací klimatických modelů (viz Tabulka 9).

Tabulka 9. Přehled uvažovaných sad simulací klimatických modelů, tj. sady globálních klimatických modelů z projektu CMIP5 a sady regionálních klimatických modelů z projektu CORDEX

	Globální klimatické modely	Scénáře koncentrací RCP	Regionální klimatické modely
	Sada modelů CMIP5		
1	BNU-ESM	RCP2.6	-
2		RCP4.5	-
3		RCP8.5	-
4	CNRM-CM5	RCP2.6	-
5		RCP4.5	-
6		RCP4.5	-
7	HadGEM2-ES	RCP2.6	-
8		RCP4.5	-
9		RCP4.5	-
10	IPSL-CM5A-LR	RCP2.6	-
11		RCP4.5	-
12		RCP4.5	-
13	MRI-CGCM3	RCP2.6	-
14		RCP4.5	-
15		RCP4.5	-
	Sada modelů CORDEX		
1	CNRM-CM5	RCP4.5	CLMcom-CCLM4-8-17
2			CNRM-ALADIN53
3			SMHI-RCA4
4		RCP8.5	CLMcom-CCLM4-8-17
5			CNRM-ALADIN53
6			SMHI-RCA4
7	EC-EARTH	RCP2.6	SMHI-RCA4
8		RCP4.5	CLMcom-CCLM4-8-17
9			SMHI-RCA4

10			KNMI-RACMO22E
11			DMI-HIRHAM5
12		RCP8.5	CLMcom-CCLM4-8-17
13			SMHI-RCA4
14			KNMI-RACMO22E
15			DMI-HIRHAM5
16	IPSL-CM5A-MR	RCP4.5	IPSL-INERIS-WRF331F
17			SMHI-RCA4
18		RCP8.5	IPSL-INERIS-WRF331F
19			SMHI-RCA4
20	HadGEM2-ES	RCP4.5	CLMcom-CCLM4-8-17
21			KNMI-RACMO22E
22			SMHI-RCA4
23		RCP8.5	CLMcom-CCLM4-8-17
24			KNMI-RACMO22E
25			SMHI-RCA4
26	MPI-ESM-LR	RCP4.5	CLMcom-CCLM4-8-17
27			SMHI-RCA4
28		RCP8.5	CLMcom-CCLM4-8-17
29			SMHI-RCA4

6.3.3.2. Scénáře změny klimatu

Pro tvorbu scénářů změny klimatu v kontextu odhadu změn hydrologické bilance se v České republice standardně využívá tzv. přírůstková metoda, zejména pro studie v měsíčním kroku. Tato metoda spočívá v transformaci pozorovaných dat tak, aby změny transformovaných veličin odpovídaly změnám odvozeným ze simulací klimatických modelů. V měsíčním kroku se běžně uvažují změny průměrných měsíčních úhrnů srážek a průměrné měsíční teploty. V denním kroku je nutné uvažovat i změny variability veličin. Pro tvorbu scénářů změny klimatu byla proto využita pokročilá přírůstková (ADC – *Advanced Delta Change*) metoda (*van Pelt et al.*, 2012). ADC metoda umožňuje zahrnout do transformace i změny variability. To zjednodušeně znamená, že extrémy se mohou měnit jinak než průměr. Při odvození změn srážek z klimatického modelu ADC metoda

uvažuje i systematické chyby simulace. Jelikož teplota je transformována lineárně, nemá systematická chyba na výslednou transformaci teploty vliv.

Srážky jsou transformovány pomocí vztahu:

$$P^* = \begin{cases} aP^b & \text{pro } P < P_{90} \\ \frac{\bar{E}^F}{\bar{E}^C}(P - P_{90}) + a(P_{90})^b & \text{pro } P > P_{90} \end{cases} \quad (18)$$

kde P^* jsou transformované srážky, P pozorované srážky, P_{90} je 90% kvantil srážek, indexy ^{C} a ^{F} indikují pozorovaná data, simulovaná data pro kontrolní období a simulovaná data pro scénářové období. a a b jsou transformační parametry, které jsou odvozeny pro 7denní bloky, což zaručuje sezónní variabilitu změn. Lineární transformace pro hodnoty nad P_{90} zabraňuje výskytu nerealisticky vysokých hodnot, které jsou relativně často výsledkem nelineární transformace pro $P > P_{90}$ a $b > 1$.

Pro srážky vyšší než 90% kvantil srážek v daném měsíci je vypočtena nadprahová hodnota $E = P - P_{90}$. Průměrné nadprahové hodnoty v simulaci klimatického modelu pro kontrolní a scénářové období jsou vypočteny dle:

$$\bar{E}^C = \frac{\sum P^C - P^C_{90}}{n^C} \quad \text{a} \quad \bar{E}^F = \frac{\sum P^F - P^F_{90}}{n^F} \quad (19)$$

kde n^C a n^F je počet nadprahových hodnot v kontrolním a scénářovém období. Transformační parametry a a b jsou odvozeny z hodnot 60% (P_{60}) a 90% (P_{90}) kvantilu srážek dle:

$$b = \frac{\log\left[g_2 \frac{P^F_{90}}{(g_1 P^F_{60})}\right]}{\log\left[g_2 \frac{P^C_{90}}{(g_1 P^C_{60})}\right]} \quad (20)$$

$$a = \frac{P^F_{60}}{(P^C_{60})^b g_1^{1-b}} \quad (21)$$

kde g_1 a g_2 jsou korekční faktory vyjadřující systematické chyby v P_{60} a P_{90} v simulaci klimatického modelu pro kontrolní období.

$$g_1 = \frac{P_{60}}{P^C_{60}} \quad (22)$$

$$g_2 = \frac{P_{90}}{P^C_{90}} \quad (23)$$

Jelikož hodnoty P_{60}, P_{90}, E^C a E^F jsou časově relativně variabilní, jsou průměrné měsíční hodnoty těchto veličin vyhlazeny váženým klouzavým průměrem s váhami 0,25,

0,5 a 0,25. Zároveň hodnota parametru b i poměru E^F/E^C vykazuje značnou prostorovou variabilitu. Tyto parametry jsou proto E průměrovány v prostorovém klouzavém okně z pravidelného okolí 8 grid boxů. Transformace teploty je v ADC metodě prováděna následovně:

$$T^* = \frac{\sigma^F}{\sigma^C}(T - \overline{T}) + \overline{T} + \overline{T}^F - \overline{T}^C \qquad (24)$$

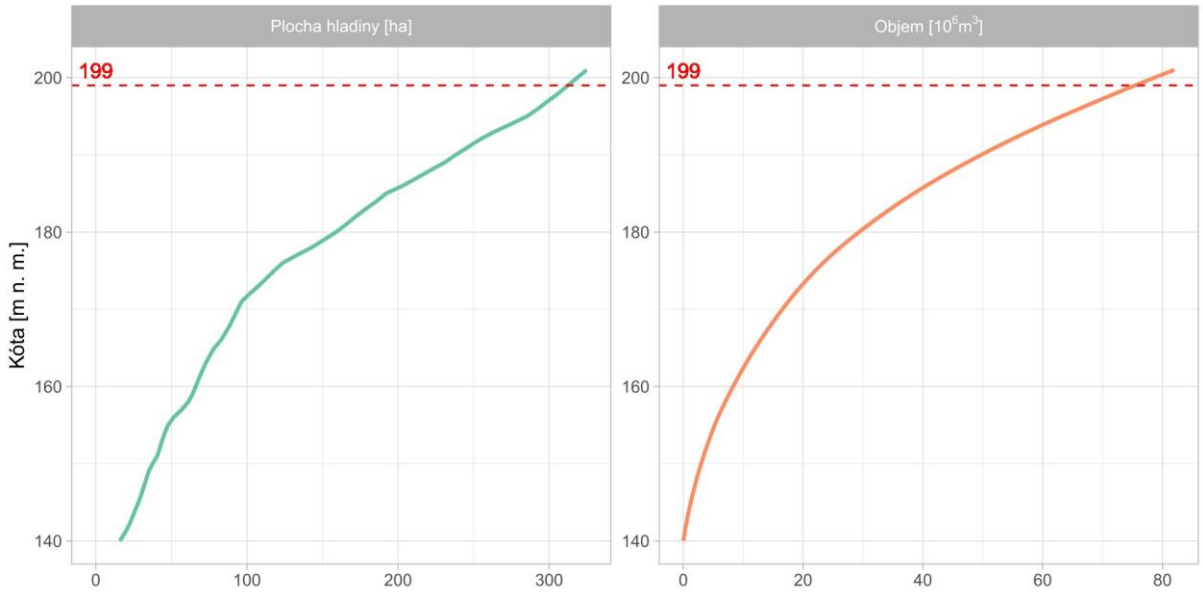
kde T^* je transformovaná teplota, T pozorovaná průměrná měsíční teplota, T^C a T^F je průměrná měsíční teplota pro kontrolní simulaci klimatického modelu a scénářovou simulaci klimatického modelu a σ^C a σ^F jsou směrodatné odchylky denní teploty pro kontrolní a scénářové období v simulaci klimatického modelu.

Odvozené parametry pro uvažované klimatické modely (Tabulka 9) byly následně použity k transformaci dat pro jednotlivá povodí. V této studii byly uvažovány změny mezi obdobími 1970–2000 a 2020–2050 (blízká budoucnost) a 1970–2000 a 2070–2100 (vzdálená budoucnost).

6.4. Testování a kalibrace matematických modelů na jezeře Most

V této kapitole jsou uvedeny výsledky pro jezero Most, které bylo použito jako referenční lokalita pro odvození metod stanovení bilance a následného plnění nádrže.

Batygrafické křivky jezera znázorňuje Obrázek 15 a hodnoty batymetrie uvádí Tabulka 29 v příloze B na str. 308.



Obrázek 15. Batygrafické křivky jezera Most

Výpočty pro jezero Most byly prováděny v rámci rozsahu batymetrie od kóty 140 m n. m. po 201 m n. m. Úroveň 140 m n. m. odpovídá hladině, která se přirozeně ve zbytkové jámě vytvořila. Požadovaná hladina v jezeře je na kótě 199 m n. m. Jezero Most je v současné době naplněno na požadovanou hladinu.

Výpočty provedené pro jezero most zahrnovaly nakalibrování modelů GR4J, TUW a BILAN, ověření simulační účinnosti modelů, stanovení teoretického plnění nádrže, odhad budoucího vývoje hladiny v jezeře spolu se stanovením externích dotací pro udržení hladiny na požadované úrovni a odhad dopadu klimatické změny na hydrologickou bilanci.

Při kalibraci a ověření modelů byl proveden také výpočet vlivu volby metody PET na výsledné odtoky a změny objemů v nádrži.

Stanovení plnění a vývoje hladiny bylo provedeno pro 30letou řadu měřených dat a za účelem vyhodnocení nejistot i pro resamplované časové řady. Jednotlivé samply byly vytvořeny na základě náhodného výběru s opakováním jednotlivých ročních řad z měřených 30letých dat. Tímto způsobem byly vytvořeny 300leté řady srážek a teplot, které dále sloužily pro simulaci hydrologickými modely. Celkem bylo vytvořeno 50 samplů.

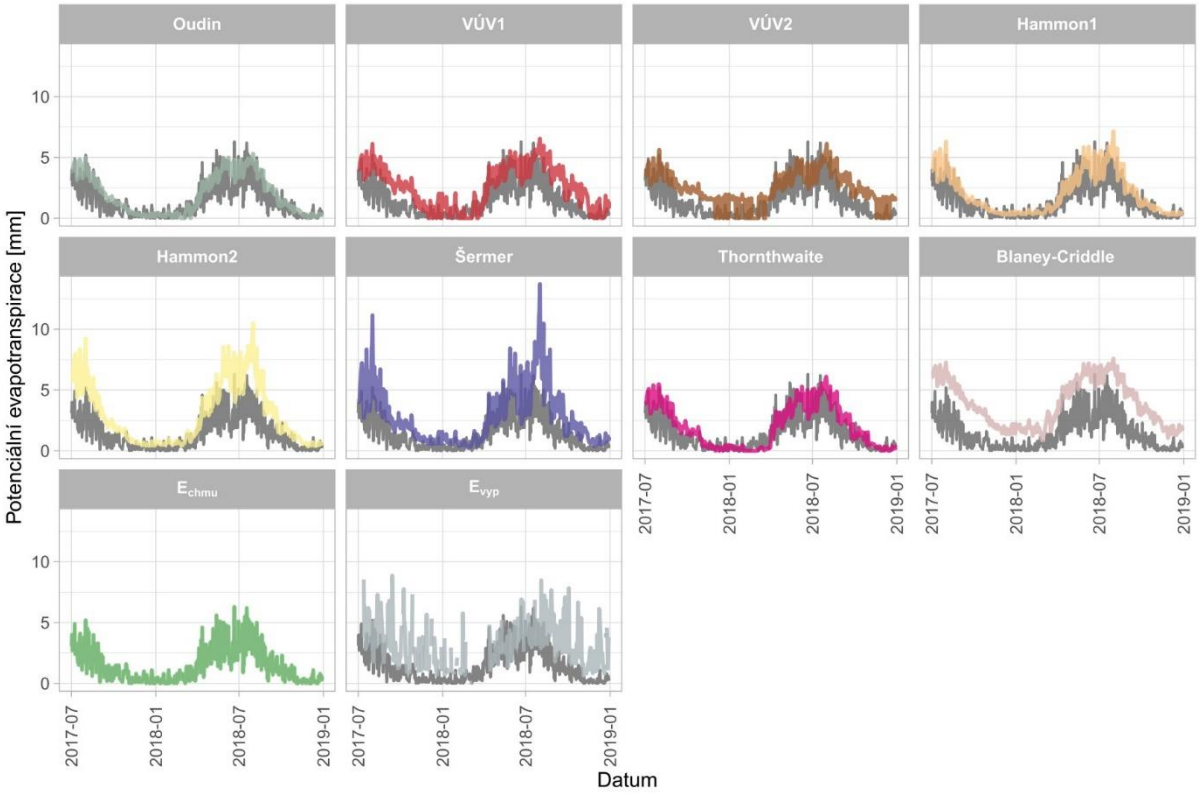
6.4.1. Výběr metod pro stanovení potenciální evapotranspirace

Při řešení napouštění lomové jámy je nutné rozlišovat výpar z volné hladiny plnícího se jezera a potenciální evapotranspiraci, která se týká plochy povodí (bez volné hladiny jezera). Pro hydrologické modely je klíčová PET z plochy povodí, výpar z volné hladiny pak vystupuje při stanovení celkové bilance jezera. Výběr metody pro stanovení PET byl proto proveden samostatně pro povodí a pro plochu vodní hladiny.

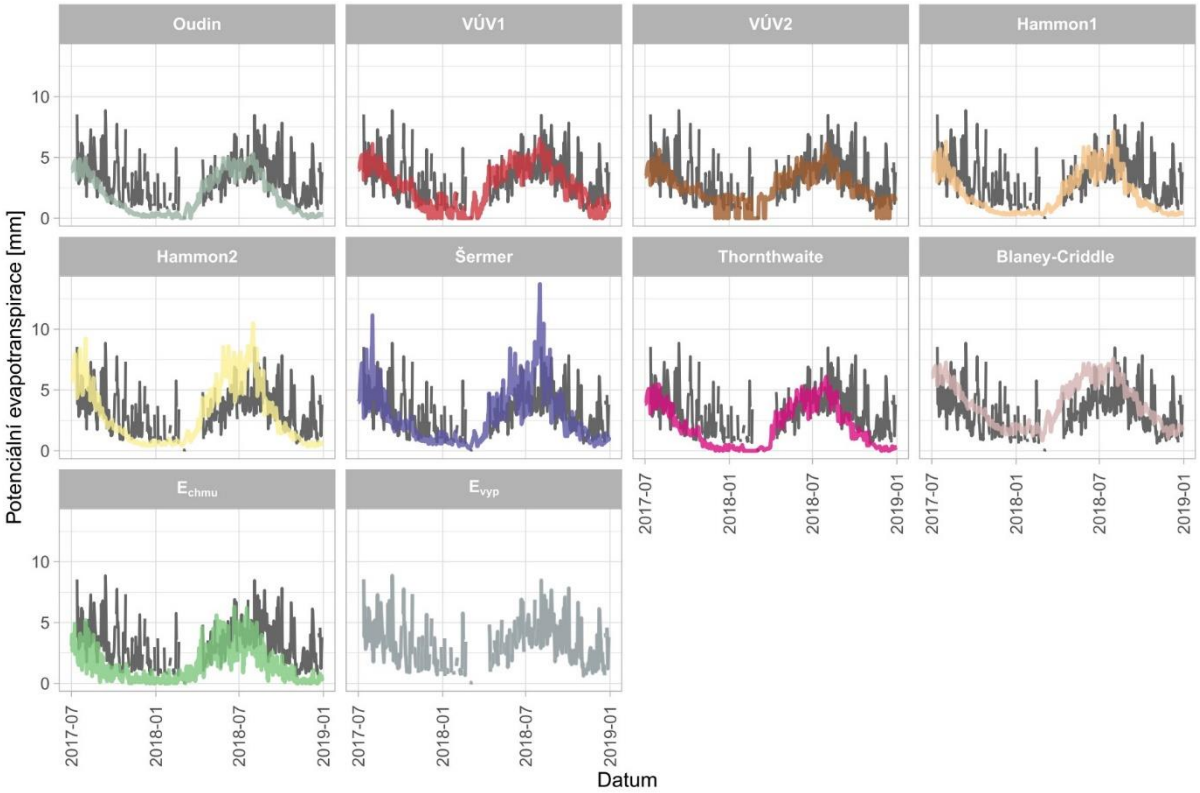
Referenčními hodnotami pro PET povodí byly hodnoty výparu z volné hladiny stanovené ČHMÚ (E_{chmu}). Referenčními hodnotami pro stanovení výparu z volné hladiny byly hodnoty naměřené pomocí hladinového výparoměru (E_{vyp}).

Použití metod pro stanovení PET k výpočtu výparu z volné hladiny vycházelo z obecně přijímaného předpokladu, že výpar z volné hladiny je roven PET. Naproti tomu pro území povodí mimo volnou hladinu je hodnota PET teoreticky nejvyšší hodnota, územní výpar (aktuální evapotranspirace – AE) je nižší. Použité hydrologické modely v sobě zahrnují stanovení AE z hodnoty PET.

Průběh stanovených řad PET jednotlivými metodami vůči referenčním hodnotám E_{chmu} ukazuje Obrázek 16 a průběh vůči E_{vyp} Obrázek 17.



Obrázek 16. Porovnání hodnot PET jednotlivých metod s řadou od ČHMÚ

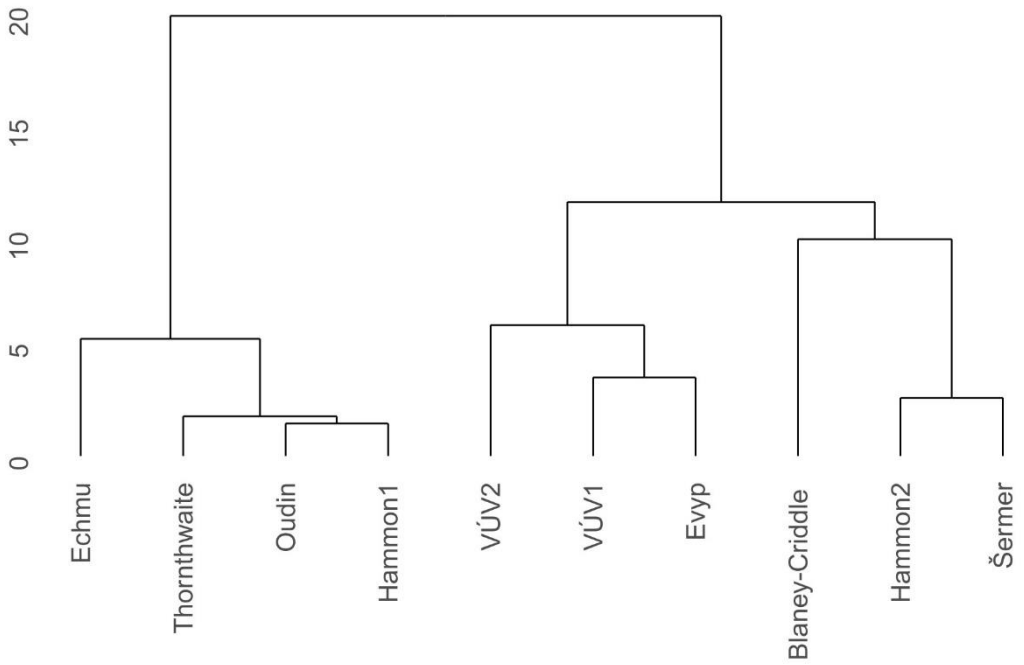


Obrázek 17. Porovnání hodnot PET jednotlivých metod s řadou měření z výparoměru

Výběr metody, která poskytuje výsledky nejvíce podobné referenčním datům, bylo provedeno pomocí shlukové analýzy (*Romesburg*, 2004). Pomocí shlukové analýzy byly metody PET vybírány automaticky, bez ohledu na to, pro jaké specifické účely byly původně odvozeny. Shluková analýza by měla být na tyto implicitní závislosti do jisté míry citlivá a měla by umět vytvořit shluky takové, které původnímu určení metody odpovídají (tj. metody pro stanovení výparu z volné hladiny by měly ležet k sobě navzájem nejblíže, stejně tak metody pro stanovení PET na povodí).

V rámci analýzy byly řešeny vzdálenosti statistických veličin jednotlivých řad stanovených PET od statistických veličin referenčních řad (data z ČHMU a výparoměru). Porovnávané statistické veličiny byly: aritmetický průměr, medián, směrodatná odchylka, 1. a 3. kvartil a 2. a 98. percentil. Použita byla metoda hierarchického shlukování dle nejvzdálenějšího souseda (*complete linkage*, *Everitt et al.* (2009), *R Core Team* (2018)) na základě Manhattanské vzdálenosti (*Romesburg*, 2004).

Výsledky této analýzy jsou prezentovány ve formě stromového grafu (Obrázek 18). Z tohoto grafu vyplývá, že k datům E_{chmu} je nejblíže shluk metod Thornthwaite, Oudin a Hammon1. Nejblíže k datům z výparoměru E_{vyp} jsou vypočtené hodnoty z metody VÚV1.



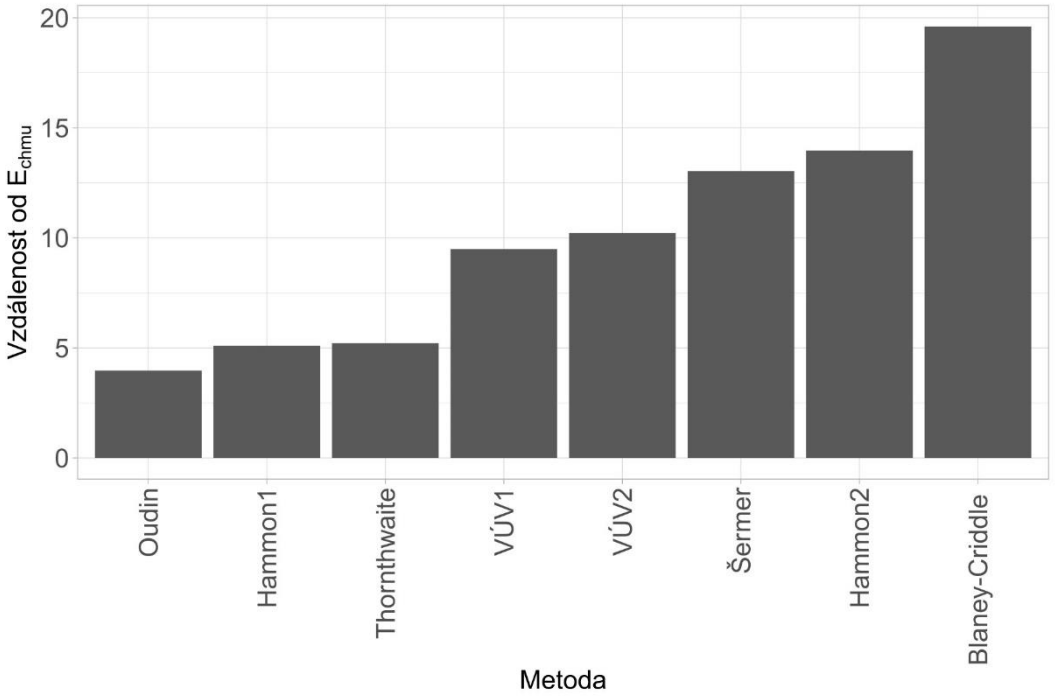
Obrázek 18. Stromový graf shlukové analýzy metod PET

V případě stanovení metody pro výpočet PET tak zůstávají tři možné varianty. Z těchto tří variant byl proveden výběr čistě na základě hodnoty vzdálenosti v matici vzdáleností. Hodnoty těchto vzdáleností jsou prezentovány v podobě sloupcového grafu (Obrázek 19). Nejblíže k hodnotám E_{chmu} je v tomto případě metoda dle Oudina.

Pro výpar z vodní hladiny byla identifikována jako nejbližší metoda dle VÚV1, která je jako jediná nejblíže k E_{vyp} (Obrázek 18).

Vztahy pro výpočet PET dle Oudina a VÚV1 jsou uvedeny v rovnicích 1 a 15.

Výše uvedeným způsobem určené metody budou dále použity pro odvození hydrologických modelů a pro stanovení výparu z volné hladiny jezera. Nicméně nejistoty ve stanovení PET byly zohledněny při výpočtu simulací a to tak, že simulace změny objemů pro periodu napouštění jezera Most (perioda pro kterou jsou známy údaje o přítoku) byly vypočteny pro všechny kombinace metod PET. Všech devět metod stanovení PET bylo použito jak pro stanovení PET na povodí, tak pro stanovení výparu z volné hladiny jezera. Výsledný průběh simulovaných změn objemů ukazuje Obrázek 22 a Obrázek 23 na str. 54.



Obrázek 19. Porovnání vzdáleností řad hodnot PET stanovených jednotlivými metodami s řadou od ČHMÚ

6.4.2. Kalibrace hydrologických modelů a ověření simulační efektivity

V této kapitole je představena metodika sestavení hydrologických modelů a ověření jejich simulační účinnosti pro účely modelování hydrologické bilance jezera Most.

Kalibrace hydrologických modelů probíhala ve dvou fázích. V první fázi byly modely nakalibrovány na přítoky do nádrže odvozené z měřené řady napouštění jezera Most. Ve druhé fázi proběhla kalibrace modelů na hydrologické charakteristiky povodí. Z hlediska modelování bilance na ostatních lomech je důležitá fáze kalibrace na charakteristikách povodí, nicméně kalibrace na přítocích byla provedena pro celkové ověření správnosti zvoleného přístupu. První fázi kalibrace lze shrnout do následujících kroků:

- separace časové řady odtoku z povodí jezera Most,
- kalibrace modelů GR4J, TUW a BILAN na separované časové řadě odtoku z povodí jezera Most,
- bilance objemů v jezeře Most.

Separace časové řady odtoku z povodí jezera Most byla založena na bilanční rovnici ve tvaru:

$$V_{i+1} = V_i + P_i + R_i + N_i - E_i - Z_i \tag{25}$$

kde V [m³] je objem v nádrži, P [m³] je srážka na hladinu nádrže, R [m³] je přítok do nádrže z povodí, N [m³] je přítok do nádrže napouštěním z externího zdroje, E [m³] je výpar z hladiny nádrže vypočtený metodou dle VÚV1 (viz rov. 15), Z [m³] jsou jiné ztráty z nádrže, a i značí časový krok. V této studii byl časový krok denní.

Nahrazením rozdílu (R – Z) za V^* [m³] a jejím vyjádřením z rovnice 25 byl získán vztah:

$$V_i^* = V_{i+1} - V_i - P_i - N_i + E_i \tag{26}$$

Kde V_i^* je změna objemu způsobená přítokem vody z povodí a odtokem vody z nádrže ve formě ztrát v časovém kroku i. Kladné hodnoty v časové řadě V^* značí, že přítok z povodí převýšil ztráty z nádrže a naopak. Časová řada V^* byla následně rozdělena na dvě nové časové řady následujícím způsobem:

$$V_{pov,i}^* = \max(V_i^*, 0) \tag{27}$$

$$V_{ztr,i}^* = \min(V_i^*, 0) \tag{28}$$

kde V^*_{pov} [m³] je čistý přítok z povodí (tj. přebytek přítoku vody do nádrže) a V^*_{ztr} [m³] je čistá ztráta vody z nádrže (tj. přebytek ztráty vody z nádrže). Na základě časové řady V^*_{ztr} byla určena průměrná denní ztráta vody z nádrže Z [m³] jako aritmetický průměr této časové řady.

Kalibrace modelů byla provedena na časové řadě Δh_{pov} [mm·den⁻¹], která reprezentovala měřený odtok z povodí. Tato časová řada vznikla transformací časové řady V^*_{pov} (jednotkový převod na [mm·den⁻¹]). U všech jednotkových transformací byla respektována závislost na ploše hladiny proměnné v čase. Společným vstupem obou modelů byly denní časové řady srážek P, průměrné denní teploty T a potenciální evapotranspirace PET vypočtené podle Oudina (viz rov. 1). Sněhový modul spojený s GR4J vyžadoval navíc informaci o hypsografii povodí jezera Most.

Hodnotícím kritériem simulační účinnosti obou modelů byla v kalibračním procesu odmocnina střední kvadratické chyby *RMSE* (*Root Mean Square Error*):

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N}(\hat{R} - R)^2}{N}} \tag{29}$$

Kde $\hat{R}$ [mm·den⁻¹] je modelem simulovaný odtok z povodí, R [mm·den⁻¹] je pozorovaný odtok z povodí odpovídající Δh_{pov}.

Výstupem modelů byly časové řady simulovaného odtoku $\hat{R}$ v mm, které bylo následně nutné převést na m^3 a snížit o průměrnou denní ztrátu:

$$\hat{V}_i^* = \hat{R}_i + \overline{Z} \tag{30}$$

Kde $\hat{V}^*$ je změna objemu způsobená simulovaným přítokem vody z povodí a odtokem vody z nádrže ve formě ztrát v časovém kroku *i*.

Změny objemu v nádrži byly pak stanoveny následujícím způsobem pro měřená data:

$$\Delta V_i = V^* + P_i + N_i - E_i \tag{31}$$

a pro simulovanou změnu:

$$\Delta \hat{V}_i = \hat{V}_i^* + P_i + N_i - E_i \tag{32}$$

Celkový objem vody v nádrži je v případě měřených dat:

$$V_{i+1} = \Delta V_i + V_i \tag{33}$$

a v případě simulovaných dat:

$$\hat{V}_{i+1} = \Delta \hat{V}_i + \hat{V}_i \tag{34}$$

Porovnání účinnosti obou modelů bylo provedeno v rámci bilance v nádrži pomocí kritéria relativní změny následujícím způsobem:

$$RZ = \frac{\sum_{i=1}^{N} \Delta \hat{V} - \sum_{i=1}^{N} \Delta V}{|\sum_{i=1}^{N} \Delta V|} \tag{35}$$

Kritérium nabývá hodnot v intervalu (−∞; +∞), přičemž dokonalá shoda nastává při $RZ = 0$. Kladné hodnoty ukazují nadhodnocení simulace, záporné hodnoty ukazují podhodnocení simulace.

Druhou fázi kalibrace lze shrnout do následujících kroků:

- kalibrace modelů pomocí hydrologických charakteristik povodí jezera Most,
- bilance objemů v jezeře Most.

Kalibrace modelů na hydrologické charakteristiky je specifickou kalibrační metodou, neboť nevyužívá měřené časové řady odtoku z povodí. Princip kalibrace je založen na nalezení takové sady parametrů modelu, jejíž použití vede k časové řadě simulovaného odtoku s hydrologickými charakteristikami, které jsou co nejblíže pozorovaným hydrologickým charakteristikám daného povodí. Tento způsob kalibrace

hydrologického modelu byl testován např. ve studiích *Yu a Yang* (2000) a *Westerberg et al.* (2011) s dobrými výsledky v porovnání s tradičním kalibračním postupem a v podmínkách ČR je implementován v systému HAMR (*Vizina et al.*, 2018). U všech modelů musela být pro tyto účely upravena optimalizační procedura.

Vstupy do modelů (P, T, PET, hypsografie) byly totožné se vstupy v první fázi. Kriteriální funkcí bylo v kalibračním procesu opět *RMSE*, kdy simulované veličiny byly reprezentovány hydrologickými charakteristikami vypočtenými na základě časové řady simulovaného odtoku a pozorované veličiny byly reprezentovány měřenými hydrologickými charakteristikami. Při kalibraci obou modelů na hydrologické charakteristiky byly využity dlouhodobý průměrný roční průtok Q_a a hodnoty M-denních vod Q_{30d} až Q_{364d}.

Výstupem z modelů byly časové řady simulovaného odtoku $\hat{R}$, které byly následně transformovány tak, aby platilo $\Delta\hat{V}_i^* = \hat{R}_i$. Uvedená úprava vyplývá z charakteru kalibračních dat, kdy v tomto případě se simulovaný odtok nesnižuje o ztráty, které byly v předchozím případě implicitně přítomny v kalibračních datech odvozených z měřených dat.

Simulace v první kalibrační fázi ukazují, že ostatní (nevýparové) ztráty mohou mít vliv na bilanci objemu v nádrži. Proto byla odhadnuta ztráta i pro druhou kalibrační fázi. Tento krok byl proveden nad rámec zadání, z důvodu zpřesnění simulací. Odhad ztrát byl proveden na základě nakalibrovaných modelů z druhé kalibrační fáze. Modely byly použity pro simulace odtoku z povodí. K hodnotě odtoku (přítoku do nádrže) z povodí byla připočtena přímá srážka na hladinu nádrže a odečten výpar z volné hladiny. Takto stanovený objem je potenciální změnou objemu (změnou objemu, která neuvažuje žádné další ztráty). Průměrná hodnota rozdílu potenciální změny a skutečné změny objemu je pak ztrátou, která byla uvažována pro simulace na základě modelů nakalibrovaných na charakteristikách odtoku z povodí. Tato ztráta je závislá na velikosti hladiny nádrže. Odhad průměrné denní ztráty je 0,3 mm.

V první kalibrační fázi byly použity časové řady o délce 10 let (6. 1. 2009 až 31. 12. 2018). Časové řady srážek a průměrné teploty byly převzaty ze stanice Kopisty. V druhé kalibrační fázi byly při kalibraci modelů TUW a GR4J na M-denní vody použity časové řady srážek a průměrné teploty o délce 30,5 roku (1. 7. 1988 až 31. 12. 2018) ze stanice Kopisty. Takto nakalibrované modely byly použity při simulaci odtoku na časových řadách, které odpovídaly první kalibrační fázi. Z důvodu *warming-up* periody o délce

1 rok, kterou vyžaduje model GR4J, jsou prezentované výsledky modelů o tuto periodu zkráceny.

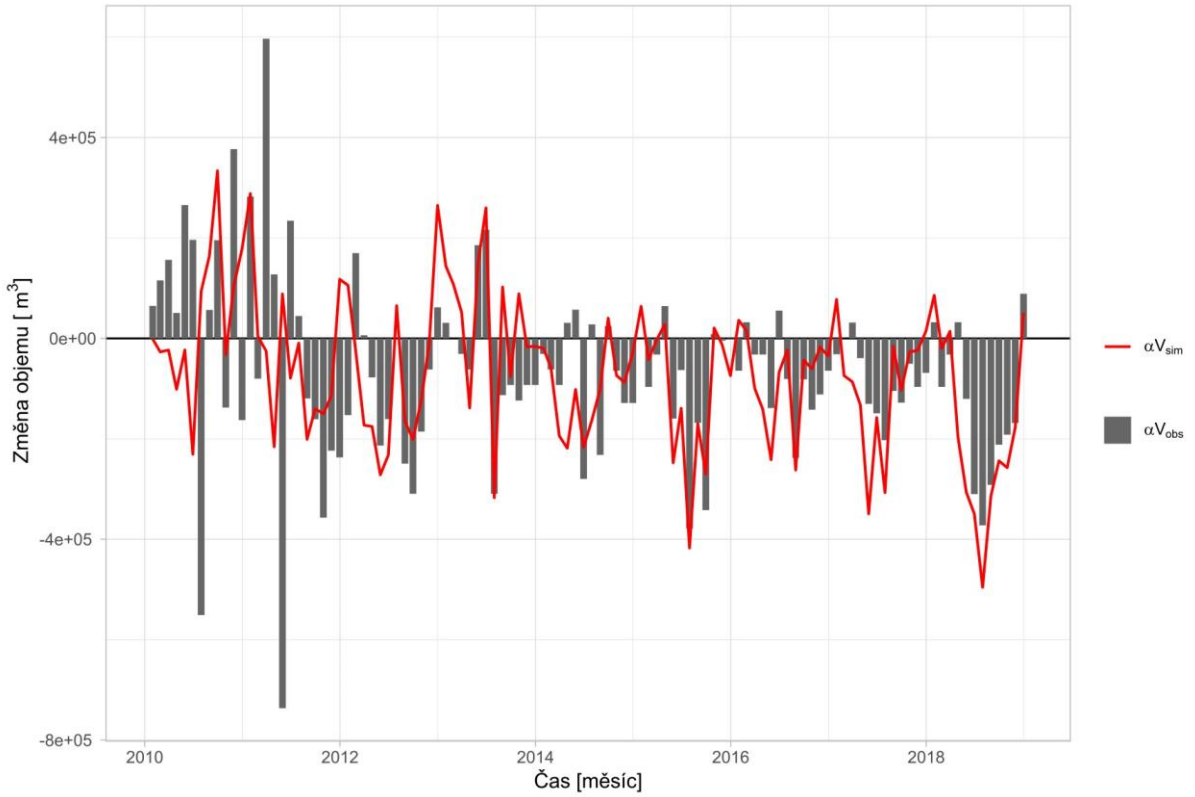
V návaznosti na předběžné výpočty provedené při kalibracích bylo upuštěno od použití modelu BILAN. Dále budou prezentovány pouze výsledky pro modely GR4J a TUW. Tento krok byl zapříčiněn vznikem fyzikálně nesprávné odezvy modelu v podobě kontinuálního růstu základního odtoku v simulované řadě odtoků. Toto chování modelu by mohlo být opraveno pomocí úpravy struktury modelu, avšak tomuto zásahu se autoři chtěli vyhnout. Takový zásah snižuje simulační objektivitu modelu a při daných kalibračních podmínkách by došlo k tomu, že takový model by nebyl ověřitelný z hlediska správnosti hydrologického chování. Je nutné konstatovat, že tyto chybné simulace modelu BILAN jsou důsledkem nestandardních kalibračních dat. V běžných podmínkách poskytuje BILAN výsledky kvalitní a srovnatelné s výsledky GR4J nebo TUW. Z hlediska typu vstupů je však model BILAN zřejmě méně robustní než GR4J a TUW.

Výsledky první fáze kalibrace modelu GR4J uvádí Obrázek 20 a pro model TUW Obrázek 21. Na těchto obrázcích je vykreslena hodnota ΔV – šedé sloupce (pozorované hodnoty bilance) a hodnota $\Delta \hat{V}$ – červená čára (simulované hodnoty bilance). Jedná se tedy o porovnání bilance objemu vody v jezeře bez napouštění. Veličiny jsou vykresleny jako měsíční sumy.

Hodnoty kritéria *RZ* byly 0,057 pro GR4J a -0,028 pro TUW. Tyto hodnoty znamenají, že celková změna objemu v jezeru Most způsobená simulovaným přítokem vody z povodí a odtokem vody z nádrže ve formě ztrát byla o cca 6 % nadhodnocena pro model GR4J a o cca 3 % podhodnocena pro model TUW v porovnání s měřenými daty.

Z průběhu bilance jezera Most (Obrázek 20 a Obrázek 21) je patrné, že simulované výstupy obou modelů podhodnocovaly kladné změny objemů v období 2010 až 2012. Tento jev je poněkud výraznější u modelu GR4J. Nicméně, periody se zápornou bilancí simulují oba modely relativně efektivně (viz období 2015 až 2018).

Obrázek 20. Porovnání pozorované bilance (ΔV_{obs}) a bilance založené na simulaci modelem GR4J (ΔV_{sim}) pro jezero Most v období 2010 až 2018. Kalibrace na pozorovaných datech.

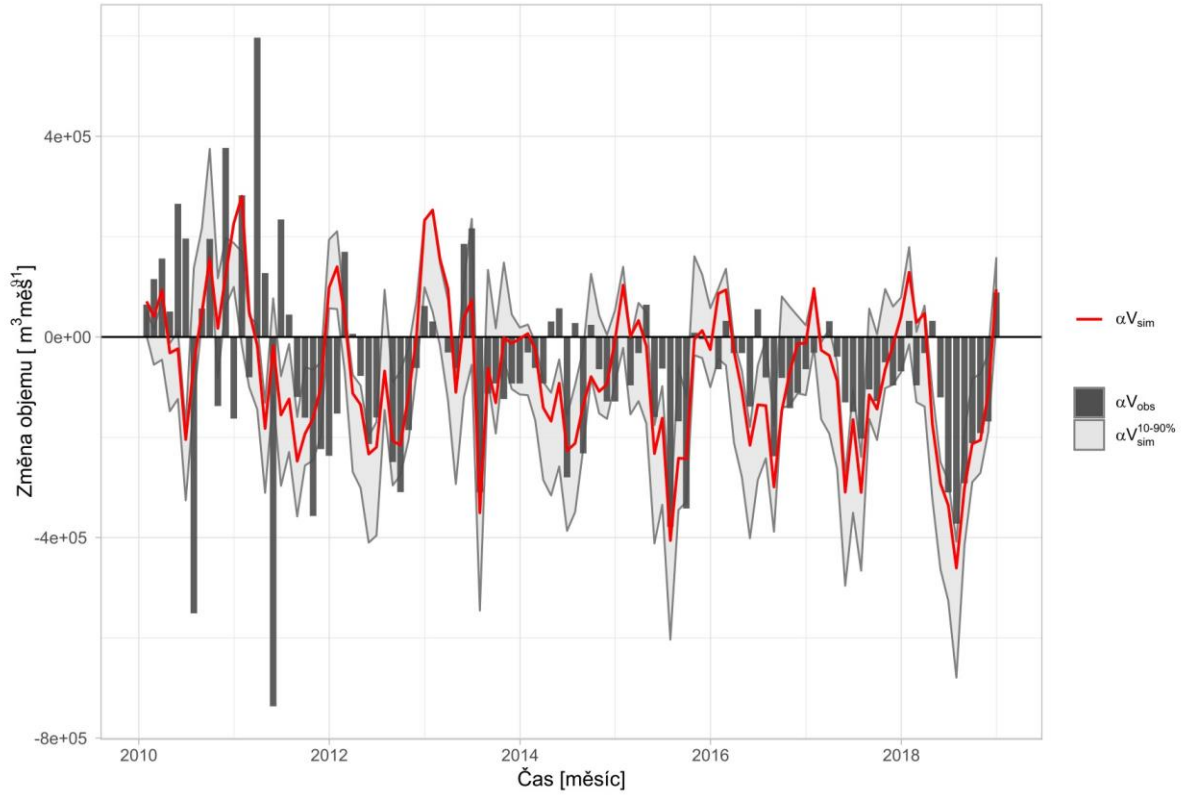


Obrázek 21. Porovnání pozorované bilance (ΔV_{obs}) a bilance založené na simulaci modelem TUW (ΔV_{sim}) pro jezero Most v období 2010 až 2018. Kalibrace na pozorovaných datech.

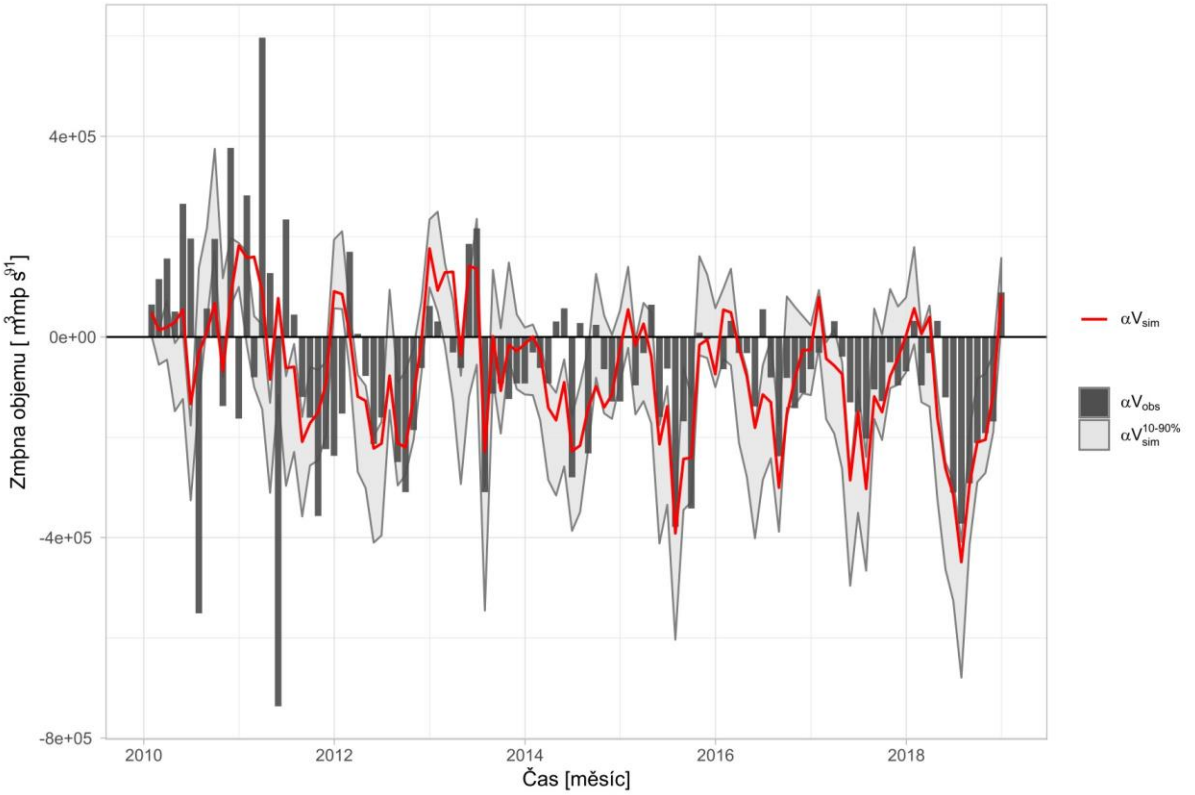
Ve druhé kalibrační fázi vedly simulace na základě optimálních parametrických sad (kalibrovaných proti hydrologickým charakteristikám povodí) modelů GR4J a TUW k hodnotám *RMSE*, kterým odpovídají mediány absolutních odchylek mezi zaznamenanými hydrologickými charakteristikami povodí a těmi stanovenými na základě simulací obou modelů 5,4 % pro model GR4J a 3,5 % pro model TUW. Vyšší absolutní procentické odchylky od zaznamenaných M-denních vod byly zjištěny u Q_{2100d} až Q_{300d} pro simulace spojené s modelem GR4J a u Q_{330d} až Q_{364d} pro simulace spojené s modelem TUW. Procentické odchylky pro Q_a byly minimální.

Bilanci v jezeře Most spojenou se simulací modelu GR4J prezentuje Obrázek 22 a s modelem TUW Obrázek 23. Na těchto obrázcích jsou opět pomocí šedých sloupců prezentovány hodnoty bilance pozorované a červenou čárou hodnoty bilance simulované. Veličiny jsou vykresleny jako měsíční sumy. Světle šedé plochy v obou grafech ukazují nejistotu spojenou s výběrem časových řad PET pro model i pro výpar z hladiny jezera a představují 80% simulací (10–90 percentil) změn objemu ze všech kombinací PET metod. Simulovaná hodnota bilance v podobě červené čáry odpovídá simulaci ze zvolené kombinace PET pro povodí (metoda dle Oudina) a výparu z volné hladiny (metoda dle VÚV1). Hodnoty kritéria *RZ* byly -0,058 pro GR4J a -0,050 pro TUW. Model GR4J tedy simuluje bilanci s cca 6% podhodnocením a TUW s podhodnocením cca 5 %.

Výsledky (Obrázek 22 a Obrázek 23) ukazují, jak ovlivňuje volba metody PET výsledky simulované bilance. Porovnání šířky intervalu vymezeného 10–90 percentilem simulací (kombinace všech metod PET) ukazuje, že nejistota spojená s výběrem PET pro model a pro výpar z hladiny, je u obou modelů podobná. Nicméně o něco stabilnější je v tomto směru model GR4J. Dominantní vliv na simulaci bilance má výpar z volné hladiny, protože celkový simulovaný odtok z povodí není při různých vstupech PET výrazně ovlivněn. Stabilita modelů při různých vstupech PET je dána způsobem výpočtu aktuální evapotranspirace (AE) v obou modelech. Výpočet AE je ovlivněn zásobním poměrem (poměr aktuální zásoby a maximální kapacity zásobníku) v půdním (TUW) nebo produkčním (GR4J) zásobníku, a díky tomu jsou oba modely schopné transformovat vysoké vstupní hodnoty PET (metody Šermer, Hammon2 nebo Blaney-Criddle) na nižší hodnoty aktuální evapotranspirace, a tedy snížit vliv výparu na celkový odtok z povodí.



Obrázek 22. Porovnání pozorované bilance (ΔV_{obs}) a bilance založené na simulaci modelem GR4J (ΔV_{sim}) pro jezero Most v období 2010 až 2018. Kalibrace na charakteristikách odtoku. Šedá oblast značí simulace ze všech kombinací PET pro povodí a výpar z hladiny jezera.



Obrázek 23. Porovnání pozorované bilance (ΔV_{obs}) a bilance založené na simulaci modelem TUW (ΔV_{sim}) pro jezero Most v období 2010 až 2018. Kalibrace na charakteristikách odtoku. Šedá oblast značí simulace ze všech kombinací PET pro povodí a výpar z hladiny jezera.

Srovnáme-li výsledky obou kalibračních schémat, které prezentuje Obrázek 20 až Obrázek 23, je možné konstatovat, že oba modely, pokud jsou kalibrovány na hydrologické charakteristiky a při vhodně stanovené denní ztrátě, poskytují velmi podobné simulace změny objemu v jezeru Most (hodnoceno kritériem *RZ*) jako výsledky z první kalibrační fáze. Absolutní procentuální rozdíl simulovaných dat od měřených je u modelu GR4J 6 % při kalibraci na měřených datech (1. fáze) a 6 % při kalibraci na charakteristických hodnotách odtoku (2. fáze). U modelu TUW se jedná o 3 % v první fázi a 5 % ve druhé fázi.

Ztráta, použitá ve druhé kalibrační fázi, je pravděpodobně závislá na režimu podzemních vod v lokalitě, na transpiraci rostlin v litorálním pásu jezera a na břehových infiltracích v rámci ročního kolísání hladiny. Pro bilance objemu v ostatních zbytkových jamách předpokládáme podobnost hydrologického režimu v rámci vývoje hladiny s jezerem Most, a proto bude identifikovaná ztráta využita i pro tyto lokality.

Z hlediska změny využití povodí a vegetačního pokryvu je možné uvažovat houstnutí porostu a zvýšení procentuálního zastoupení lesních pozemků na povodí. Tyto změny by měly vést v budoucnu k vyšším hodnotám aktuální evapotranspirace na povodí. Ze získaných výsledků tomuto stavu může odpovídat dolní hranice obalové plochy (Obrázek 22 a Obrázek 23). Velikost ovlivnění oproti modelovaným hodnotám však není příliš významná. To je způsobeno tím, že pro výpočet výparu z volné hladiny jezera byla použita metoda VUV1, která patří k metodám s vysokou průměrnou hodnotou výparu.

Změna metody stanovení PET na povodí nehraje tak významnou roli, jak bylo vysvětleno výše.

6.4.3. Plnění a bilance nádrže

V této kapitole jsou představeny výsledky plnění nádrže na základě modelů stanovených v kapitole 6.4.2. Jako první jsou představeny výsledky teoretického plnění jezera a následuje zhodnocení vývoje hladiny. V obou případech byly provedeny výpočty za podmínek odpovídajících pozorovaným i resamplovaným datům.

Resamplovaná data byla zařazena z důvodu kvantifikace nejistot a z důvodu stanovení přirozeně ustálené hladiny. U pozorovaných dat se jednalo o 30letou řadu srážek, teplot a odvozené PET. U varianty s resamplovanými daty byly vstupy do modelu náhodně vygenerovány z pozorované řady vstupů. Celkově bylo vygenerováno 50 řad syntetických dat o délce 300 let. Postup tvorby těchto řad byl takový, že každý jednotlivý

rok 300leté syntetické řady byl náhodně vybrán z pozorované řady a z těchto let byla 300letá řada postavena (tj. samplují se roční bloky dat). Tento postup je běžně používán (tzv. *block bootstrap*) a není zde nutné řešit autokorelaci řady, jako je tomu např. u samplování v měsíčním kroku. Kapitolu zakončuje stanovení konstantní denní dotace do nádrže nutné pro udržení hladiny na požadované úrovni 199 m n. m.

V rámci řešení plnění a bilance nádrže byly uvažovány jednak ztráty výparem z volné hladiny, ale také ostatní ztráty 0,3 mm/den, které byly kvantifikovány v kapitole 6.4.2.

Výsledky jsou prezentovány ve formě grafů ročních hodnot. Každý obrázek obsahuje grafy, které zobrazují kótu hladiny [m n. m.], objem vody v nádrži [m^3] a plochu hladiny [m^2] v závislosti na čase a graf bilance nádrže v m^3/rok (rozdíl přítoku do nádrže ve formě celkového odtoku z povodí a srážky na hladinu nádrže a ztrát z nádrže ne formě výparu z hladiny a ostatních ztrát). Ve všech níže uvedených grafech jsou červeně zobrazeny simulace spojené s modelem GR4J, modře jsou výsledky modelu TUW, černá přerušovaná čára je požadovaná hladina 199,0 m n. m. (v grafech, kde je to vhodné). U grafu bilance nádrže je černou spojitou horizontální čárou zdůrazněna úroveň odpovídající nulové změně.

V komentáři k obrázkům bude z důvodu čitelnosti a přehlednosti textu rozebírána jen úroveň kóty hladiny. Ostatní batymetrické veličiny (objem nádrže a plocha hladiny) jsou na hodnotě kóty závislé, proto jejich komentář není nutný.

Grafy plnění nádrže s 30letou a 300letou řadou dat mají počátek v roce 2009 a rozsah odpovídá měřeným datům srážek a teplot, bez prvních 365 dní, které byly použity v modelu GR4J jako *warmingup* perioda. Toto datum bylo zvoleno tak, aby se co nejvíce blížilo skutečnému počátku napouštění, tj. 22. 10. 2008. Časová řada vstupů (30letá) stále odpovídá rozsahu dat poskytnutých ČHMÚ. Jinými slovy grafy ukazují plnění nádrže, kdyby byla od roku 2009 ponechána pouze přirozenému plnění a meteorologické podmínky by odpovídaly období 1989–2017.

Grafy vývoje hladiny pokrývají období v budoucnosti a mají počátek v roce 2020. Tyto grafy zobrazují resamplované řady o délce 300 let.

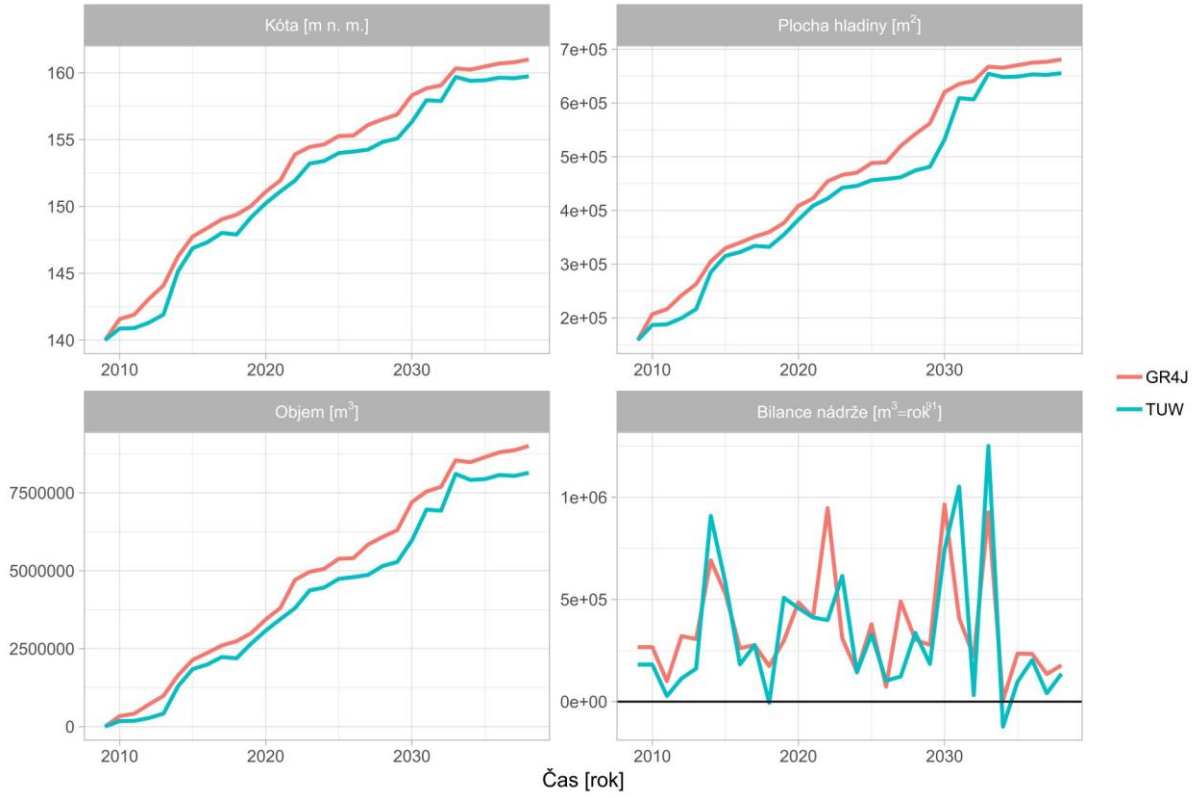
V grafech resamplovaných časových řad je plnou čárou příslušné barvy (dle modelu) zobrazena hodnota aritmetického průměru ze všech 50 simulací, obalový polygon příslušné barvy (dle modelu) zobrazuje 10–90% rozsah všech 50 resamplovaných řad.

6.4.3.1. Plnění jezera Most bez externí dotace

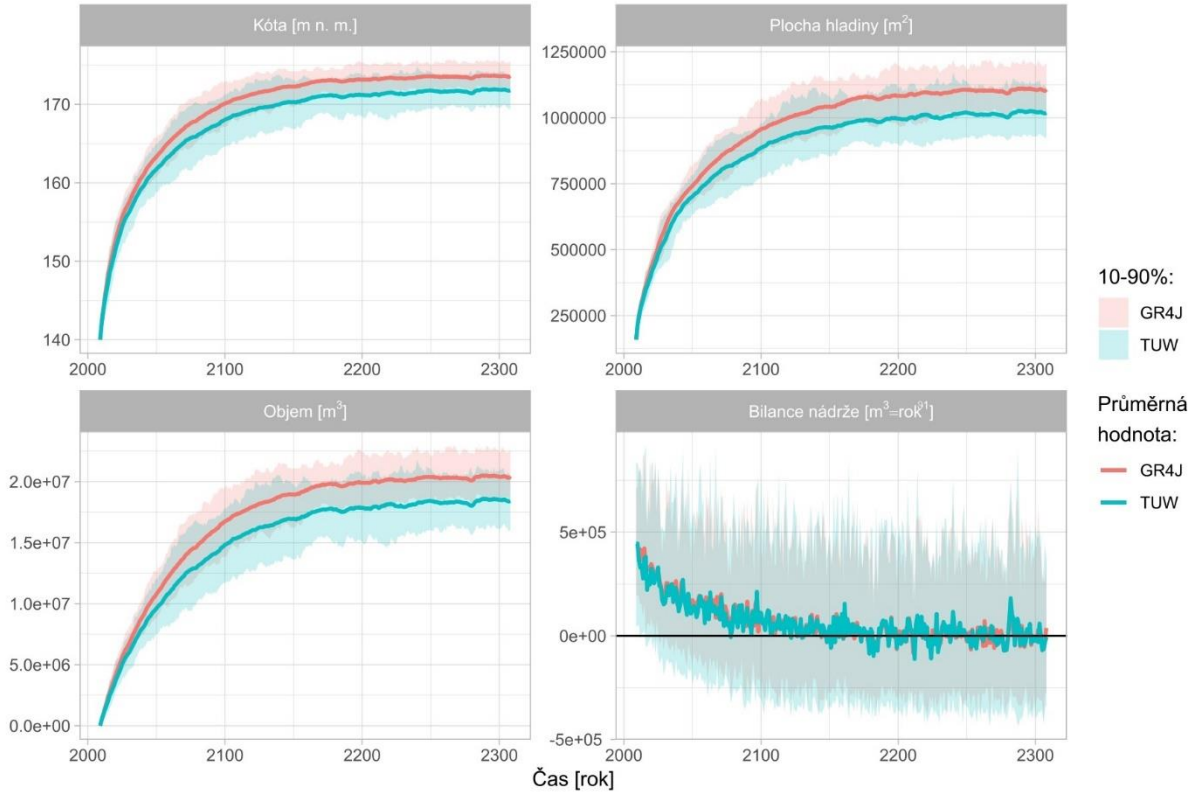
Teoretické plnění jezera Most v závislosti na vstupní řadě pozorovaných dat o délce 30 let ukazuje Obrázek 24. plnění jezera Most ze simulací na resamplovaných datech ukazuje Obrázek 25. Hodnoty batymetrických veličin při plnění nádrže bez externí dotace ukazuje Tabulka 34 v příloze C na str. 314.

Na konci plnění je odhad výšky hladiny pro 30letou vstupní řadu na kótě 161,0 m n. m. pro model GR4J a 159,7 m n. m. pro model TUW. U resamplovaných dat se jedná o kótu 173,5 m n. m. pro GR4J a 171,7 m n. m. pro TUW. Rozdíly mezi výsledky simulací modelů jsou na konci 30leté řady plnění 1,3 m ve výšce hladiny. Tento rozdíl je pak výraznější u resamplovaných dat, kde v průměru činí 1,8 m. Při plnění nádrže pouze celkovým odtokem z povodí jezera Most nebylo dosaženo požadované kóty hladiny 199,0 m n. m.

Graf bilance nádrže (viz Obrázek 24 a Obrázek 25, vpravo dole) ukazuje pozitivní bilanci jednak v rámci celé 30leté řady, tak i v prvních cca 100 letech v rámci resamplovaných dat. Pomocí stanovení přímek trendů bylo zjištěno, že ustálené hladiny v nádrži je dosaženo v průměru na kótě 173,7 m n. m. (model GR4J), resp. 172,0 m n. m. (model TUW) za více než 300 let od začátku napouštění nádrže.



Obrázek 24. Simulace plnění jezera Most se vstupy v podobě 30leté řady měřených dat



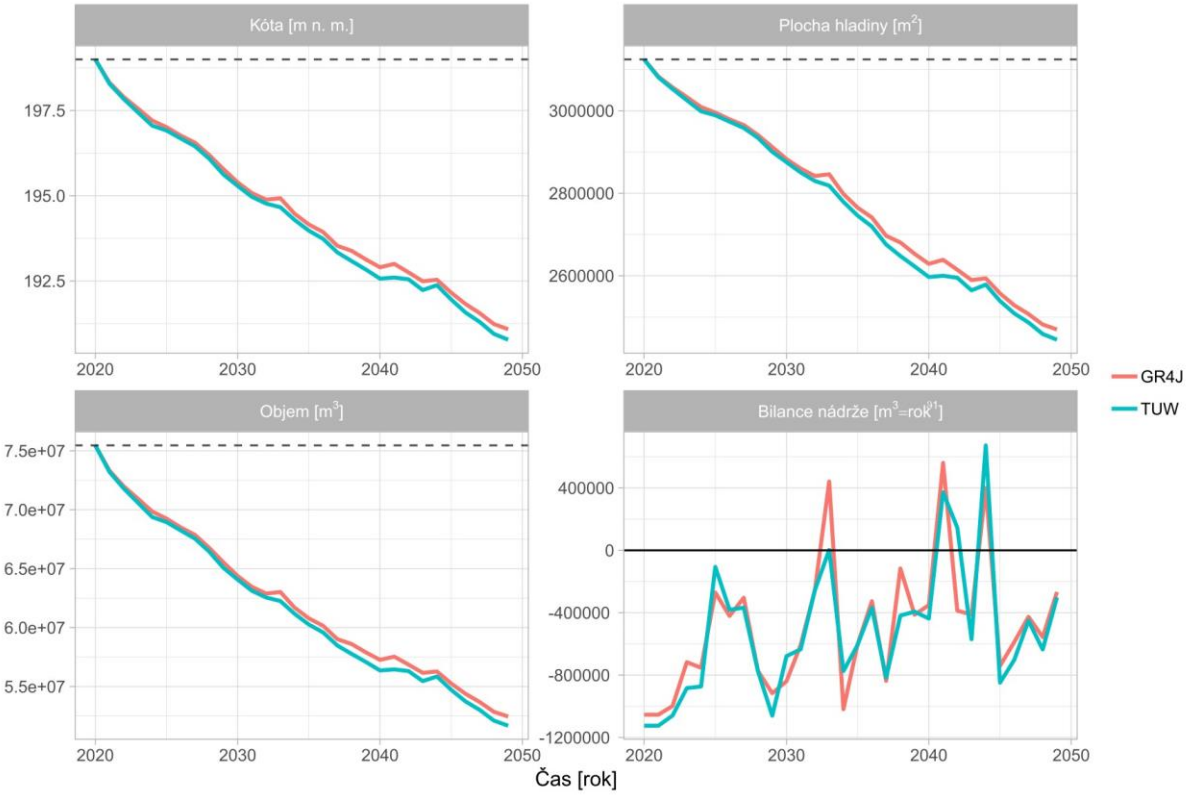
Obrázek 25. Simulace plnění jezera Most se vstupy v podobě 50 x 300 let resamplovaných dat

6.4.3.2. Vývoj hladiny v jezeře Most bez externí dotace

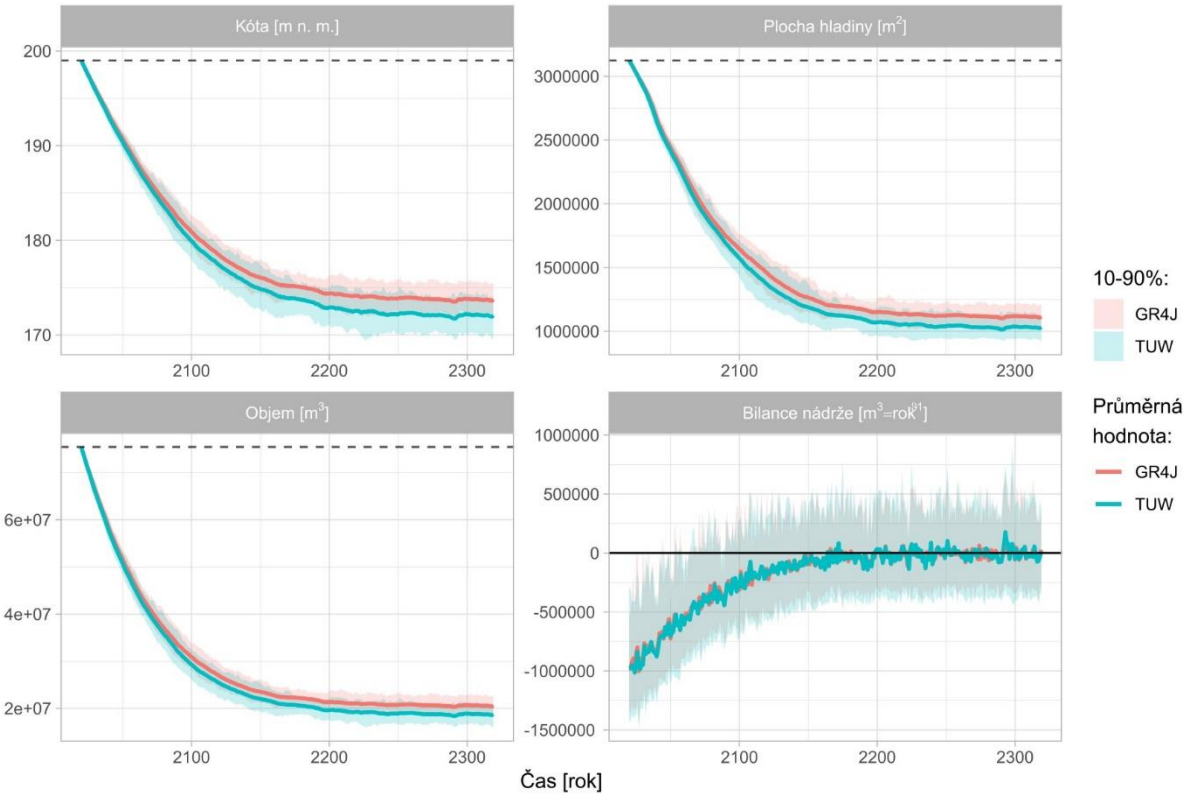
Simulace budoucího vývoje výšky hladiny v jezeře ukazuje Obrázek 26 a Obrázek 27. Obrázek 26 ukazuje teoretický vývoj nadmořské výšky hladiny jezera Most od požadované hladiny na kótě 199,0 m n. m. pro vstupní řadu 30 let. Obrázek 27 totéž, ale pro výpočet na resamplovaných datech. Hodnoty batymetrických veličin vývoje výšky hladiny v nádrži bez externí dotace uvádí Tabulka 35 v příloze C na str. 314.

Teoretická výška hladiny na konci 30letého období je pro model GR4J na kótě 191,1 m n. m a pro model TUW na kótě 190,8 m n. m. Rozdíl v kótách na konci období činí 0,3 m. V případě resamplovaných dat hladina teoreticky zaklesne v průměru na kótu 173,6 m n. m. (model GR4J), resp. na kótu 171,9 m n. m. (model TUW). Rozdíl v aritmetických průměrech kót hladin mezi oběma modely činí 1,7 m.

Graf bilance nádrže pro vývoj hladiny ukazuje v obou případech (Obrázek 26 a Obrázek 27, vpravo dole), že výpar z hladiny a ostatní ztráty převažují nad přítokem do nádrže ve formě srážek a odtoku z povodí, ačkoliv u resamplovaných dat je patrný vzestup v čase k vyrovnané bilanci. Vyrovnaná bilance, ke které dochází za cca 220–240 let, značí, že na této úrovni bude dosaženo ustálené výšky hladiny (GR4J: 173,7 m n. m. a TUW: 172,0 m n. m).



Obrázek 26. Vývoj hladiny jezera Most se vstupy v podobě 30leté řady měřených dat



Obrázek 27. Vývoj hladiny jezera Most se vstupy v podobě 50 x 300 let resamplovaných dat

6.4.3.3. Stanovení externí dotace pro udržení hladiny na požadované úrovni

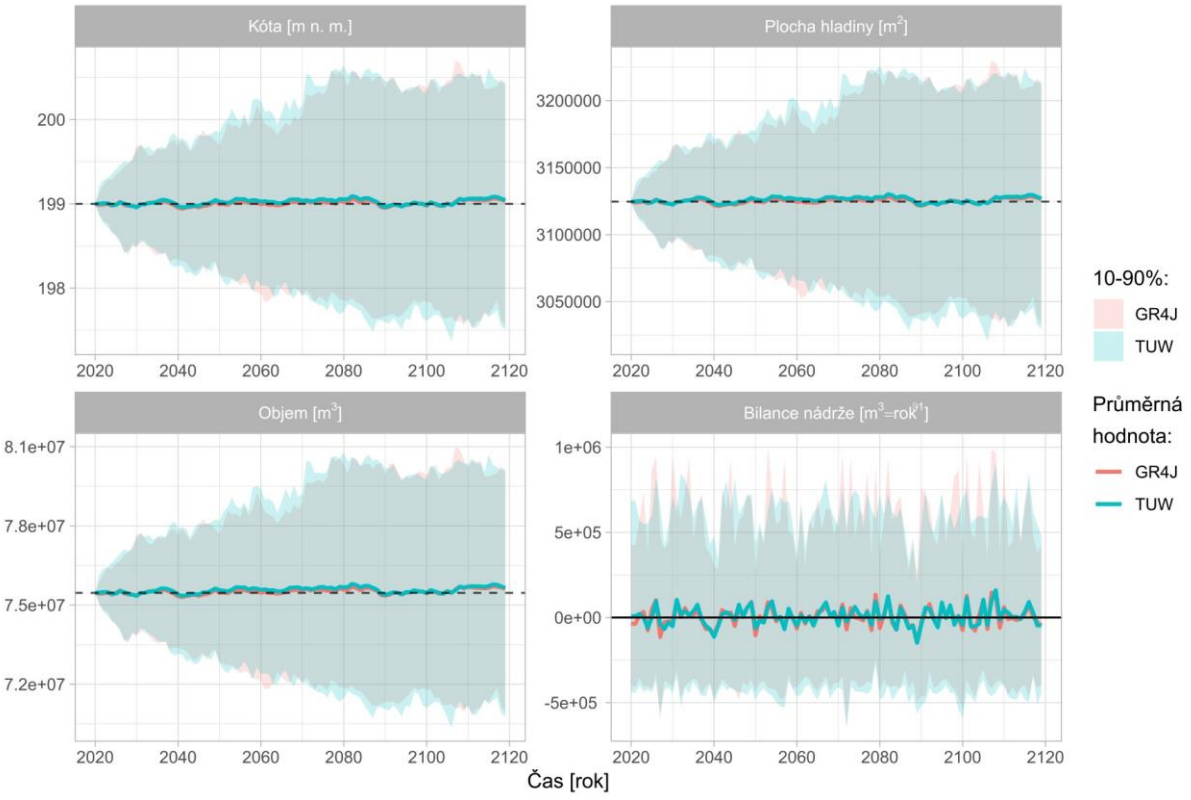
Obrázek 28 a Obrázek 29 ukazují, jakým způsobem se bude měnit nadmořská výška hladiny v jezeře, když bude kromě odtoku z povodí simulovaného modely GR4J a TUW uvažováno i napouštění z externích zdrojů. Hodnoty napouštění byly stanoveny iteračně.

Obrázek 28 ukazuje teoretický vývoj nadmořské výšky hladiny jezera Most od počáteční kóty 199,0 m n. m. v závislosti na vstupní řadě pozorovaných dat o délce 30 let a zvolené externí dotaci. Obrázek 29 ukazuje úsek o délce prvních 100 let teoretického vývoje nadmořské výšky hladiny jezera Most od počáteční kóty 199,0 m n. m. při zvolené externí dotaci na resamplovaných datech. Pro obě uvažované časové řady je použito externí napouštění 30,1 l/s v případě simulací GR4J a 31,3 l/s v případě simulací TUW.

Je patrné, že nadmořská výška hladiny jezera Most kolísá v rámci 30leté řady cca od 198,5 m n. m. do 199,5 m n. m. Uvažované externí dopouštění je tedy dostatečné pro udržení hladiny jezera v rozmezí ± 0,5 m kolem požadované hladiny. Zvolené hodnoty externího napouštění jezera Most jsou dostatečné i v dlouhodobém horizontu 100 let, kdy aritmetický průměr kóty hladiny kolísal v rozmezí hodnot cca od 198,9 m n. m. do 199,1 m n. m. pro model GR4J a cca od 199,0 m n. m. do 199,1 m n. m. pro model TUW.

Stanovené hodnoty napouštění umožňují provést dodatečné zhodnocení provedených simulací založené na porovnání s průměrnými ročními úhrny napouštění. Pro tento účel byla stanovena průměrná roční hodnota napouštění z měřených dat pro periodu začínající dnem, kdy bylo ve skutečnosti dosaženo kóty 199 m n. m. Jedná se o období od 27. 7. 2014 do 31. 12. 2018. Průměrná roční suma měřeného napouštění odpovídá 1 204 500 m^3/rok (38,2 l/s). Pro simulace na základě modelu GR4J je k udržení hladiny na kótě 199 m n. m. potřeba v průměru 949 000 m^3/rok (30,1 l/s). Pro simulace na základě modelu TUW je potřeba v průměru 985 500 m^3/rok (31,3 l/s). Model TUW je v tomto směru přesnější. Celkově jsou tedy simulace na základě modelu GR4J víc nadhodnoceny než simulace založené na modelu TUW, který se ve smyslu nutného napouštění z externích zdrojů víc blíží realitě. Avšak i simulace založené na modelu TUW jsou z pohledu porovnání s měřenými hodnotami napouštění nadhodnocené. Při tomto hodnocení se musí také brát v úvahu, že hodnoty nutného denního napouštění u simulací byly stanoveny na základě 30leté, respektive 300leté řady a porovnávané období měřených hodnot napouštění pokrývá cca 4,5 roku. Proto na základě této analýzy není možno jasně stanovit míru nadhodnocení modelů.

Obrázek 28. Simulace vývoje hladiny jezera Most (30letý úsek) od počáteční kóty 199,0 m n. m. s externím napouštěním 30,1 l/s pro GR4J 31,3 l/s pro TUW



Obrázek 29. Simulace vývoje hladiny jezera Most (100letý úsek z 300leté řady) od počáteční kóty 199,0 m n. m. s externím napouštěním 30,1 l/s pro GR4J 31,3 l/s pro TUW

6.4.4. Změny klimatických veličin na jezeře Most

Vzhledem k rozsahu celého souboru simulací klimatických modelů je vyhodnocení primárně zaměřeno na statistické shrnutí sad simulací klimatických modelů tak, jak se uvádí v běžných metodických doporučeních. Výsledkem vyhodnocení změn jedné veličiny (např. průměrného teploty pro určité povodí) tak není jedno číslo, ale číslo reprezentující střední odhad a interval, ve kterém se nachází odhady změn této veličiny pro jednotlivé simulace klimatických modelů. Tento interval je v dalším hodnocení ještě zpravidla rozdělen na dvě části – užší, zahrnující polovinu simulací a širší, zahrnující 90 % simulací.

Obrázky jsou vždy sestaveny jako pole grafů o dvou řádcích a třech sloupcích. V řádcích jsou uvedeny výsledky pro sady modelů z projektů CMIP5 a CORDEX, sloupce ukazují výsledky pro tři vybrané scénáře koncentrací skleníkových plynů – RCP2.6 (rcp26), RCP4.5 (rcp45) a RCP8.5 (rcp85). Jednotlivé obrázky jsou pro období 2020–2050 (blízká budoucnost) a pro období 2070–2100 (vzdálená budoucnost). Obrázky jedné prezentované veličiny pro blízkou a vzdálenou budoucnost jsou vykresleny nad sebou.

Změny teploty k období 2020–2050 (Obrázek 30 nahoře) se pohybují většinou v rozmezí 1–2 °C. Rozdíly mezi scénáři koncentrace ani mezi globálními a regionálními modely nejsou příliš výrazné. K relativně vyššímu růstu dochází v zimě a v létě. Rozpětí mezi modely jednotlivých souborů modelů je řádově 1–1,5 °C. Pro vzdálenou budoucnost (2070–2100) jsou změny teploty výraznější, zároveň jsou evidentní rozdíly mezi scénáři koncentrací i během roku. Pro scénář s nejnižším radiačním působením (RCP2.6) vychází změny podobně jako pro blízkou budoucnost, tj. cca 1–2 °C, v případě globálních klimatických modelů (CMIP5) pro RCP4.5 jsou změny v většinou v rozmezí 2,5–4 °C, pro RCP8.5 potom v rozmezí 3–7 °C. Pro regionální klimatické modely (CORDEX) jsou změny o cca 0,5 °C nižší. Co se týče meziroční variability, lze opět konstatovat vyšší růst teploty během léta a zimy, nižší pak na jaře a na podzim, přičemž rozdíl těchto změn je v případě RCP8.5 až 3 °C pro globální modely, respektive 2,5 °C pro regionální klimatické modely. Rovněž rozpětí změn mezi modely je značné – cca 2,5–4 °C.

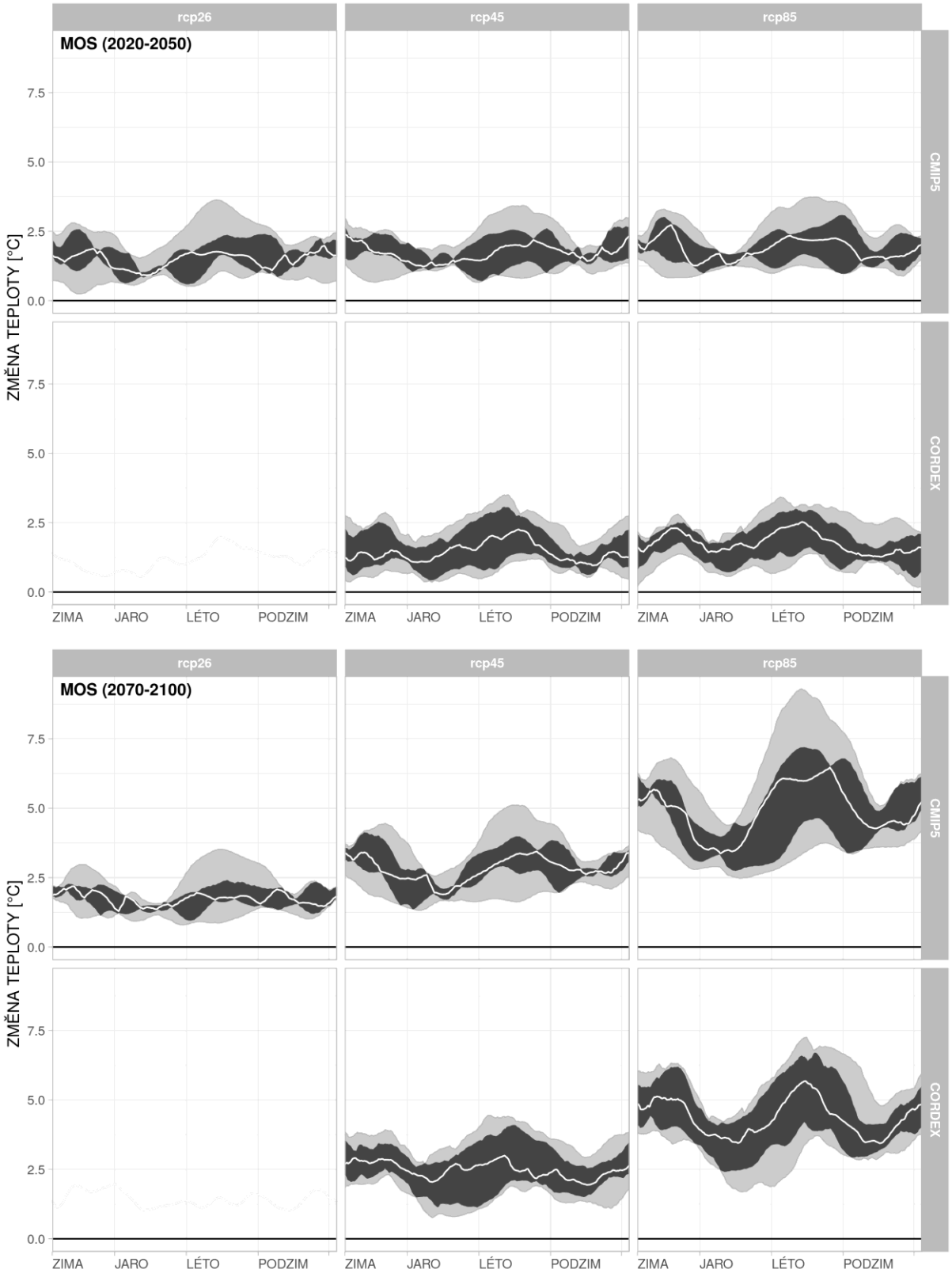
Změny srážek (Obrázek 31) jsou obecně pozitivní – tj. dle všech scénářů koncentrace, obou souborů modelů, pro obě období dochází většinou k růstu srážek, v průměru do 10 %. Pro vzdálenou budoucnost jsou změny vyšší, zejména pro simulace regionálních klimatických modelů a vyšší radiační působení (mezi 10–20 %). Nelze zcela

vypozorovat jednoznačné sezónní rozložení změn. Rozdíly mezi modely jsou poměrně značné – většinou se pohybují v rozmezí 10–30 %.

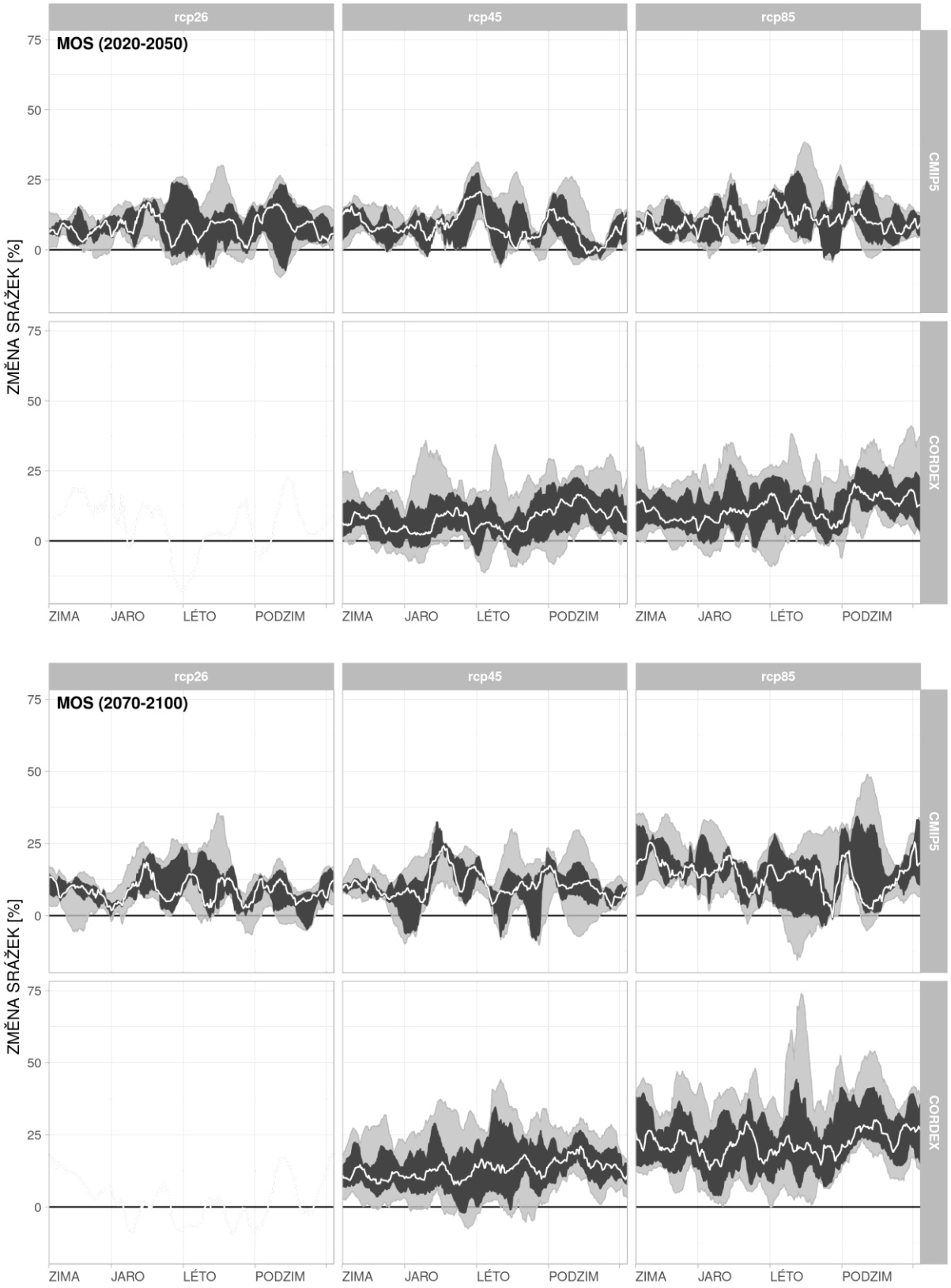
Změny potenciální evapotranspirace (Obrázek 32) jsou nejvýraznější v zimním období. Což je způsobeno zejména růstem teploty nad bod mrazu. V zimním období roste potenciální evapotranspirace řádově o 25 % v blízké budoucnosti a až o 100 % ve vzdálené budoucnosti pro RCP8.5. Pro ostatní scénáře koncentrací jsou změny o něco nižší. Po zbytek roku dochází rovněž k růstu – o cca 10 % v blízké budoucnosti a 20–25 % ve vzdálené budoucnosti.

Změny výparu z vodní hladiny (Obrázek 33) vykazují obecně stejné charakteristiky jako změny potenciální evapotranspirace, nicméně jsou řádově dvojnásobné.

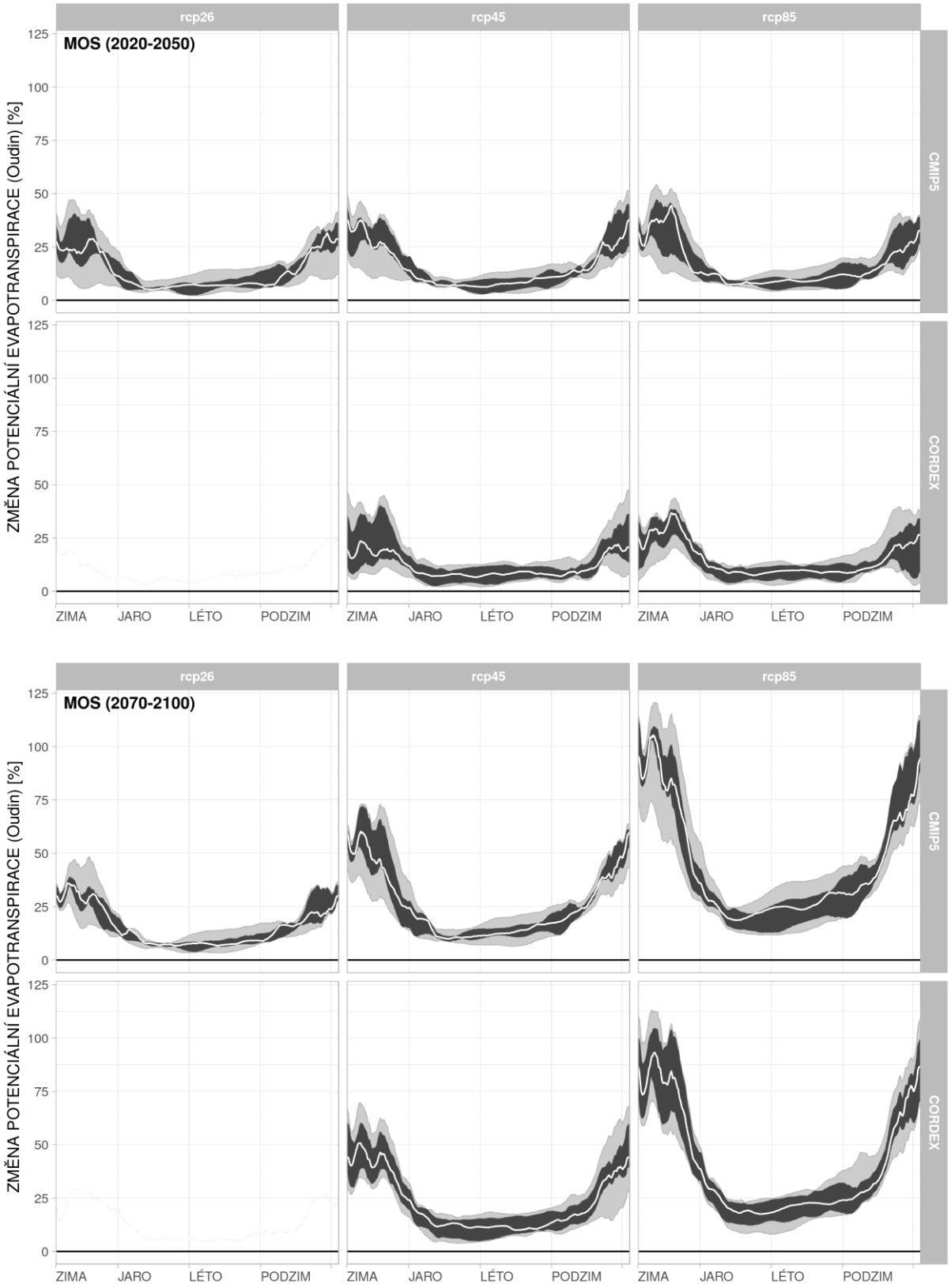
Uvedené obrázky jsou založeny na datech z meteorologické stanice Kopisty a jsou platné (vyjma PET dle Oudina) i pro povodí ostatních jezer (ČSA, Vršany, Bílina), kromě Libouše. Obrázky pro klimatickou změnu pro povodí Libouše (tj. z meteorologické stanice Tušimice) a průběh změny PET dle Oudina pro všechna zbylá povodí jsou v příloze A.



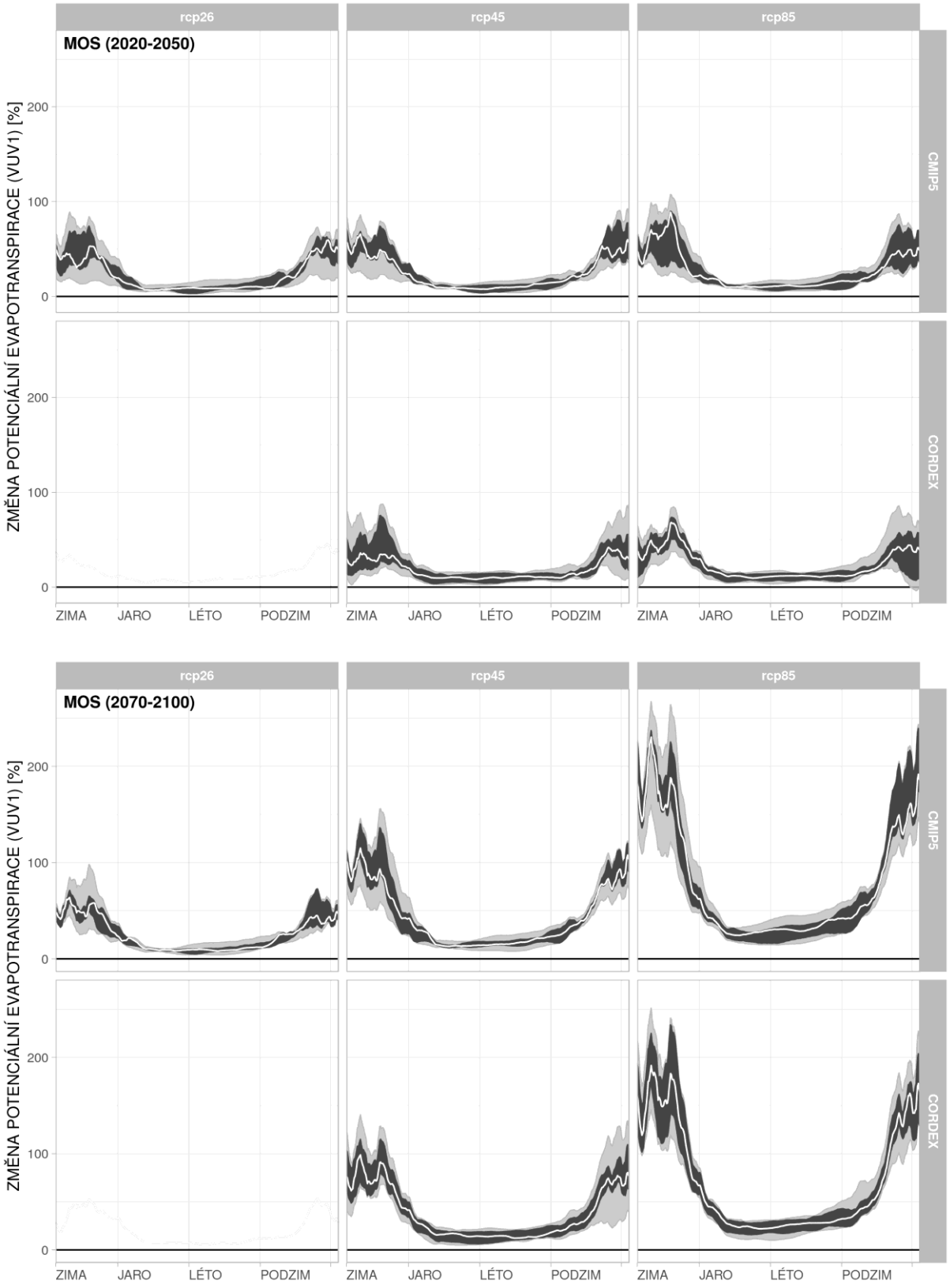
Obrázek 30. Změna teploty pro období 2020–2050 (nahoře) a 2070–2100 (dole) pro povodí jezera Most



Obrázek 31. Změna srážek pro období 2020–2050 (nahoře) a 2070–2100 (dole) pro povodí jezera Most



Obrázek 32. Změna potenciální evapotranspirace (dle Oudina) pro období 2020–2050 (nahoře) a 2070–2100 (dole) pro povodí jezera Most



Obrázek 33. Změna potenciální evapotranspirace (VÚV1) pro období 2020–2050 (nahoře) a 2070–2100 (dole) pro povodí jezera Most

6.4.5. Bilance jezera Most v rámci klimatické změny

V této části je prezentována bilance jezera Most se zohledněním klimatické změny. Výpočet byl proveden pro stanovení vývoje výšky hladiny při ponechání jezera bez externích dotací a pro stanovení potřebné dotace pro udržení hladiny na kótě 199 m n. m. Teoretické plnění jezera nebylo již v rámci klimatické změny prováděno.

Vstupem do simulací scénářů byla jedna řada z resamplovaných dat, jejíž průběh byl nejpodobnější (na základě kritéria *RMSE*) aritmetickému průměru ze všech průběhů hladin stanovených pro resamplovaná data. Tato resamplovaná řada (jeden sample – S), která byla ovlivněna klimatickou změnou uvažovanou v blízké a vzdálené budoucnosti, je dále v textu i obrázcích nazývána S_{20-50}^{xl}, resp. S_{70-100}^{xl}, kde *x* je délka prezentovaného období (100 let, 300 let).

Výsledky jsou prezentovány graficky, a to pouze v podobě vývoje úrovně hladiny v jezeře a jejich struktura je stejná jako u obrázků pro meteorologické veličiny, tj. jedná se o pole grafů. V řádcích jsou uvedeny výsledky pro sady modelů z projektů CMIP5 a CORDEX, sloupce ukazují výsledky pro tři vybrané scénáře koncentrací skleníkových plynů – RCP2.6 (rcp26), RCP4.5 (rcp45) a RCP8.5 (rcp85). Barevný polygon v obrázcích zobrazuje rozsah minima a maxima ze simulací všech klimatických modelů, spojitá čára pak aritmetický průměr z těchto simulací. Simulace spojené s neovlivněnou časovou řadou (dále jako referenční simulace) jsou vykresleny přerušovanou čárou. Ve všech níže uvedených grafech jsou červeně zobrazeny simulace spojené s modelem GR4J, modře jsou výsledky modelu TUW, černá přerušovaná čára je požadovaná hladina 199 m n. m. (pouze v grafech, kde je to vhodné).

6.4.5.1. Vývoj hladiny v jezeru Most bez externí dotace

Obrázek 34 ukazuje vývoj hladiny od počáteční kóty 199,0 m n. m. pro S_{20-50}^{300l} a S_{70-100}^{300l} bez externích dotací. Pro S_{20-50}^{300l} a simulace spojené s modelem GR4J na konci prezentovaného období kóty hladiny v průměru zaklesly na 169,5 m n. m. (CMIP5 s RCP2.6) až 171,5 m n. m. (CORDEX s RCP8.5) pro model GR4J. Pro TUW je to 164,5 m n. m. (CMIP5 s RCP4.5) až 166,6 m n. m. (CORDEX s RCP8.5). V porovnání s referenční řadou došlo v průměru k poklesu kóty hladiny o 0,6–2,6 m (GR4J) a 2,7–4,8 m (TUW).

Pro S_{70-100}^{300l} a simulace spojené s modelem GR4J na konci prezentovaného období kóty hladiny v průměru zaklesly na 157,8 m n. m. (CMIP5 s RCP8.5) až 169,8 m n. m. (CMIP5 s RCP2.6) pro model GR4J. Pro TUW je to 154,8 m n. m. (CMIP5 s RCP8.5) až

164,0 m n. m. (CORDEX s RCP4.5). V porovnání s referenční řadou došlo v průměru k poklesu kóty hladiny o 2,3–14,3 m (GR4J) a 5,3–14,5 m (TUW).

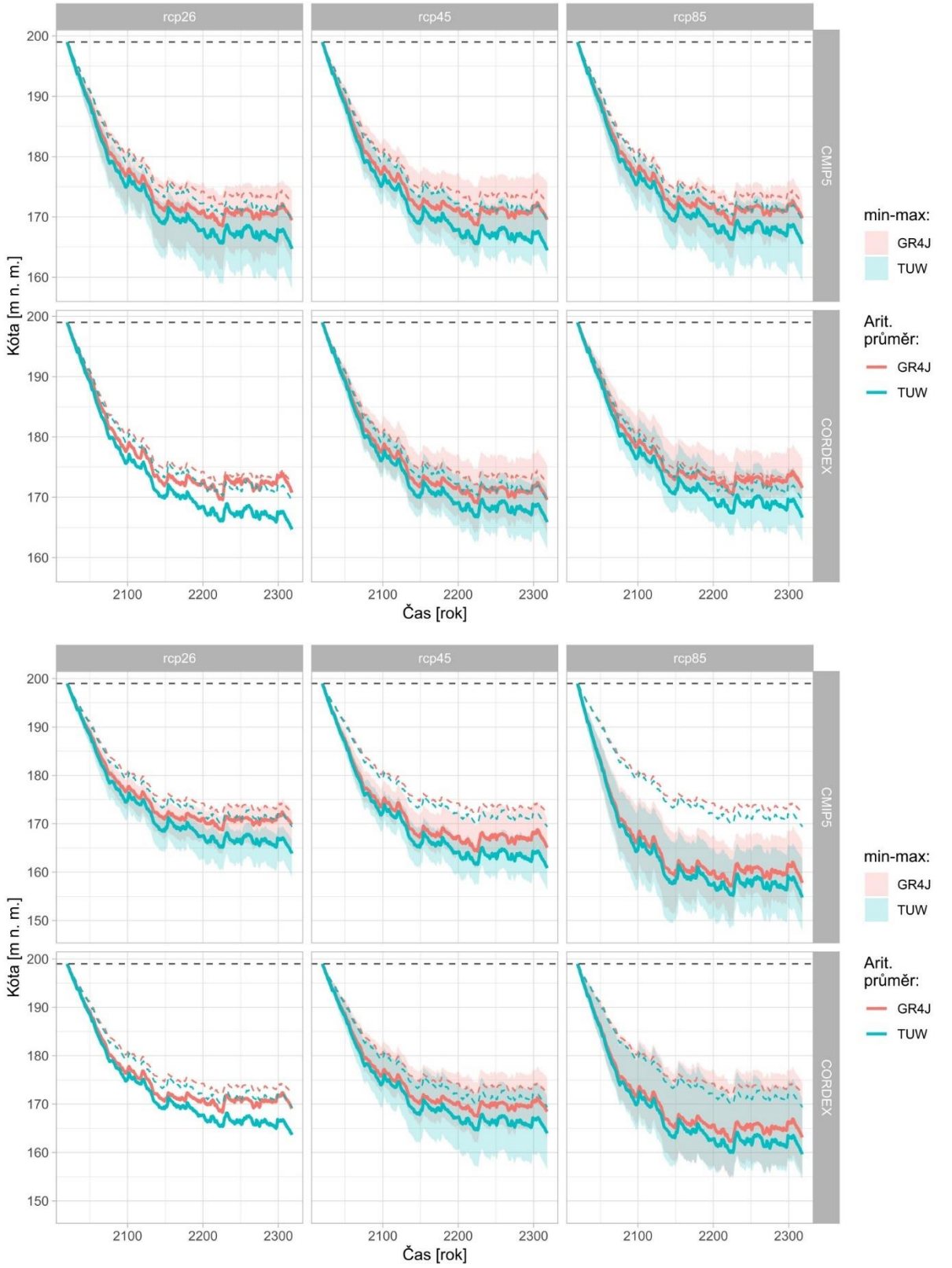
Pomocí stanovení přímek trendů byly zjištěny ustálené hladiny v nádrži pro jednotlivé scénářové simulace. Hodnoty ustálených hladin jsou prezentuje Tabulka 61 v příloze D na str. 330.

6.4.5.2. Stanovení externí dotace pro udržení hladiny na požadované úrovni

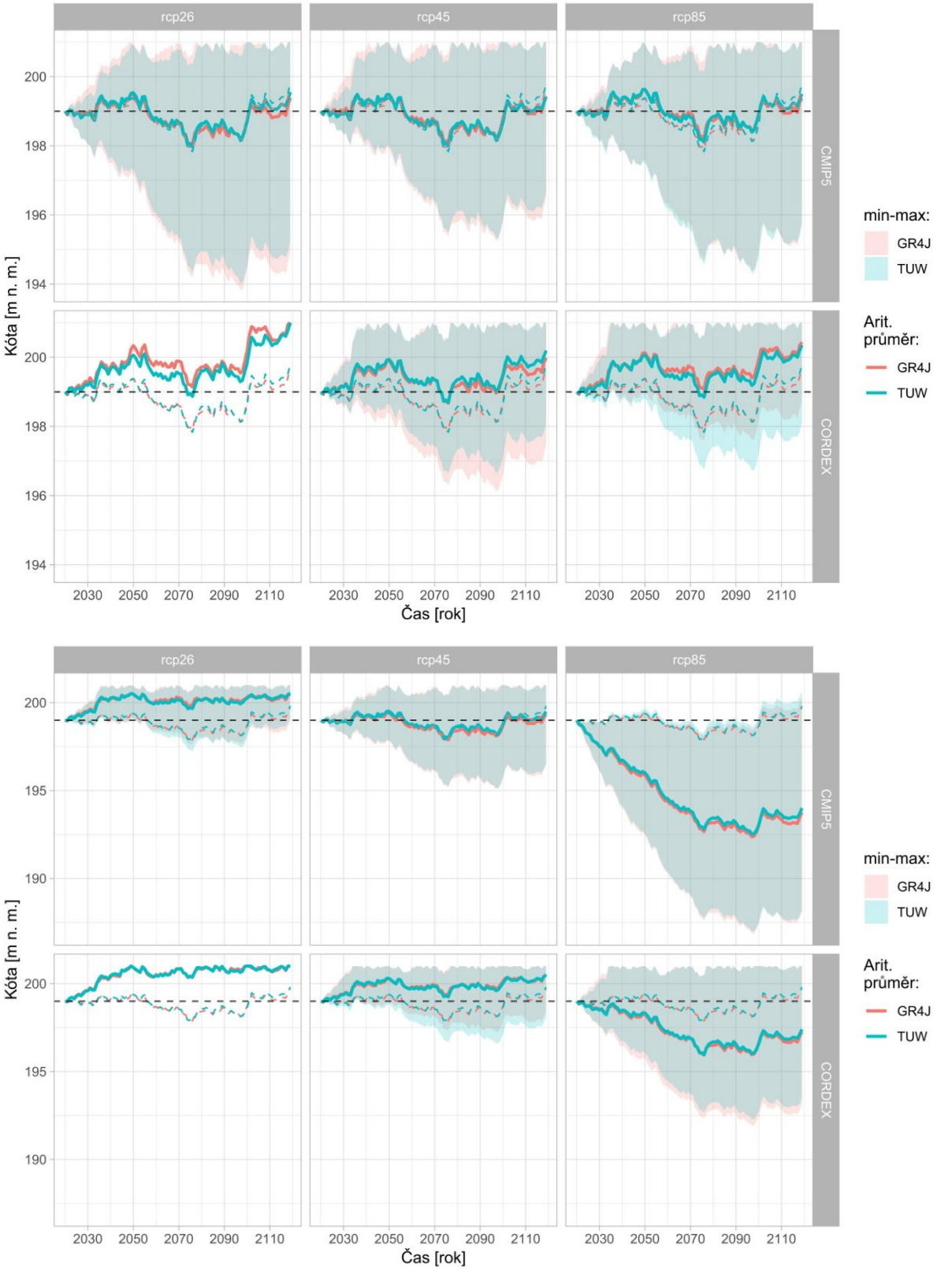
Obrázek 35 ukazuje teoretický vývoj nadmořské výšky hladiny jezera Most od počáteční kóty 199,0 m n. m. ze simulací na řadě S_{20-50}^{100l} při externích dotacích 38,2 l/s (model GR4J), resp. 39,9 l/s (model TUW). Pro S_{70-100}^{100l} jsou nutné externí dotace 45,1 l/s (model GR4J) a 46,9 l/s (model TUW). Hodnoty potřebných dotací byly stanoveny iteračně pro scénář RCP4.5 z projektu CMIP5. V simulacích pro blízkou budoucnost pokrývají takto stanovené hodnoty všechny prezentované varianty scénářů. V simulacích pro vzdálenou budoucnost jsou hodnoty externích dotací dostatečné v případě RCP2.6 i RCP4.5 u regionálních i globálních modelů. Pro nejpesimističtější scénář RCP8.5 se jedná o hodnoty nedostatečné.

Pro S_{20-50}^{100l} je externí dotace dostatečná pro všechny scénáře globálních modelů (CMIP5), kdy aritmetický průměr kóty hladiny kolísá v rozmezí 198,0–199,6 m n. m. pro simulace spojené s modelem GR4J, resp. v rozmezí 198,0–199,6 m n. m. pro model TUW. V případě všech scénářů regionálních modelů (CORDEX) je stanovená dotace mírně nadhodnocena. Aritmetický průměr kóty hladiny na konci 100letého období kolísá v rozmezí 200,0–201,0 m n. m. (model GR4J), resp. v rozmezí 200,2–201,0 m n. m. (model TUW).

Pro S_{70-100}^{100l} je externí dotace dostatečná pro simulace globálních modelů se scénářem RCP4.5, kdy aritmetický průměr kóty hladiny kolísá v rozmezí 197,9–199,4 m n. m. pro simulace spojené s modelem GR4J, resp. v rozmezí 198,0–199,5 m n. m. pro model TUW. Pro simulace regionálních i globálních modelů se scénářem RCP2.6 a pro simulace regionálních modelů se scénářem RCP4.5 jsou externí dotace nadhodnocené. Aritmetický průměr kóty hladiny na konci 100letého období kolísal v rozmezí 200,5–201,0 m n. m. pro oba modely. Pro simulace regionálních i globálních modelů se scénářem RCP8.5 je externí dotace nedostatečná. Aritmetický průměr kóty hladiny poklesl na konci prezentovaného období na 192,4–195,9 m n. m. pro simulace spojené s modelem GR4J, resp. na 192,5–196,0 m n. m. pro model TUW.



Obrázek 34. Vývoj hladiny v jezeře Most pro $\mathbf{S}_{\mathbf{20-50}}^{\mathbf{300}\boldsymbol{l}}$ (nahoře) a $\mathbf{S}_{\mathbf{70-100}}^{\mathbf{300}\boldsymbol{l}}$ (dole).



Obrázek 35. Vývoj hladiny v jezeře Most pro $\mathbf{S}_{\mathbf{20-50}}^{\mathbf{100}\boldsymbol{l}}$ s externí dotací 38,2 l/s – model GR4J, resp. 39,9 l/s – model TUW (nahoře) a pro $\mathbf{S}_{\mathbf{70-100}}^{\mathbf{100}\boldsymbol{l}}$ s externí dotací 45,1 l/s – model GR4J a 46,9 l/s – model TUW (dole). Referenční simulace jsou přerušovanou čárou.

6.5. Celkový souhrn a závěry

Počínaje rokem 2014, odkdy je jezero Most v ověřovacím provozu po dosažení provozní hladiny 199 m n. m., vykazuje jezero **trvalou ztrátu vody**. Dominantní příčinou ztráty vody se zdá být výpar z volné hladiny, jehož výše je zřejmě mnohem vyšší, než se původně předpokládalo.

V kontextu hojně diskutovaných globálních klimatických změn se nabízí otázka, zdali je možné vysvětlit nepříznivý vývoj hydrologické bilance jezera změnou klimatu na místní úrovni. K zodpovězení této otázky je možné využít klimatická data ze stanice Kopisty nacházející se v bezprostřední blízkosti jezera Most. Jedná se o údaje o teplotě vzduchu a srážkových úhrnech v denním kroku za posledních 30 let. Přestože to je z hlediska klimatu poměrně krátké období, překvapivě lze i v takto krátké časové řadě vypozorovat určité změny, zejména srovnáme-li období 2014 až 2018 (jezero po napuštění) s předchozím obdobím 1989 až 2013. Průměrná roční teplota v období 2014 až 2018 byla 10,4 °C, což je **o 1,2 °C více**, než je teplotní průměr za předchozí období. Jelikož evaporace z volné hladiny je na teplotě přímo závislá, vyšší teplota v posledních 5 letech se musela výrazně projevit na zvýšení intenzity výparu. V oblasti ročních srážkových úhrnů nejsou pozorovány žádné významnější rozdíly, průměr za předchozí období je 492,5 mm, zatímco za posledních pět let je to 476,7 mm. Na nižším průměru za období 2014 až 2018 se však výrazně podepsal rok 2018, kdy spadlo pouhých 363,8 mm srážek. Pokud nedochází k výraznějším změnám v průměrných ročních srážkových úhrnech, pak to znamená, že se **prohlubuje deficit mezi srážkami a výparem**, neboť nárůst evaporace není kompenzován nárůstem srážek. Určité změny lze pozorovat i v charakteru a distribuci srážek, což může vést k dalšímu zhoršení hydrologické situace. Klimatické scénáře předpokládají, že stoupne množství intenzivních srážek a zároveň se zvýší počet za sebou jdoucích dnů beze srážek. V období 2014 až 2018 byl výskyt bezesrážkové periody trvající déle než 10 dnů zaznamenán v průměru 3,2krát, přitom v období 1989 až 2013 se taková perioda sucha vyskytla v průměru 2,6krát. Frekvence periody sucha trvající déle než 10 dnů minimálně dvakrát do roka je pravidlem pro každý z posledních 5 let, zatímco v předchozím období k takové události docházelo průměrně pouze každý druhý rok. V celém sledovaném 30letém období lze rovněž vysledovat trend v častějším výskytu srážky o úhrnu vyšším než 10 mm, kdy se stává pravidlem, že taková srážka se každý rok vyskytne minimálně 10krát.

Je evidentní, že klimatické změny prognózované modely globálních a regionálních klimatických scénářů jsou již prokazatelně pozorovatelné i na lokální úrovni jezera Most. Je proto naprosto nezbytné, aby došlo k zapracování těchto recentních klimatických trendů do hydrologické bilance budoucích jezer v rámci stávajících plánů hydrických rekultivací ostatních velkých

zbytkových jam, resp. aby plány budoucích jezer zohlednily klimatické scénáře pro blízkou a vzdálenou budoucnost, a to minimálně na úrovni variantního řešení, ze kterého budou jasné dopady klimatických změn na hydrologickou bilanci budoucích jezer.

Za účelem matematického modelování zatápění zbytkových jam povrchových dolů byly vybrány tři celistvé konceptuální hydrologické modely – GR4J, TUW a BILAN. Od použití modelu BILAN však muselo být upuštěno, neboť v průběhu kalibrace bylo zjištěno, že model generoval fyzikálně nesprávnou odezvu v podobě kontinuálního růstu základního odtoku v simulované řadě odtoků. Pro další účely jsou proto používány pouze výsledky pro **modely GR4J a TUW**. Bylo zjištěno, že oba modely, pokud jsou kalibrovány na hydrologické charakteristiky a při vhodně stanovené denní ztrátě, poskytují velmi podobné simulace změny objemu v jezeru Most a jsou tedy dobře použitelné i pro simulace na ostatních lokalitách.

Při kalibraci a ověření modelů byl také proveden výpočet vlivu volby metody PET na výsledné odtoky a změny objemů v nádrži. Referenčními hodnotami pro PET povodí byly hodnoty výparu z volné hladiny stanovené ČHMÚ. Referenčními hodnotami pro stanovení výparu z volné hladiny byly hodnoty naměřené pomocí hladinového výparoměru. Výběr metody, která poskytuje výsledky nejvíce podobné referenčním datům, byl proveden pomocí shlukové analýzy. **Pro výpar z vodní hladiny byla identifikována jako nejbližší metoda dle VÚV1. Vypočteným hodnotám PET se nejvíce blížila metoda dle Oudina**.

Jelikož cílem studie je rovněž stanovení hydrologické bilance ovlivněné klimatickou změnou, byly vytvořeny scénáře změny klimatu. Pro jejich tvorbu byly využity nejaktuálnější soubory simulací globálních (CMIP5) a regionálních modelů (CORDEX). Současná generace modelů využívá tzv. RCP scénáře koncentrací, které popisují možné vývoje nikoli emisí, ale koncentrací. Ve studii byly využity simulace scénářů RCP2.6, RCP4.5 a RCP8.5. **Celkově bylo ve studii uvažováno 44 simulací klimatických modelů**. Uvažovány byly změny mezi obdobími 1970–2000 a 2020–2050 (blízká budoucnost) a 1970–2000 a 2070–2100 (vzdálená budoucnost).

Jako referenční lokalita pro odvození metod stanovení hydrologické bilance a následného plnění zbytkové jámy bylo použito jezero Most, pro které byly k dispozici provozní údaje z průběhu zatápění zbytkové jámy (zaměřená hladina v denním kroku a množství napuštěné vody z PVN). Stanovení plnění a vývoje hladiny bylo provedeno pro 30letou řadu měřených dat a za účelem vyhodnocení nejistot i pro resamplované časové řady v délce 300 let.

Kalibrace hydrologických modelů probíhala ve dvou fázích kvůli ověření, zda budou oba modely korektně simulovat odtok z povodí, pokud budou kalibrovány jen na vybrané hydrologické

charakteristiky povodí. Simulace v první kalibrační fázi identifikovala ostatní (nevýparové) ztráty, které ovlivňují bilanci objemu v nádrži. Výše průměrné denní ztráty byla vypočtena na 0,3 mm a s touto ztrátou bylo počítáno ve všech dalších simulacích.

Při simulaci plnění jezera Most celkovým odtokem z povodí a přímé srážky na hladinu na 30leté řadě nebylo dosaženo požadované kóty 199,0 m n. m. ani ustálené hladiny v nádrži. Hladina vystoupala na kótu 161,0 m n. m. (GR4J), resp. na kótu 159,7 m n. m. (TUW). Současné provozní kóty 199,0 m n. m. nebylo dosaženo ani na resamplovaných řadách. Ustálené hladiny bylo dosaženo až za více než 300 let v průměru na kótě **173,7 m n. m.** (GR4J), resp. na kótě **172,0 m n. m.** (TUW).

Výpočtem bylo zjištěno, že pro udržení hladiny jezera na současné provozní hladině 199 m n. m. za **stávajících klimatických podmínek** by bylo nutno jezero dopouštět v průměru **30,1 l/s** (GR4J), resp. **31,3 l/s** (TUW), což představuje objem **949 000 m³rok⁻¹** (GR4J), resp. **985 500 m³rok⁻¹** (TUW).

Výpočty založené na klimatických scénářích stanovují potřebu externí dotace jezera ještě vyšší. V případě modelů **pro blízkou budoucnost** (řada S_{20-50}^{100l}) pro scénář RCP4.5 a globální modely CMIP5 byly k udržení vyrovnané bilance stanoveny dotace na **38,2 l/s** (GR4J), resp. **39,9 l/s** (TUW). Tyto průměrné externí dotace byly dostačující pro všechny scénáře regionálních i globálních klimatických modelů.

V případě modelů **pro vzdálenou budoucnost** (řada S_{70-100}^{100l}) pro scénář RCP4.5 a globální modely CMIP5 byly k udržení vyrovnané bilance stanoveny dotace na **41,5 l/s** (GR4J), resp. **46,9 l/s** (TUW). Tyto průměrné externí dotace byly dostačující pouze pro scénáře RCP2.6 a RCP4.5 regionálních i globálních klimatických modelů, ale nedostatečné pro scénář RCP8.5 obou typů klimatických modelů.

Matematické modelování hydrologické bilance jezera Most potvrdilo, že současná provozní hladiny jezera Most není přirozeně ustálenou hladinou a umělé udržování na této úrovni je podmíněno každoročním dopouštěním jezera. Bez trvalé dotace bude docházet k postupnému zaklesávání hladiny až na kótu 172,0 až 173,7 m n. m. To by znamenalo zmenšení rozlohy jezera asi o dvě třetiny a snížení objemu jezera asi o tři čtvrtiny. Rychlost poklesu by zpočátku byla 0,3 m ročně a postupně by se snižovala. Zásadní pokles hladiny o 20 m by však nastal během prvních 100 let. Nicméně pokud by se do modelu aplikovaly klimatické scénáře, které uvažují s nárůstem průměrné teploty a v důsledku toho i s nárůstem intenzity výparu z volné hladiny, pak by se hladina jezera ustálila na úrovni 159,8 až 173,1 m n. m., a to v závislosti na použitém klimatickém modelu a scénáři růstu koncentrace skleníkových plynů.

Tyto praktické zkušenosti získané na jezeře Most demonstrují obtížnost dosažení vyrovnané vodohospodářské bilance jezera v podmínkách, kdy jezero nemá žádný trvalý externí přítok a je zcela závislé na ustálení bilance mezi dotací vody z vlastního povodí zbytkové jámy a ztrátou vody evaporací z volné hladiny.

7. POSOUZENÍ STÁVAJÍCÍ KONCEPCÍ HYDRICKÉ REKULTIVACE ZBYTKOVÉ JÁMY DOLU ČSA

7.1. Vstupní podklady

1. Topografické mapy 1:25 000 Ministerstva obrany ČR. Vojenský geografický a hydrometeorologický úřad Dobruška, 2016.
2. Topografické mapy 1:10 000. Zeměměřičský úřad ČR, 2017.
3. Mapové podklady ČUZK (státní mapy, archivní mapy, ortofotomapy) dostupné on-line přes WMS server.
4. Projekt VITA-MIN. Kompendium stávajících poznatků k hydrologické a hydrochemické problematice zatápění zbytkových jam po těžbě uhlí v SHP. Sweco Hydroprojekt, a. s., květen 2018.
5. Projekt VITA-MIN. Příprava zadání pro řešení problematiky hydrologické a hydrochemické situace SHP z hlediska zatápění zbytkových jam po těžbě uhlí v rámci projektu Vita-Min. R-Princip Most, s. r. o., říjen 2016.
6. Souhrnný plán sanace a rekultivace lomu ČSA, aktualizace 2016. Báňské projekty Teplice, a. s., červenec 2016.
7. Projekt VODAMIN. Problematika důlních vod v SHP. Část 1 – Hodnocení monitorovacího systému stařinových vod v prostoru severočeské hnědouhelné pánve v souvislosti s předpokladem omezování čerpání stařinových vod při postupu těžby a uzavírání lomů. Výzkumný ústav pro hnědé uhlí, a. s., prosinec 2013.
8. Hydrogeologická studie lomu ČSA. Výzkumný ústav pro hnědé uhlí, a. s., listopad 2017.
9. Specifikace přítokových a odtokových poměrů v prostoru styku bočních svahů s lomem a výsypkou ČSA – Hydrogeologické povodí. Výzkumný ústav pro hnědé uhlí, a. s., prosinec 2016.
10. Manipulační řád vodohospodářské soustavy náhradních opatření za nádrž Dřínov, Povodí Ohře, s. p., září 2007, aktualizace leden 2017.
11. Studie optimálního způsobu zatápění zbytkové jámy lomu ČSA I. etapa. R-Princip Most, s. r. o., červen 2016.
12. Projekt VITA-MIN. Zhodnocení dlouhodobého vývoje kvality vody ve zbytkových jezerech SHP. R-Princip Most, s. r. o., duben 2019.
13. Vodohospodářská bilance dílčího povodí Ohře, dolního Labe a ostatních přítoků Labe. Povodí Ohře, s. p., 2009–2017.

7.2. Rešerše a zhodnocení výchozích hydrogeologických, hydrografických a hydrologických podmínek

7.2.1. Hydrogeologické podmínky

7.2.1.1. Stařinové systémy

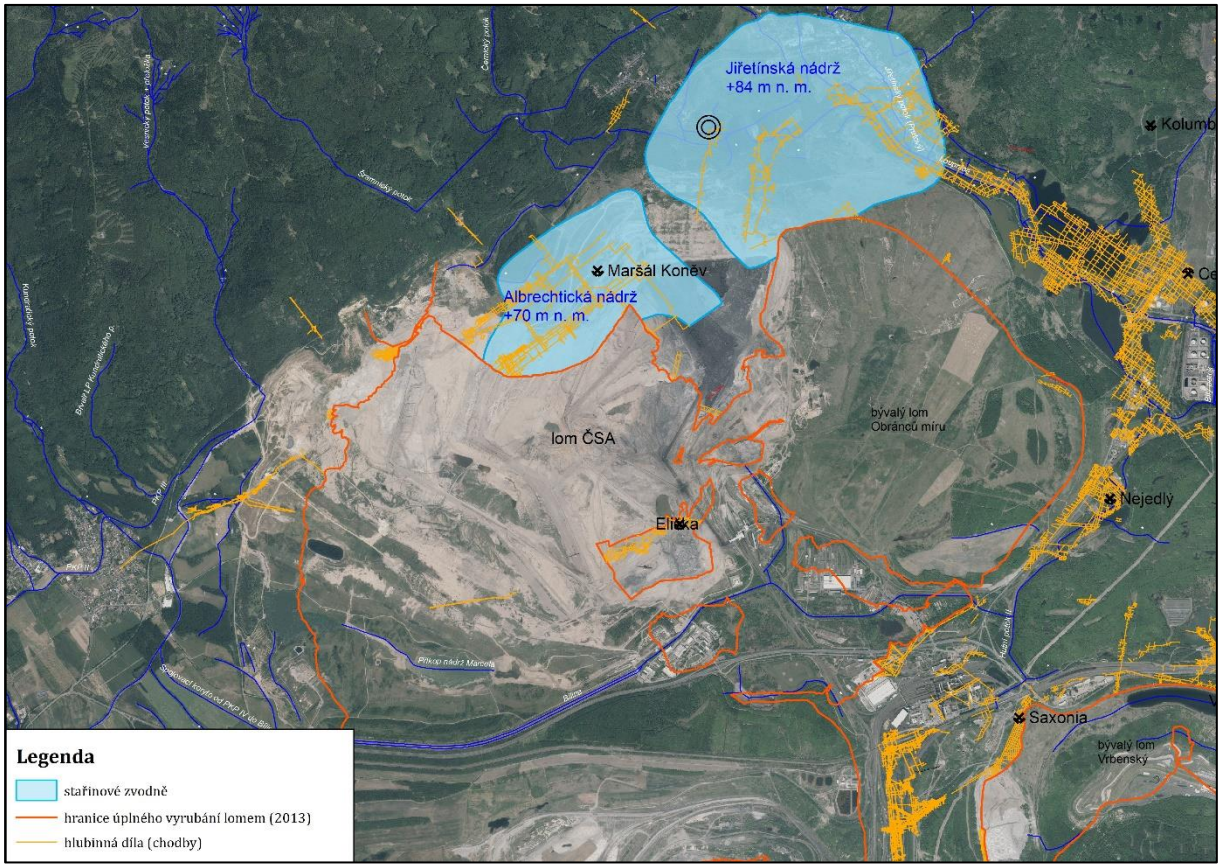
Základní charakteristika stařinových systémů bývalých hlubinných dolů a prognóza jejich dalšího vývoje v souvislosti s postupným ukončováním těžby je obsahem studie zpracované v rámci projektu VODAMIN [7].

V zájmovém území je mnoho bývalých hlubinných dolů se stařinovými systémy, které vznikaly v důsledku rozvoje průmyslu koncem 19. století. Mezi významnější se řadí stařinový systém bývalého hlubinného dolu Eliška (Elly), na kterém se těžilo v letech 1892 až 1940, a u severovýchodního okraje pak stařiny bývalého hlubinného dolu Maršál Koněv (Grohmann), kde těžba probíhala od roku 1893 do roku 1977 (Obrázek 36).

Prostor bývalého hlubinného dolu Eliška byl po roce 1940 částečně povrchově odtěžen stejnojmenným povrchovým lomem. V minulém století byly stařiny dolu Eliška odkryty a z velké části odtěženy lomem ČSA. Ve stařinovém systému dolu Eliška se nezachovalo žádné využitelné úvodní důlní dílo (jáma) a ani nebyl realizován žádný jiný monitorovací objekt, kterým by bylo možné sledovat případný pohyb hladiny vody. Evidovány však byly vývěry vod z těchto stařin do lomu ČSA. Po přesypání prostoru vnitřní výsypkou budou zbytky stařin dolu Eliška utěsněny a v budoucnosti by nemělo docházet k žádnému významnému ovlivnění okolního prostředí.

Stařinový systém bývalého dolu Maršál Koněv byl obnažen a částečné odtěžen lomem ČSA. Podstatná část stařinového systému zůstala nedotčena v důsledku ochranného pilíře Souboru kulturních památek Jezeří (pilíř SKPJ). Z důvodu postupu lomu ČSA byla hladina v tomto stařinovém systému udržována čerpáním na jámě VI na kótách +70 až +75 m n.m. Čerpání vod ze stařin dolu Maršál Koněv jámou VI bylo zahájeno v roce 1981. V roce 2005 došlo, v důsledku blokového posunu zemin v této oblasti, k destrukci jámy VI a čerpání vod bylo ukončeno. Po ukončení čerpání byla ještě monitorována hladina vody v jámě VI, a to až do roku 2013, kdy bylo monitorovací místo zrušeno v důsledku mohutných svahových deformací v této oblasti. V současné době je stařinový systém bývalého hlubinného dolu Maršál Koněv izolován v ochranném pilíři SKPJ a opět postupně utěsňován vnitřní výsypkou lomu ČSA. S největší pravděpodobností nastane opět vzestup hladiny ve stařinách uzavřených ve výše jmenovaném ochranném pilíři. Podle archivních materiálů není stařinový systém bývalého dolu Maršál Koněv propojen

s revíry dolu Centrum (jiřetínská deprese). Mezi závalovými poli dolu M. Koněv a Centrum se nachází pruh nerubané, panenské sloje. Je velice málo pravděpodobné, že by přes tento úsek sloje docházelo ke komunikaci stařinových vod [8]. Po přesypání prostoru vnitřní výsypkou bude stařinový systém dolu Maršál Koněv zcela utěsněn a v budoucnosti by nemělo opět docházet k žádnému významnému ovlivnění okolního prostředí.



Obrázek 36. Situace bývalé těžby a stařinových zvodní, zpracováno dle [7]

7.2.1.2. Hydrogeologické kolektory

Hydrogeologická charakteristika byla podrobně zpracována ve studii Výzkumného ústavu pro hnědé uhlí, a. s., která rovněž analyzovala přítoky podzemních vod a jejich původ [8].

Hlavními zvodnělými kolektory jsou v zájmovém území kvartérní sedimenty a krystalinické horniny. Dalšími zvodnělými kolektory jsou uhelná sloj a komplex terciérních a denudačních zbytků křídových sedimentů v podloží uhelné sloje.

Plošně nejrozsáhlejší zvodněný kolektor představují kvartérní sedimenty. Jejich zvodnění závisí na zrnitostním složení, mocnosti, zahliněním a dotaci. Stupeň zvodnění kvartérních sedimentů, vyjádřený a zdokumentovaný úrovní vodní hladiny

v monitorovacích vrtech, je víceméně konstantní. Na rozdíl od ostatních zvodní (krystalinikum, podložní zvodnělé vrstvy), u kterých je zřejmý dlouhodobý poklesový trend hladiny vody (drenážní účinek blízkého lomu), závisí výška hladiny zvodnění kvartéru výhradně na dotaci ze srážek, přiváděných z přilehlého svahu Krušných hor.

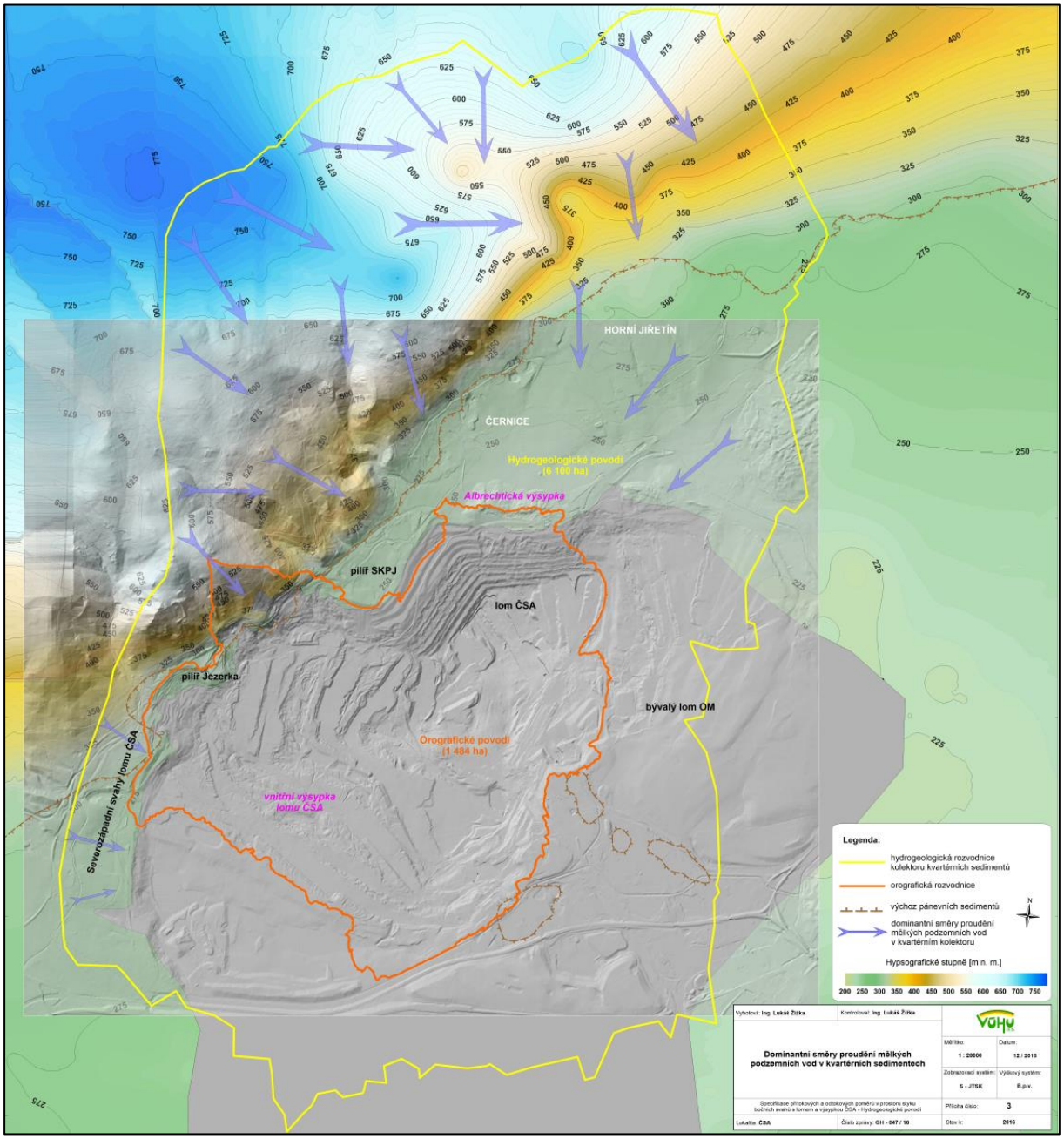
Dalším významným kolektorem je uhelná sloj, jejíž vody jsou doplňovány infiltrací ve výchozových partiích. Původní puklinová propustnost uhelné sloje byla důlní činností změněna. Tento typ propustnosti je zachován v nerubaných pilířích a výchozových partiích.

Komplex hornin krystalinika je nutné považovat za složitou málo propustnou zvodeň s převážně puklinovou propustností. Byly v něm rozlišeny dva typy zvodnění, které do sebe přecházejí a vzájemně se doplňují. První typ je vázán na krystalinikum na svazích nad výchozy terciéru, na povrchové pásmo alterace a zapojení puklin bez kaolinického zvětrávání. Tento typ vykazuje přímou závislost na atmosférických srážkách. Druhým typem zvodnění je napjatá zvodeň hlubokého puklinového systému. Její propustnost je dána otevřeností puklin a jejich četností. Kaolinicky zvětralý povrch krystalinika pod pánevními sedimenty vytváří téměř nepropustný strop napjaté v zvodni. V krušnohorské části nad výchozy pánevních sedimentů dochází místy k vzájemnému kontaktu obou systémů a napjatý puklinový systém přechází do systému s volnou hladinou a naopak.

Analýzou přítoků podzemních vod bylo zjištěno, že podstatná většina lokalizovaných vývěrů podzemních vod je v současné době soustředěna zejména v severních a severozápadních, závěrných svazích a na vyuhleném dně lomu. Většina zastižených pramenních vývěrů byla lokalizována nad kótou 180 m n. m., tzn. nad úrovní budoucí, konečné hladiny jezera. Z hlediska původu vyvěrající podzemní vody lze konstatovat, že většina vod vyvěrajících v bočních svazích lomu ČSA pochází z kvartérního kolektoru. Celkový přítok z trvalých vývěrů podzemních vod se pohyboval v rozmezí 14,0 až 15,0 l/s. Kromě toho byly zastiženy i sezónní vývěry podzemních vod, a to v rozmezí 9,0 až 10,0 l/s. Je však nutno podotknout, že hodnoty těchto přítoků vychází z měření pouze jednoho hydrologického roku.

Původ pozorovaných vývěrů podzemních vod z kvartéru byl potvrzen i v rámci modelování báze kvartérních sedimentů [9]. Výstupem modelu je hydrogeologické povodí kvartérních sedimentů, které svou rozlohou 3 961 ha značně převyšuje orografické povodí lomu ČSA. V současné době je největší akumulace kvartérních

sedimentů situována v prostoru severozápadních a severních svahů lomu ČSA, při úpatí svahu Krušných hor. Jedná se o území pilíře Jezerka a jeho širšího okolí, pilíře SKPJ a prostor Albrechtické výsypky. Propustnost těchto sedimentů je velice dobrá a režim proudění podzemních vod v této části území je relativně dynamický. Analýzou sklonových a odtokových poměrů báze kvartéru v konfrontaci s pohyby hladin v monitorovacích vrtech byly zkonstruovány dominantní směry proudění mělkých podzemních vod v tomto kolektoru (Obrázek 37). Většina mělkých podzemních vod přitéká do zájmového území skrytě ze severozápadních a severních svahů přilehlých Krušných hor.



Obrázek 37. Hydrogeologická rozvodnice a směry proudění v kvartérních sedimentech [9]

Po ukončení hornické činnosti na lomu ČSA lze předpokládat, že v budoucnu dojde ke změnám v hydrogeologickém režimu proudění podzemních vod. Tyto změny se budou týkat zejména vytváření nových preferenčních cest odtoku podzemní vody a dojde také k zintenzivnění množství vyvěrajících podzemních vod v bočních svazích. V prostoru úpatí Krušných hor jsou zvodně vázané na kolektory kvartérních sedimentů, uhelné sloje podložních klastik a krystalinika, vzájemně hydraulicky propojené. Původní piezometrická hladina podzemní vody dosahovala úrovně cca 280,0 m n. m.

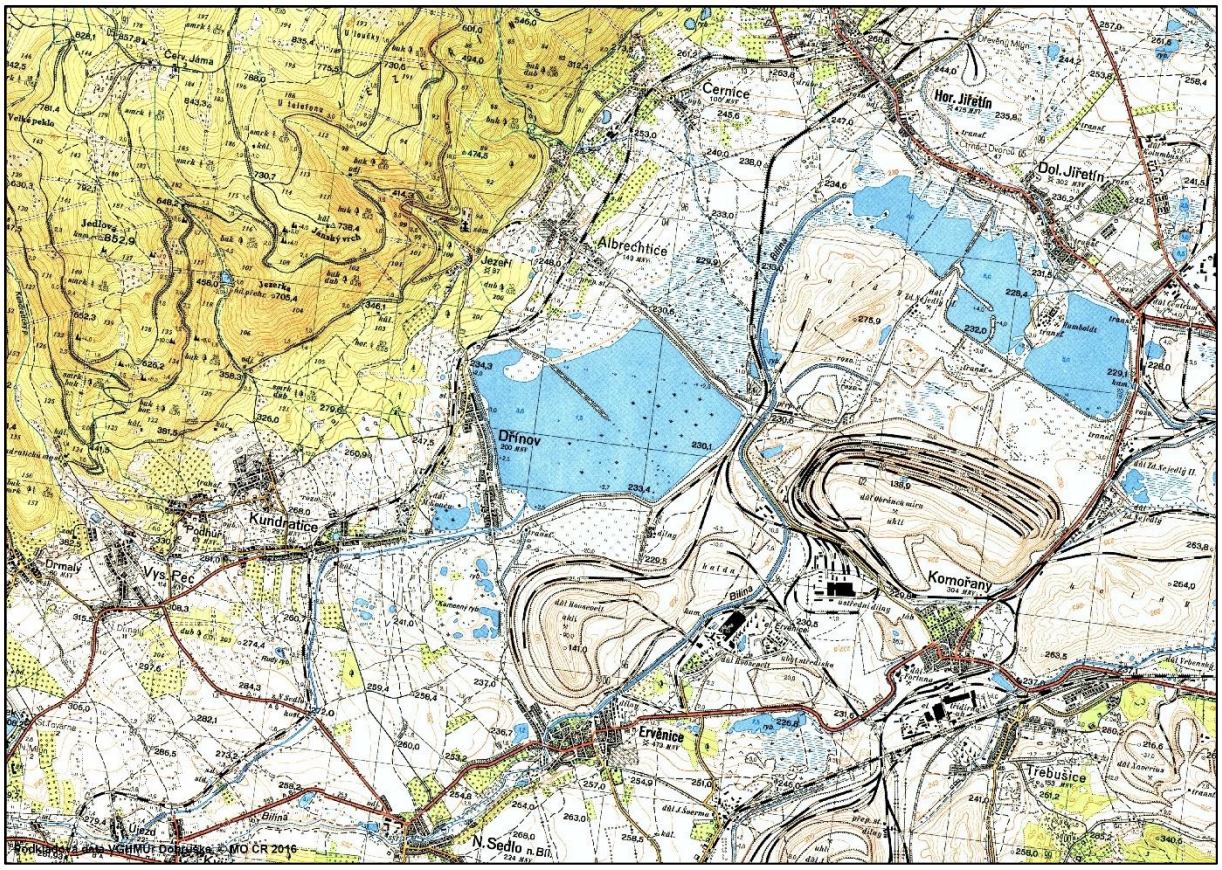
7.2.2. Změny vodohospodářských poměrů

V zájmovém území lomu ČSA se historicky nacházelo mělké průtočné jezero, napájené i odvodňované řekou Bílinou, jehož pozůstatkem bylo **Komořanské jezero**. To zde vzniklo zhruba před 15 000 lety. Původní či maximální rozloha Komořanského jezera mohla dosahovat až 55 km^2. Jeho vysoušení začalo už v 15. století, a to pomocí příkopů a kanálů, které v okolí jezera vytvářely soustavu rybníků. V letech 1831 až 1834 proběhla realizace celé řady odvodňovacích a regulačních opatření s cílem vysušení Komořanského jezera, které kromě zisku nové půdy pro zemědělské hospodaření sledovalo několik dalších důležitých cílů – zajištění kvalitní vody pro Komořany, zajištění dostatečného přítoku do mosteckých mlýnů a ochranu obcí i zemědělských pozemků před záplavami. Na mapách II. vojenského mapování (Obrázek 38) z roku 1842 je zobrazen již stav po vysušení jezera, kdy je oblast bývalého jezera označena jako „jezerní louka“, z vodních ploch zbyl jen Kamenný rybník u Kundratic a Starý rybník u Souše. Vysušení jezera umožnilo i následný rozvoj infrastruktury – výstavbu nových silnic (Komořany – Most, Komořany – Albrechtice) a železničních tratí.

Obrázek 38. Zájmové území lomu ČSA v období kolem roku 1850

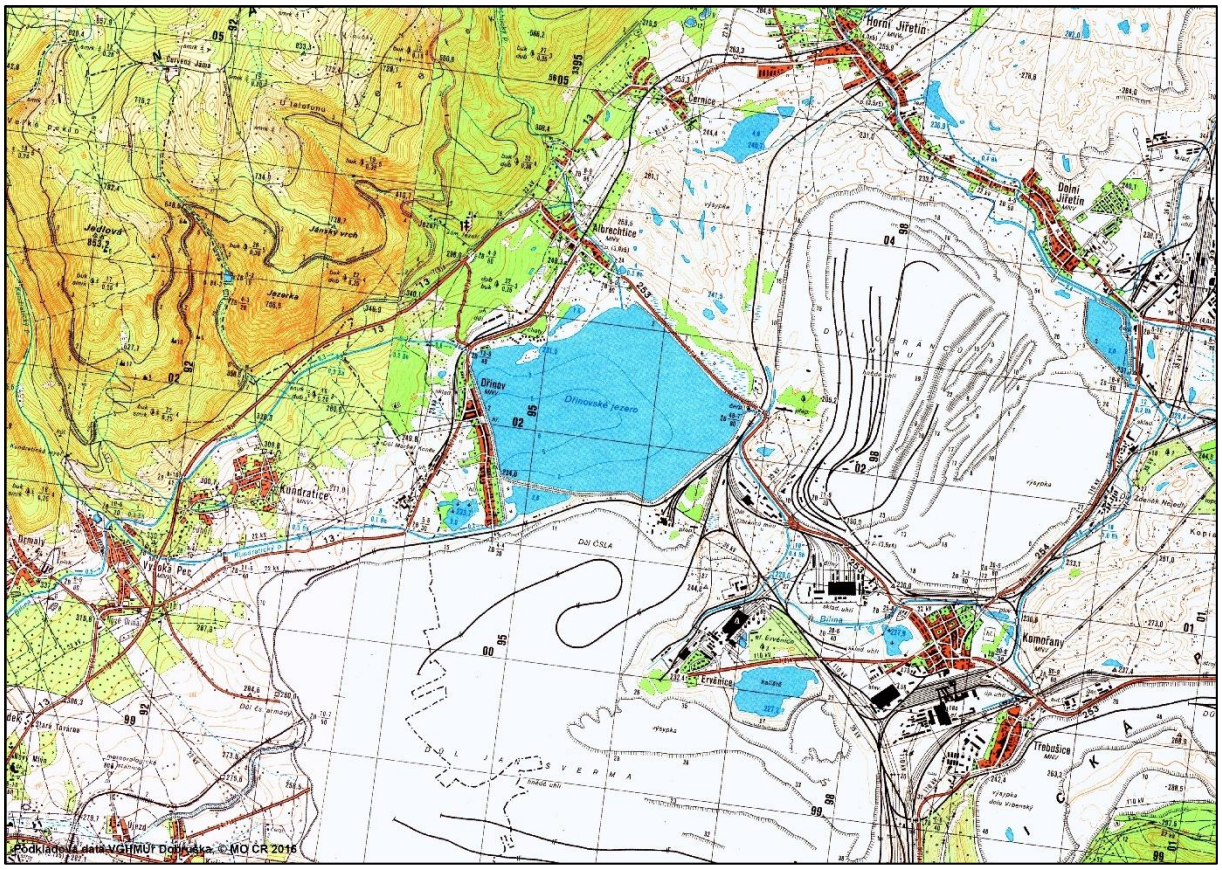
Na přelomu 19. a 20. století se zde začala rozvíjet další lidská činnost, která měla na další vývoj zdejší krajiny ještě výraznější vliv než vysušení Komořanského jezera, a tím bylo dobývání hnědého uhlí.

Rozvíjející se povrchové doly po roce 1945 vyžadovaly ochranu proti průniku vod. Proto bylo koncernem SHD vybudováno několik prozatímních vodních nádrží – Dřínov, Jiřetín, Kyjice, Nové Sedlo, Zaječice a Loupnice. Největší z nich, **nádrž Dřínov**, byla uvedena do provozu v roce 1955. Kromě ochrany před povodněmi sloužila nádrž i k rekreaci, rybolovu a v neposlední řadě jako akumulační nádrž pro zásobení průmyslových podniků (elektrárny Komořany a Ervěnice, Chemické závody v Záluží). Druhou nejvýznamnější nádrží byla nádrž Jiřetín, která vznikla v místě propadlin po důlní činnosti zřízením. V zájmu těžby pak byla nádrž redukována na tzv. nádrž Jiřetín II. U obce Kyjice pak byla vybudována menší nádrž Kyjice, jejíž význam spočíval v možnosti rozdělení průtoků v řece Bílině jak do původního koryta ve směru do Nové Sedla a Ervěnic, tak severovýchodním směrem tzv. Kyjickým převaděčem do nádrže Újezd (jeho pozůstatkem je dnešní odtokové koryto z VD Újezd).



Obrázek 39. Zájmové území lomu ČSA v období kolem roku 1954

Zájmové území na počátku 50. let 20. století zachycuje Obrázek 39 a Obrázek 40 pak situaci území v polovině 70. let 20. století. Jde o výchozí stav území před zásadními vodohospodářskými změnami, jejichž potřeba byla vyvolána snahou o urychlení plánovaného postupu těžby na velkolomech Jan Šverma a ČSA. Pokračování těžby na těchto lomech po roce 1980 vyžadovalo uvolnění prostoru Dřínovské vodní nádrže a odklonění všech vodotečí mimo plánový postup těžby, avšak zároveň bylo nutné zabezpečit vodu pro průmyslové a energetické závody a ochránit lomy před povodněmi. To vše měl zajistit soubor staveb nazývaný „**náhradní opatření za nádrž Dřínov**“, který byl realizován postupně v letech 1977 až 1984.



Obrázek 40. Zájmové území lomu ČSA v období kolem roku 1975

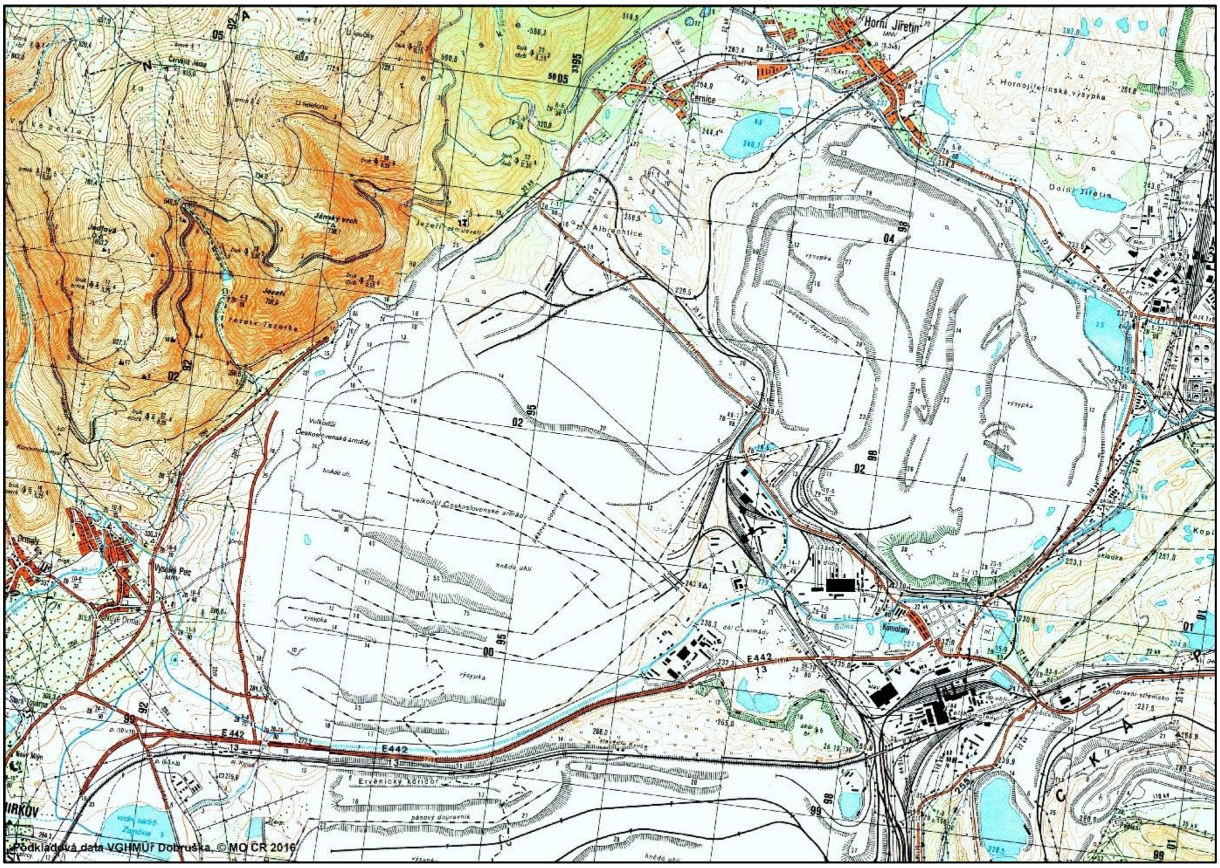
Problém nedostatku vody v povodí řeky Bíliny pro obyvatele a později i pro průmysl byl řešen již od počátku 20. století. Zatímco otázku zásobení obyvatel pitnou vodou se podařilo řešit výstavbou údolních nádrží na drobných přítocích řeky Bíliny (nádrže Kamenička, Jezeří, Janov, později Jirkov, Fláje ad.), nedostatek závlahové vody pro zemědělství a později průmyslové vody musel být zajištěn převedením vody z řeky Ohře. Za tímto účelem byl v letech 1960 až 1967 postaven **Přivaděč průmyslové vody** (PPV) z Ohře, který přivádí vodu z ČS Rašovice výtlačným řádem a poté gravitačním korytem do nádrže Březenec u Jirkova na řece Bílině. Odtud pokračuje **Podkrušnohorský přivaděč** I. a II. etapa (PKP), uvedený do provozu v roce 1962, který převáděl Bílinu a její levostranné přítoky do nádrže Dřínov. V roce 1975 byl PKP prodloužen tzv. III. etapou, která po zrušení Kyjického přivaděče převádí vodu z PKP I a II do Dřínova. Zásobení průmyslovou vodou bylo ještě posíleno **Průmyslovým vodovodem Nechranice** (PVN), který byl vystavěn v letech 1966–1970 a přivádí vodu z ČS Stranná.

Soubor staveb náhradních opatření za nádrž Dřínov zahrnoval v tzv. minimálním komplexu následující stavby: stavba 1) zdvojení PVN; stavba 2) nádrž Kyjice – Újezd, včetně přeložky Vesnického potoka a PKP IV; stavba 3) přeložka a úprava řeky Bíliny na

Ervěnickém koridoru, jez Jiřetín; a stavba 5) – přeložka Šramického a Černického potoka do Loupnice. Tehdejší PKP III bylo vlivem postupujícího lomu ČSA nutné přerušit a namísto něj byl postaven nový úsek PKP IV, který odbočuje ve Vysoké Peci na jih a pokračuje do nádrže Újezd. Byla do něj zaústěna i **přeložka Vesnického potoka** a součástí bylo zřízení tzv. Spojovacího koryta, kterým lze vést průtoky mimo retenční prostor přímo na Ervěnický koridor. **Šramnický potok** byl štolou Jezeří převeden do bočního údolí Černického potoka, odkud s **Černickým potokem** pokračují štolou Albrechtice k Hornímu Jiřetínu. Proti infiltraci vod z příčných horských údolí byly navíc vybudovány dvě podzemní těsnící stěny – v údolí Vesnického a Šramnického potoka.

Nová **nádrž Újezd** měla především zajistit transformaci stoleté povodně 85 m^3/s na hodnotu 10 m^3/s, kterou bylo možno bezpečně převést přes čerstvě nasypaný Ervěnický koridor. To vyvolávalo obavy s ohledem na zachování stability vnitřní výsypky, a proto byla voda namísto otevřeného koryta převedena pomocí čtyř ocelových trub průměru 1200 mm. Vodní nádrž Dřínov byla zrušena v roce 1981.

Jedním z předpokladů navrhovaného souboru staveb byla výstavba technicky unikátního **Ervěnického koridoru** inženýrských sítí, kterým byla vyřešena i územní problematika sousedního lomu Jan Šverma. Pro vytvoření Ervěnického koridoru tak nejprve lomy Jan Šverma a ČSA počínaje rokem 1964 odtěžily svým vějířovitým postupem území mezi v té době již zlikvidovanými obcemi Ervěnice a Nové Sedlo. Poté byl vyuhlený prostor koordinovaným postupem vnitřních výsypek obou lomů zasypán tak, aby vzniklo těleso, na jehož temeno byla přeložena **řeka Bílina**, trať ČSD i silnice I/13. Do zprovoznění celého díla v letech 1983 až 1985 bylo do tělesa umístěno 520 mil. m^3 skrývkových hmot. Zájmové území na konci 80. let 20. století zachycuje Obrázek 41.



Obrázek 41. Zájmové území lomu ČSA v období kolem roku 1989

7.2.3. Hydrologické podmínky

Původní povodí Kundratického potoka č. 1-14-01-004/5 bylo vybudováním PKP III zmenšeno. Stejně tak původní povodí Vesnického potoka č. 1-14-01-004/7 bylo ve spodní části zmenšeno přeložením Vesnického potoka a jeho zaústěním do PKP IV. Další krušnohorské potoky, Šramnický a jeho povodí č. 1-14-01-005/7, a Černický a jeho povodí č. 1-14-01-005/8, které původně končily v Dřínovské nádrži, byly převedeny štolami východním směrem do povodí Jiřetínského potoka č. 1-14-01-005/6. Zbytková koryta přeložených vodních toků byla zčásti zachována, zčásti pak přetěžena lomem ČSA. Zůstalo tak například z větší části zachováno koryto Albrechtického potoka nad Albrechtickou výsypkou. Zbytková koryta jsou však vyschlá a zbytkové průtoky pod štolami jsou převáděny potrubím.

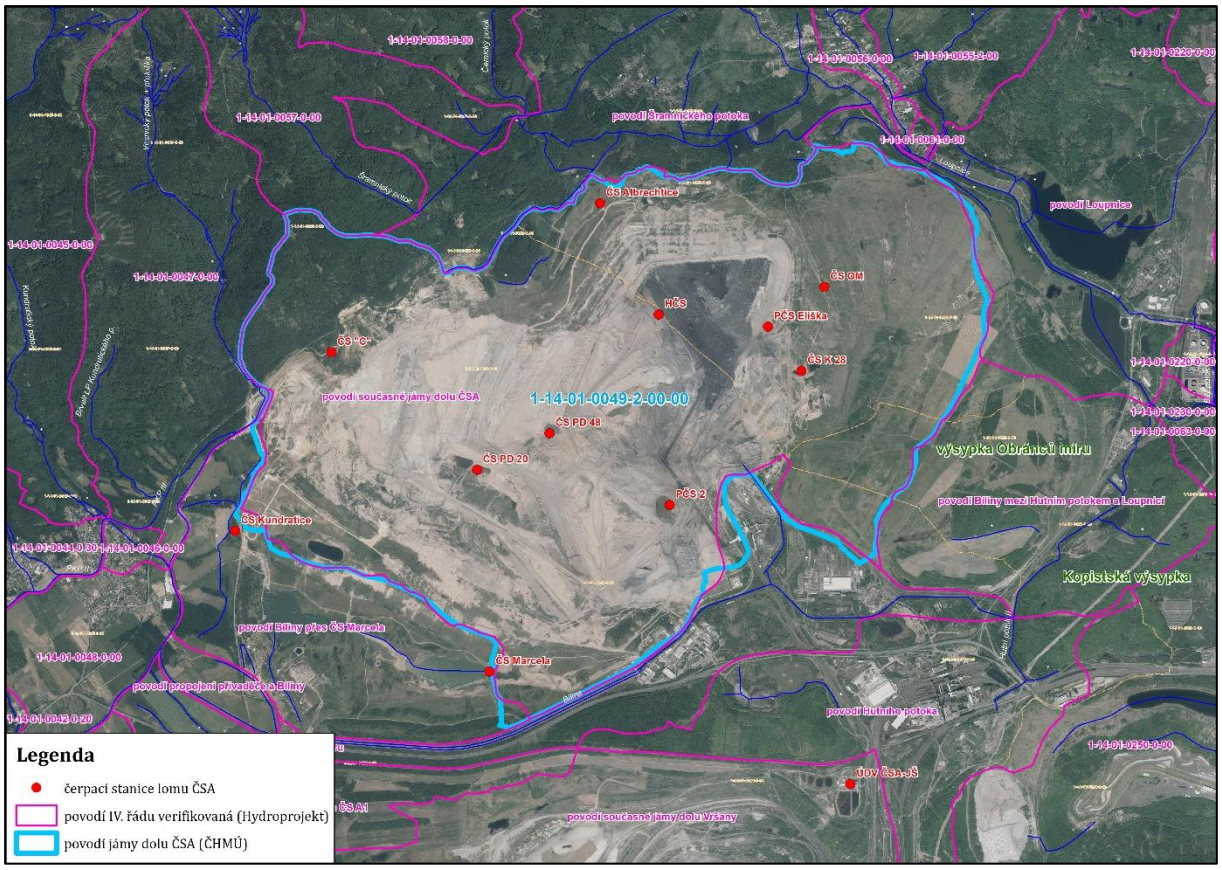
Vybudováním Ervěnického koridoru vznikla nová rozvodnice, která vzájemně odděluje povodí zájmových území lomu ČSA a bývalého lomu Jan Šverma (dnes součást lomu Vršany). Zakládáním vnitřní výsypky lomu ČSA při jeho postupu severním a později severovýchodním směrem vznikla později další rozvodnice, která sleduje nejvyšší horizont vnitřní výsypky lomu ČSA. Mezi touto dílčí rozvodnicí a Ervěnickým koridorem

se vytvořilo menší bezodtoké povodí, kde se povrchové vody akumulují ve dvou v současnosti bezodtokých vodních nádržích Hedvika a Marcela. V současnosti se však realizuje stavba „Napojení ÚSES Komořansko – gravitační propojení přeložky Vesnického potoka s řekou Bílinou přes vnitřní výsypku lomu ČSA“, kterou se povodí gravitačně odvodní do povodí řeky Bíliny, které se rozkládá podél Ervěnického koridoru od hráze VD Újezd až po soutok Bíliny s Hutním potokem.

Ve východní části zájmového území se založením výsypky Obránců míru vytvořila nová rozvodnice. Ta probíhá po nejvyšším horizontu výsypky a rozděluje ji tak na tři dílčí povodí. Západní část výsypky část spadá do povodí současné jámy lomu ČSA. Severovýchodní část výsypky je odvodňována Loupnicí. Jihovýchodní část výsypky není odvodňována žádným vodním tokem, povrchové vody se hromadí v několika bezodtokých retencích při patě výsypky.

V prostoru zahloubené povrchové jámy lomu ČSA se vytvořilo nové povodí č. 1-14-01-004/9, které nemá přirozený gravitační odtok. Jeho rozvodnici na severu vytváří svahy Krušných hor mezi údolím Vesnického a Šramnického potoka, převážně pak odvodňovací příkop E s navazujícím Albrechtickým potokem, na východě nejvyšší horizont výsypky Obránců míru, řeka Bílina v Ervěnickém koridoru, a na západě pak nejvyšší horizont vnitřní výsypky lomu ČSA přecházející do rostlého terénu, kde je rozvodí určováno bývalým příkopem C a novou přeložkou Vesnického potoka. Rozvodnice povodí současné jámy byla verifikována Hydroprojektem na základě aktuální morfologie lomu (Obrázek 8 na str. 20) [4]. Vytvořená rozvodnice prakticky kopíruje rozvodnici evidovanou ČHMÚ pro účely poskytování základních hydrologických dat. V důsledku plánovaného ukončení těžby na lomu ČSA v roce 2024 se povodí zbytkové jámy prakticky již nezmění. Poskytnuté základní hydrologické údaje jsou v případě lomu ČSA relevantní (Tabulka 4 na str. 20).

Povrchové vody, které se vlivem srážkové činnosti dostávají do bezodtokého povodí jámy dolu, jakožto i podpovrchové vody, které zde vyvěrají, jsou v současnosti zachytávány odvodňovacím systémem dolu. Ten je prostřednictvím odvodňovacích příkopů řízeně svádí do několika akumulačních jímek, které jsou osazeny čerpacími stanicemi, které vody odčerpávají mimo oblast dolu (Obrázek 42).

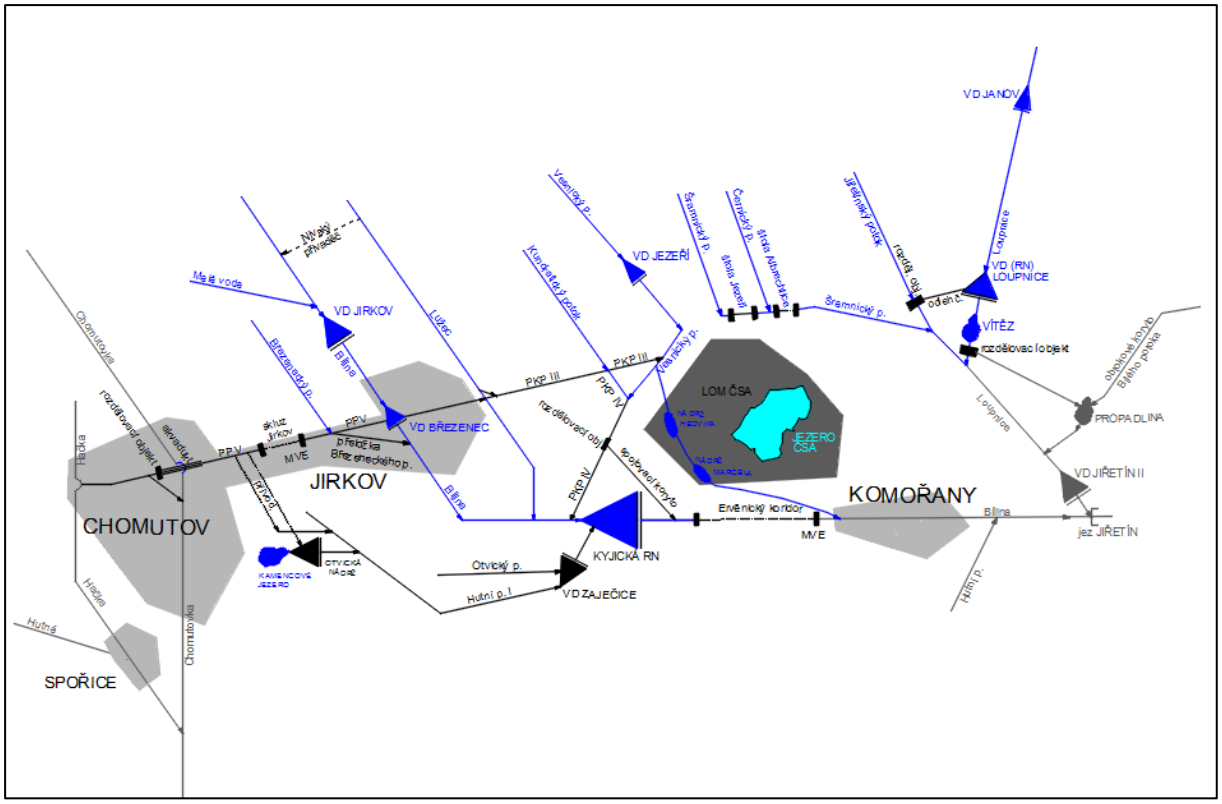


Obrázek 42. Situace čerpacích stanic lomu ČSA

Přítoky povrchových vod v severní části území zachycují ČS „C“ a ČS Albrechtice. Čerpací stanice „C“ přečerpává rovněž podzemní vody z čerpacích vrtů. Povrchové vody z východního a jihovýchodního předpolí jsou sváděny k PČS Eliška a ČS OM, z nichž je voda čerpána do ČS K28 a odtud je dále čerpána do zbytkového koryta řeky Bíliny (tzv. odpadní koryto), které ústí do řeky Bíliny. V nejnižším místě lomu se nachází HČS, která je dotována přítoky povrchových vod ze skrývkových řezů pod ČS Albrechtice, PČS Eliška a ČS K28, ze závěrných svahů ve východní a jihovýchodní části, a povrchovou vodou z výsypky pod úrovní ČS PD 48 (cca pod 120 m n. m.). Nezanedbatelný podíl čerpaných vod představují rovněž přítoky podzemních vod (neřízený výtok stařinových důlních vod z Albrechtické deprese a neřízené vývěry mělkých podzemních vod). Voda z HČS je čerpána do úpravny důlních vod. V prostoru vnitřní výsypky se pak nachází další 3 čerpací stanice – PČS 2, PD 48 a PD 20. Zdrojem vod čerpaných na PČS 2 jsou povrchové vody z jihovýchodní až jižní části prostoru závěrných svahů a vnitřní výsypky lomu ČSA. ČS PD 48 čerpá povrchové vody z vnitřní výsypky do ČS PD 20, která dále zachycuje povrchové vody z oblasti severozápadních svahů lomu ČSA, dílčí části vnitřní výsypky a rovněž neřízený přítok mělkých podzemních vod z oblasti SZ svahů. Zatímco voda z PČS 2 se

čerpá do úpravny důlních vod, voda z ČS PD 20 do nádrže Toník. V průměru se jedná asi o 2 868 tis. m^3 čerpaných vod ročně, které přibližně reprezentují celkový přítok vod do povodí jámy lomu. Ostatní čerpací stanice jsou umístěny již mimo současnou jámu lomu ČSA.

Základní vodohospodářské schéma zájmového území dolu ČSA znázorňuje Obrázek 43 [4]. Z hlediska budoucího zatápění zbytkové jámy dolu ČSA a případného zajištění trvalého přítoku do budoucího jezera lze teoreticky uvažovat s Vesnickým potokem, Šramnickým a Černickým potokem, Jiřetínským potokem, Loupnicí, s řekou Bílinou, a případně s PPV+PKP, resp. PVN v případě čerpané vody z Ohře.



Obrázek 43. Vodohospodářské schéma povodí dolu ČSA [4]

Vesnický potokem přitéká z Krušných hor v ročním dlouhodobém průměru 37 l/s (Tabulka 10), Šramnickým potokem 179 l/s (Tabulka 11), Jiřetínským potokem 93 l/s (Tabulka 12), a Loupnicí 222 l/s (Tabulka 13). Zatímco vody Vesnického potoka jsou přeložkou převáděny západním směrem do PKP IV a následně VD Újezd, vody Šramnického potoka (včetně vod Černického potoka a Albrechtického potoka) jsou přeložkami převáděny východním směrem do Jiřetínského potoka, který se jižně od Horního Jiřetína spojuje s Loupnicí a přes nádrž Jiřetín II pokračuje do řeky Bíliny.

Tabulka 10. Základní hydrologické údaje pro Vesnický potok [11]

Vodní tok					**Vesnický potok**								
Číslo hydrologického pořadí					1-14-01-0047								
Profil					nad bývalou silnicí I/13								
Plocha povodí A [a)]									3,45 km^2				
Dlouhodobá průměrná roční výška srážek na povodí P_a									809 mm				
Dlouhodobý průměrný průtok Q_a									37 l/s				
M-denní průtoky Q_{Md} [b)]									l/s				
30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	355	364	Tř.
89	61	46	37	31	27	24	20	17	14	12	3,9	1,7	IV

Tabulka 11. Základní hydrologické údaje pro Šramnický potok [11]

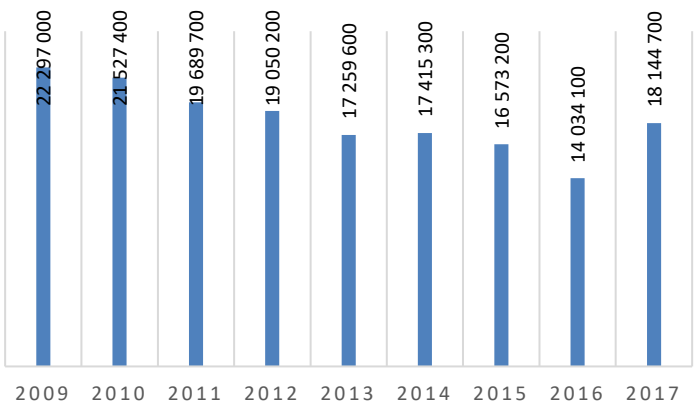
Vodní tok					**Šramnický potok**								
Číslo hydrologického pořadí					1-14-01-0059								
Profil					nad soutokem s Jiřetínským potokem								
Plocha povodí A [a)]									16,70 km^2				
Dlouhodobá průměrná roční výška srážek na povodí P_a									771 mm				
Dlouhodobý průměrný průtok Q_a									179 l/s				
M-denní průtoky Q_{Md} [b)]									l/s				
30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	355	364	Tř.
428	292	218	177	150	129	113	97	81	68	57	19	8,1	IV

Tabulka 12. Základní hydrologické údaje pro Jiřetínský potok [11]

Vodní tok					**Jiřetínský potok**								
Číslo hydrologického pořadí					1-14-01-0056								
Profil					nad soutokem se Šramnickým potokem								
Plocha povodí A [a)]									8,89 km^2				
Dlouhodobá průměrná roční výška srážek na povodí P_a									797 mm				
Dlouhodobý průměrný průtok Q_a									93 l/s				
M-denní průtoky Q_{Md} [b)]									l/s				
30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	355	364	Tř.
224	152	114	92	79	68	59	50	42	35	30	9,8	4,2	IV

Tabulka 13. Základní hydrologické údaje pro Loupnici [11]

Vodní tok					**Loupnice**								
Číslo hydrologického pořadí					1-14-01-0055								
Profil					nad soutokem s Jiřetínským potokem								
Plocha povodí A [a)]									20,90 km^2				
Dlouhodobá průměrná roční výška srážek na povodí P_a									808 mm				
Dlouhodobý průměrný průtok Q_a									222 l/s				
M-denní průtoky Q_{Md} [b)]									l/s				
30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	355	364	Tř.
531	362	271	220	186	160	140	120	100	84	71	23	10	IV



Loupnice slouží jako zdroj povrchových vod pro Unipetrol RPA. Maximální povolené roční množství je 40 mil. m³ vody. Za období 2009 až 2017 se v ročním průměru z Loupnice odebralo asi 18,4 mil. m³ vody (viz graf) [13], což převyšuje přítok odpovídající součtu dlouhodobých průměrných průtoků Loupnice, Jiřetínského a Šramnického potoka. Odběr probíhá z nádrže Jiřetín II, do níž je v souladu s manipulačním řádem správce toku převáděna voda z řeky Bíliny ze vzdutí jezu Jiřetín na Bílině, což zvyšuje disponibilitu možného odběru. Situování odběrného místa tak umožňuje odebírat i vodu z PKP a PVN přes řeku Bílinu.

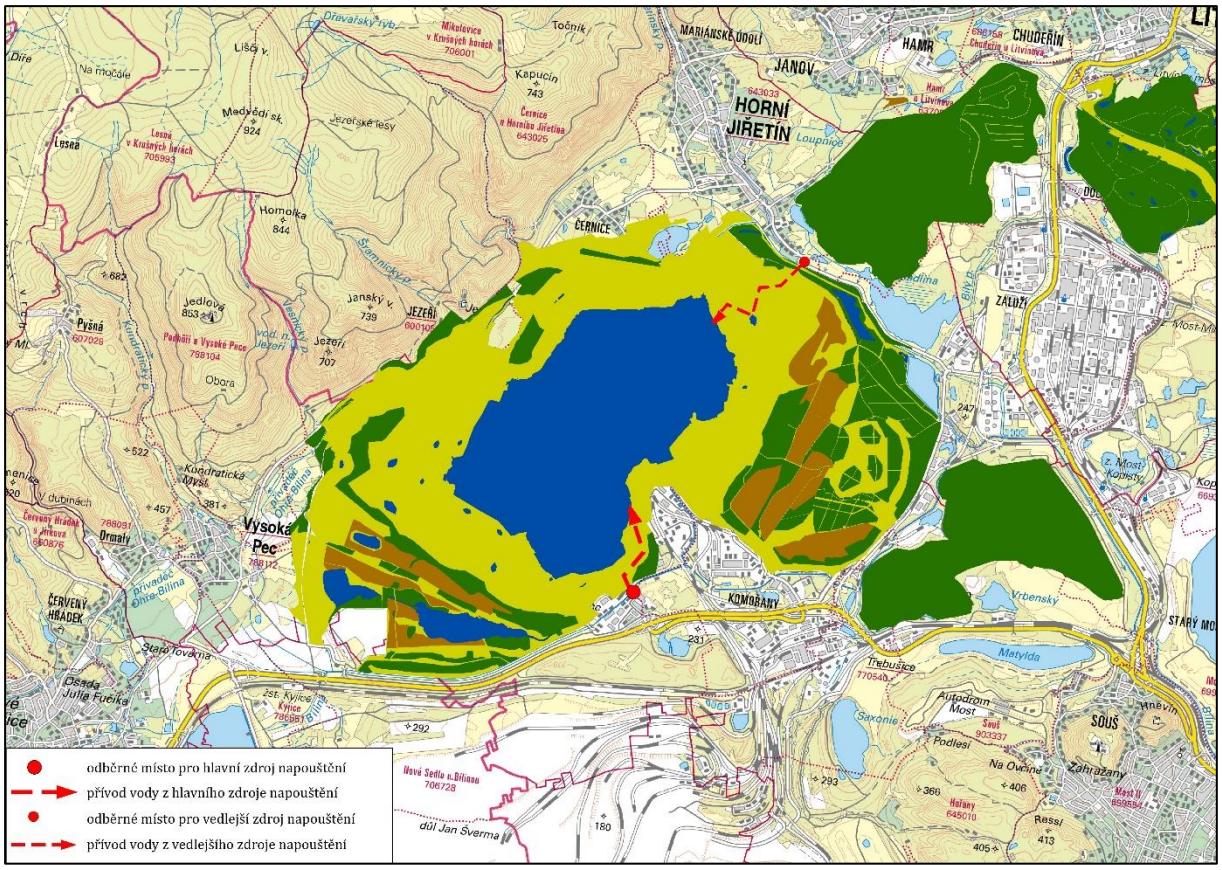
Dlouhodobý průměrný průtok v řece Bílině na Ervěnickém koridoru je 878 l/s (Tabulka 14). Minimální průtok je v tomto profilu stanoven manipulačním řádem na 150 l/s, který je ve stejné výši platný i pro Bílinu pod jezem Jiřetín [10].

Tabulka 14. Základní hydrologické údaje pro Bílinu [11]

Vodní tok	**Bílina**												
Číslo hydrologického pořadí	1-14-01-0049												
Profil	Pod MVE na Ervěnickém koridoru												
Plocha povodí A [a)]	111,30 km²												
Dlouhodobá průměrná roční výška srážek na povodí P_a	701 mm												
Dlouhodobý průměrný průtok Q_a	0,878 m³/s												
M-denní průtoky Q_{Md} [b)]	m³/s												
30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	355	364	Tř.
2,06	1,38	1,06	0,887	0,750	0,632	0,553	0,474	0,385	0,324	0,266	0,091	0,040	IV

7.2.4. Stanovení disponibilních průtoků ve vodních tocích

Pro účely zatápění budoucí zbytkové jámy dolu ČSA jsou stanoveny dva potenciální odběrné profily (Obrázek 44). *Hlavní profil* je umístěn na řece Bílině pod MVE na Ervěnickém koridoru a voda je z něj přiváděna přes jižní svah lomu. *Vedlejší profil* je umístěn na Loupnici pod soutokem s Jiřetínským potokem a voda se přivádí přes výsypku Obránců míru.



Obrázek 44. Odběrná místa vody pro zatápění dolu ČSA [5]

V rámci předchozí studie projektu VITA-MIN byly disponibilní průtoky stanoveny na základě měření průtoků státním podnikem Povodí Ohře v období 2002 až 2017 na vybraných limnigrafických profilech, které pak byly porovnávány se základními hydrologickými údaji, které poskytuje Český hydrometeorologický ústav ve variantě ovlivněných i neovlivněných průtoků [4].

Bilance průtoků pro hlavní profil vychází z měřených průtoků na LG Újezd na Bílině a LG Rozdělovací objekt na PKP, které se nacházejí nad místem předpokládaného odběru vody v hlavním profilu (Obrázek 45). Pro stanovení reálného průtoku v místě hlavního profilu je potřeba sečíst oba průtoky. Na LG Újezd je průměrný průtok 1,387 m^3/s, zatímco na LG Rozdělovací objekt je to 0,491 m^3/s. K tomu je přičtena průměrná výše vypouštěných vod z ČS Marcela, odhad je 0,036 m^3/s.

Průměrný denní průtok Q_a pro hlavní profil odběru tedy je 1,914 m^3/s. Tato hodnota průtoku se bere jako ovlivněná existujícími odběry a vypouštěními. Hlavním doplňkovým zdrojem je převod vody z PPV, podle LG Hačka na PPV průměrný převod za období 2002–2017 činí 0,560 m^3/s. Podle hodnot z roku 2017 byl dále charakterizován vliv odběrů a vypouštění na průtok v profilu pro napouštění. Souhrnný vliv odběrů nad

profilem je v průměru 0,032 m^3/s, souhrnný vliv vypouštění nad profilem je v průměru 0,144 m^3/s. Průměrný dlouhodobý neovlivněný průtok lze získat odečtením 0,563 (dotace PPV) a 0,112 (rozdíl vypouštění a odběrů) od hodnoty 1,914 m^3/s, činí tedy 1,239 m^3/s.

Dalším postupem je odhadnut průtok Q_{330} (průtok v průměru dosažený nebo překročený po 330 dní v roce), a to jako 15 % průtoku průměrného. Pro neovlivněné průtoky tedy Q_{330} činí 0,186 m^3/s. Tento průtok je dále uvažován také jako průtok minimální zůstatkový, tedy takový, který by měl zůstat ve vodním toku pro zachování jeho ekologických funkcí. Disponibilní průtok pro možný odběr na zatápění lomu byl následně určen jako rozdíl průměrného neovlivněného průtoku a minimálního zůstatkového průtoku. **Pro hlavní potenciální profil napouštění je jeho hodnota 1,053 m^3/s.**

Další zpřesnění bilancí poskytují podklady zpracované ČHMÚ. **Podle údajů ČHMÚ** za období 1981 až 2010 vychází průměrný denní ovlivněný průtok v profilu Bílina pod Ervěnickým koridorem Q_a = 0,878 m^3/s. Hodnota průtoku Q_{330} (uvažovaná jako minimální zůstatkový průtok) vychází pro ovlivněné průtoky na 0,266 m^3/s. Rozdíl Q_a a Q_{330} je uvažován jako možný potenciální disponibilní průtok a činí pro ovlivněné průtoky 0,612 m^3/s. Podle stejných údajů ČHMÚ vychází průměrný denní neovlivněný průtok Q_a = 0,832 m^3/s. Hodnota průtoku Q_{330} vychází pro neovlivněné průtoky na 0,130 m^3/s. Rozdíl Q_a a Q_{330} je uvažován jako možný potenciální disponibilní průtok a činí pro **neovlivněné průtoky 0,702 m^3/s.**

Podle závěrů studie [4] je však potřeba zvážit následující korekce. Hodnota průtoku Q_{330} není podle Povodí Ohře, s. p. dostačující pro zabezpečení ekologických funkcí toku. V profilu je minimální zůstatkový průtok navrhován na 0,5 m^3/s. To je zhruba na úrovni Q_{180}, přitom podle manipulačního řádu NOD je to 0,150 m^3/s. **Při akceptování minimálního průtoku vyššího, než byl stanoven výpočtem či než je stanoven v manipulačním řádu, pak vychází disponibilní průtok v profilu na Bílině pro neovlivněné průtoky na 0,332 m^3/s.**

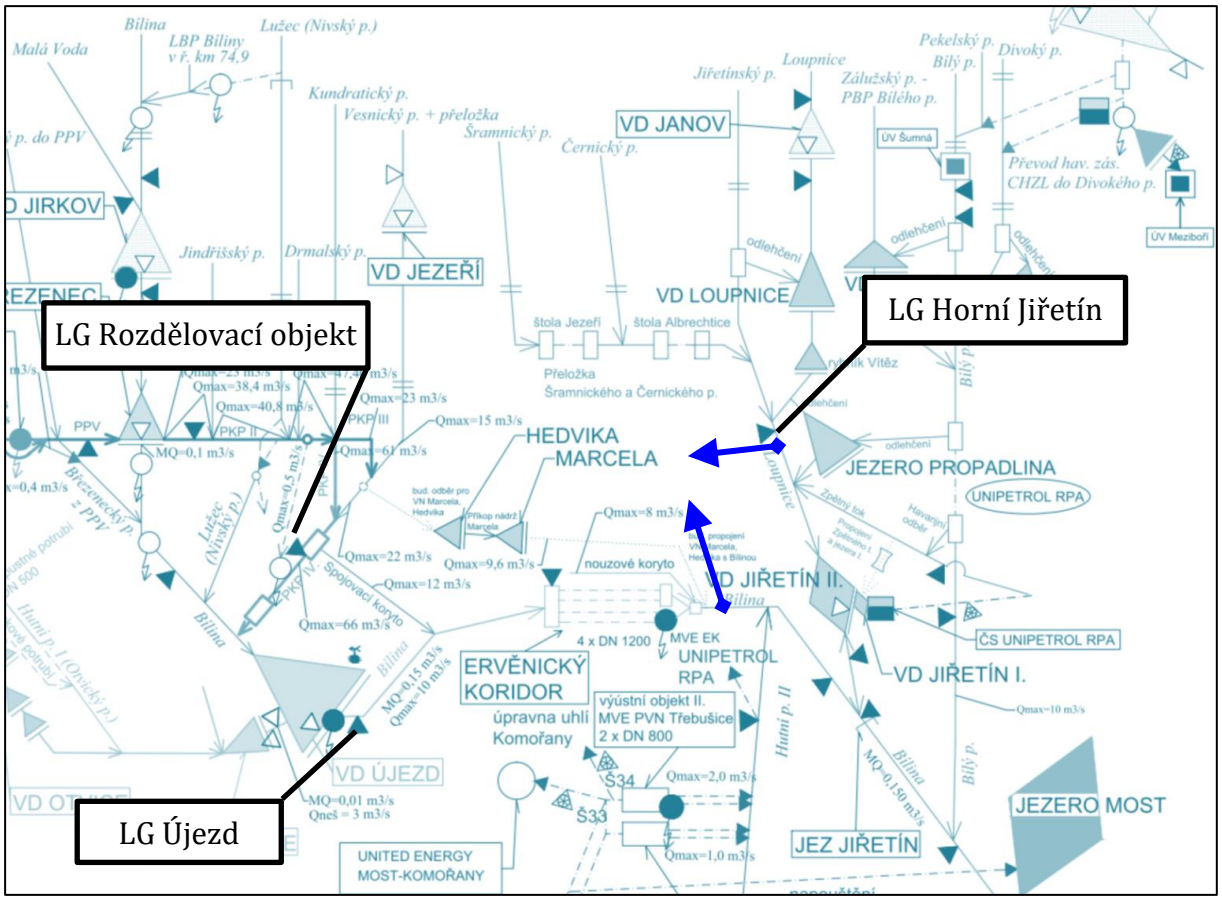
Bilance průtoků pro vedlejší profil vychází z měřených průtoků na LG Horní Jiřetín (Obrázek 45), který se nachází přímo v místě předpokládaného odběru vody ve vedlejším profilu. Průměrný průtok zde činí 0,394 m^3/s. Tato hodnota průtoku se bere jako ovlivněná existujícími odběry a vypouštěními. Podle hodnot z roku 2017 byl dále charakterizován vliv odběrů a vypouštění na průtok v profilu pro napouštění. Souhrnný vliv odběrů nad profilem je v průměru 0,0 m^3/s, souhrnný vliv vypouštění nad profilem je

v průměru 0,012 m^3/s. Průměrný dlouhodobý neovlivněný průtok lze získat odečtením 0,012 (rozdíl vypouštění a odběrů) od hodnoty 0,394 m^3/s, činí tedy 0,382 m^3/s.

Dalším postupem je odhadnut průtok Q_{330}, a to jako 15 % průtoku průměrného. Pro neovlivněné průtoky tedy Q_{330} činí 0,057 m^3/s. Tento průtok je dále uvažován také jako průtok minimální zůstatkový. Disponibilní průtok pro možný odběr na zatápění lomu byl následně určen jako rozdíl průměrného neovlivněného průtoku a minimálního zůstatkového průtoku. **Pro vedlejší potenciální profil napouštění je jeho hodnota 0,325 m^3/s.**

Podle údajů ČHMÚ za období 1981 až 2010 vychází průměrný denní ovlivněný průtok v profilu Loupnice pod soutokem s Jiřetínským potokem Q_a = 0,471 m^3/s. Hodnota průtoku Q_{330} (uvažovaná jako minimální zůstatkový průtok) vychází pro ovlivněné průtoky na 0,105 m^3/s. Rozdíl Q_a a Q_{330} je uvažován jako možný potenciální disponibilní průtok a činí pro ovlivněné průtoky 0,366 m^3/s. Podle stejných údajů ČHMÚ vychází průměrný denní neovlivněný průtok v profilu Q_a = 0,482 m^3/s. Hodnota průtoku Q_{330} vychází pro neovlivněné průtoky na 0,100 m^3/s. Rozdíl Q_a a Q_{330} je uvažován jako možný potenciální disponibilní průtok a činí pro **neovlivněné průtoky 0,382 m^3/s**.

Podle závěrů studie [4] je však potřeba zvážit následující korekce. U odběrů z Loupnice je potřeba vzít v úvahu zabezpečení odběrů povrchové vody pro Unipetrol RPA, který leží níže po toku Loupnice. U tohoto odběru činí povolené množství 1,268 m^3/s (40 mil. m^3/rok), reálný odběr v roce 2017 činil 0,575 m^3/s. **Z těchto hodnot a výše uvedeného vyhodnocení průtoků v Loupnici vyplývá, že Loupnice nedisponuje volnými průtoky pro možné zatápění jezera dolu ČSA.**



Obrázek 45. Odběrná místa vody pro jezero ČSA v průtokovém schématu VS NOD dle [10]

7.2.5. Hydrochemické podmínky

Základní hodnocení hydrochemických podmínek bylo provedeno v předchozí studii zpracované v rámci projektu VITA-MIN [12]. Hodnocení vychází z dat ročního monitoringu, který v rámci projektu VITA-MIN provedla společnost BIOANALYTIKA CZ, s. r. o., v průběhu roku 2017. Doplňkově jsou hodnoceny rovněž údaje shromážděné ve studii Hydroprojektu [4].

Kvalita vody v hlavním profilu je poměrně dobrá, jen 3 ukazatele mírně překračují limit pro povrchové vody. Přesto je účelné na přítoku do jezera vybudovat sedimentační nádrž, která zabezpečí alespoň půlhodinové zdržení vody, což by zadrželo skoro 2/3 nerozpuštěných látek. Další snížení nerozpuštěných látek a na ně vázaných kovů, fosforu a dalších látek by mohl zabezpečit následný mělký mokřad (do 40 cm hloubky) prorostlý makrovegetací. Koncentrace dusičnanového a celkového dusíku pro jezero nejsou problém a není třeba je řešit. V jezeře dojde samovolně k poklesu, přičemž vyšší koncentrace dusíku přispívá k omezení rozvoje sinic vodního květu a je tedy žádoucí. Dusičnany navíc umožní mineralizaci organických látek v případných

anaerobních depresích na dně jezera. I když nepřekračuje limit pro povrchové vody, z hlediska trofie budoucího jezera je příliš vysoká koncentrace celkového fosforu, zhruba čtvrtina je vázaná na nerozpuštěné látky. Snížení v řece by se mohlo dosáhnout srážením fosforu v ČOV nad profilem. Za úvahu stojí i možnost ovlivnění koncentrace fosforu vhodným managementem v nádrži Újezd (například úprava rybí obsádky a zvýšení průhlednosti vody).

Kvalita vody ve vedlejším profilu byla hodnocena pro každý ze tří samostatných toků. V případě přeložky *Černického a Šramnického potoka* všechny ukazatele kvality vody mimo měď splňují limity pro povrchovou vodu. Z hlediska napouštění jezera se nejedná o problém. Voda vyhovuje potřebám napouštění lomu, žádný ukazatel není třeba upravovat. U *Jiřetínského potoka* rovněž všechny ukazatele kvality vody splňují limity pro povrchovou vodu a voda plně vyhovuje potřebám napouštění lomu, žádný ukazatel není třeba upravovat. Vodní tok *Loupnice* má zřetelně horší kvalitu vody než předchozí dva, 5 ukazatelů nevyhovělo limitům pro povrchové vody. Významná je především koncentrace nerozpuštěných látek a koncentrace celkového fosforu. Voda z vedlejšího profilu je použitelná pro napouštění jezera. Lze doporučit vedení přítoku přes sedimentační nádrž s alespoň půlhodinovým zdržením vody a následný průtok mělkým mokřadem prorostlým vodní makrovegetací optimálně s několikadenním zdržením vody.

7.3. Matematický model hydrologické bilance plnění zbytkové jámy

Za účelem matematického modelování hydrologické bilance bylo nejprve nutné provést nakalibrování modelů GR4J a TUW na charakteristiky odtoku z povodí zbytkové jámy, které uvádí Tabulka 4 na str. 20.

Následně byly modelovány simulace dle následujících požadavků:

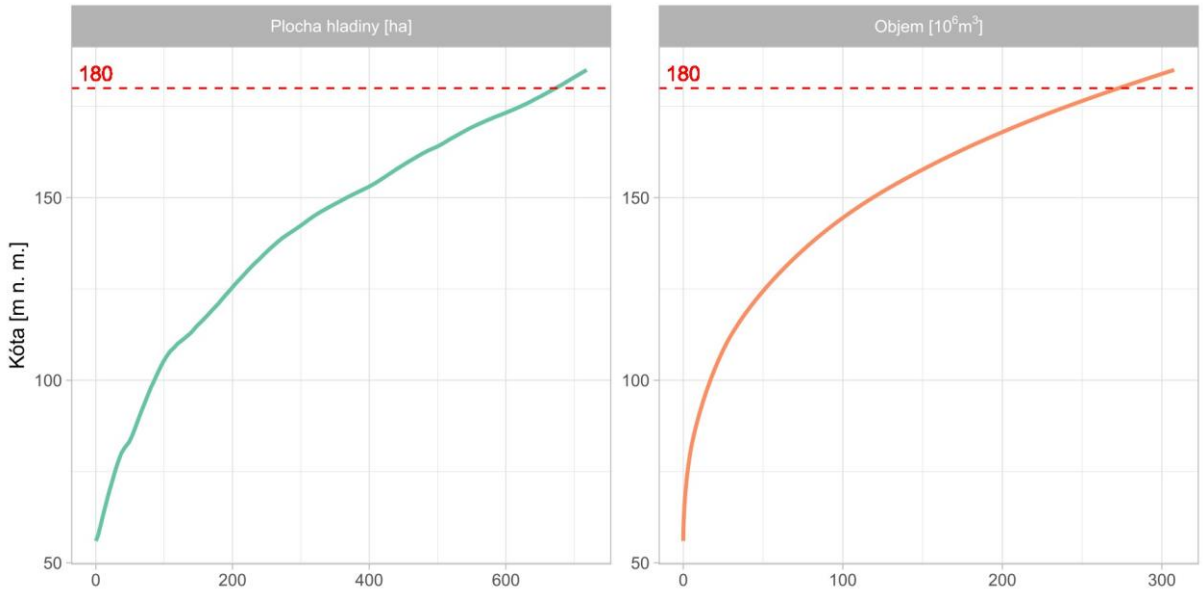
- plnění zbytkové jámy a stanovení ustálené hladiny jen na základě celkového odtoku z povodí zbytkové jámy,
- plnění zbytkové jámy a stanovení ustálené hladiny na základě celkového odtoku z povodí zbytkové jámy a hydrogeologického přítoku (bude proveden odhad velikosti tohoto přítoku) v jeho plné výši a pak v poloviční hodnotě (z důvodu možného snižování tohoto přítoku v důsledku plnění jámy),
- plnění zbytkové jámy na základě celkového odtoku z povodí zbytkové jámy a externí dotace vodou z Bíliny – odhad disponibilního průtoku 332 l/s, tj. ve

výši stanoveného disponibilního odběru z hlavního profilu (viz předchozí kapitola),

- plnění zbytkové jámy na základě celkového odtoku z povodí zbytkové jámy a externí dotace vodou z Bíliny a krušnohorských potoků – odhad disponibilního průtoku 500 l/s, což představuje předpokládaný odběr vody pro zatápění dle plánu rekultivace [11],
- plnění zbytkové jámy na základě celkového odtoku z povodí zbytkové jámy a externí dotace čerpanou vodou z Ohře – odhad disponibilního průtoku 1 000 l/s, což je variantní možnost zatápění z PVN,
- výpočet nutné dotace pro udržení úrovně hladiny na kótě 180 m n. m., což je plánovaná kóta provozní hladiny jezera ve zbytkové jámě [6],
- výpočet nutné dotace pro udržení úrovně hladiny na kótě 230 m n. m., což je teoretická kóta provozní hladiny jezera ve zbytkové jámě umožňují gravitační odtok vody z jezera [11].

Simulace byly provedeny pro referenční resamplované časové řady (popis resamplovaných dat viz začátek kap. 6.4.3) a pro řady ovlivněné klimatickou změnou.

Batygrafické křivky budoucího jezera znázorňuje Obrázek 46 a hodnoty batymetrie uvádí Tabulka 31 v příloze B na str. 310. Požadovaná hladina v budoucím jezeře je 180,0 m n. m. [6].



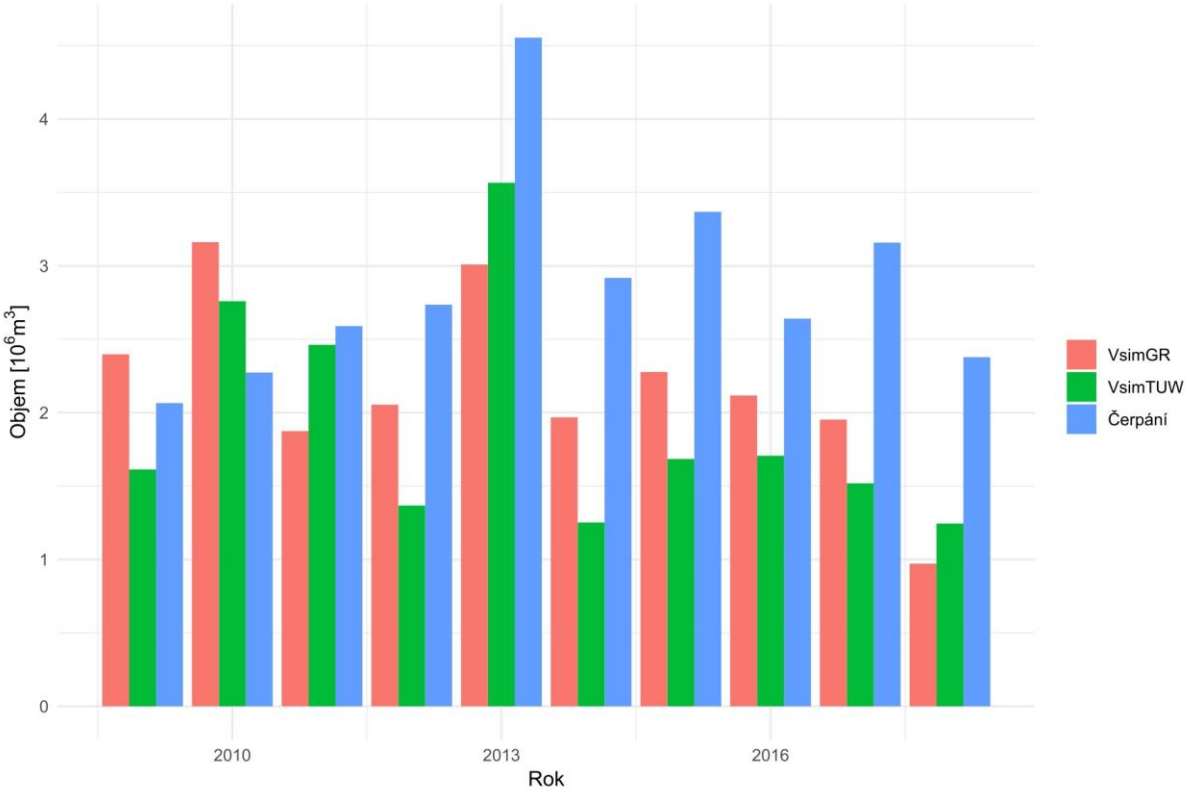
Obrázek 46. Batygrafické křivky budoucího jezera ve zbytkové jámě lomu ČSA

7.3.1. Kalibrace modelu na charakteristikách odtoku

Modely GR4J a TUW byly kalibrovány na charakteristiky odtoku povodí zbytkové jámy lomu ČSA (Tabulka 4 na str. 20). Z hlediska změny povodí v důsledku postupu lomu do konečné fáze vyuhlení se neočekávají změny, které by významněji ovlivnily základní hydrologické údaje. Vstupními daty byly 30leté časové řady denních srážkových úhrnů a průměrné denní teploty ze stanice Kopisty a dále časová řada PET vypočtená metodou dle Oudina.

Simulace na základě optimálních parametrických sad modelů GR4J a TUW vedly k hodnotám *RMSE*, kterým odpovídají mediány absolutních odchylek mezi zaznamenanými M-denními vodami a těmi stanovenými na základě simulací obou modelů 2,5 % pro model GR4J a 3,8 % pro model TUW. Vyšší absolutní procentické odchylky od zaznamenaných M-denních vod byly zjištěny u Q_{330d} až Q_{364d} pro simulace obou modelů. Procentické odchylky pro Q_a byly minimální.

Ověření simulací přítoku do lomové jámy založených na modelech GR4J a TUW bylo provedeno na základě údajů o čerpání z let 2009 až 2018 poskytnutých Severní energetickou, a. s. Výsledné porovnání zobrazuje Obrázek 47 (VsimGR4J a VsimTUW jsou objemy přiteklé vody dle simulací na základě GR4J a TUW). Rozdíl mezi celkovým simulovaným přítokem a hodnotou čerpání je brán jako přítok, který má původ v podzemních hydrogeologických kolektorech. V daném případě se může jednat o vývěry vod z kvartéru (viz kapitola 7.2.1). Při stanovení průměrné hodnoty hydrogeologického přítoku byly použity roky 2012–2018. To bylo provedeno z toho důvodu, že v letech 2009–2011 byly na stanici Kopisty zaznamenány srážky, které nezasáhly území lomu ČSA (kontrolní měření pocházelo z meteorologické stanice přímo v lomu). Jednalo se zřejmě o přívalové srážky s vysokou intenzitou a lokálním působením, které bylo pravděpodobně mimo povodí lomu (těžiště povodí lomu je vzdáleno cca 7 km od stanice Kopisty, nejbližší část rozvodnice je vzdálena 3,8 km). Stanovené průměrné hodnoty hydrogeologického přítoku jsou 33,7 l/s (GR4J) a 42,6 l/s (TUW). Pro další výpočty byla zvolena hodnota 42 l/s. Pro pokrytí případného snižování tohoto přítoku v důsledku plnění lomu byly počítány i varianty s hodnotou o polovinu nižší, tj. 21 l/s.



Obrázek 47. Porovnání simulovaného přítoku a čerpaného množství pro lom ČSA

7.3.2. Plnění a bilance nádrže

V této kapitole jsou uvedeny výsledky teoretického plnění zbytkové jámy lomu ČSA na základě dvou uvažovaných řešení (bez externí dotace, s externí dotací) a výsledky stanovení externí dotace nutné k udržení požadované kóty hladiny. V rámci externí dotace při plnění byl uvažován jednak pouze hydrogeologický přítok (dále v textu a obrázcích jen jako HG přítok) s odhady 21 l/s a 42 l/s (jak bylo v kapitole 7.3.1), dále pouze dotace vodou z vybraných vodních toků (Bílina, krušnohorské potoky a Ohře) a nakonec kombinace HG přítoku a dotace vodou z vybraných vodních toků. Všechny uvedené alternativy byly řešeny na základě resamplovaných časových řad. Počátek plnění nádrže byl účelově stanoven na 1. 1. 2020, toto datum bylo následně použito jako počátek simulací spojených s teoretickým vývojem hladiny v nádrži.

V rámci řešení plnění a bilance nádrže byly uvažovány jednak ztráty výparem z volné hladiny (metoda dle VÚV1) a dále ostatní ztráty, které byly kvantifikovány pro jezero Most (0,3 mm/den). Výsledky jsou prezentovány formou grafů ročních hodnot. Každý obrázek obsahuje grafy, které zobrazují kótu hladiny [m n. m.], objem vody v nádrži [m^3] a plochu hladiny [m^2] v závislosti na čase a graf bilance nádrže v $m^3 rok^{-1}$ (rozdíl přítoku do nádrže ve formě celkového odtoku z povodí a srážky na hladinu nádrže a ztrát

z nádrže ne formě výparu z hladiny a ostatních ztrát). Ve všech níže uvedených grafech jsou červeně zobrazeny simulace spojené s modelem GR4J, modře jsou výsledky modelu TUW, černá přerušovaná čára je požadovaná hladina 180 m n. m. (v grafech, kde je to vhodné). U grafu bilance nádrže je černou spojitou horizontální čárou zdůrazněna úroveň odpovídající nulové změně.

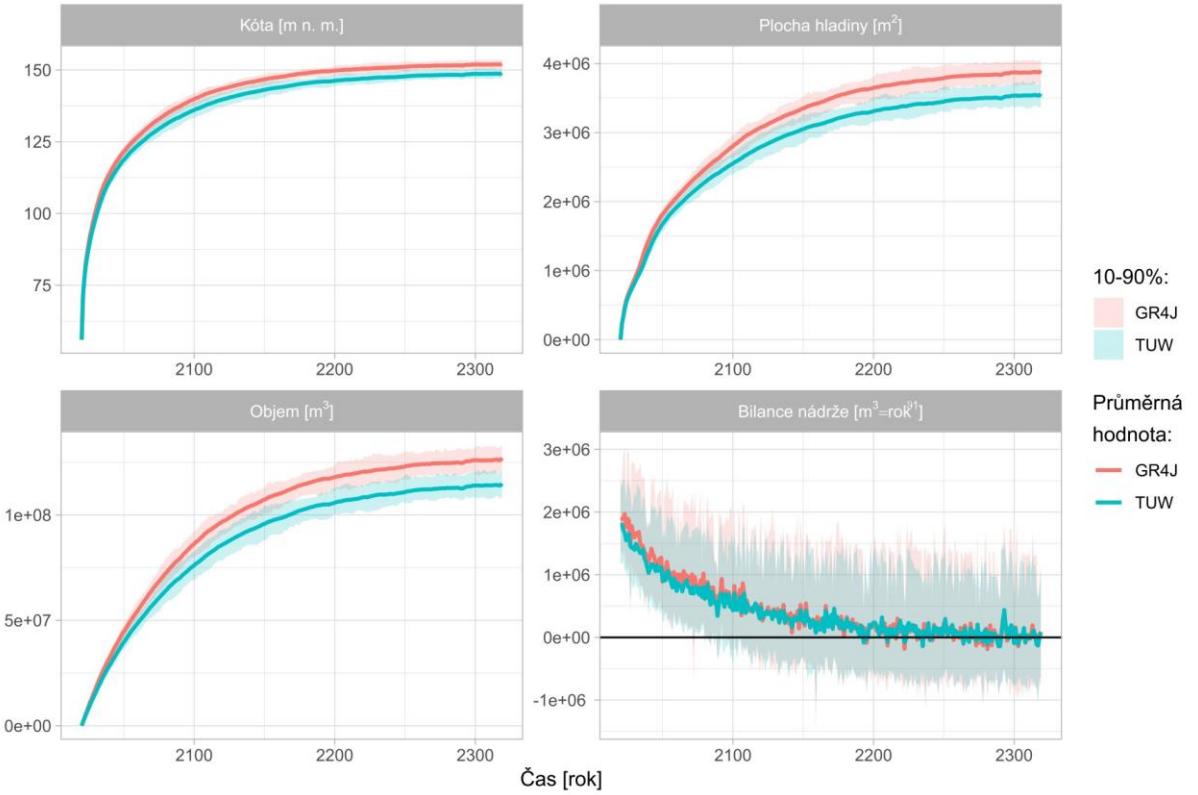
7.3.2.1. Plnění nádrže bez externí dotace

Obrázek 48 ukazuje plnění zbytkové jámy lomu ČSA ze simulací na resamplovaných datech. Hodnoty batymetrických veličin při plnění nádrže bez externí dotace uvádí Tabulka 43 v příloze C na str. 319.

Plnění nádrže začíná na kótě 56,0 m n. m. Na konci 300leté řady je v průměru dosaženo kóty 151,9 m n. m. pro simulaci spojenou s modelem GR4J a 148,7 m n. m. pro model TUW. Průměrný rozdíl v kótě na konci časové řady činí 3,2 m. Př plnění nádrže nebylo dosaženo požadované kóty hladiny 180,0 m n. m.

Pomocí stanovení přímek trendů bylo zjištěno, že ustálené hladiny v nádrži je dosaženo v průměru na kótě 152,3 m n. m. pro model GR4J, resp. 149,2 m n. m. pro model TUW. V rámci prezentované 300leté řady nebylo těchto ustálených hladin dosaženo.

Graf bilance nádrže (viz Obrázek 48 vpravo dole) ukazuje výrazně pozitivní bilanci v počáteční fázi plnění (prvních cca 80 let) pro většinu resamplovaných časových řad (celý obalový polygon je v kladné části grafu).



Obrázek 48. Simulace plnění zbytkové jámy lomu ČSA

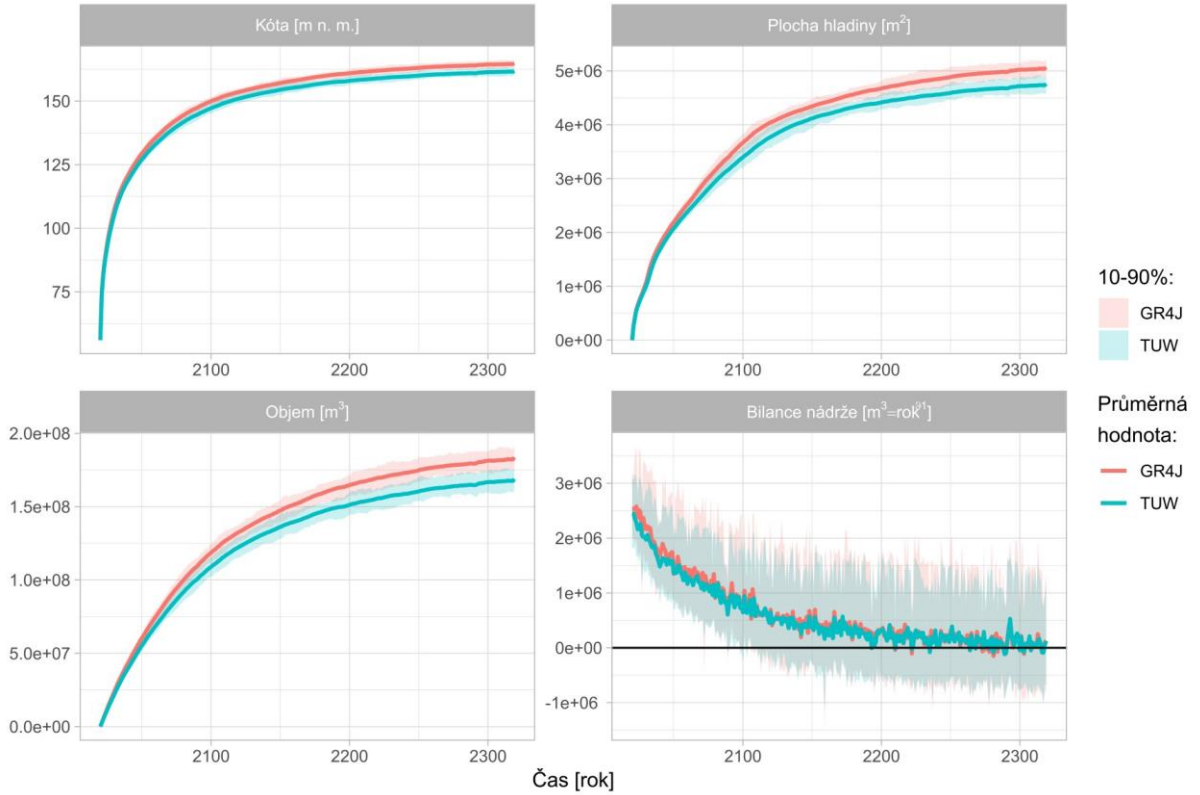
7.3.2.2. Plnění nádrže s hydrogeologickým přítokem

Obrázek 49 a Obrázek 50 ukazují plnění zbytkové jámy lomu ČSA celkovým odtokem z jejího povodí simulovaným na resamplovaných datech a HG přítokem 21 l/s a 42 l/s. Hodnoty batymetrických veličin při plnění nádrže pro tyto varianty řešení uvádí Tabulka 44, resp. Tabulka 45 v příloze C na str. 320.

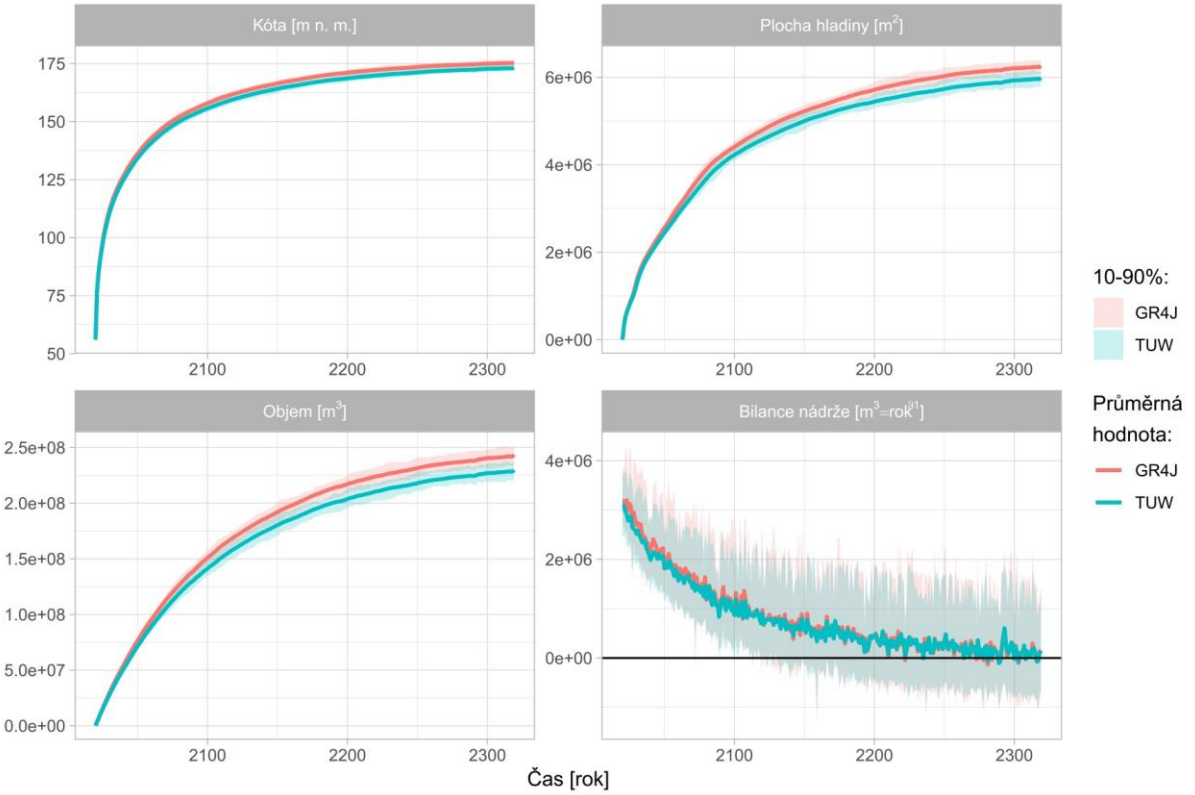
Plnění nádrže začíná na kótě 56,0 m n. m. Na konci 300leté řady je v průměru dosaženo kót 164,6 (dotace 21 l/s), resp. 175,2 (dotace 42 l/s) pro simulace spojené s modelem GR4J a kót 161,6 (dotace 21 l/s), resp. 173,0 (dotace 42 l/s) pro simulace spojené s modelem TUW. Průměrné rozdíly v kótách hladiny činí 3,0 m (dotace 21 l/s), resp. 2,2 m (dotace 42 l/s). Při těchto dotacích z podzemní vody nedosáhla za 300 let žádná simulace požadované kóty hladiny.

Pomocí stanovení přímek trendů bylo zjištěno, že ustálené hladiny v nádrži je v případě dotace 21 l/s dosaženo v průměru na kótě 166,1 m n. m. pro model GR4J, resp. 162,9 m n. m. pro model TUW. Při dotaci 42 l/s byla ustálená hladina identifikována na úrovni 177,2 m n. m. (GR4J) a 174,6 m n. m. (TUW). V rámci prezentované 300leté řady nebylo těchto ustálených hladin dosaženo.

Grafy bilance nádrže (viz Obrázek 49 a Obrázek 50 vpravo dole) ukazují výrazně pozitivní bilanci v průběhu 300leté periody (cca 80 let pro dotaci 21 l/s a cca 100 let pro dotaci 42 l/s) pro většinu resamplovaných časových řad (celý obalový polygon je v kladné části grafu).



Obrázek 49. Simulace plnění zbytkové jámy lomu ČSA s HG přítokem 21 l/s



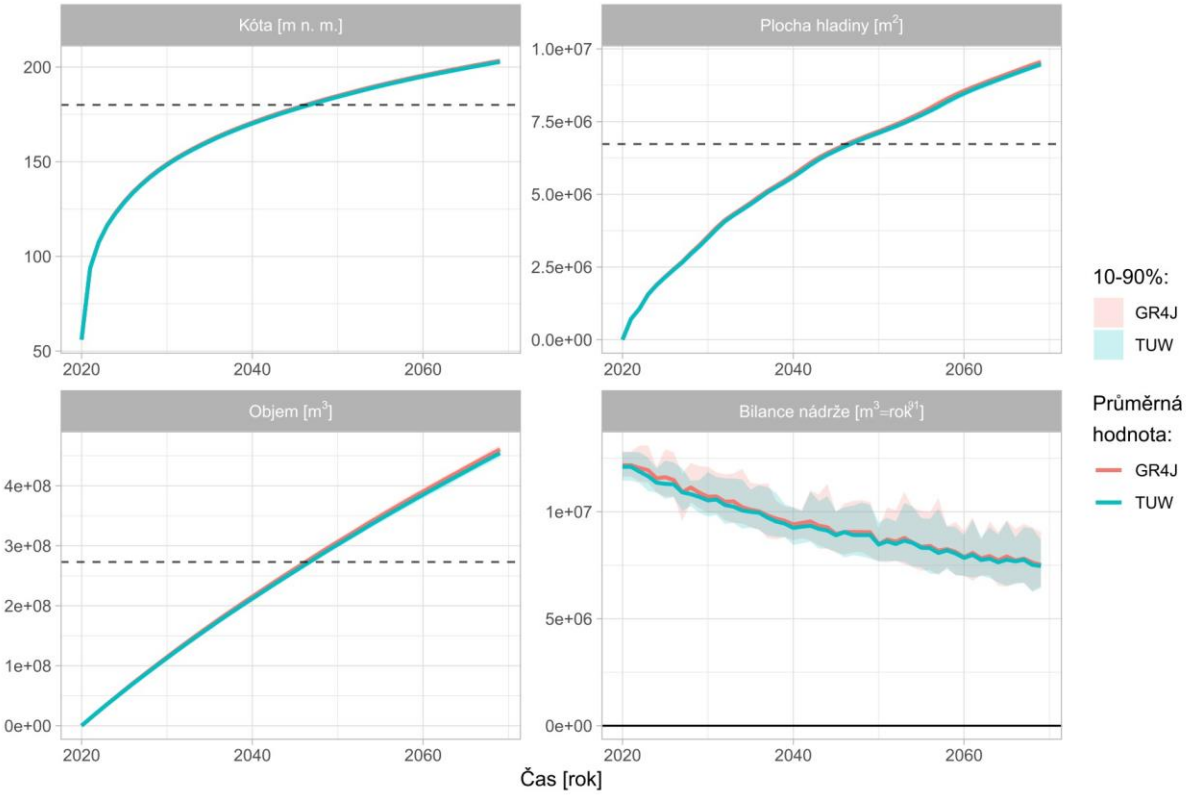
Obrázek 50. Simulace plnění zbytkové jámy lomu ČSA s HG přítokem 42 l/s

7.3.2.3. Plnění nádrže s dotací z vybraných vodních toků

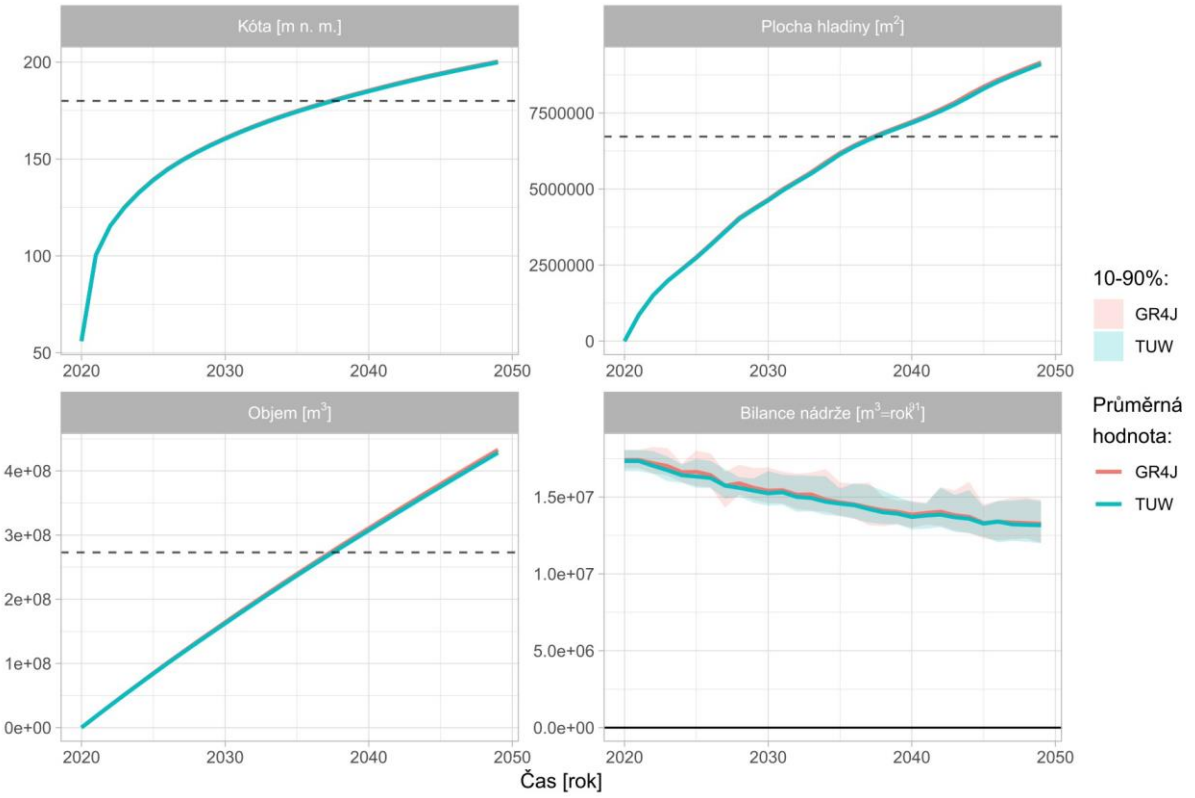
Obrázek 51 až Obrázek 53 ukazují plnění zbytkové jámy lomu ČSA celkovým odtokem z jejího povodí simulovaným na resamplovaných datech a dotací z vybraných vodních toků (Bílina 332 l/s, Bílina a krušnohorské potoky 500 l/s a Ohře 1000 l/s). Z použitých 300letých resamplovaných dat je prezentováno pouze prvních 50 (Obrázek 51) a 30 let (Obrázek 52, Obrázek 53). Hodnoty batymetrických veličin při plnění nádrže pro tyto varianty řešení uvádí Tabulka 46 až Tabulka 48 v příloze C na str. 321.

Z obrázků je patrné, že s navrženými dotacemi bylo požadované kóty hladiny, tj. 180,0 m n. m., dosaženo cca za 9 (Obrázek 53), 18 (Obrázek 52) a 27 let (Obrázek 51) od začátku plnění nádrže.

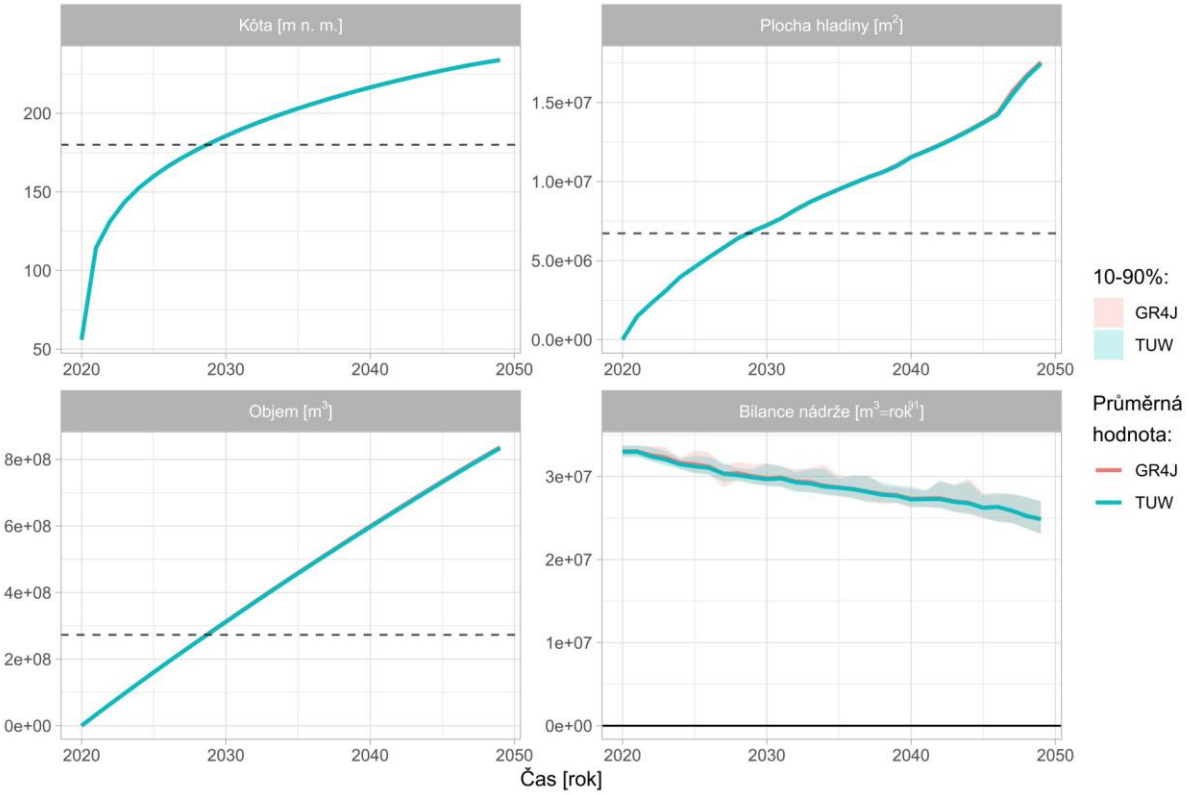
Grafy bilance nádrže (viz Obrázek 51 až Obrázek 53 vpravo dole) ukazují velmi výraznou pozitivní bilanci v rámci plnění nádrže (sumy externích dotací výrazně převyšují přítok z povodí zbytkové jámy).



Obrázek 51. Simulace plnění zbytkové jámy lomu ČSA (50letý úsek z 300leté řady) s dotacemi 332 l/s z řeky Bíliny



Obrázek 52. Simulace plnění zbytkové jámy lomu ČSA (30letý úsek z 300leté řady) s dotacemi 500 l/s z řeky Bíliny a krušnohorských potoků



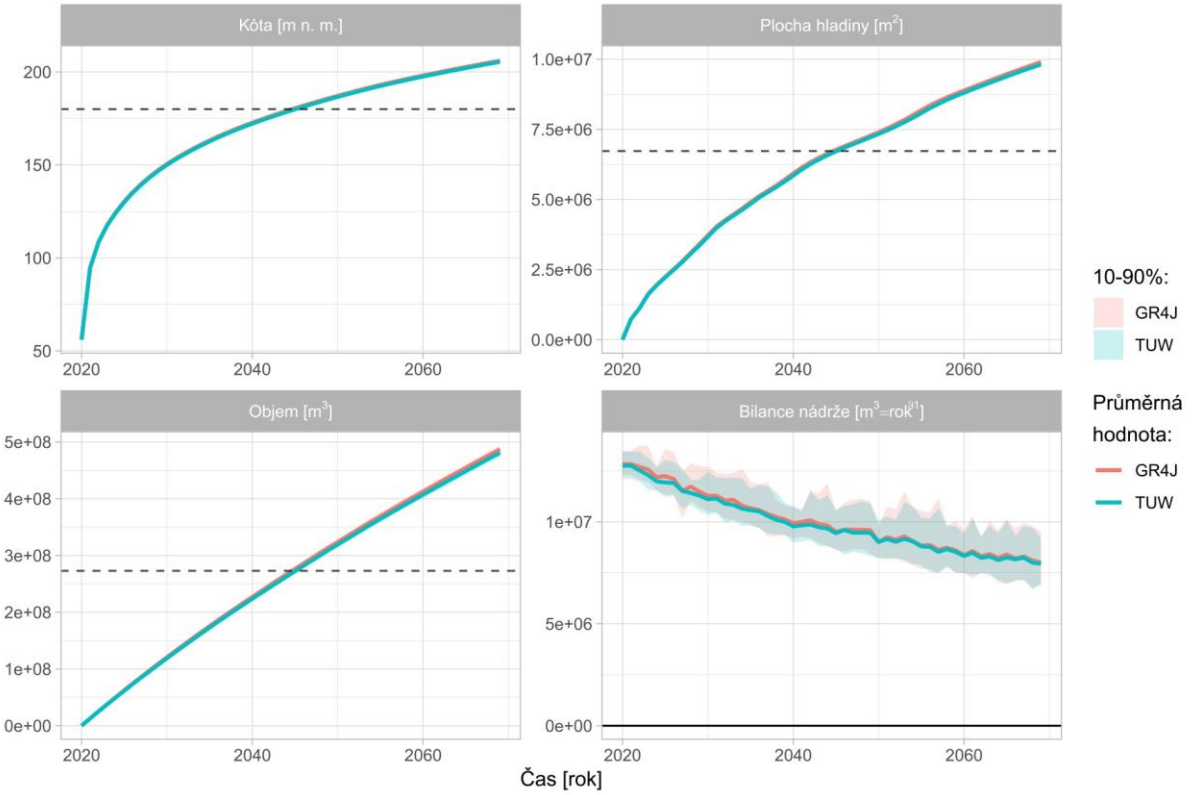
Obrázek 53. Simulace plnění zbytkové jámy lomu ČSA (30letý úsek z 300leté řady) s dotacemi 1000 l/s z řeky Ohře

7.3.2.4. Plnění nádrže s hydrogeologickým přítokem a dotací z vybraných vodních toků

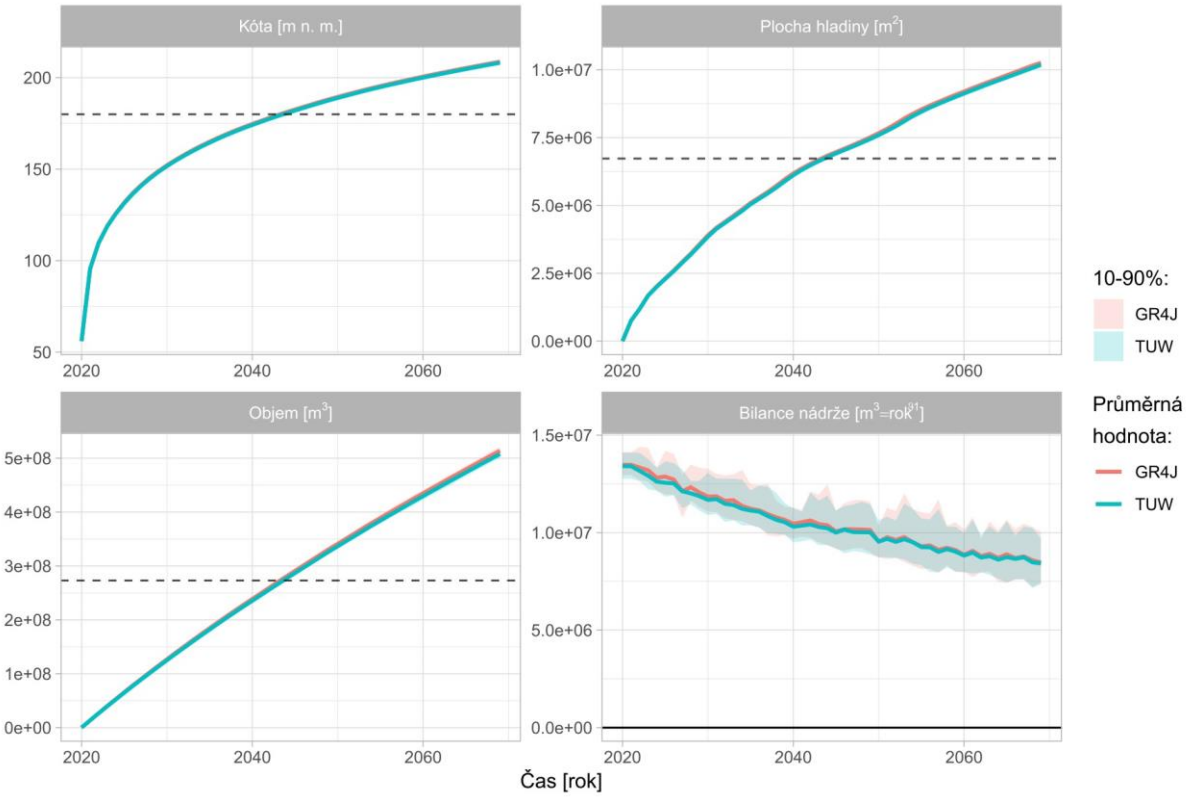
Obrázek 54 až Obrázek 59 ukazují plnění zbytkové jámy lomu ČSA celkovým odtokem z povodí ze simulací na resamplovaných datech, HG přítokem (odhady 21 l/s a 42 l/s) a s dotací z vybraných vodních toků (Bílina 332 l/s, Bílina a krušnohorské potoky 500 l/s a Ohře 1000 l/s). Z použitých 300letých resamplovaných dat je prezentováno pouze prvních 50 (Obrázek 54 a Obrázek 55) a 30 let (Obrázek 56 až Obrázek 59). Hodnoty batymetrických veličin při plnění nádrže pro tyto varianty uvádí Tabulka 49 až Tabulka 54 v příloze C na str. 323 až 325.

Z obrázků je patrné, že s navrženými kombinacemi dotací bylo požadované kóty hladiny, tj. 180,0 m n. m., dosaženo cca za 9 (Obrázek 58 a Obrázek 59), 16 (Obrázek 57) až 17 let (Obrázek 56) a 24 (Obrázek 55) až 26 let (Obrázek 54) od začátku plnění nádrže.

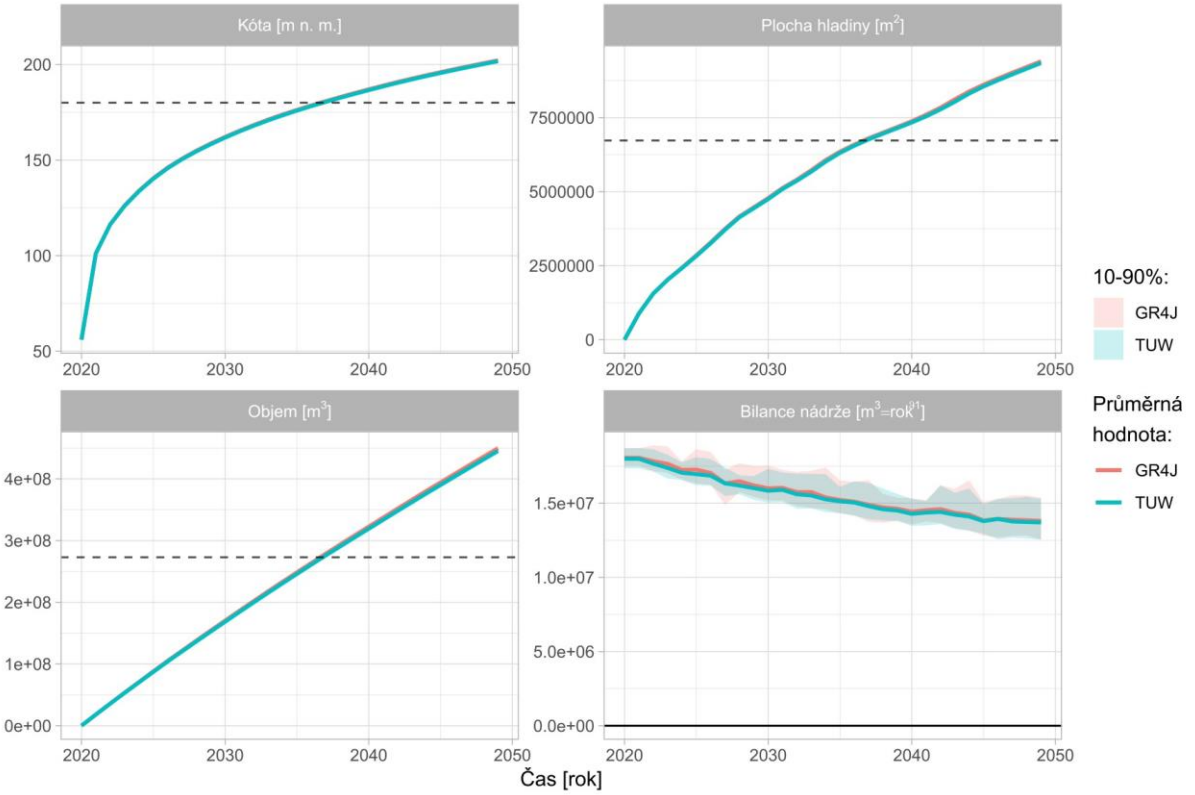
Grafy bilance nádrže (viz Obrázek 54 až Obrázek 59 vpravo dole) ukazují velmi výraznou pozitivní bilanci v rámci plnění nádrže (sumy externích dotací výrazně převyšují přítok z povodí zbytkové jámy).



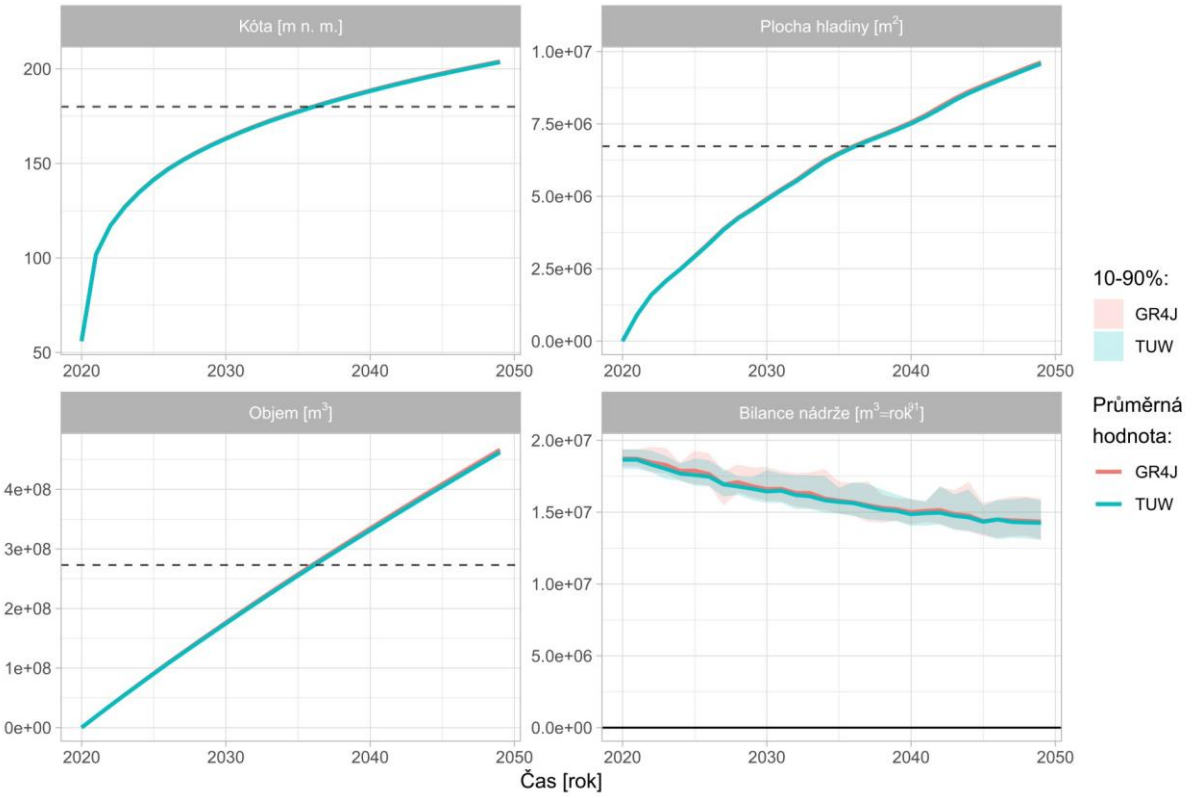
Obrázek 54. Simulace plnění zbytkové jámy lomu ČSA (50letý úsek z 300leté řady) s HG přítokem 21 l/s a dotacemi 332 l/s z řeky Bíliny



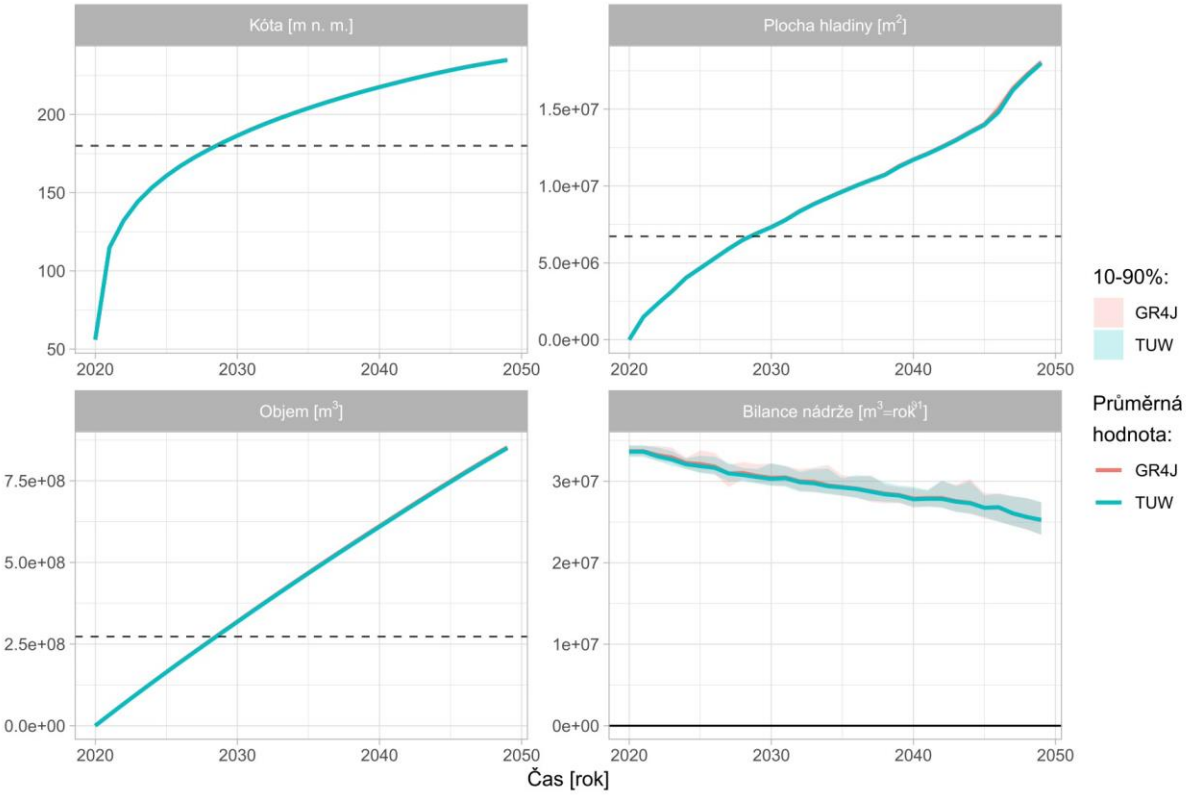
Obrázek 55. Simulace plnění zbytkové jámy lomu ČSA (50letý úsek z 300leté řady) s HG přítokem 42 l/s a dotacemi 332 l/s z řeky Bíliny



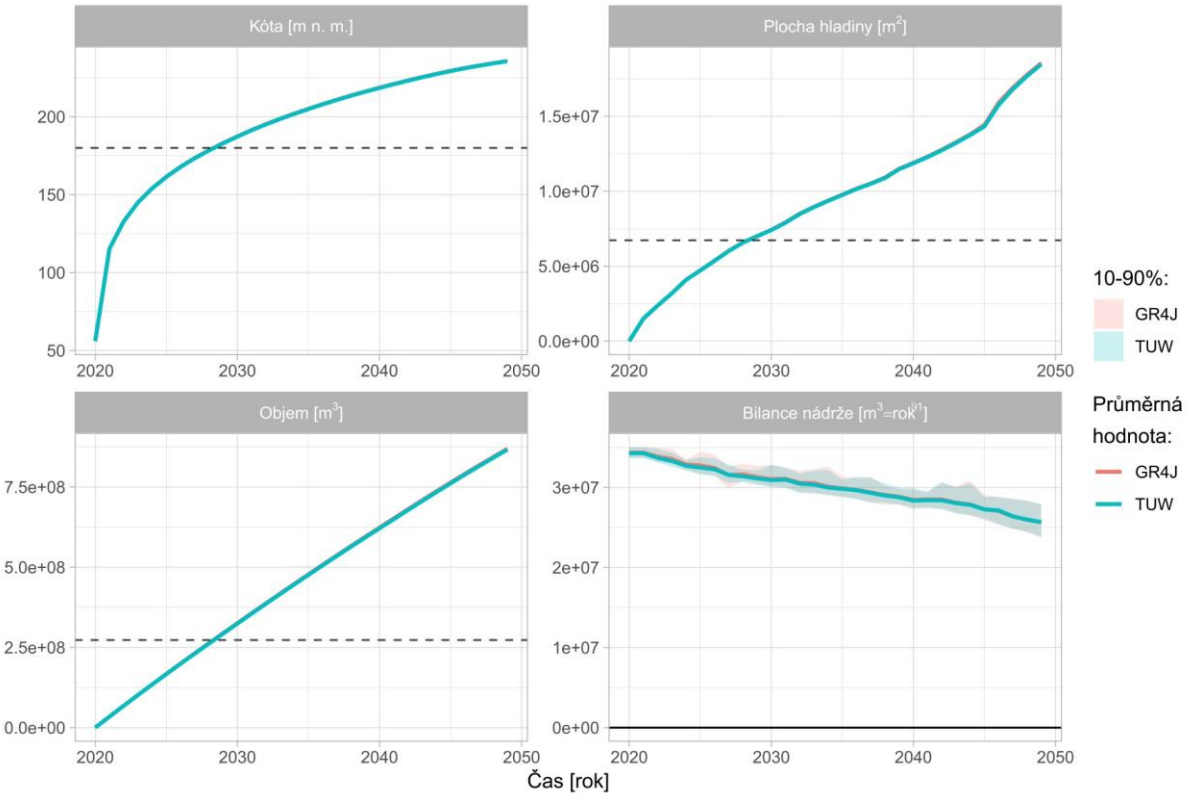
Obrázek 56. Simulace plnění zbytkové jámy lomu ČSA (30letý úsek z 300leté řady) s HG přítokem 21 l/s a dotacemi 500 l/s z řeky Bíliny a krušnohorských potoků



Obrázek 57. Simulace plnění zbytkové jámy lomu ČSA (30letý úsek z 300leté řady) s HG přítokem 42 l/s a dotacemi 500 l/s z řeky Bíliny a krušnohorských potoků



Obrázek 58. Simulace plnění zbytkové jámy lomu ČSA (30letý úsek z 300leté řady) s HG přítokem 21 l/s a dotacemi 1 000 l/s z řeky Ohře

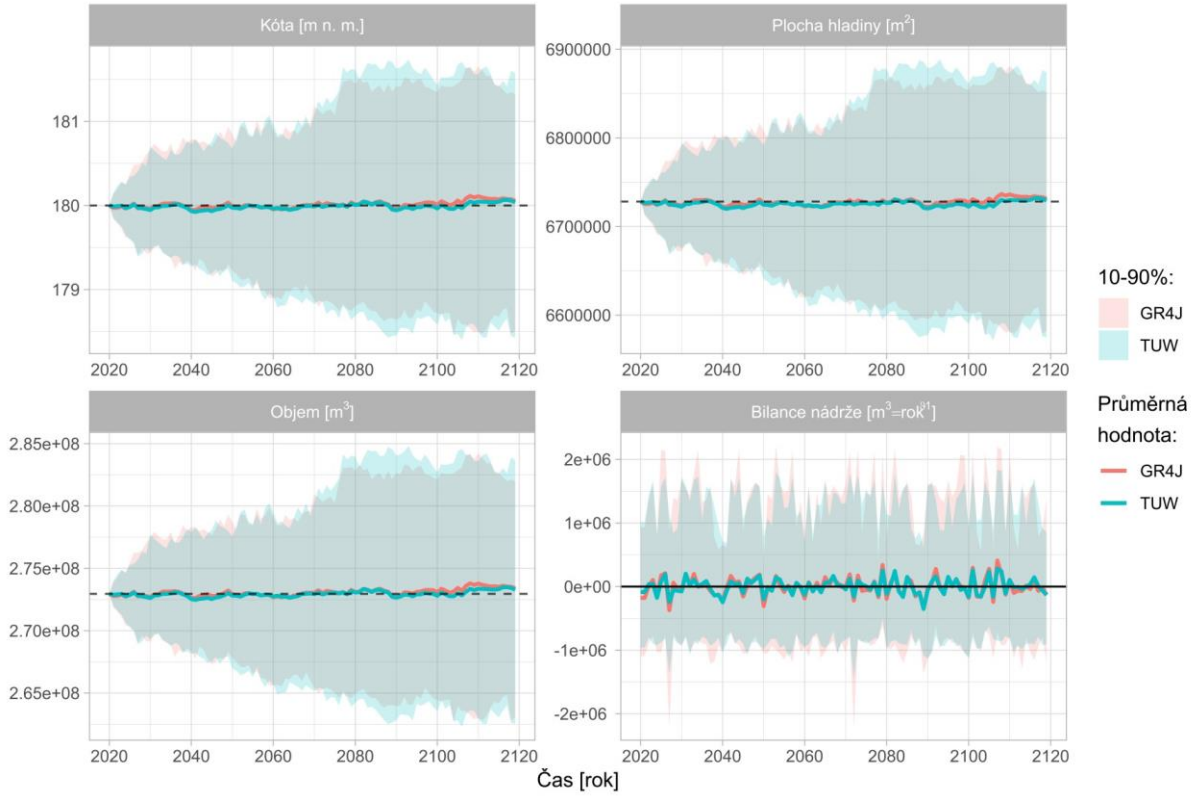


Obrázek 59. Simulace plnění zbytkové jámy lomu ČSA (30letý úsek z 300leté řady) s HG přítokem 42 l/s a dotacemi 1 000 l/s z řeky Ohře

7.3.2.5. Stanovení externí dotace pro udržení hladiny na požadované úrovni

Obrázek 60 ukazuje teoretický vývoj nadmořské výšky hladiny zatopené zbytkové jámy lomu ČSA od počáteční kóty 180,0 m n. m. na resamplovaných datech při externí dotaci 46,9 l/s (model GR4J), resp. 51,5 l/s (model TUW). Obrázek 61 ukazuje totéž s počáteční kótou 230,0 m n. m. a při externí dotaci 181,7 l/s (model GR4J), resp. 184,0 l/s (model TUW). Z použitých 300letých resamplovaných dat je prezentováno pouze prvních 100 let. Externí dotace pro modely byly stanoveny iteračně.

Obrázky ukazují, že zvolené hodnoty externího napouštění zbytkové jámy jsou dostatečné. Aritmetické průměry kóty hladiny kolísaly v rozmezí hodnot 179,9 m n. m. až 180,1 m n. m. pro simulace spojené s modelem GR4J a v rozmezí 179,9 m n. m. až 180,1 m n. m. pro simulace spojené s modelem TUW pro požadovanou kótu 180,0 m n. m. Pro požadovanou kótu hladiny 230,0 m n. m. průměry kóty hladiny kolísaly v rozmezí hodnot 229,9 m n. m. až 230,0 m n. m. pro simulace spojené s modelem GR4J a v rozmezí 229,9 m n. m. až 230,1 m n. m. pro simulace spojené s modelem TUW.



Obrázek 60. Simulace vývoje hladiny ve zbytkové jámě lomu ČSA (100letý úsek z 300leté řady) od počáteční kóty 180,0 m n. m. s externím napouštěním 46,9 l/s (GR4J) a 51,5 l/s (TUW)

Obrázek 61. Simulace vývoje hladiny ve zbytkové jámě lomu ČSA (100letý úsek z 300leté řady) od počáteční kóty 230,0 m n. m. s externím napouštěním 181,7 l/s (GR4J) a 184,0 l/s (TUW)

7.3.3. Plnění a bilance nádrže v rámci klimatické změny

V této kapitole jsou uvedeny výsledky teoretického plnění zbytkové jámy lomu ČSA v rámci klimatické změny na základě dvou uvažovaných řešení (bez externí dotace, s externí dotací) a dále teoretický vývoj hladiny v nádrži s externí dotací. V rámci externí dotace při plnění byl uvažován pouze hydrogeologický přítok (dále v textu a obrázcích jen jako HG přítok) s odhady 21 l/s a 42 l/s (jak bylo v kapitole 7.3.1), dále pouze dotace vodou z vybraných vodních toků (Bílina, krušnohorské potoky a Ohře) a nakonec kombinace HG přítoku a dotace vodou z vybraných vodních toků. Všechny uvedené alternativy byly řešeny na základě vybrané resamplované časové řady ovlivněné klimatickou změnou (celkově 44 scénářových simulací, viz Tabulka 9 na str. 39) uvažovanou pro období blízké (2020–2050) i vzdálené budoucnosti (2070–2100).

Vybraná resamplovaná řada (jeden sample – S), která byla ovlivněna klimatickou změnou uvažovanou v blízké a vzdálené budoucnosti, je dále v textu i obrázcích nazývána S^{xl}_{20-50}, resp. S^{xl}_{70-100},, kde *x* je délka prezentovaného období (30, 50, 100 a 300 let).

Počátek plnění nádrže byl účelově stanoven na 1. 1. 2020, toto datum bylo následně použito jako počátek simulací spojených s teoretickým vývojem hladiny ve zbytkové jámě.

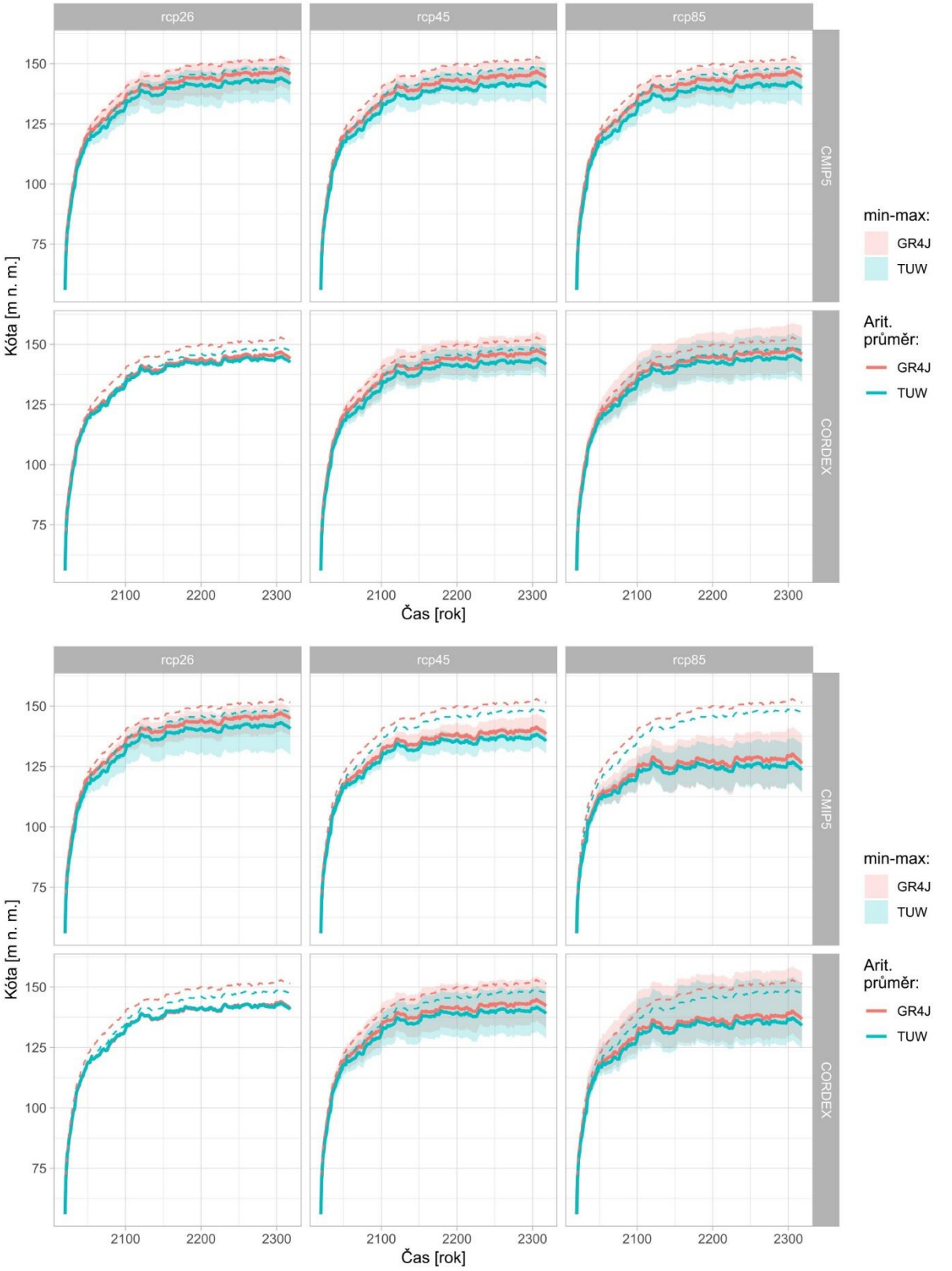
V rámci řešení plnění a bilance nádrže byly uvažovány jednak ztráty výparem z volné hladiny (metoda dle VÚV1) a dále ostatní ztráty, které byly kvantifikovány pro jezero Most (0,3 mm/den). Výsledky jsou prezentovány graficky, a to pouze v podobě vývoje úrovně hladiny v nádrži a jejich struktura je stejná jako v kapitole 6.4.5. Barevný polygon v obrázcích zobrazuje rozsah minima a maxima ze simulací všech klimatických modelů, spojitá čára pak aritmetický průměr z těchto simulací. Simulace spojené s neovlivněnou časovou řadou (dále jako referenční simulace) jsou vykresleny přerušovanou čárou.

7.3.3.1. Plnění nádrže bez externí dotace

Obrázek 62 ukazuje plnění zbytkové jámy lomu ČSA ze simulací na S_{20-50}^{300l}, resp. S_{70-100}^{300l}. Plnění nádrže začíná ve všech níže uvedených variantách výpočtů na kótě 56,0 m n. m. Pro S_{20-50}^{300l} a simulace spojené s modelem GR4J je na konci prezentovaného období dosaženo v průměru kóty hladiny 144,1 m n. m. (CORDEX s RCP2.6) až 146,0 m n. m. (CORDEX s RCP8.5). U simulací s TUW je to 139,8 m n. m. (CMIP5 s RCP8.5) až 143,1 m n. m. (CORDEX s RCP8.5). V porovnání s referenční simulací byl na konci 300letého období zaznamenán pokles u simulací s GR4J v průměru o 4,5–7,3 m a o 4,2–7,5 m u simulací s TUW.

Pro S_{70-100}^{300l} bylo na konci prezentovaného období dosaženo v průměru kóty hladiny 126,3 m n. m. (CMIP5 s RCP8.5) až 144,9 m n. m. (CMIP5 s RCP2.6) u simulací spojených s modelem GR4J. Simulace s TUW dosáhly kóty 123,5 m n. m. (CMIP5 s RCP8.5) až 140,8 m n. m. (CORDEX s RCP2.6). V porovnání s referenční simulací byl na konci 300letého období zaznamenán pokles v průměru o 6,5–25,1 m u simulací spojených s modelem GR4J, resp. o 6,5–23,8 m u simulací s TUW.

Při plnění zbytkové jámy celkovým odtokem z jejího povodí simulovaným na základě řady S_{20-50}^{300l}, resp. S_{70-100}^{300l} a přímou srážkou na hladinu nebylo dosaženo požadované kóty hladiny 180,0 m n. m. Pomocí stanovení přímek trendů byly zjištěny ustálené hladiny v nádrži pro jednotlivé varianty scénářů a modelů. Tyto uvádí Tabulka 65 v příloze D na str. 334.



Obrázek 62. Plnění zbytkové jámy lomu ČSA na základě $\mathbf{S}_{\mathbf{20-50}}^{\mathbf{300}\boldsymbol{l}}$ (nahoře) a $\mathbf{S}_{\mathbf{70-100}}^{\mathbf{300}\boldsymbol{l}}$ (dole), referenční simulace jsou přerušovanou čárou

7.3.3.2. Plnění nádrže s hydrogeologickým přítokem

Obrázek 63 a Obrázek 64 ukazují plnění zbytkové jámy lomu ČSA ze simulací pro S_{20-50}^{300l}, resp. S_{70-100}^{300l} a s HG přítokem 21 l/s a 42 l/s.

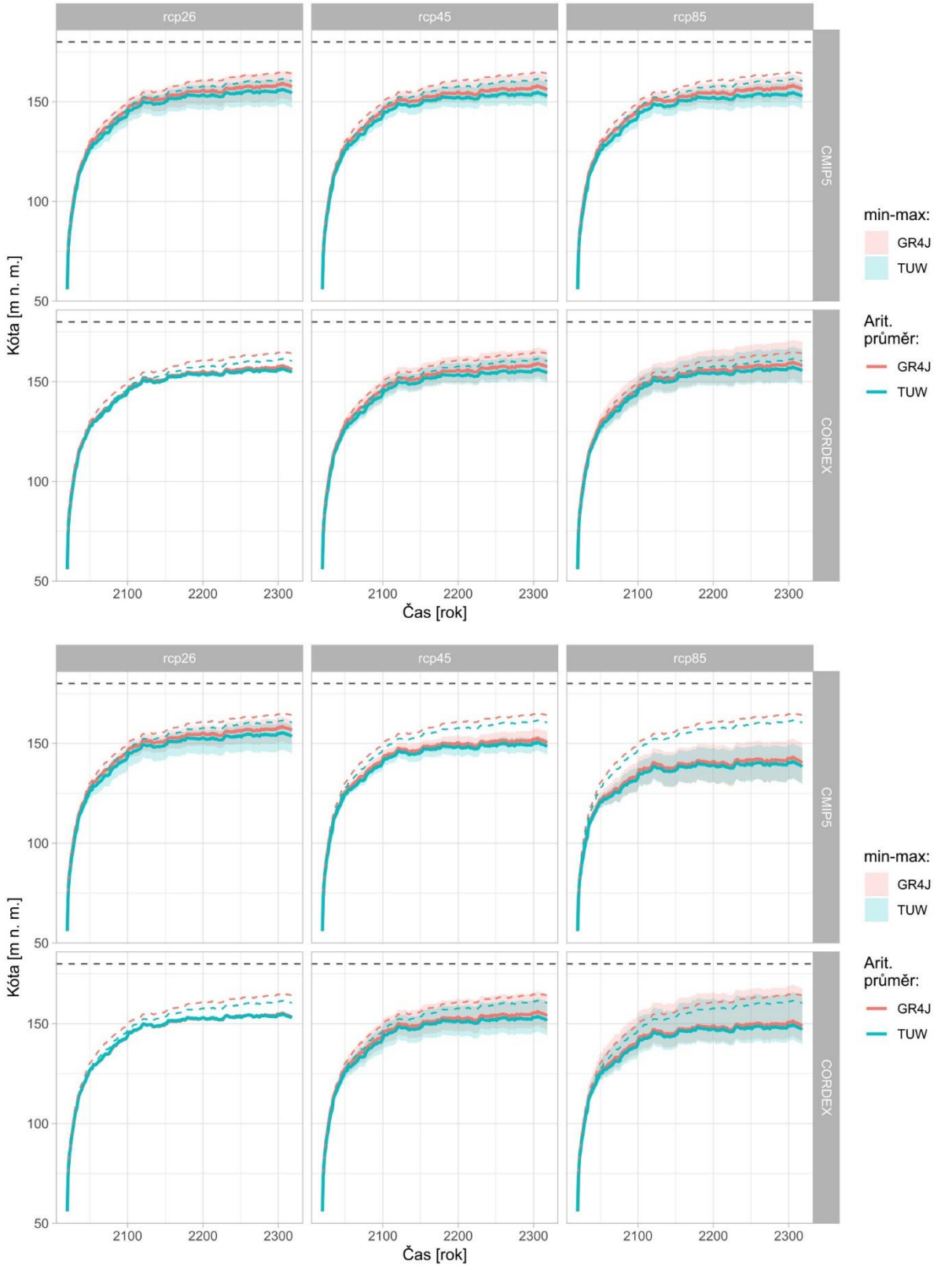
Pro S_{20-50}^{300l} a dotaci 21 l/s je na konci prezentovaného období dosaženo v průměru kóty hladiny 151,1 m n. m. (CORDEX s RCP4.5) až 158,4 m n. m. (CORDEX s RCP2.6) pro simulace spojené s modelem GR4J. Simulace s TUW dosáhly kóty 151,1 m n. m. (CORDEX s RCP4.5) až 158,4 m n. m. (CORDEX s RCP2.6). V porovnání s referenční simulací byl na konci 300letého období zaznamenán pokles v průměru o 5,7–13,0 m u simulací spojených s modelem GR4J, resp. o 1,9–9,2 m u simulací s TUW.

Pro S_{20-50}^{300l} a dotaci 42 l/s je na konci prezentovaného období dosaženo v průměru kóty hladiny 162,6 m n. m. (CORDEX s RCP4.5) až 170,1 m n. m. (CORDEX s RCP2.6) pro simulace spojené s modelem GR4J. Simulace s TUW dosáhly kóty 162,6 m n. m. (CORDEX s RCP4.5) až 170,1 m n. m. (CORDEX s RCP2.6). V porovnání s referenční simulací byl na konci 300letého období zaznamenán pokles v průměru o 4,7–12,2 m u simulací spojených s modelem GR4J, resp. o 1,9–9,4 m u simulací s TUW.

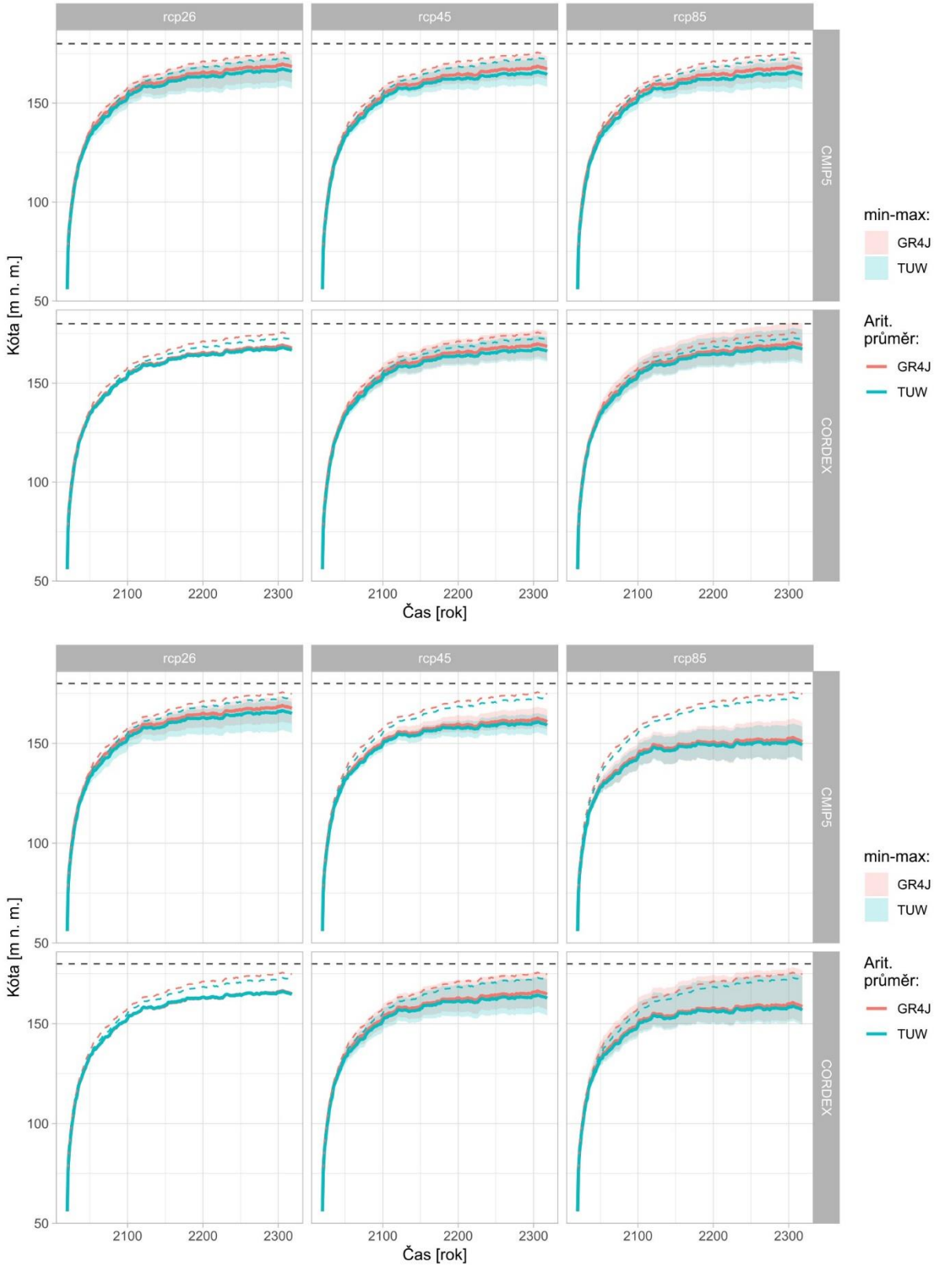
Pro S_{70-100}^{300l} a dotaci 21 l/s je na konci prezentovaného období dosaženo v průměru kóty hladiny 140,2 m n. m. (CMIP5 s RCP8.5) až 156,6 m n. m. (CMIP5 s RCP2.6) pro simulace spojené s modelem GR4J. Simulace s TUW dosáhly kóty 138,4 m n. m. (CMIP5 s RCP8.5) až 153,5 m n. m. (CMIP5 s RCP2.6). V porovnání s referenční simulací byl na konci 300letého období zaznamenán pokles v průměru o 7,5–23,9 m u simulací spojených s modelem GR4J, resp. o 6,8–21,9 m u simulací s TUW.

Pro S_{70-100}^{300l} a dotaci 42 l/s je na konci prezentovaného období dosaženo v průměru kóty hladiny 150,7 m n. m. (CMIP5 s RCP8.5) až 167,6 m n. m. (CMIP5 s RCP2.6) pro simulace spojené s modelem GR4J. Simulace s TUW dosáhly kóty 149,2 m n. m. (CMIP5 s RCP8.5) až 164,9,4 m n. m. (CMIP5 s RCP2.6). V porovnání s referenční simulací byl na konci 300letého období zaznamenán pokles v průměru o 7,2–24,1 m u simulací spojených s modelem GR4J, resp. o 7,1–22,8 m u simulací s TUW.

Při plnění zbytkové jámy celkovým odtokem z jejího povodí simulovaným na základě řady S_{20-50}^{300l}, resp. S_{70-100}^{300l} a přímou srážkou na hladinu nebylo dosaženo požadované kóty hladiny 180,0 m n. m. Pomocí stanovení přímek trendů byly zjištěny ustálené hladiny v nádrži pro jednotlivé varianty scénářů a modelů. Tyto uvádí Tabulka 66 a Tabulka 67 v příloze D na str. 335 a 336.



Obrázek 63. Plnění zbytkové jámy lomu ČSA na základě $\mathbf{S}_{\mathbf{20-50}}^{\mathbf{300}\boldsymbol{l}}$ (nahoře) a $\mathbf{S}_{\mathbf{70-100}}^{\mathbf{300}\boldsymbol{l}}$ (dole) s HG přítokem 21 l/s, referenční simulace jsou přerušovanou čárou



Obrázek 64. Plnění zbytkové jámy lomu ČSA na základě $\mathbf{S}_{\mathbf{20-50}}^{\mathbf{300}\boldsymbol{l}}$ (nahoře) a $\mathbf{S}_{\mathbf{70-100}}^{\mathbf{300}\boldsymbol{l}}$ (dole) s HG přítokem 42 l/s, referenční simulace jsou přerušovanou čárou

7.3.3.3. Plnění nádrže s dotací vody z vybraných vodních toků

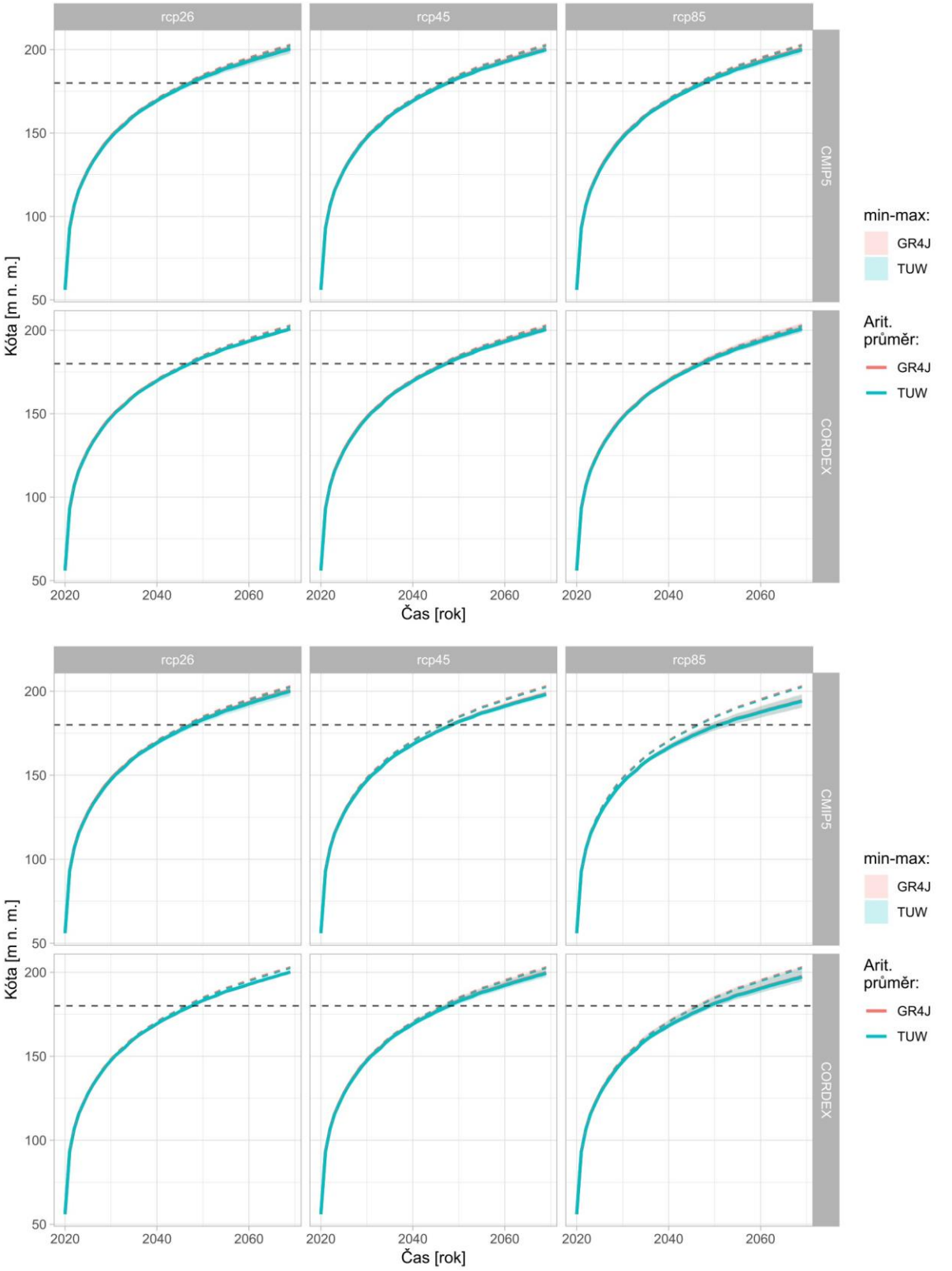
Obrázek 65 až Obrázek 67 ukazují plnění zbytkové jámy lomu ČSA ze simulací na řadách S_{20-50}^{30l} a S_{70-100}^{30l} a dotací z vybraných vodních toků (Bílina 332 l/s, Bílina a krušnohorské potoky 500 l/s a Ohře 1000 l/s). Z použité 300leté řady je prezentováno pouze prvních 30 (Obrázek 66 a Obrázek 67) a 50 let (Obrázek 65).

S navrženými externími dotacemi bylo požadované kóty hladiny 180,0 m n. m. dosaženo cca za 8 (Obrázek 67), 17 (Obrázek 66) a 26 let (Obrázek 65) od začátku plnění nádrže.

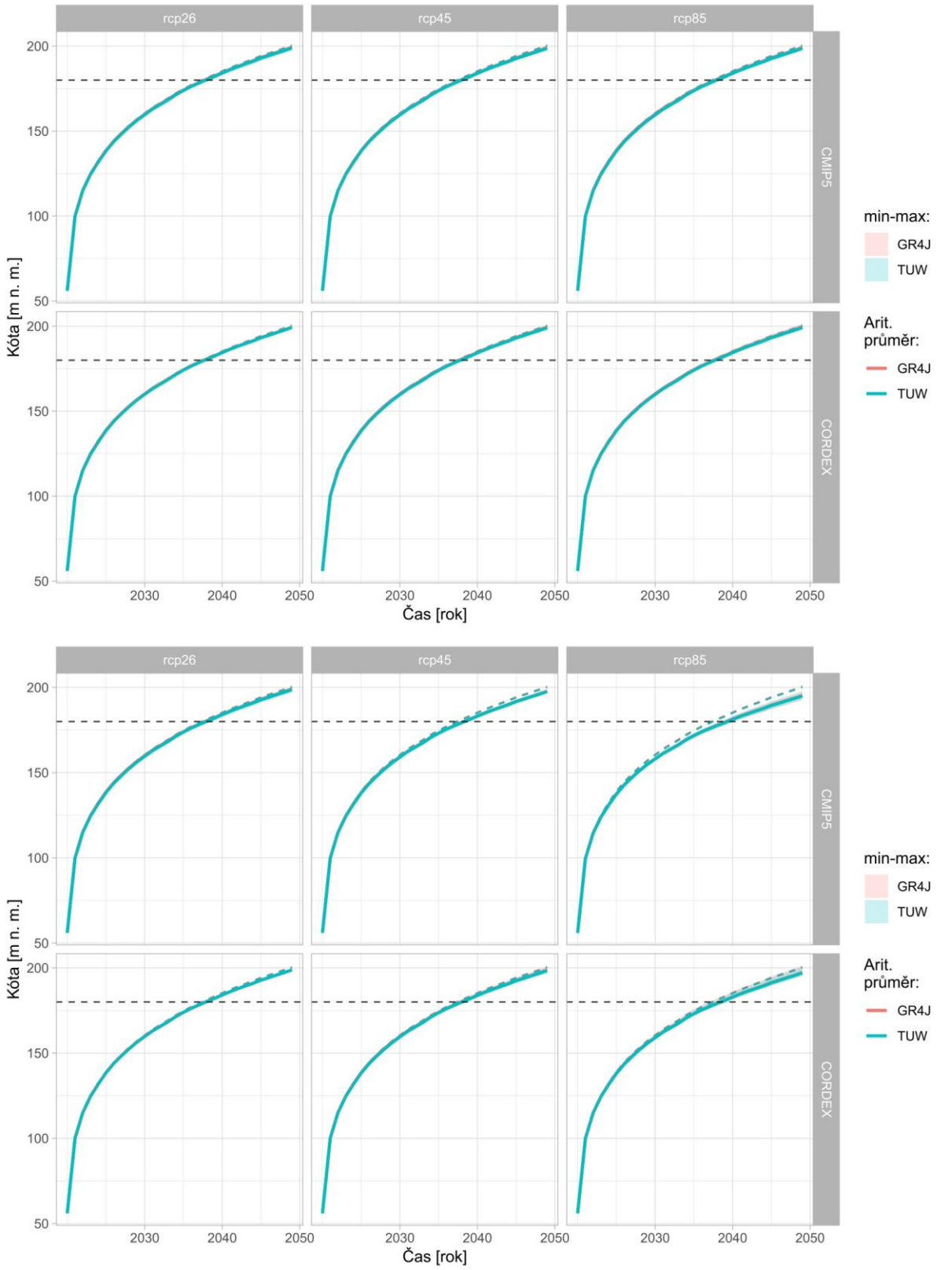
7.3.3.4. Plnění nádrže s hydrogeologickým přítokem a dotací z vybraných vodních toků

Obrázek 68 až Obrázek 73 ukazují plnění zbytkové jámy lomu ČSA ze simulací na řadách S_{20-50}^{30l} a S_{70-100}^{30l} (resp. S_{20-50}^{50l} a S_{70-100}^{50l}) s HG přítokem (odhady 21 l/s a 42 l/s) a s dotací z vybraných vodních toků (Bílina 332 l/s, Bílina a krušnohorské potoky 500 l/s a Ohře 1000 l/s). Z použité 300leté řady je prezentováno pouze prvních 30 (Obrázek 70 až Obrázek 73) a 50 let (Obrázek 68 a Obrázek 69).

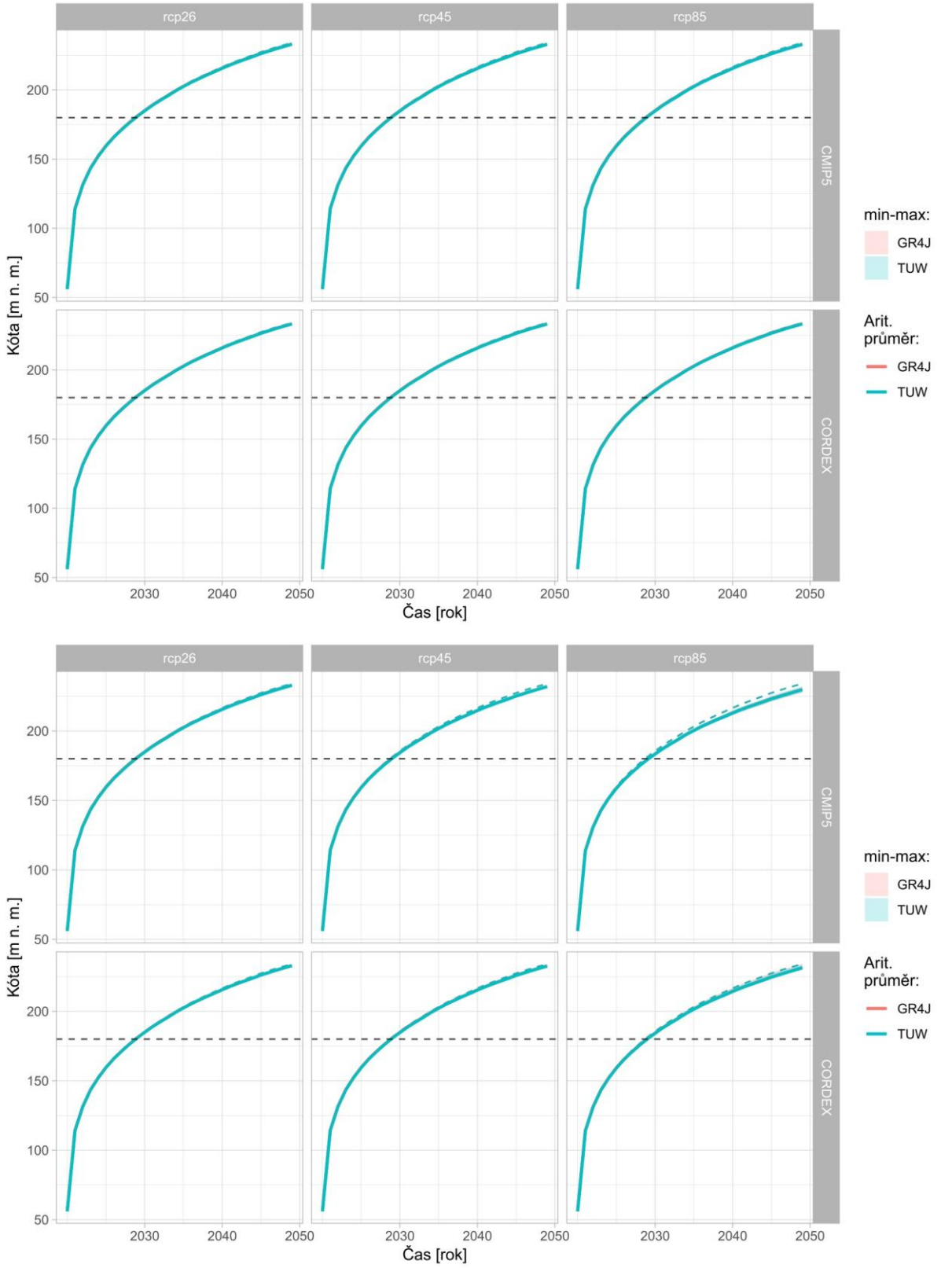
Z obrázků je patrné, že s navrženými kombinacemi dotací bylo požadované kóty hladiny, tj. 180,0 m n. m., dosaženo cca za 8 (Obrázek 72 a Obrázek 73), 17 (Obrázek 70 a Obrázek 71) a 26 let (Obrázek 68 a Obrázek 69) od začátku plnění nádrže.



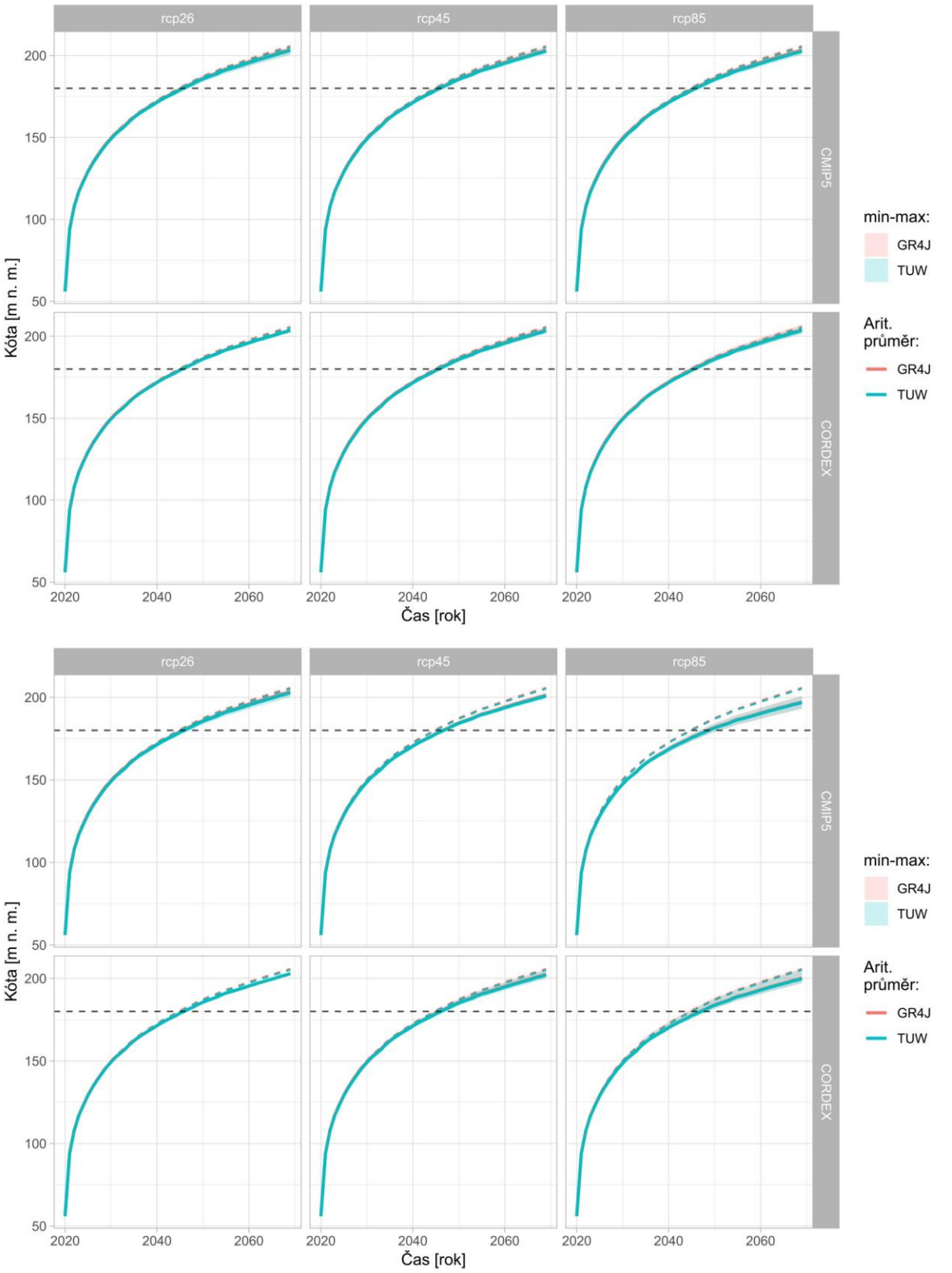
Obrázek 65. Plnění zbytkové jámy lomu ČSA na základě $\mathbf{S}_{\mathbf{20-50}}^{\mathbf{50}\boldsymbol{l}}$ (nahoře) a $\mathbf{S}_{\mathbf{70-100}}^{\mathbf{50}\boldsymbol{l}}$ (dole) s dotací 332 l/s z řeky Bíliny, referenční simulace jsou přerušovanou čárou



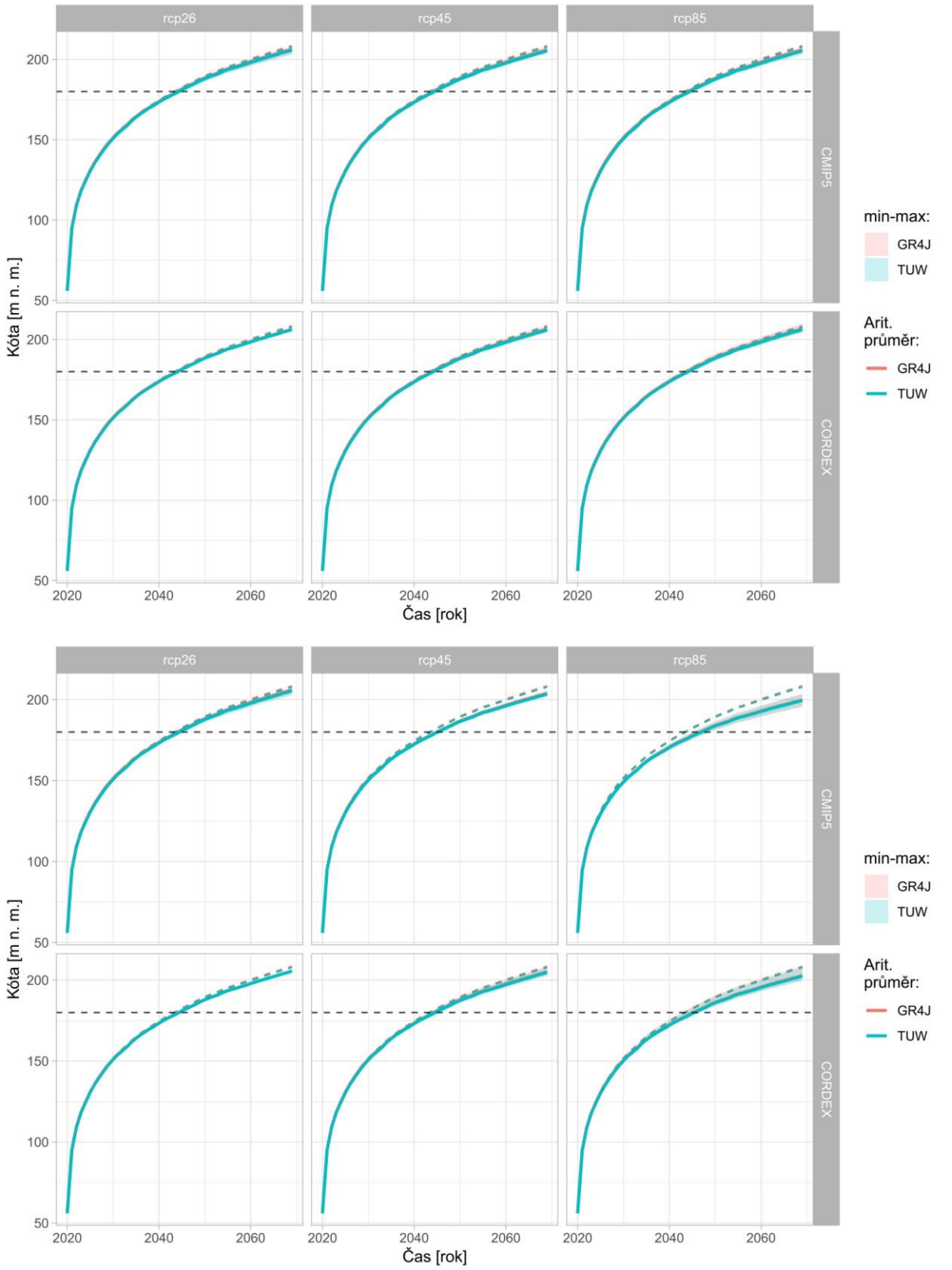
Obrázek 66. Plnění zbytkové jámy lomu ČSA na základě $\mathbf{S}_{\mathbf{20-50}}^{\mathbf{30}l}$ (nahoře) a $\mathbf{S}_{\mathbf{70-100}}^{\mathbf{30}l}$ (dole) s dotacemi 500 l/s z řeky Bíliny a krušnohorských potoků, referenční simulace jsou přerušovanou čárou



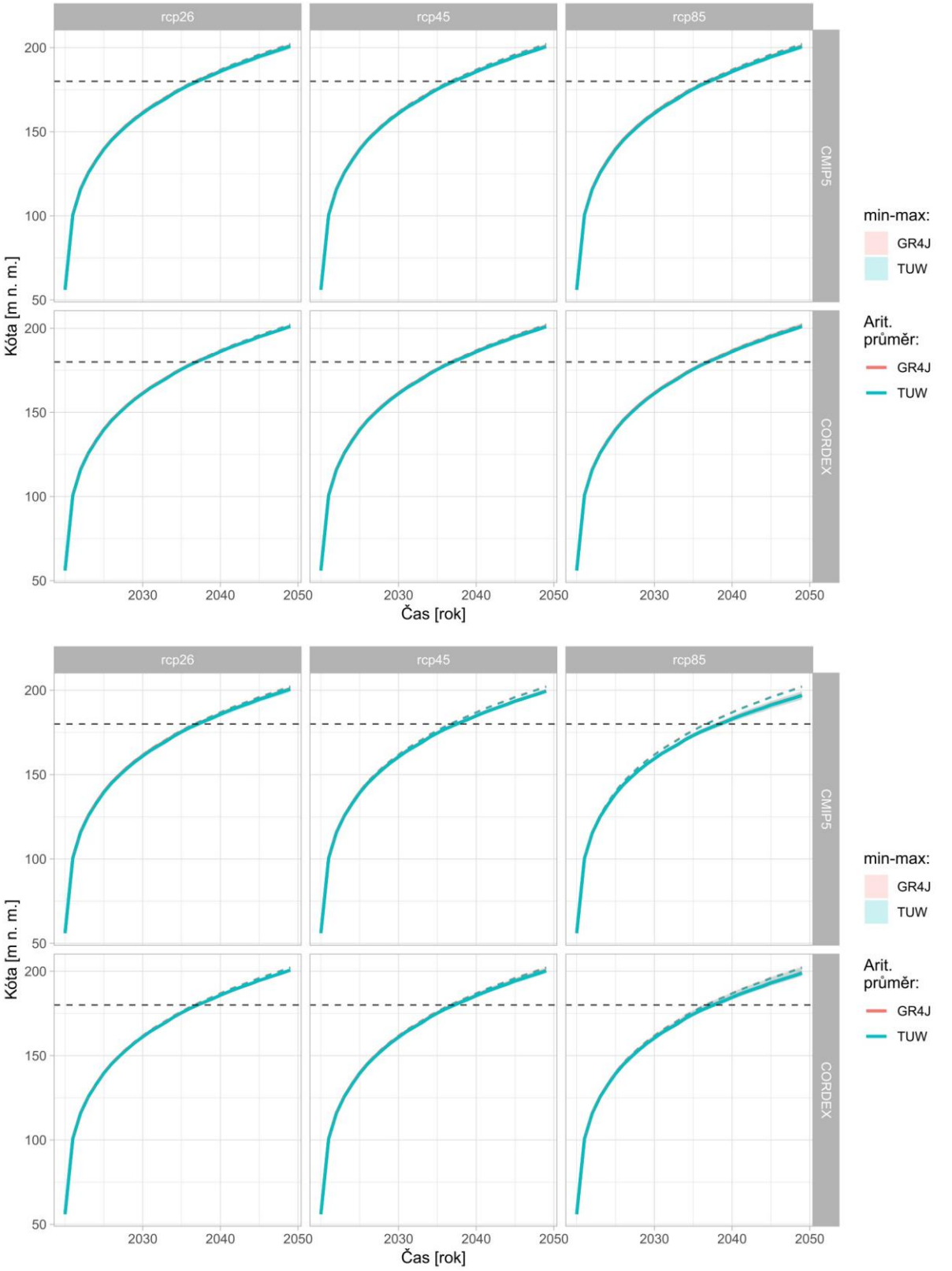
Obrázek 67. Plnění zbytkové jámy lomu ČSA na základě $\mathbf{S}_{\mathbf{20-50}}^{\mathbf{30}\boldsymbol{l}}$ (nahoře) a $\mathbf{S}_{\mathbf{70-100}}^{\mathbf{30}\boldsymbol{l}}$ (dole) s dotací 1000 l/s z řeky Ohře, referenční simulace jsou přerušovanou čárou



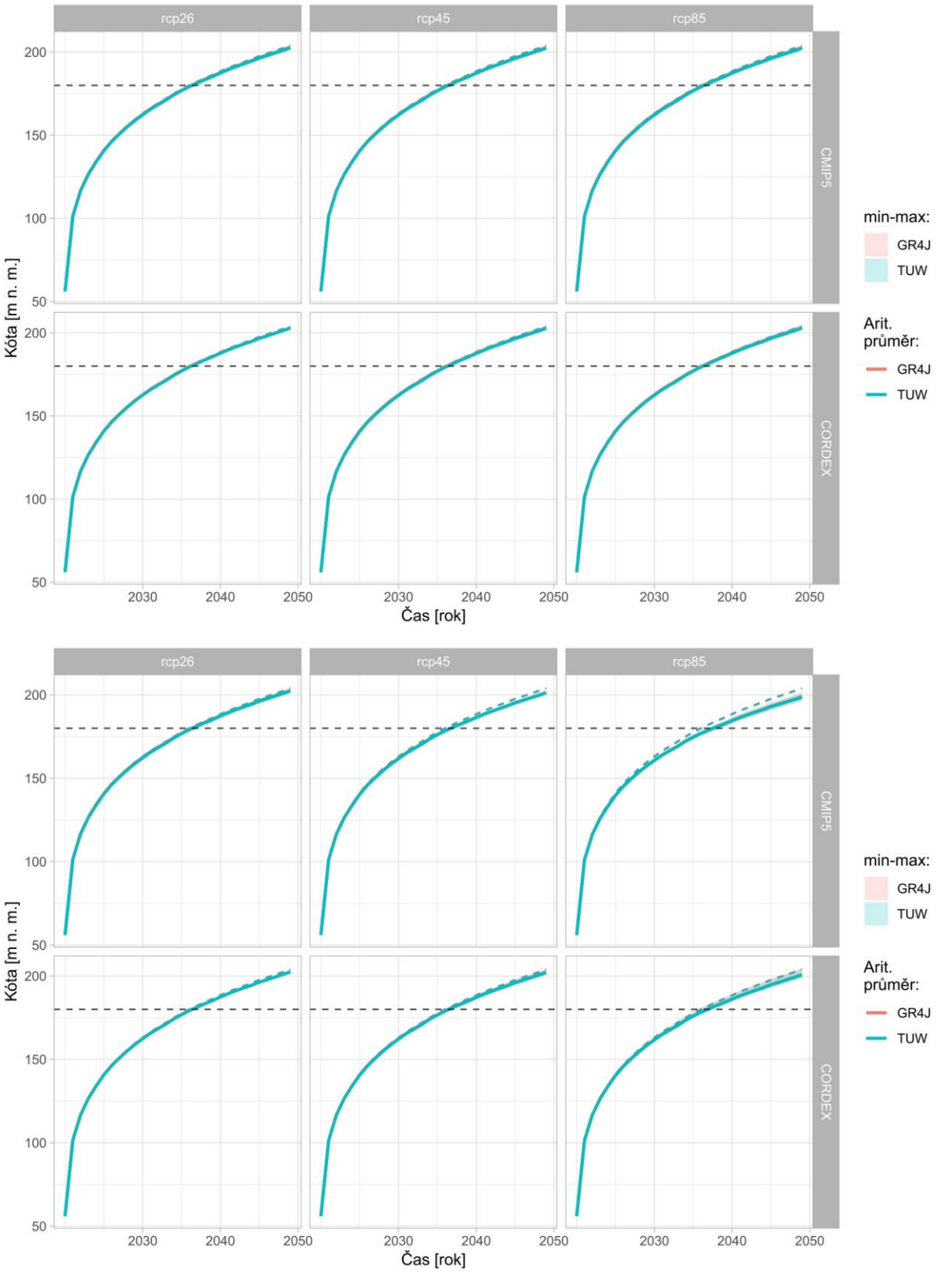
Obrázek 68. Plnění zbytkové jámy lomu ČSA na základě $\mathbf{S}_{\mathbf{20-50}}^{\mathbf{50}\boldsymbol{l}}$ (nahoře) a $\mathbf{S}_{\mathbf{70-100}}^{\mathbf{50}\boldsymbol{l}}$ (dole) s HG přítokem (odhad 21 l/s) a s dotací 332 l/s z řeky Bíliny, referenční simulace jsou přerušovanou čárou



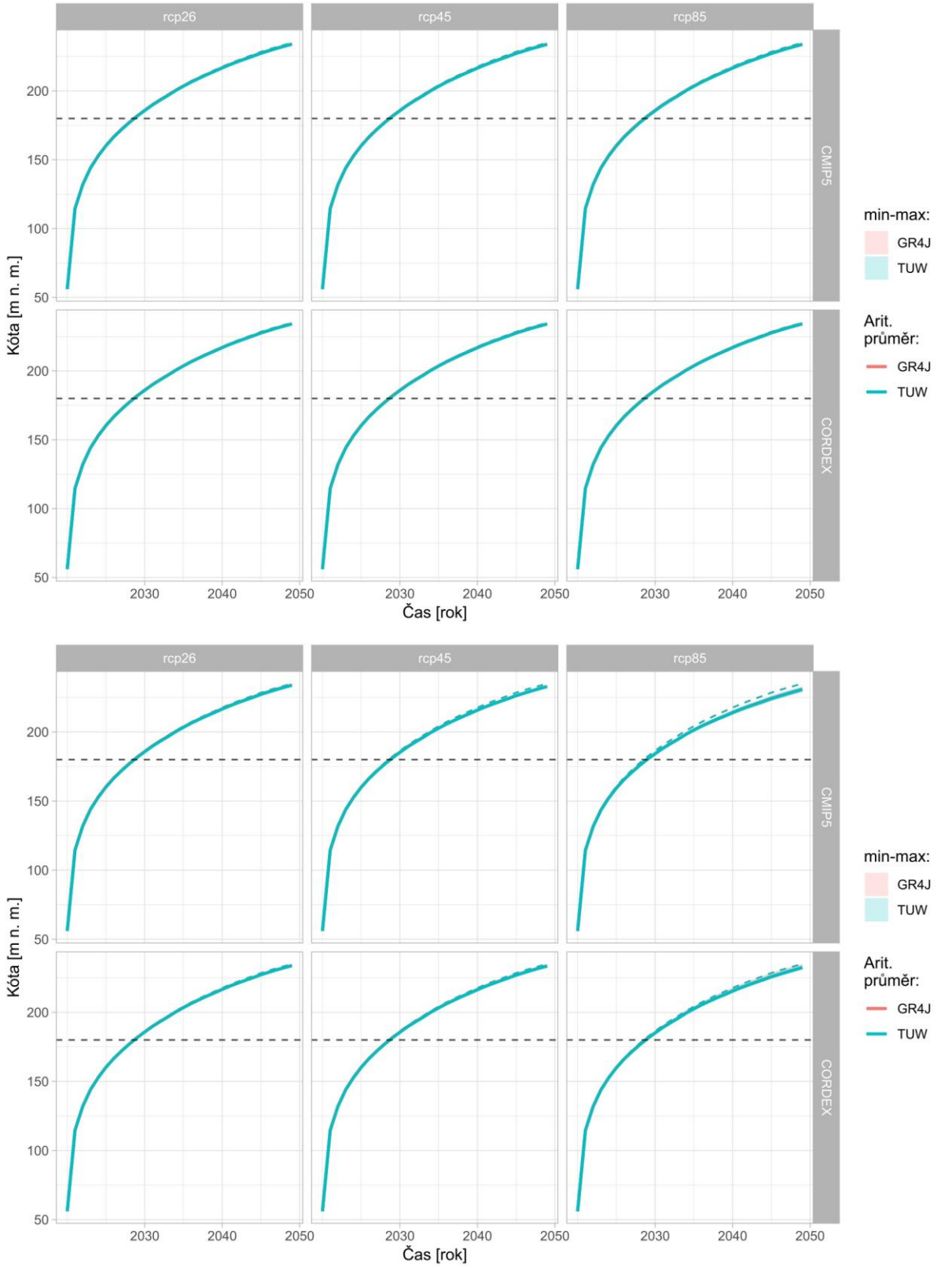
Obrázek 69. Plnění zbytkové jámy lomu ČSA na základě $\mathbf{S}_{\mathbf{20-50}}^{\mathbf{50}\boldsymbol{l}}$ (nahoře) a $\mathbf{S}_{\mathbf{70-100}}^{\mathbf{50}\boldsymbol{l}}$ (dole) s HG přítokem (odhad 42 l/s) a s dotací 332 l/s z řeky Bíliny, referenční simulace jsou přerušovanou čárou



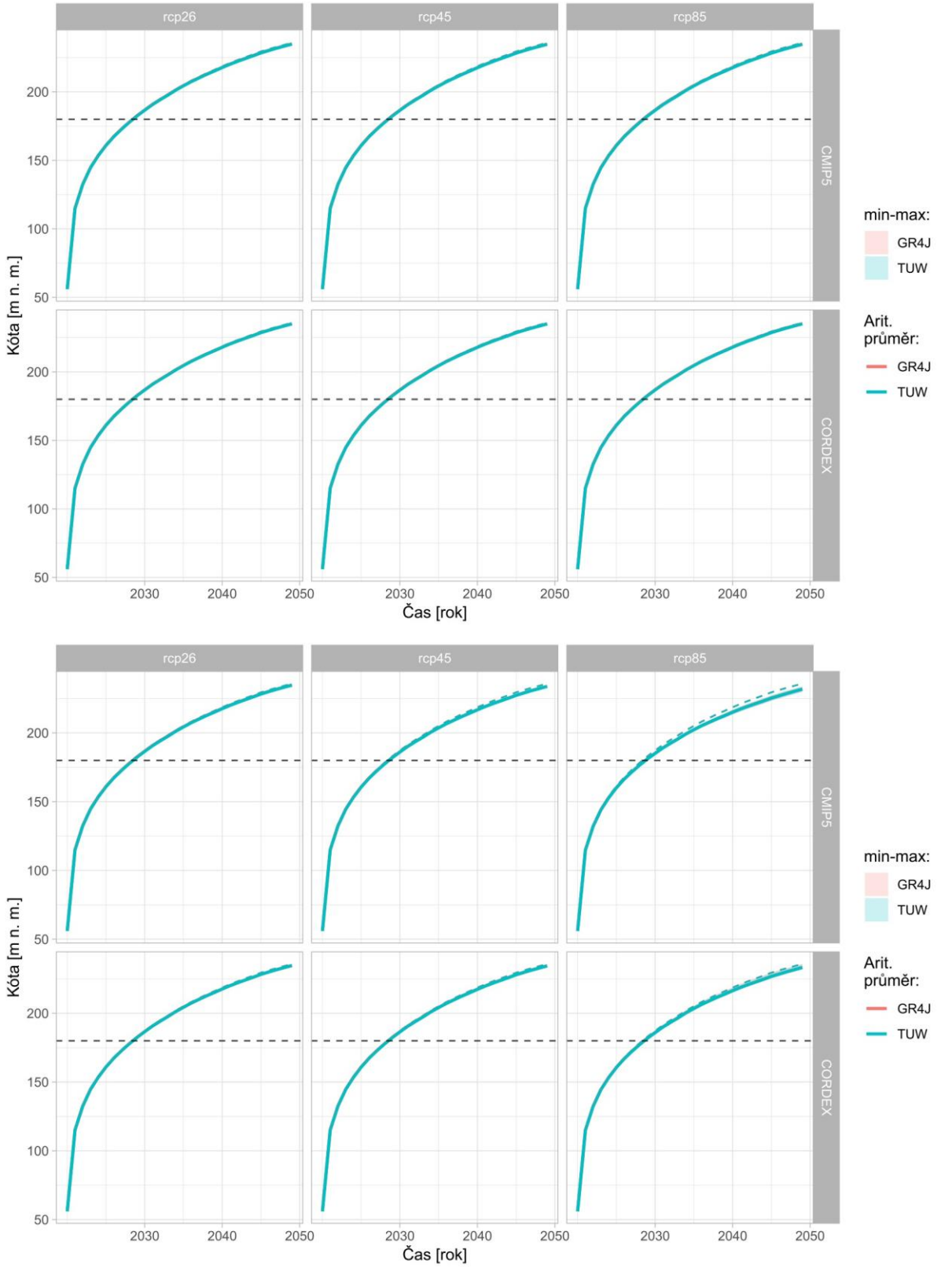
Obrázek 70. Plnění zbytkové jámy lomu ČSA na základě $\mathbf{S}_{\mathbf{20-50}}^{\mathbf{30}l}$ (nahoře) a $\mathbf{S}_{\mathbf{70-100}}^{\mathbf{30}l}$ (dole) s HG přítokem (odhad 21 l/s) a s dotací 500 l/s z řeky Bíliny a krušnohorských potoků, referenční simulace jsou přerušovanou čárou



Obrázek 71. Plnění zbytkové jámy lomu ČSA na základě $\mathbf{S}_{\mathbf{20-50}}^{\mathbf{30}l}$ (nahoře) a $\mathbf{S}_{\mathbf{70-100}}^{\mathbf{30}l}$ (dole) s HG přítokem (odhad 42 l/s) a s dotací 500 l/s z řeky Bíliny a krušnohorských potoků, referenční simulace jsou přerušovanou čárou



Obrázek 72. Plnění zbytkové jámy lomu ČSA na základě $\mathbf{S}_{\mathbf{20-50}}^{\mathbf{30}l}$ (nahoře) a $\mathbf{S}_{\mathbf{70-100}}^{\mathbf{30}l}$ (dole) s HG přítokem (odhad 21 l/s) a s dotací 1 000 l/s z řeky Ohře, referenční simulace jsou přerušovanou čárou



Obrázek 73. Plnění zbytkové jámy lomu ČSA na základě $\mathbf{S}_{\mathbf{20-50}}^{\mathbf{30}l}$ (nahoře) a $\mathbf{S}_{\mathbf{70-100}}^{\mathbf{30}l}$ (dole) s HG přítokem (odhad 42 l/s) a s dotací 1000 l/s z řeky Ohře, referenční simulace jsou přerušovanou čárou

7.3.3.5. Stanovení externí dotace pro udržení hladiny na požadované úrovni

Obrázek 74 a Obrázek 75 ukazují teoretický vývoj nadmořské výšky hladiny zatopené zbytkové jámy lomu ČSA od počátečních kót 180,0 m n. m. a 230,0 m n. m. ze simulací na S_{20-50}^{100l} a S_{70-100}^{100l}. Externí dotace potřebné pro udržení kóty hladiny 180,0 m n. m. byly 67,1 l/s (GR4J), resp. 70,6 l/s (TUW) pro období blízké budoucnosti (Obrázek 74 nahoře) a 82,2 l/s (GR4J), resp. 85,6 l/s (TUW) pro období vzdálené budoucnosti (Obrázek 74 dole). Externí dotace potřebné pro udržení kóty hladiny 230,0 m n. m. byly 225,7 l/s (GR4J i TUW) pro období blízké budoucnosti (Obrázek 75 nahoře) a 254,6 l/s (GR4J i TUW) pro období vzdálené budoucnosti (Obrázek 75 dole).

Hodnoty potřebných dotací byly stanoveny iteračně se zaměřením na scénář RCP4.5 z projektu CMIP5. V simulacích pro blízkou budoucnost pokrývají takto stanovené hodnoty všechny prezentované varianty scénářů. V simulacích pro vzdálenou budoucnost jsou hodnoty externích dotací dostatečné v případě RCP2.6 i RCP4.5 u regionálních i globálních modelů. Nedostatečné jsou hodnoty dotací ve variantě se scénářem RCP8.5.

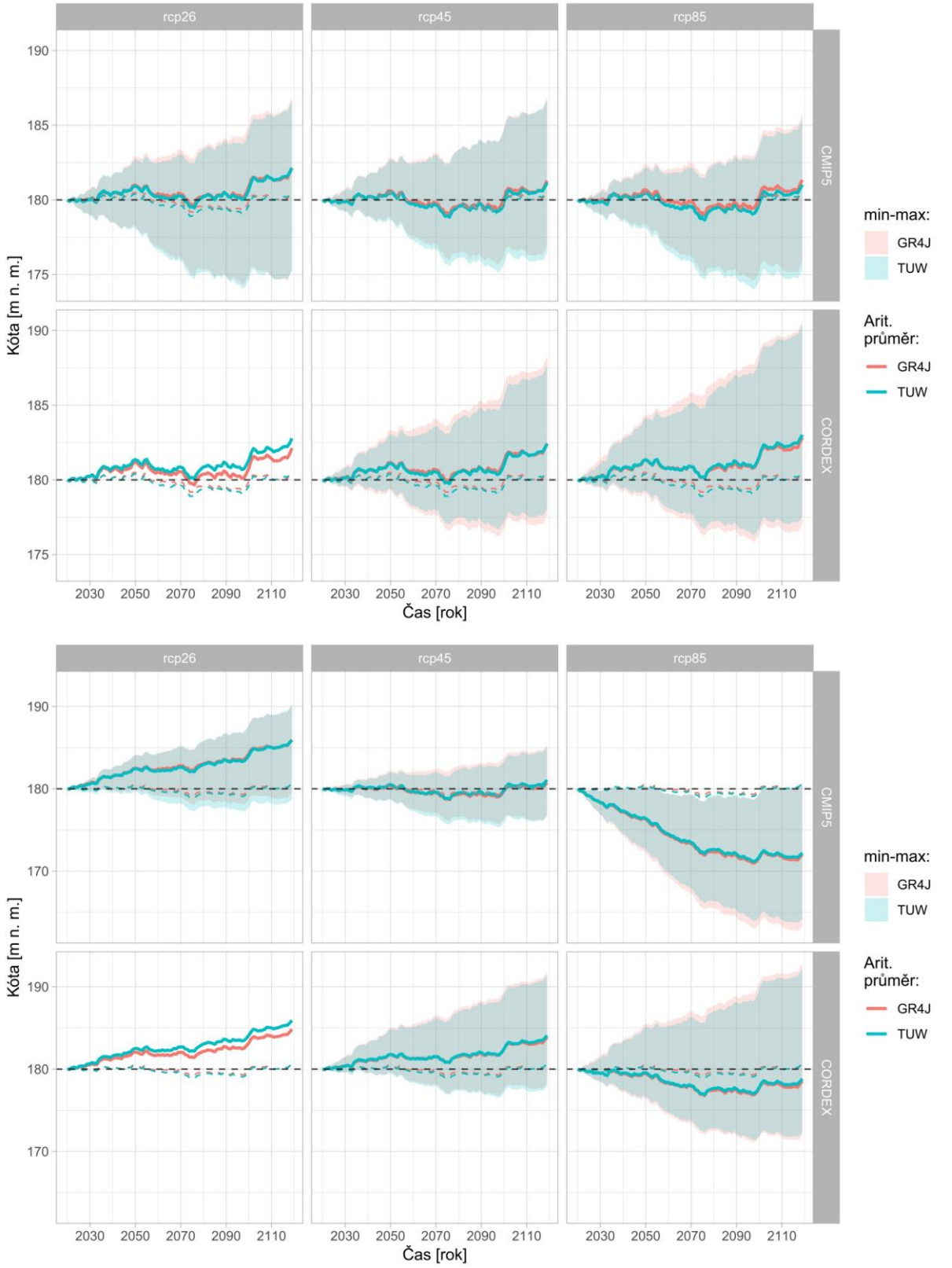
V případě S_{20-50}^{100l} je externí dotace dostatečná pro udržení hladiny 180 m n. m. u simulací globálních modelů se scénáři RCP4.5 a RCP8.5, kdy aritmetický průměr kóty hladiny kolísal v rozmezí 179,0– 181,3 m n. m. (GR4J) a v rozmezí 178,6–181,2 m n. m. (TUW). Simulace u ostatních kombinací scénářů a klimatických modelů jsou v důsledku stanovené externí dotace mírně nadhodnoceny. Aritmetický průměr kóty hladiny na konci prezentovaného období kolísal v rozmezí 182,1–182,8 m n. m. u simulací spojených s modelem GR4J, resp. v rozmezí 182,1–183,0 m n. m. u simulací s modelem TUW.

Pro S_{70-100}^{100l} je externí dotace dostatečná pro udržení hladiny 180 m n. m. u scénáře RCP4.5 z globálního modelu (CMIP5), kdy aritmetický průměr kóty hladiny kolísal v rozmezí 178,7–180,7 m n. m. (GR4J) a v rozmezí 178,8–181,1 m n. m. (TUW). Simulace modelů CMIP5 a CORDEX se scénářem RCP2.6 a CORDEX modelů se scénářem RCP4.5 jsou v důsledku externí dotace nadhodnoceny. Aritmetický průměr kóty hladiny na konci prezentovaného období kolísal v rozmezí 183,9–185,9 m n. m. (GR4J) a v rozmezí 184,1–185,9 m n. m. (TUW). Pro simulace regionálních i globálních modelů se scénářem RCP8.5 je externí dotace nedostatečná. Aritmetický průměr kóty hladiny na konci 100leté řady poklesl v případě RCP8.5 na 172,0–176,8 m n. m. (GR4J) a na 172,2–176,9 m n. m. (TUW).

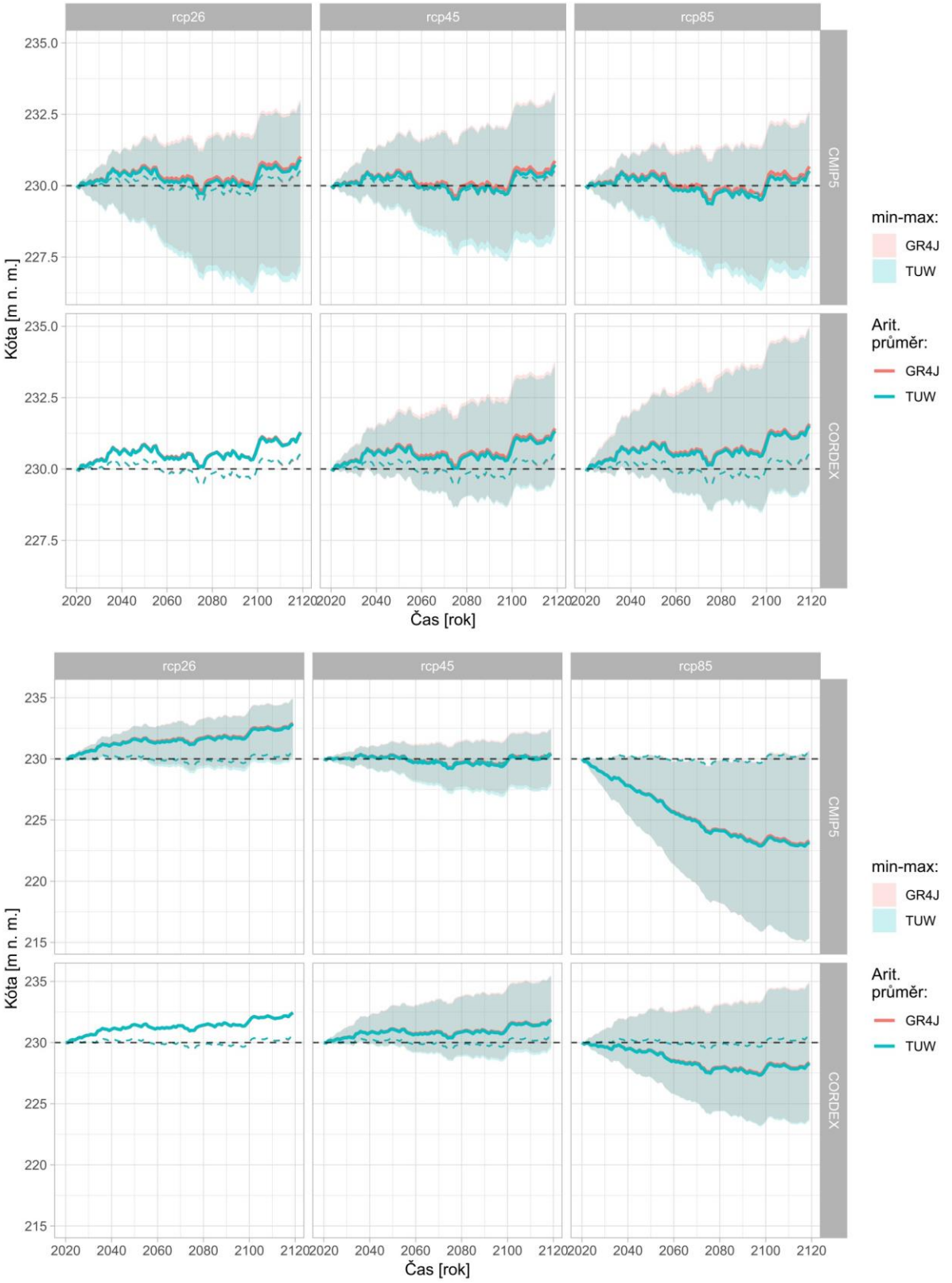
V případě S_{20-50}^{100l} je externí dotace dostatečná pro udržení hladiny 230 m n. m. u simulací globálních modelů se scénáři RCP4.5 a RCP8.5, kdy aritmetický průměr kóty

hladiny kolísal v rozmezí 229,5– 230,9 m n. m. (GR4J) a v rozmezí 229,4–230,7 m n. m. (TUW). Simulace u ostatních kombinací scénářů a klimatických modelů jsou v důsledku stanovené externí dotace mírně nadhodnoceny. Aritmetický průměr kóty hladiny na konci prezentovaného období kolísal v rozmezí 231,0–231,6 m n. m. u simulací spojených s modelem GR4J, resp. v rozmezí 230,9–231,5 m n. m. u simulací s modelem TUW.

Pro S_{70-100}^{100l} je externí dotace dostatečná pro udržení hladiny 230 m n. m. u scénáře RCP4.5 z globálního modelu (CMIP5), kdy aritmetický průměr kóty hladiny kolísal v rozmezí 229,3–230,5 m n. m. (GR4J) a v rozmezí 229,2–230,4 m n. m. (TUW). Simulace modelů CMIP5 a CORDEX se scénářem RCP2.6 a CORDEX modelů se scénářem RCP4.5 jsou v důsledku externí dotace nadhodnoceny. Aritmetický průměr kóty hladiny na konci prezentovaného období kolísal v rozmezí 231,9–232,9 m n. m. (GR4J) a v rozmezí 231,8–232,8 m n. m. (TUW). Pro simulace regionálních i globálních modelů se scénářem RCP8.5 je externí dotace nedostatečná. Aritmetický průměr kóty hladiny na konci 100leté řady poklesl v případě RCP8.5 na 223,3–227,7 m n. m. (GR4J) a na 223,2–227,3 m n. m. (TUW).



Obrázek 74. Vývoj hladiny ve zbytkové jámě lomu ČSA pro $\mathbf{S}_{\mathbf{20-50}}^{\mathbf{100}\boldsymbol{l}}$ s externí dotací 67,1 l/s – GR4J a 70,6 l/s – TUW (nahoře) a pro $\mathbf{S}_{\mathbf{70-100}}^{\mathbf{100}\boldsymbol{l}}$ s externí dotací 82,2 l/s – GR4J a 85,6 l/s – TUW (dole). Výchozí a požadovaná hladina je 180 m n. m. Referenční simulace jsou přerušovanou čárou



Obrázek 75. Vývoj hladiny ve zbytkové jámě lomu ČSA pro $\mathbf{S}_{\mathbf{20-50}}^{\mathbf{100}\boldsymbol{l}}$ s externí dotací 225,7 l/s – GR4J a TUW (nahoře) a pro $\mathbf{S}_{\mathbf{70-100}}^{\mathbf{100}\boldsymbol{l}}$ s externí dotací 254,6 l/s – GR4J a TUW (dole). Výchozí a požadovaná hladina je 230 m n. m. Referenční simulace jsou přerušovanou čárou

7.4. Návrh optimálního způsobu zatápění zbytkové jámy na základě technicko-ekonomického posouzení variantních možností

Cílem této kapitoly je doporučit optimální způsob zatápění zbytkové jámy, a to na základě posouzení základních parametrů zatápění zbytkové jámy lomu ČSA, které jsou navrženy v aktuálně platném souhrnném plánu sanací a rekultivací. Toto řešení je bráno jako výchozí varianta. Předmětem posouzení je prověřit, zda vodohospodářské řešení navrhované ve výchozí variantě je tím nejlepším řešením v kontextu závěrů a zjištění uvedených v předchozích kapitolách. Prověřována není jen vlastní technická proveditelnost jednotlivých opatření, ale rovněž existence jiných, alternativních řešení. V případě identifikace alternativního řešení je takové řešení technicky a ekonomicky vyhodnoceno ve vztahu k původnímu, výchozímu řešení. Prověřovány jsou dva klíčové aspekty vodohospodářského řešení zatápění zbytkové jámy:

- disponibilita zdrojů vody pro zatápění, a to na základě rešerše vstupních podmínek a dále pak předchozích studií zpracovaných v rámci projektu VITA-MIN [4][12],
- cílová hladina jezera ve zbytkové jámě, a to zejména na základě matematického modelování hydrologické bilance provedené v rámci této studie (viz kapitola 7.3).

Základní parametry jezera ve zbytkové jámě lomu ČSA podle aktuálně platného souhrnného plánu sanace a rekultivace [6] uvádí následující tabulka.

Tabulka 15. Základní parametry jezera ve zbytkové jámě lomu ČSA [5]

plocha vodní hladiny	668,43 ha
kóta vodní hladiny	180,0 m n. m.
objem vody v jezeru	270,258 mil. m^3
délka břehové linie	12 934 m
průměrná hloubka	39, 0 m
maximální hloubka	130,0 m
charakter jezera	neprůtočné
odtok vody z jezera	-
způsob napouštění	gravitační voda
hlavní zdroj napouštěcí vody	řeka Bílina

předpokládaný objem napouštěcí vody z hlavního zdroje	0,560 m^3/s
doplňkový zdroj napouštěcí vody	• krušnohorské potoky (Černický+Šramnický, Jiřetínský, Loupnice) • podzemní vody a povrchové přítoky z vlastního povodí
předpokládaný objem napouštěcí vody z doplňkového zdroje	• potoky: 0,268 m^3/s • přítok z povodí: ∅ 0,045 m^3/s
způsob přívodu napouštěcí vody	hlavní napouštěcí koryto z řeky Bíliny a vedlejší napouštěcí koryto z Loupnice
očekávaná doba zatápění	15 let
předpokládaný termín zatápění	2026–2041

7.4.1. Disponibilita zdrojů vody pro zatápění

Z hlediska zdrojů napouštěcí vody uvažuje výchozí varianta s všemi gravitačně dostupnými vodami z okolních vodotečí. S využitím čerpaných vod z Ohře se neuvažuje.

Výchozí varianta počítá s tím, že zbytková jáma bude zatopena povrchovou vodou kombinovaným odběrem z řeky Bíliny a z Loupnice. Přestože disponibilní odběry z vodotečí byly, při zachování minimálních zůstatkových průtoků, vypočteny na 0,560 m^3/s z řeky Bíliny, resp. 0,268 m^3/s z Loupnice, celkem tedy 0,828 m^3/s, uvažovaná výše kombinovaného odběru z obou zdrojů je pouze ve výši 0,500 m^3/s, a to z důvodu zachování dostatečných průtoků nad rámec minimálního zůstatkového průtoku pro odběry ostatních uživatelů. Odebraná voda z vodotečí by do zbytkové jámy byla převedena prostřednictvím dvou napouštěcích otevřených příkopů.

Disponibilita zdrojů vody pro napouštění byla podrobně analyzována v kapitole 7.2.4, a to na základě závěrů předchozí studie [4].

Pro hlavní napouštěcí profil (řeka Bílina) byl disponibilní průtok stanoven ve výši 1,053 m^3/s (dle měřených průtoků) až 0,702 m^3/s (dle ČHMÚ). Tyto disponibilní průtoky počítají se zachováním minimálního zůstatkového průtoku na úrovni Q_{330}, a to ve výši 0,186 m^3/s, resp. 0,130 m^3/s, což v zásadě odpovídá hodnotě minimálnímu průtoku předepsaném v manipulačním řádu (0,150 m^3/s). Obě stanovené hodnoty disponibilních průtoků jsou tedy vyšší, než je hodnota uvažovaná ve výchozí variantě (0,560 m^3/s), což by naznačovalo možnost navýšení odebíraného množství. Nicméně v samotném závěru

studie je provedena dodatečná korekce, která se odvolává na Povodí Ohře, s. p., podle něhož je výše minimálního průtoku, jak vypočtená, tak předepsaná v manipulačním řádu, nedostatečná pro zabezpečení ekologických funkcí toku. Minimální průtok je z tohoto důvodu navýšen na 0,5 m^3/s. Při započtení této nové hodnoty minimálního průtoku pak disponibilní průtok podle ČHMÚ vychází na 0,332 m^3/s. To je naopak méně, než uvažuje výchozí varianta. Bohužel z důvodu absence bližšího vysvětlení či věcného zdůvodnění potřebnosti zachování přibližně trojnásobně vyššího minimálního průtoku nad rámec používaných metodik či manipulačního řádu není možné se k této záležitosti blíže vyjádřit a je potřeba spoléhat na to, že správce povodí je schopen tento požadavek objektivizovat v rámci vodoprávního řízení, v němž se bude odběr povrchové vody povolovat.

Pro vedlejší napouštěcí profil (Loupnice) byl disponibilní průtok stanoven ve výši 0,325 m^3/s (dle měřených průtoků) až 0,382 m^3/s (dle ČHMÚ). Tyto disponibilní průtoky počítají se zachováním minimálního zůstatkového průtoku na úrovni Q_{330}, a to ve výši 0,057 m^3/s, resp. 0,100 m^3/s. Obě stanovené hodnoty disponibilních průtoků jsou tedy vyšší, než je hodnota uvažovaná ve výchozí variantě (0,268 m^3/s), což by naznačovalo možnost navýšení odebíraného množství. V závěru studie je však opět provedena dodatečná korekce. Ta se odvolává na potřebu zabezpečit odběr povrchové vody z Loupnice pro Unipetrol RPA. Ten odebírá takové množství povrchové vody, které převyšuje disponibilitu samotného toku Loupnice, čímže se Loupnice stává nepoužitelným zdrojem jakýkoli další odběr, vč. zatápění lomu ČSA. Díky možnosti nadlepšovat disponibilitu Loupnice z řeky Bíliny lze vyvodit, že na celkovém odběru Unipetrolu RPA se tok Loupnice podílí jen z určité části. Bez bližších údajů však nelze vyhodnotit, jak velký podíl Loupnice představuje, tj. zda jsou průtoky v Loupnici využívány v maximální možné míře, nebo zde zůstává určitý disponibilní objem vody. Důležitá je skutečnost, že dodávka povrchové vody pro Unipetrol RPA je zabezpečována kombinováním vícero zdrojů, což umožňuje nedostatečnou kapacitu jednoho zdroje (např. Loupnice) kompenzovat posílením jiného zdroje (např. PVN). Rozhodujícím faktorem se pak pravděpodobně stává cena za zajištění dodávky vody, která bude odlišná pro jednotlivé zdroje povrchové vody.

Výchozí varianta uvažuje s průměrným odběrem 0,500 m^3/s (řeka Bílina + Loupnice). Přijmeme-li výše uvedené závěry, disponibilní odběr pak vychází asi o jednu třetinu nižší, a to 0,332 m^3/s (pouze řeka Bílina). Po kvalitativní stránce je voda bez problému použitelná pro zatápění.

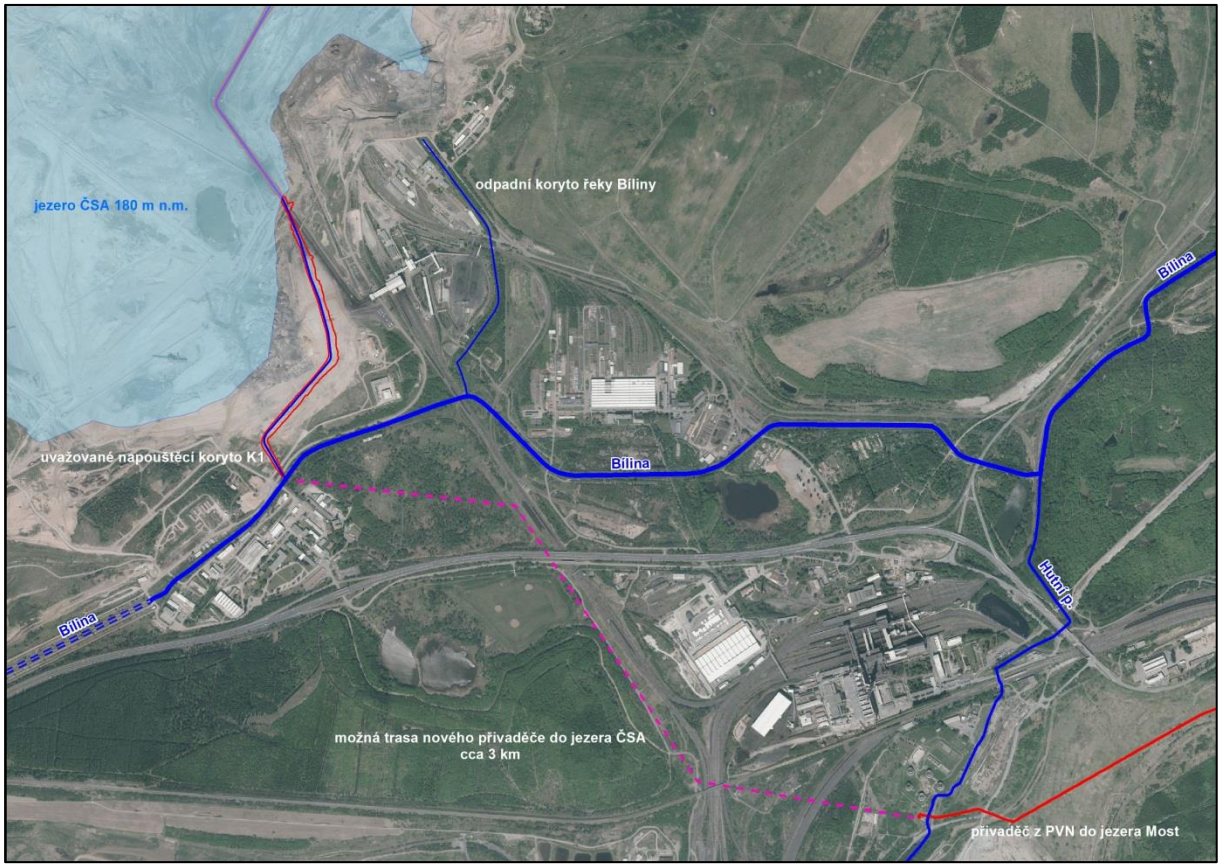
Zatímco výchozí varianta uvažovala s hydrogeologickým přítokem (z kvartéru) ve výši 10 l/s, hydrogeologické studie naznačují, že přítok může být vyšší, dokonce až 42 l/s, což je údaj vypočtený při porovnávání simulovaných přítoků vod s údaji o čerpaných vodách. Z hlediska bilance budoucího jezera je pozitivní, že hydrogeologický přítok by měl být trvalým fenoménem a jeho výše by se mohla v důsledku ustalování hydrogeologického režimu spodních vod případně i zvyšovat.

V rámci simulací zatápění zbytkové jámy celkovým odtokem z jejího povodí, přímou srážkou na hladinu a dotací 332 l/s z řeky Bíliny bylo dosaženo požadované kóty hladiny 180,0 m n. m. za 27 let od začátku napouštění, při započtení hydrogeologického přítoku 42 l/s pak za 24 let. To je významně déle, než předpokládá výchozí varianta. Pokud by se uvažovalo s původní dotací vody 500 l/s (bez specifikace zdroje), pak by se požadované kóty dosáhlo za 18 let, resp. za 16 let při započtení hydrogeologického přítoku 42 l/s. To potvrzuje dobu zatápění uvedenou ve výchozí variantě. Pro úplnost byla provedena simulace zatápění s dotací ve výši 1 000 l/s (např. čerpání vody z PVN). Doba zatápění by se v tomto případě zkrátila na 9 let.

Z hlediska délky zatápění je možné konstatovat, že stanovený disponibilní odběr z řeky Bíliny v kombinaci s hydrogeologickým přítokem umožňují jezero napustit nejdříve za 24 let. Takto dlouhá doba může být problematická z provozně-ekonomických důvodů, neboť těžební společnost bude muset zajistit veškeré provozní činnosti po celou dobu zatápění jezera. Pokud by se uvažovalo se zatápěním na úroveň 180 m n. m., doporučuje se posílit odběr vody na minimálně 500 l/s, čímž by se doba zatápění zkrátila na provozně přijatelných 16 let. Pokud by se však zatápělo na nižší úroveň (viz další kapitola), doba zatápění by se výrazně zkrátila.

Alternativně k výchozí variantě je možno z hlediska zdrojů vody pro zatápění uvažovat s **čerpanou vodou z Ohře**, a to prostřednictvím PVN. Po technické stránce by se pro přívod vody do zbytkové jámy musel vybudovat přivaděč vody, obdobně jako pro napouštění jezera Most. Napojení na PVN by bylo v místě, kde se napojuje přivaděč do jezera Most a odtud by trasa nového přivaděče směřovala západním až severozápadním směrem k areálu závodu ČSA. Zde je situován hlavní odběrný profil na řece Bílině, odkud je do zbytkové jámy vedeno otevřené napouštěcí koryto. Přivaděč by bylo možné do napouštěcího koryta zaústit. Možnou trasu nového přivaděče schematicky znázorňuje Obrázek 76. Délka přivaděče je přibližně 3 km. Náklady na jeho výstavbu by se pohybovaly kolem 100 mil. Kč. Odběr čerpané vody z PVN by byl však zpoplatněný. Výše nákladů na

„nákup vody“ by se odvíjel od dohodnuté výše odběru. Pokud by se pouze dorovnával odběr z řeky Bíliny (332 l/s) na přepokládaný odběr ve výchozí variantě (500 l/s), pak by roční odebrané množství vody činilo asi 5,3 mil. m^3 vody. Při ceně vody 3,34 Kč/m^3 (cena pro rok 2019 a za stávajících legislativních podmínek) a délce zatápění 16 let by se celkově jednalo o náklady ve výši 283,232 mil. Kč. V případě zatápění na nižší úroveň hladiny jezera by se náklady adekvátně snížily.



Obrázek 76. Možná trasa přivaděče z PVN do jezera ČSA

7.4.2. Cílová hladina jezera ve zbytkové jámě

Výchozí varianta navrhuje jezero s provozní hladinou na **úrovni 180,0 m n. m.** Podle propočtů provedených v plánu rekultivace by se na této kótě měla ustálit hladina jezera.

V rámci matematického modelování hydrologické bilance bylo zjištěno, že při plnění zbytkové jámy celkovým odtokem z jejího povodí a přímou srážkou na hladinu není možné za stávajících klimatických podmínek dosáhnout navrhované kóty hladiny 180,0 m n. m. Hladina by se ustálila na nižší kótě, a to v průměru na kótě 152,3 m n. m. pro model GR4J a 149,2 m n. m. pro model TUW. Ustálené hladiny bylo dosaženo za více než 300 let od začátku napouštění zbytkové jámy. V případě zatopení zbytkové jámy na kótu

180 m n m. by jezero bylo udržitelné jen externí dotací vodou. Průměrné externí dotace nutné k udržení požadované hladiny na kótě 180,0 m n. m. byly spočítány na 46,9 l/s (model GR4J) a 51,5 l/s (model TUW).

Jelikož při porovnávání simulovaného přítoku do prostoru lomové jámy s objemy čerpaných vod z jámy byl potvrzen hydrogeologický přítok prognózovaný hydrogeologickými studiemi, byly dále provedeny i simulace kalkulující s tímto přítokem. Simulace byly provedeny ve dvou variantách HG přítoku – 42 l/s a 21 l/s. Pro variantu s HG přítokem 21 l/s by ustálené hladiny bylo dosaženo za více než 300 let od začátku napouštění zbytkové jámy v průměru na kótě 166,1 m n. m. pro model GR4J a 162,9 m n. m. pro model TUW. Pro variantu s HG přítokem 42 l/s by ustálené hladiny bylo dosaženo za více než 300 let od začátku napouštění zbytkové jámy v průměru na kótě 177,2 m n. m. pro model GR4J a 174,6 m n. m. pro model TUW.

V případě simulací zohledňující scénáře klimatické změny vychází ustálená hladina v jezeře na úrovni 142,6 až 147,5 m n. m. (blízká budoucnost), resp. 126,5 až 146,2 m n. m. (vzdálená budoucnost), a to v závislosti na použitém modelu a scénáři nárůstu koncentrace skleníkových plynů. Naopak, pokud by se jezero napustilo na kótu 180 m n. m., pak by průměrné externí dotace nutné k udržení požadované hladiny 180,0 m n. m. v rámci klimatické změny na úrovni blízké budoucnosti pro RCP4.5 a globální modely CMIP5 byly 67,1 l/s (GR4J) a 70,6 l/s (TUW). Průměrné externí dotace by byly dostačující až nadhodnocené pro všechny scénáře regionálních i globálních klimatických modelů. Průměrné externí dotace nutné k udržení požadované hladiny 180,0 m n. m. v rámci klimatické změny na úrovni vzdálené budoucnosti pro RCP4.5 a globální modely CMIP5 byly 82,2 l/s (GR4J) a 85,6 l/s (TUW). Průměrné externí dotace by byly dostačující až nadhodnocené pro scénáře RCP2.6 a RCP4.5 regionálních i globálních klimatických modelů, ale pro scénář RCP8.5 pro oba typy klimatických modelů by byly nedostatečné.

Pro variantu simulací zohledňující scénáře klimatické změny kalkulující navíc s HG přítokem 21 l/s vychází ustálená hladina na úrovni 154,6 až 159,5 m n. m. (blízká budoucnost), resp. 140,8 až 157,7 m n. m. (vzdálená budoucnost). A konečně pro variantu s HG přítokem 42 l/s vychází ustálená hladina na úrovni 166,4 až 170,8 m n. m. (blízká budoucnost), resp. 150,7 až 169,0 m n. m. (vzdálená budoucnost).

Na základě výsledků matematických simulací lze konstatovat, že z hlediska cílové úrovně hladiny jezera ve zbytkové jámě je výchozí varianta realizovatelná

jen za předpokladu, že do jezera bude zajištěn externí přítok ve výši 46,9 l/s až 51,5 l/s za stávajících klimatických podmínek. V případě naplnění klimatických scénářů by se však potřeba externího přítoku mohla zvýšit na 67,1 l/s až 85,6 l/s. Převážnou část externího přítoku by měl zajistit trvalý hydrogeologický přítok podzemních vod z kvartéru, jehož odhady se pohybují až na úrovni 42 l/s. Z hlediska disponibilních zdrojů povrchové vody v okolí budoucího jezera by chybějící část externí dotace na úrovni několika desítek sekundových litrů měla být zajištěna naprosto bez problému.

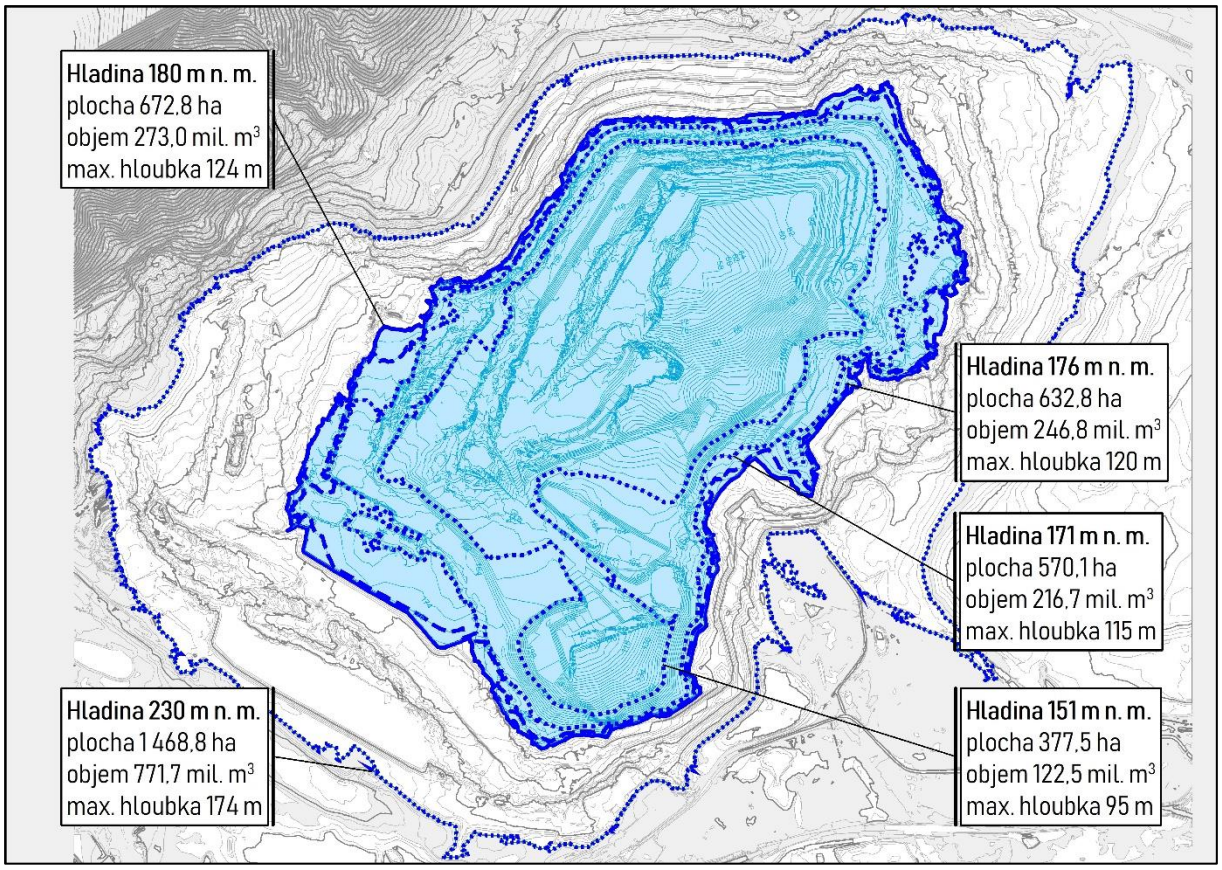
Alternativně k výchozí variantě je možno z hlediska cílové hladiny jezera uvažovat s variantou jezera s gravitačním odtokem, kdy by jezero muselo být napuštěno minimálně na **úroveň 230 m n. m.** V tomto případě se tedy nejedná o ustálenou hladinu, ale o hladinu cíleně vystavenou na minimální úroveň gravitačního odtoku. Vystavení hladiny jezera nad úroveň ustálené hladiny se obecně nedoporučuje, neboť na budoucího provozovatele jezera přenáší zátěž spojenou s trvalým zajištěním doplňování vody. Takové řešení je možné akceptovat pouze tehdy, pokud bude jasně definován a zdůvodněn účel, jakému by vystavená hladina měla sloužit. Může se jednat o vodohospodářský, energetický, revitalizační či jiný účel, který již ale tvoří nadstavbu nad základní účelem, kterým je zákonná sanace a rekultivace zbytkové jámy.

Zatopení zbytkové jámy lomu ČSA na kótu 230 m n. m. by v porovnání s výchozí variantou znamenalo vytvoření jezera s více než dvojnásobnou rozlohou a téměř trojnásobným objemem. Simulace zatápění na tuto kótu nebyla prováděna, ale z objemu jezera lze odvodit, že zatopení jezera v provozně akceptovatelné době (cca 15 let) by si vyžádalo mnohem větší odběr vody, než uvažuje výchozí varianta, který by tím pádem musel být z převážné části vytvářen čerpanou vodou z Ohře. Z kapacitního hlediska by to nebyl problém, neboť z PVN by bylo možné odebírat až 1 200 l/s. Nicméně významným způsobem by se zatápění promítlo do nákladové části. Velice hrubě lze náklady na nákup vody odhadnout na 1,6 až 1,9 mld. Kč. Dalším významným aspektem, který je potřeba zvážit, je potřeba externí dotace pro udržení hladiny jezera na této úrovni. V rámci matematického modelování hydrologické bilance bylo zjištěno, že za stávajících klimatických podmínek by průměrné externí dotace nutné k udržení požadované hladiny na kótě 230,0 m n. m. byly 181,7 l/s (GR4J) a 184,0 l/s (TUW). V případě simulací zohledňující scénáře klimatické změny by průměrné externí dotace nutné k udržení požadované hladiny 230,0 m n. m. na úrovni blízké budoucnosti pro RCP4.5 a globální

modely CMIP5 byly 225,7 l/s pro oba modely. Průměrné externí dotace by byly dostačující až nadhodnocené pro všechny scénáře regionálních i globálních klimatických modelů. Průměrné externí dotace nutné k udržení požadované hladiny 230,0 m n. m. v rámci klimatické změny na úrovni vzdálené budoucnosti pro RCP4.5 a globální modely CMIP5 by byly 254,6 l/s pro oba modely. Průměrné externí dotace by byly dostačující až nadhodnocené pro scénáře RCP2.6 a RCP4.5 regionálních i globálních klimatických modelů, ale pro scénář RCP8.5 pro oba typy klimatických modelů byly nedostatečné.

Na základě výsledků matematických simulací lze konstatovat, že varianta jezera s hladinou na úrovni 230 m n. m. vyžaduje externí přítok ve výši 181,7 l/s až 184,0 l/s za stávajících klimatických podmínek, avšak v případě naplnění klimatických scénářů by se potřeba externího přítoku zvýšila na 225,7 l/s až 254,6 l/s. Potřeba externího přítoku se v tomto případě blíží disponibilnímu průtoku v řece Bílině. To by znamenalo, že řeky Bílina by musela být prakticky trvale zaústěna do jezera ČSA s výjimkou požadovaného minimálního zůstatkového průtoku. Není navíc jisté, zda by byl zachován hydrogeologický přítok, neboť některé současné vývěry podzemních vod by byly zatopeny a na dotaci by se již nemusely podílet.

Obrázek 77 rekapituluje v grafické podobě možné scénáře ustálené hladiny v jezeře ČSA ve srovnání s výchozí variantou dle plánu rekultivace. Pro stávající klimatické podmínky a uvažovaný HG přítok je vynesena hladina na úrovni 176 m n. m. Pro simulace založené na klimatických scénářích a uvažovaném HG přítoku jsou vyneseny maximální (171 m n. m.) a minimální (151 m n. m.), které představují rozpětí všech použitých modelů a scénářů klimatické změny. Navíc je v obrázku pro přehlednost vynesena i hladina vystavená na 230 m n. m. Pro každou zobrazenou hladinu jsou uvedeny základní parametry – plocha hladiny, objem zadržené vody a maximální hloubka.



Obrázek 77. Scénáře ustálené hladiny jezera ČSA ve srovnání s výchozí variantou

7.5. Závěrečné shrnutí a doporučení optimalizace stávajících koncepcí

Rozvoj povrchové těžby hnědého uhlí na lomu ČSA si vyžádal rozsáhlá vodohospodářská opatření. Kromě přeložek vodních toků pro ochranu lomu před povrchovými vodami si postup lomu do prostoru bývalé nádrže Dřínov vynutil realizaci dalších staveb souhrnně označovaných jako náhradní opatření za nádrž Dřínov. Přestože odtokové poměry zájmového území byly těmito opatřeními i vlastní povrchovou těžbou změněny, budoucí zbytková jáma lomu ČSA zůstane obklopena vodními toky, které mohou být využity k obnově vodního režimu krajiny tak, jako tomu bylo před rozvojem povrchové těžby uhlí, kdy místní vodní toky protékaly přes Dřínovskou nádrž, či historicky přes Komořanské jezero. Těžba uhlí na úpatí Krušných hor přináší celou řadu výzev v důsledku složitých geologických a hydrogeologických podmínek. Z hydrogeologického hlediska dochází k tomu, že zbytková jáma lomu situovaná bezprostředně pod úpatí hor drénuje přítoky podzemních vod z okolních hydrogeologických kolektorů. Mezi nejrozsáhlejší kolektory patří kvartérní sedimenty, jejichž hydrogeologické povodí navíc značně převyšuje orografické povodí jámy lomu. Jsou proto hlavním zdrojem trvalého přítoku podzemních vod do současné jámy. Jednosezónním měřením vývěrů vod v jámě lomu byly přítoky odhadnuty na 15 až 25 l/s. Porovnáním čerpaných vod se simulovaným přítokem srážkových vod do jámy lomu za posledních 7 let byl

hydrogeologický přítok stanoven na 42 l/s. Podle hydrogeologických prognóz bude tento přítok podzemních vod zachován i po ukončení těžby.

Po ukončení těžby se podle souhrnného plánu sanace a rekultivace lomu ČSA počítá se zatopením zbytkové jámy na kótu 180,0 m n. m., což by měla být úroveň, na které by se měla přirozeně ustálit vodní hladina. Vzniklé jezero by přibližně mělo mít rozlohu 670 ha a objem vody 270 mil. m^3. Voda pro zatápění v množství 0,5 m^3/s by měla být gravitačně odebírána z okolních povrchových toků. Pro odběr vody se uvažuje s hlavním odběrným profilem na řece Bílině a s vedlejším profilem na Loupnici, která tak zahrnuje i vody krušnohorských potoků (Šramnický, Černický, Albrechtický, Jiřetínský).

Simulace plnění zbytkové jámy lomu ČSA celkovým odtokem z povodí jámy a přímou srážkou na hladinu na 300leté řadě prokázala, že požadované kóty 180,0 m n. m. není možné dosáhnout z vlastních zdrojů v rámci orografického povodí. Bylo zjištěno, že ustálené hladiny ve zbytkové jámě by bylo dosaženo v průměru na kótě **152,3 m n. m.** (model GR4J), resp. **149,2 m n. m.** (model TUW) za více než 300 let od začátku napouštění zbytkové jámy. Nicméně při zohlednění dotace ve formě hydrogeologického přítoku do jámy ve výši 42 l/s by ustálené hladiny bylo dosaženo v průměru na kótě **177,2 m n. m.** (model GR4J), resp. **174,6 m n. m.** (model TUW), což už se velice blíží uvažované úrovni.

Pokud by se jezero napouštělo s externí dotací vody v plánované výši 0,5 m^3/s, pak by uvažované kóty hladiny 180,0 m n. m. bylo dosaženo za cca **16 let** od začátku plnění. Disponibilní průtok v řece Bílině je však pouze ve výši 0,332 m^3/s a v Loupnici je nulový. Zatápění tímto sníženým odběrem by délku prodloužilo na 24 let, což může představovat určité provozně-ekonomické komplikace. Disponibilní odběr vody z řeky Bíliny by bylo proto vhodné doplnit na uvažovanou výši odběru jiným zdrojem vody. Jedinou možností je čerpaná voda z řeky Ohře prostřednictvím PVN. To by si vyžádalo dodatečné náklady na vybudování přivaděče (cca 100 mil. Kč) a zároveň na nákup vody (cca 283 mil. Kč), neboť čerpaná voda by byla již zpoplatněná podle vodního zákona ve výši nákladů vynaložených správcem povodí na její čerpání.

Při simulaci plnění zbytkové jámy lomu ČSA celkovým odtokem z orografického povodí a přímou srážkou na hladinu založené na klimatických scénářích se hladina jezera ustálila na úrovni **142,6 až 147,5 m n. m.** (blízká budoucnost), resp. **126,5 až 146,2 m n. m.** (vzdálená budoucnost), a to v závislosti na použitém modelu a scénáři nárůstu koncentrace skleníkových plynů. Průměrná externí dotace nutná k udržení požadované hladiny na kótě 180,0 m n. m. v rámci klimatické změny pak vychází na **67,1 až 70,6 l/s** pro blízkou budoucnost, resp. na **82,2 až 85,6 l/s** pro vzdálenou

budoucnost. Předpokládaný hydrogeologický přítok ve výši 42 l/s by tuto externí dotaci mohl až z poloviny vykrýt. S HG přítokem 42 l/s by se hladina ustálila na úrovni **166,4 až 170,8 m n. m.** (blízká budoucnost), resp. **150,7 až 169,0 m n. m.** (vzdálená budoucnost). Chybějící polovina potřebné externí dotace by musela být zajištěna přítokem z povrchových toků, tj. řeky Bíliny či Loupnice, což by kapacitně mělo být bez problému proveditelné.

Z hlediska **disponibility zdrojů povrchové vody** pro zatápění se sice prokázalo, že s využitím povrchové vody v Loupnici není možné počítat pro vlastní zatápění lomu, avšak to neznamená, že toto omezení je trvalé. Disponibilitu Loupnice omezuje odběr povrchové vody pro Unipetrol RPA, který však skončí s ukončením jeho provozu. Naproti tomu jezero zde bude existovat další stovky let a možnost přítoku vody z Loupnice do jezera může být výhodná. Doporučuje se proto vybudovat nejen napouštěcí koryto z řeky Bíliny, ale i napouštěcí koryto z Loupnice tak, jak navrhuje výchozí varianta. Zatímco napouštěcím korytem z řeky Bíliny bude jezero zatápěno, napouštěcím korytem z Loupnice by byl po dobu zatápění převáděn alespoň minimální průtok, který by byl postupně nadlepšován přítoky vod z povodí napouštěcího koryta. Do budoucna pak přítok z Loupnice může být navýšen v závislosti na uvolňování disponibilního průtoku. Přestože po stránce kvality vody jsou uvažované zdroje akceptovatelné, doporučuje se na přítoku realizovat některá opatření, která by některé ukazatele zlepšila. Ta jsou ve výchozí variantě již zčásti navržena.

Z hlediska **cílové hladiny jezera** je nutno na základě výsledků matematických simulací plnění zbytkové jámy konstatovat, že požadovaná kóta 180 m n. m. sice neodpovídá ustálené hladině, obzvláště při naplnění klimatických scénářů, avšak po započtení hydrogeologického přítoku je tato hladina zajistitelná přítokem povrchových vod v řádu několika desítek sekundových litrů. Zachování určitého trvalého přítoku z řeky Bíliny (do budoucna i z Loupnice) i po napuštění jezera na cílovou provozní hladinu je žádoucí za účelem vyrovnávání dočasných bilančních ztrát jezera. Ustálená hladina totiž nezaručí, že nebude docházet k občasným výkyvům hladiny jezera, jen zajistí, že se hladina k této kótě vždy navrátí, i když to může trvat i několik let. Pokud by však provoz jezera vyžadoval předem omezené rozmezí přípustného pohybu provozní hladiny, např. ± 60 cm jako je tomu na jezeře Most, pak je to možné zabezpečit pouze externím zdrojem vody. V daném případě je jedno, jestli bude provozní hladina jezera na uvažované kótě 180 m n. m. nebo by se hladina snížila na úroveň 176 m n. m., která odpovídá ustálené hladině za stávajících klimatických podmínek. Rozdíl ve výši potřebné externí dotace by se totiž pohyboval na úrovni jednotek litrů, což je zanedbatelné s ohledem na disponibilní průtok v použitém zdroji zatápění.

Pro hydrickou rekultivaci zbytkové jámy lomu ČSA je, kromě výše popisované **varianty neprůtočného jezera**, možno v teoretické rovině uvažovat i s **variantou průtočného jezera**. Varianta neprůtočného jezera s hladinou blízkou ustálené hladině je dostačující pro splnění zákonné povinnosti rekultivace. Varianta průtočného jezera je podmíněna zatopením zbytkové jámy na kótu 230 m n. m., což přináší podstatný nárůst plochy i objemu jezera. Varianta průtočného jezera s gravitačním odtokem do řeky Bíliny má zvýšené nároky jak na samotné zatopení jezera, tak na dlouhodobé udržení hladiny jezera na této úrovni. Zvýšené nároky obnáší náročnější technické řešení, které se významně promítá do nákladové části. Zvýšené náklady jsou způsobeny především nutností zbytkovou jámu zatopit čerpanou vodou, která je zpoplatněná, a navýšení nákladů může dosahovat až 2 mld. Kč. Po technické stránce zase může být problematické zajistit externí dotaci jezera v takové výši, která umožní setrvalé udržení hladiny na stejné úrovni. Vypočtená externí dotace by do budoucna mohla přesáhnout 250 l/s, což by prakticky znamenalo do jezera převádět převážnou část průtoků v řece Bílině a v řece zachovat jen požadovaný minimální průtok.

Doporučujeme proto realizovat variantu neprůtočného jezera v souladu s výchozí variantou. Varianta průtočného jezera by byla realizovatelná pouze při současném splnění několika základních podmínek. Za prvé, musí být definován takový účel průtočného jezera, který dostatečně zdůvodní zvýšené realizační náklady. Za druhé, musí být prokázána disponibilita odběru vody pro trvalé udržení hladiny na této úrovni. A za třetí, musí být zajištěn zdroj financování, neboť takové řešení jde již nad rámec zákonné tvorby finanční rezervy.

8. POSOUZENÍ STÁVAJÍCÍ KONCEPCÍ HYDRICKÉ REKULTIVACE ZBYTKOVÉ JÁMY DOLU VRŠANY

8.1. Vstupní podklady

1. Topografické mapy 1:25 000 Ministerstva obrany ČR. Vojenský geografický a hydrometeorologický úřad Dobruška, 2016.
2. Topografické mapy 1:10 000. Zeměměřičský úřad ČR, 2017.
3. Mapové podklady ČUZK (státní mapy, archivní mapy, ortofotomapy) dostupné on-line přes WMS server.
4. Projekt VITA-MIN. Kompendium stávajících poznatků k hydrologické a hydrochemické problematice zatápění zbytkových jam po těžbě uhlí v SHP. Sweco Hydroprojekt, a. s., květen 2018.
5. Projekt VITA-MIN. Příprava zadání pro řešení problematiky hydrologické a hydrochemické situace SHP z hlediska zatápění zbytkových jam po těžbě uhlí v rámci projektu Vita-Min. R-Princip Most, s. r. o., říjen 2016.
6. Souhrnný plán sanace a rekultivace lomu Vršany – těžba v Hořanském koridoru. B-PROJEKTY Teplice, s. r. o., duben 2017.
7. Projekt VODAMIN. Problematika důlních vod v SHP. Část 1 – Hodnocení monitorovacího systému stařinových vod v prostoru severočeské hnědouhelné pánve v souvislosti s předpokladem omezování čerpání stařinových vod při postupu těžby a uzavírání lomů. Výzkumný ústav pro hnědé uhlí, a. s., prosinec 2013.
8. Manipulační řád vodního díla Průmyslový vodovod Nechranice, ČS a jez Stranná a MVE PVN – Třebušice. Povodí Ohře, s. p., červenec 2007, aktualizace leden 2017.
9. Projekt VITA-MIN. Zhodnocení dlouhodobého vývoje kvality vody ve zbytkových jezerech SHP. R-Princip Most, s. r. o., duben 2019.
10. Vodohospodářská bilance dílčího povodí Ohře, dolního Labe a ostatních přítoků Labe. Povodí Ohře, s. p., 2009–2017.

8.2. Rešerše a zhodnocení výchozích hydrogeologických, hydrografických a hydrologických podmínek

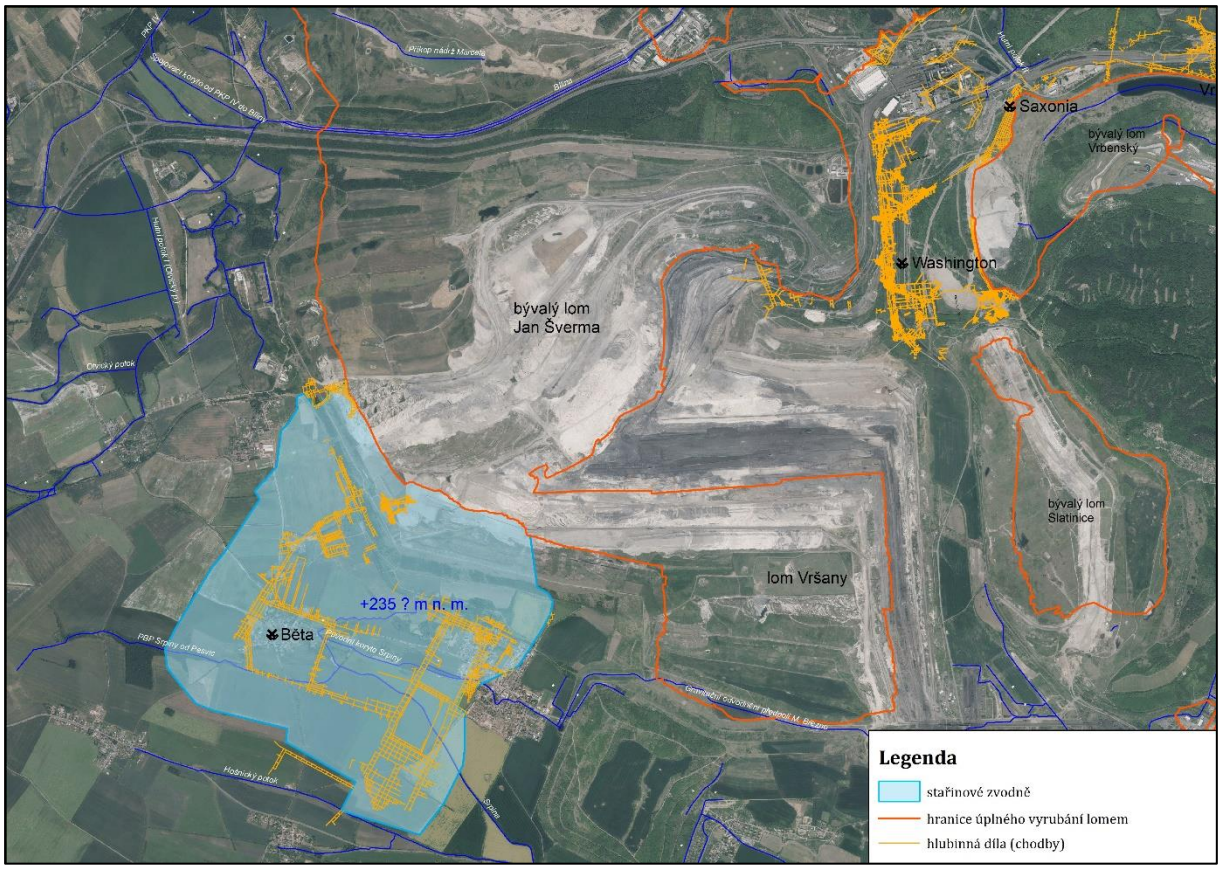
8.2.1. Hydrogeologické podmínky

8.2.1.1. Stařinové systémy

Základní charakteristika stařinových systémů bývalých hlubinných dolů a prognóza jejich dalšího vývoje v souvislosti s postupným ukončováním těžby je obsahem studie zpracované v rámci projektu VODAMIN [7].

V zájmovém území se nachází stařinový systém bývalého dolu Běta. Tento stařinový systém se stal, v důsledku povrchové těžby lomu Jan Šverma, absolutně izolovaným vůči ostatním stařinovým systémům. Stařiny byly postupem lomu Jan Šverma pouze otevřeny a postupně opět utěsněny vnitřní výsypkou. Lze však předpokládat, že po utěsnění výtokových míst na uhelné řezy došlo opět k nastoupání hladiny vody a stařinový systém je zcela zatopen. Vzhledem k hloubkovým poměrům stařinového systému vůči současnému terénu nedochází a ani v budoucnosti by nemělo dojít k žádnému ovlivnění okolního prostředí.

V severovýchodní části se nachází stařiny bývalého dolu Washington. Těžba na dole začala v roce 1879. Důl byl uzavřen v roce 1948. Stařiny dolu Washington byly již ve 20. letech minulého století přesypány vnější Hořanskou výsypkou. Vzhledem k výsledkům hydrogeologického průzkumu z roku 2009 lze předpokládat, že stařiny bývalého hlubinného dolu Washington zůstanou, v případě zachování dominantního faktoru, kterým je čerpání vod z jámy MR1 bývalého hlubinného dolu Kohinoor II, nezavodněné. Stařiny hlubinného dolu Washington nebudou sice podle projektovaného postupu těžbou lomu Vršany přímo zasaženy, ale při jejich zvodnění se posílí průtok do panenské sloje, a tak při obnažení sloje ve zbytkové jámě by bylo možné počítat s přítoky slojové vody. Pokud by se při utěsnění slojových odkryvů zjistila v budoucnu potřeba využívání slojových vod pro doplňování zbytkové jámy, lze to uskutečnit poměrně jednoduchým způsobem po nastoupání slojových vod v centrální části pánve na kótu 230 m n. m. U Hořan by bylo možné zřídit přelivové vrty z terénu na úrovni cca 220 m n.m. zaústěné do stařin dolu Washington [6]. Výtok z hořanské slojové struktury se odhaduje až na dvojnásobek současných hodnot, tj. cca 10 l/s.



Obrázek 78. Situace bývalé těžby a stařinových zvodní, zpracováno dle [7]

8.2.1.2. Hydrogeologické kolektory

Lom Vršany zahrnuje vzájemně propojené prostory lomu Vršany a bývalého lomu Jan Šverma. Prognóza vývoje hydrogeologických poměrů po ukončení báňské činnosti je zpracována v souhrnném plánu sanace a rekultivace [6]. Zvodnění je v zájmovém území vázáno na kvartérní uloženiny, svrchní meziložní písky a podložní písky.

Podložní písky tvoří původně jednotný hydraulický systém s dotační oblastí zejména na úpatí Krušných hor v prostoru Jirkov – Vysoká Pec (kde vychází k povrchu), napájený srážkovými vodami a vodami kvartérních sutí. Před zahájením odvodňování byly podložní písky prakticky bezodtokovou artézskou nádrží, kde napjatá hladina kolektoru dosahovala úrovně 230 až 235 m n. m. Systematické odvodňování tohoto kolektoru bylo zahájeno od roku 1968 na lomu Jan Šverma tzv. západní bariérou. V současné době je zde již dno lomu překryto nepropustnou vnitřní výsypkou. Odvodňování západní bariérou bylo zastaveno v roce 1993 a hladina podložního kolektoru v této oblasti pozvolna stoupá. Podložní písky jsou odvodňovány též čerpacími vrty jihozápadní bariéry. Vzhledem k postupu lomu byly v roce 2017 v provozu již jen

poslední dva čerpací vrty. Čerpání podzemní vody z kolektoru podložních písků bude pokračovat do doby, kdy bude prostor kolektoru přesypán postupem vnitřní výsypky. Na východní straně lomu Vršany byl prostor výskytu podložních písků již překryt vnitřní výsypkou lomu. Celé území s výskytem podložních písků bude v konečné fázi u obou lomů přesypáno jílovitým materiálem vnitřních výsypek o mocnostech až 100 m. Podložní písčitý kolektor tak bude znovu izolován a vytvoří se podmínky pro obnovení původního hydrogeologického režimu. Lze očekávat opětovný vzestup piezometrické hladiny podložního kolektoru, teoreticky až do původní úrovně, tj. cca na kótu 230 m n. m. Artéská zvodeň podložních písků bude i za tohoto stavu bezpečně uzavřena bez možnosti nějakého ovlivnění prostoru zbytkové jámy lomu Vršany.

Svrchní meziložní písky představují kolektor písků uložených mezi střední a svrchní slojí. Mocnost tohoto písčitého komplexu kolísá v rozmezí 0–50 m. Většina písků je již postupem skrývky lomu Vršany odtěžena, zbylé jsou obnaženy v postupových frontách lomu Vršany. Původní piezometrická hladina této zvodně dosahovala úrovně 250 až 260 m n. m. Lomem Jan Šverma byly písky odříznuty od míst hlavní infiltrace při úpatí Krušných hor a vodní zásoby je možno považovat za v podstatě nedoplňované. Svrchní meziložní písky byly před postupem lomu v předstihu odvodňovány. V posledních letech je využíván zejména drenážní efekt odkrytých písků na skrývkových řezech. Svrchní meziložní písky budou postupem lomu Vršany zcela odtěženy a nemá význam se jimi dále zabývat.

Kvartérní pokryv se nachází v mocnostech do 10 m a převážně v hlinitém vývoji. Jeho zvodnění je hydrogeologicky bezvýznamné.

Velmi významné zastoupení mají **recentní uloženiny**. Jedná se zejména o novotvary vnitřních a vnějších výsypek uhelných lomů. Nejvýznamnější výsypkou, jež bude tvořit podstatnou část zbytkové jámy, bude vnitřní výsypka vlastního lomu Vršany. Na ní v podstatě navazuje na S a SZ vnitřní výsypka lomů Jan Šverma a ČSA. V prostoru SV od Hořan je částečně zasypán vnitřní výsypkou bývalý lom Vrbenský. Na pilíři bývalé trati ČSD mezi lomem Jan Šverma a Vrbenským je pak ještě uložena vnější Hořanská výsypka. Velmi rozsáhlé těleso představuje výsypka Slatinice-Čepirohy, kterou tvoří vnitřní výsypka lomu Šmeral, na kterou pak východním směrem navazuje ještě vnější výsypka. Při těžbě v Hořanském koridoru část zbytkové jámy tvoří na východě vnitřní výsypka lomu Šmeral (Slatinická výsypka). Tato výsypka byla budována od roku 1980 zeminami z lomu Vršany. V roce 2012 se zahájilo odtěžování Slatinické výsypky a tvarování

konečných svahů výsypky. Od roku 2010 byla realizována řada hydrogeologických monitorovacích vrtů sledujících zvodnění ve výsypce, na její patě a na styku s rostlým terénem. V této oblasti lze předpokládat stálé vsakování přitékajících povrchových a podpovrchových vod z prostoru jižních svahů Ryzelu do pravděpodobně nejednotného podzemního kolektoru se střídáním méně a více propustných poloh v tělese výsypky.

8.2.2. Změny vodohospodářských poměrů

Zájmové území dnešního lomu Vršany nebylo historicky bohaté na vodní toky. Tvoří jej totiž území mezi Bílinou a Srpinou a mezi těmito významnějšími toky se původně nacházely pouze menší vodoteče – Otvický potok a Luční potok (Obrázek 79).

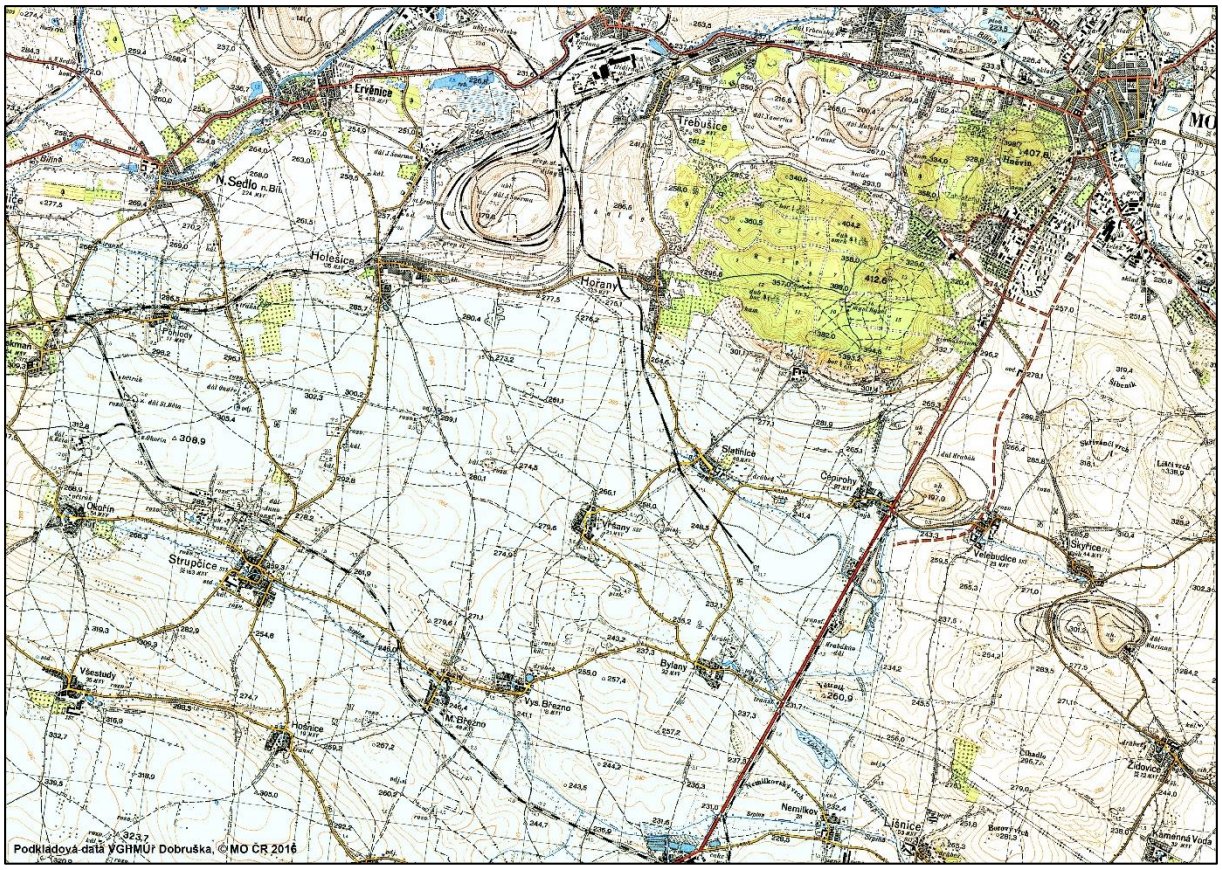
Nejvýznamnějším vodním tokem byla sice řeka **Bílina**, ale ta spíše vymezovala severní hranici zájmové území. Do zájmového území zasahoval její pravostranný přítok, **Otvický potok**. Jeho počátek je pod Velkým rybníkem u Otvic. Odtud protéká Otvicemi, Zaječicemi a původně protékal kolem bývalých Holešovic a Třebušic až k Souši, kde se vléval do řeky Bíliny. S otvírkami povrchových dolů Obránců míru (1921) a Jan Šverma (1919) byl jeho spodní tok postupně zkracován. Dnes končí v Zaječické nádrži, která byla vybudována v rámci náhradních opatření za nádrž Dřínov a do provozu uvedena v roce 1976. Jediným pozůstatkem jeho spodního toku je zbytkové koryto v prostoru Třebušic, dnes označované jako Hutní potok.

Jižní hranici zájmového území vymezuje říčka **Srpina**. Ta pramení u Pesvic a poté její tok směřuje východním až jihovýchodním směrem přes Strupčice, Malé Březno a pokračuje dál kolem Havraně. Její tok byl těžbou ovlivněn pouze v úseku mezi obcemi Strupčice a Malé Březno, kam byly v letech 1984 až 1994 zakládány nadložní zeminy z nově otevřeného lomu Vršany (Obrázek 81). Uvolnění území pro vnější výsypku Malé Březno vyžadovalo přeložení toku Srpiny jižněji k obci Hošnice. Od Hošnic přeložka obchází těleso výsypky a vrací se do Malého Března, kde se napojuje na původní koryto. V západním předpolí výsypky Malé Březno, kde končí původní zbytkové koryto Srpiny, docházelo k akumulaci a rozlivu vod, které musely být přečerpávány do přeložky. V letech 2006 až 2010 bylo kolem západní paty výsypky a dále přes vnitřní výsypku lomu Vršany vyhloubeno nové koryto, kterým se předpolí výsypky gravitačně odvodnilo, a nové koryto Srpiny bylo u Bylan zaústěno do Lučního potoka. Průtoky Srpiny jsou stále převáděny původní přeložkou. Zbytkovým korytem Srpiny přes Strupčice a dále novým gravitačním odvodněním předpolí výsypky dnes protékají pouze vody z vlastního podpovodí. Průtoky

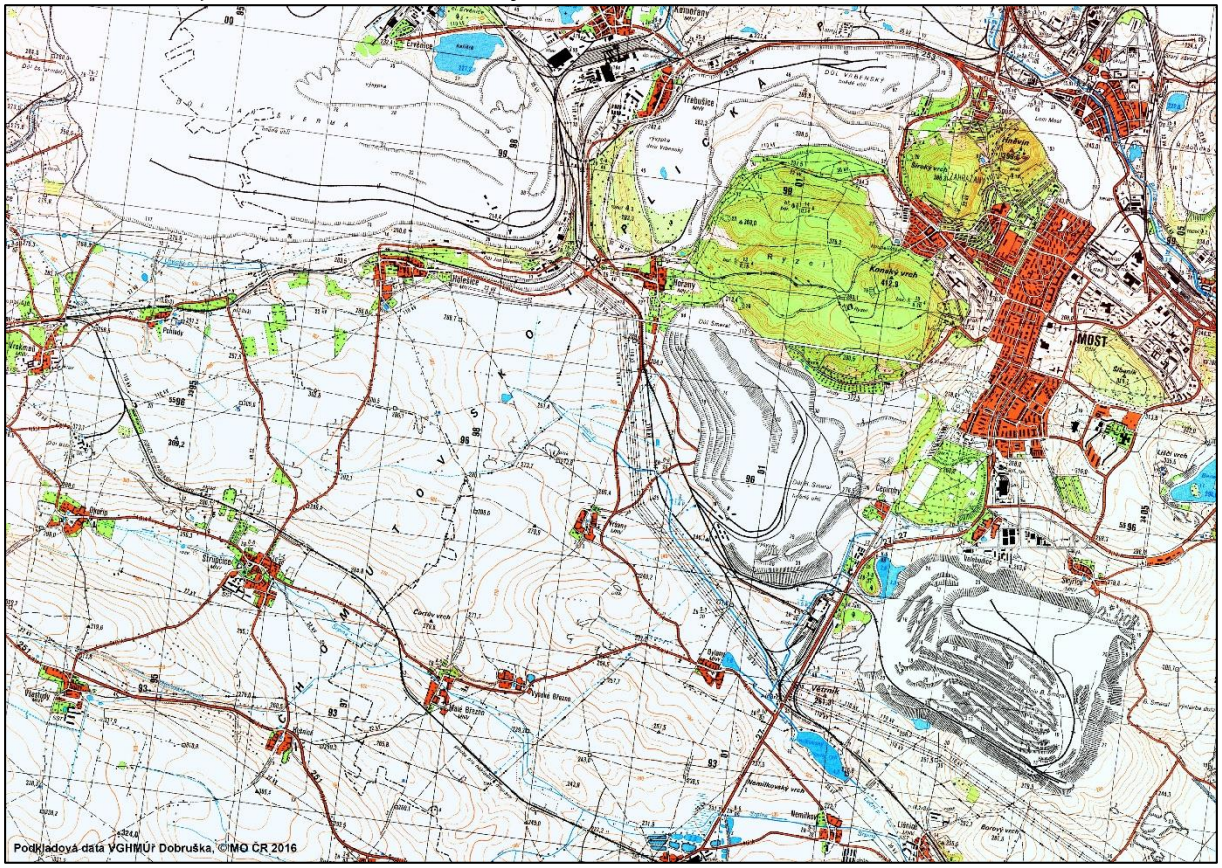
byly dlouhodobě nadlepšovány díky čerpání podzemních vod z jihozápadní bariéry lomu Vršany. Z důvodu postupu vnitřní výsypky lomu Vršany bude však jejich provoz v nejbližší době ukončen. Povodí Ohře, s. p., proto v současnosti připravuje projekt na výstavbu odbočky z Průmyslového vodovodu Nechranice, kterým by se voda z Ohře přivedla k Okořínu, kde by vtékala mezi původní koryto a přeložku Srpiny[2].

V jihovýchodní části zájmového území se nachází **Luční potok**. Podle historických map jej původně tvořily dvě pramenné větve, jedna s počátkem poblíž původních Skyřic a druhá poblíž původních Slatinic (Slatinický potok). Po jejich soutoku pokračoval potok jižním směrem, kolem vrchu Větrník, obce Bylany a dále k obci Lišnice, kde se vlévá do Srpiny. Horní tok Lučního potoka byl upravován, nejen v souvislosti s těžbou uhlí a zakládáním výsypek (Velebudická výsypka, výsypka Hrabák, Čepirožská výsypka, Slatinická výsypka), ale i s rozvojem infrastruktury města Most. V současnosti je Luční potok recipientem přítoků vod především ze Slatinické výsypky, zčásti pak i západní části Velebudické výsypky (Obrázek 82).

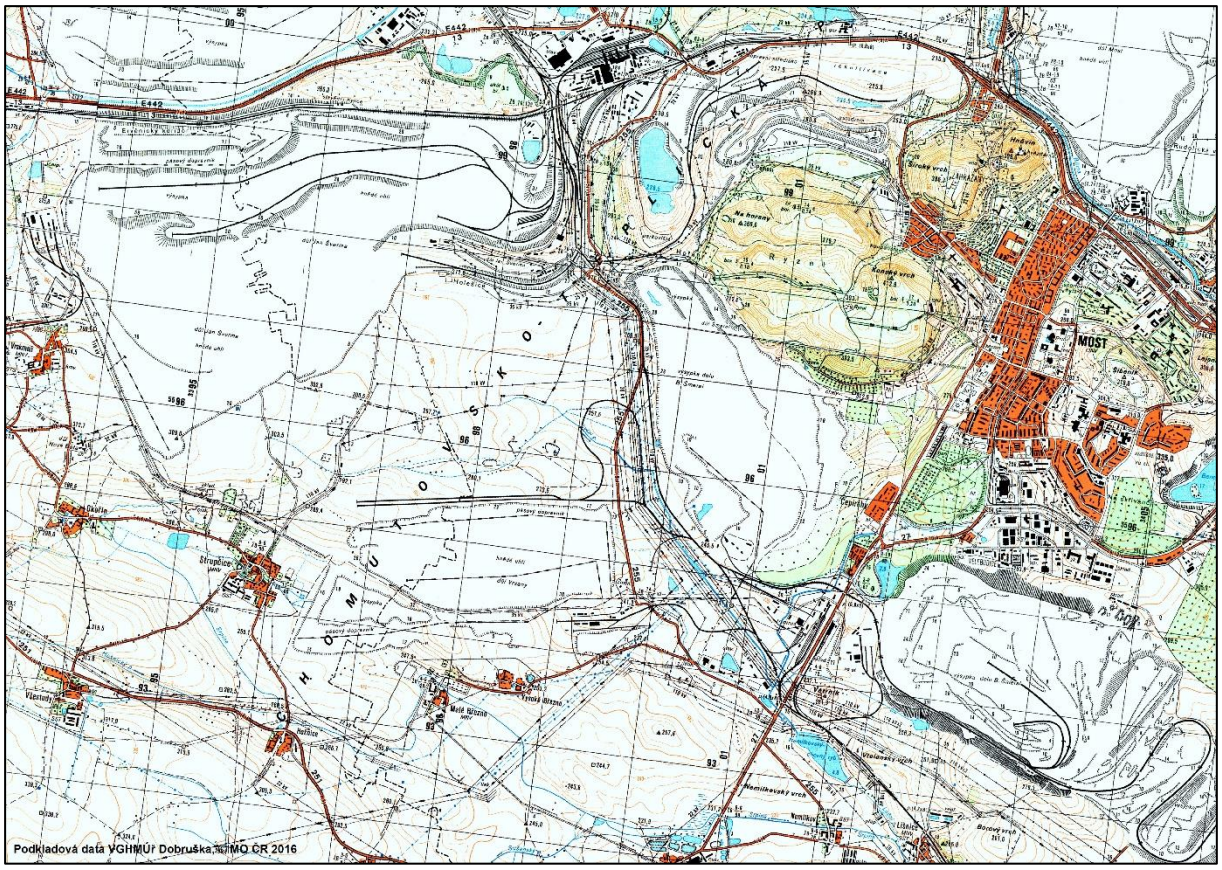
[2] Zdroj: https://mostecky.denik.cz/zpravy_region/srpina-nad-propasti-ricku-zachrani-vodovod-z-ohre-20190306.html



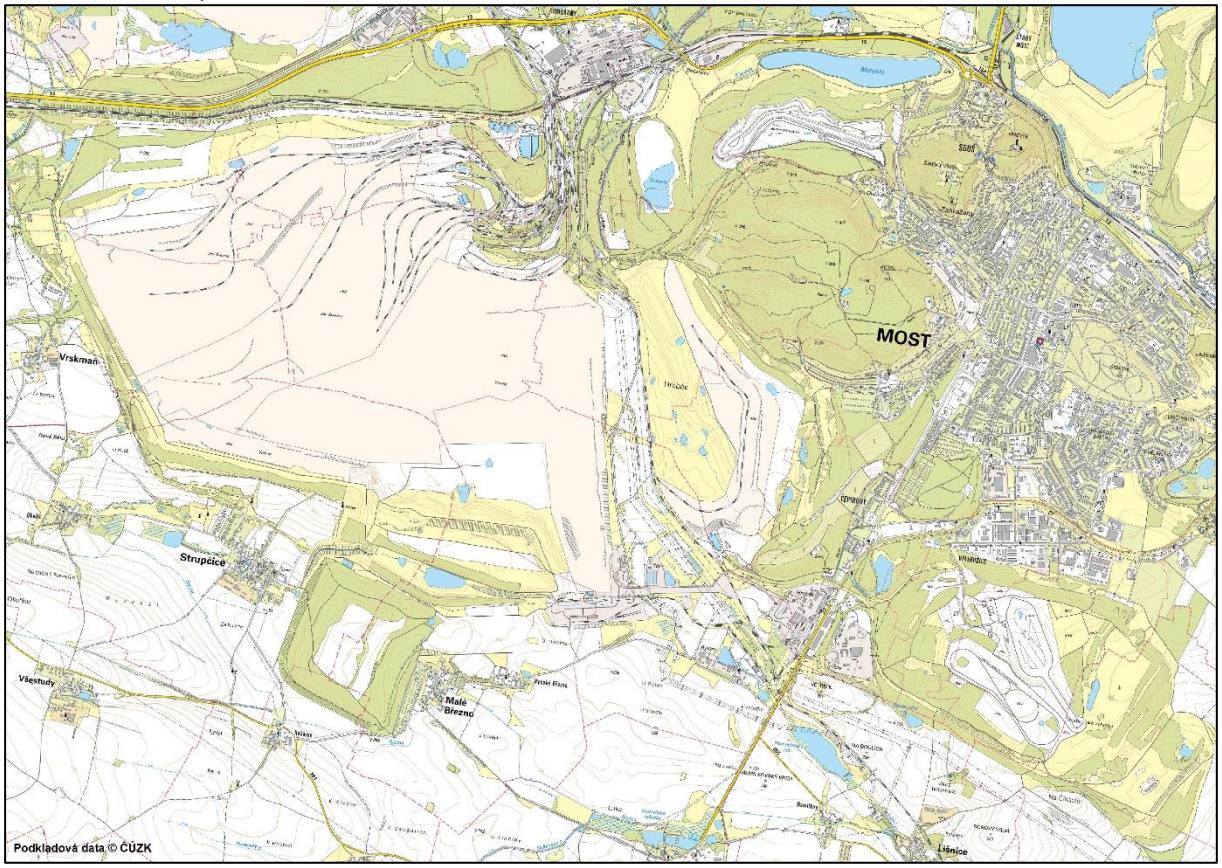
Obrázek 79. Zájmové území lomu Vršany v období kolem roku 1954



Obrázek 80. Zájmové území lomu Libouš v období kolem roku 1975



Obrázek 81. Zájmové území lomu Libouš v období kolem roku 1989



Obrázek 82. Zájmové území lomu Libouš v období kolem roku 2015

Těžba hnědého uhlí na lomech Jan Šverma a později Vršany přetvořila zdejší krajinu, ale i její širší okolí v důsledku potřeby zakládání odtěžených zemin do vnějších výsypek. Vodohospodářské poměry zájmové území dnešního dolu Vršany však žádné zásadní změny neprodělaly. Místní krajina byla historicky spíše suchá, bez významnějších vodních toků, a na této skutečnosti povrchová těžba nic nezměnila.

8.2.3. Hydrologické podmínky

Původního povodí Otvického potoka č. 1-14-01-004/9 bylo zaústěním potoka do Zaječické nádrže výrazně zmenšeno. Východní rozvodnice tohoto povodí dnes respektuje hráz vodního díla Újezd. Mezi hrází a vnitřní výsypkou lomu Jan Šverma se vytvořilo bezodtoké povodí. Povrchové vody se akumulují v nádrži u ČS A1, odkud jsou čerpány do odtokového koryta z nádrže Újezd (řeka Bílina).

Původní povodí Srpiny č. 1-14-01-026 bylo rovněž zmenšeno postupem lomu Vršany, ale zejména bylo rozděleno na dvě části – povodí přeložky a povodí původního koryta s gravitačním propojením přes vnitřní výsypku lomu Vršany.

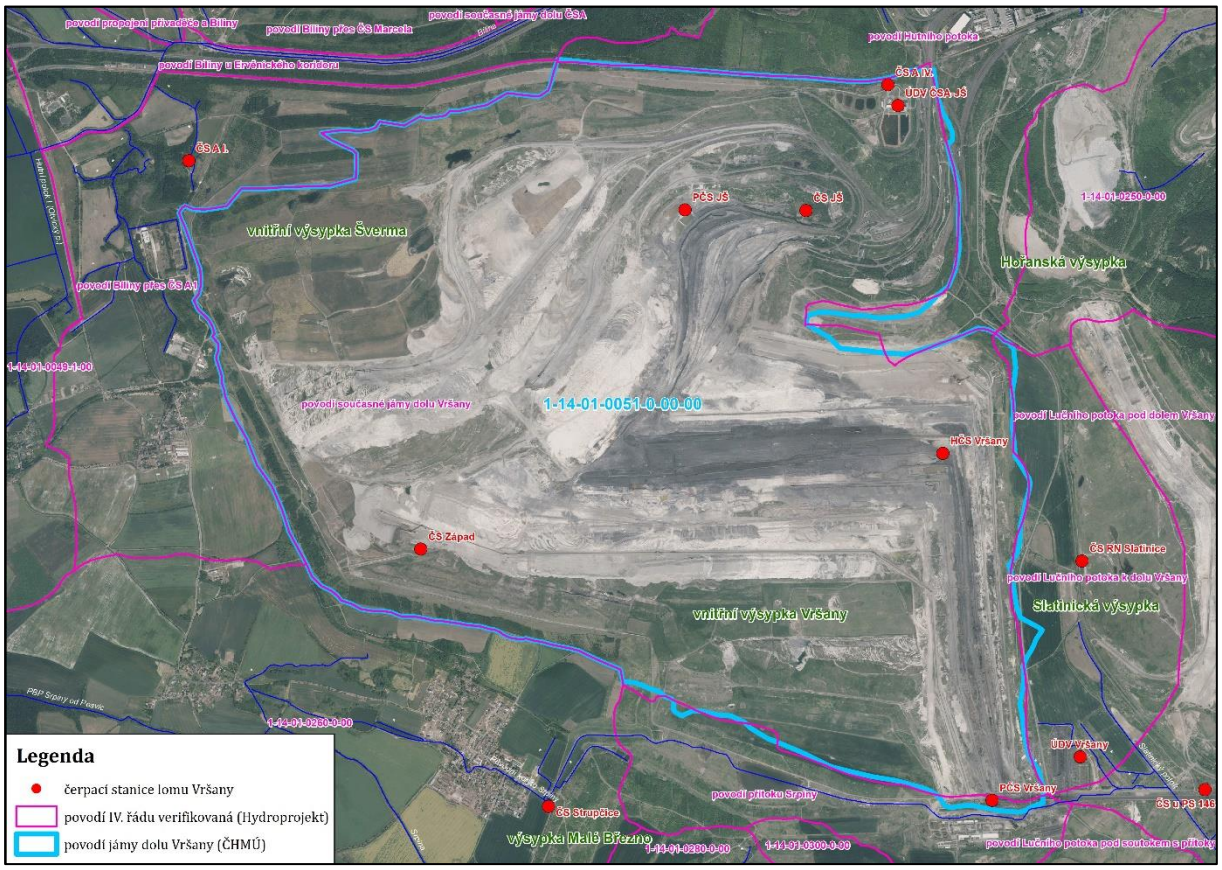
V severovýchodní části zájmového území vzniklo povodí Hutního potoka, jako pozůstatek spodního toku Otvického potoka.

V jihovýchodní části je pak povodí Lučního, či Slatinického potoka, které však bude postupem lomu Vršany do Hořanského koridoru ještě pozměněno. Slatinická výsypka byla prvotním skrývkovým řezem rozdělena na dvě části. Východní část nad hranou řezu zůstane odvodňována Slatinickým potokem. Západní část bude budoucím postupem lomu odtěžena a stane se pak součástí povodí budoucí zbytkové jámy lomu Vršany.

V prostoru zahloubené povrchové jámy lomu Vršany se vytvořilo nové povodí č. 1-14-01-005/1, které nemá přirozený gravitační odtok. Jeho rozvodnici na severu tvoří vnitřní výsypka lomu Jan Šverma, na západě boční hrana lomu, na jihu vnitřní výsypka lomu Vršany, a na východě jej vytvořil prvotní skrývkový řez do tělesa výsypky Slatinice. Rozvodnice povodí současné jámy byla verifikována Hydroprojektem na základě aktuální morfologie lomu (Obrázek 9 na str. 21) [4]. Vytvořená rozvodnice prakticky kopíruje rozvodnici evidovanou ČHMÚ pro účely poskytování základních hydrologických dat. Budoucím postupem dolu dojde ke sloučení současného povodí jámy dolu s povodím označeným „povodí Lučního potoka k dolu Vršany“. Budoucí povodí zbytkové jámy dolu po ukončení těžby se díky tomu zvětší o cca 10 %, což je nevýznamná změna ve vztahu

k poskytnutým základním hydrologickým údajům, které vychází ze současného povodí jámy dolu (Tabulka 5 na str. 21).

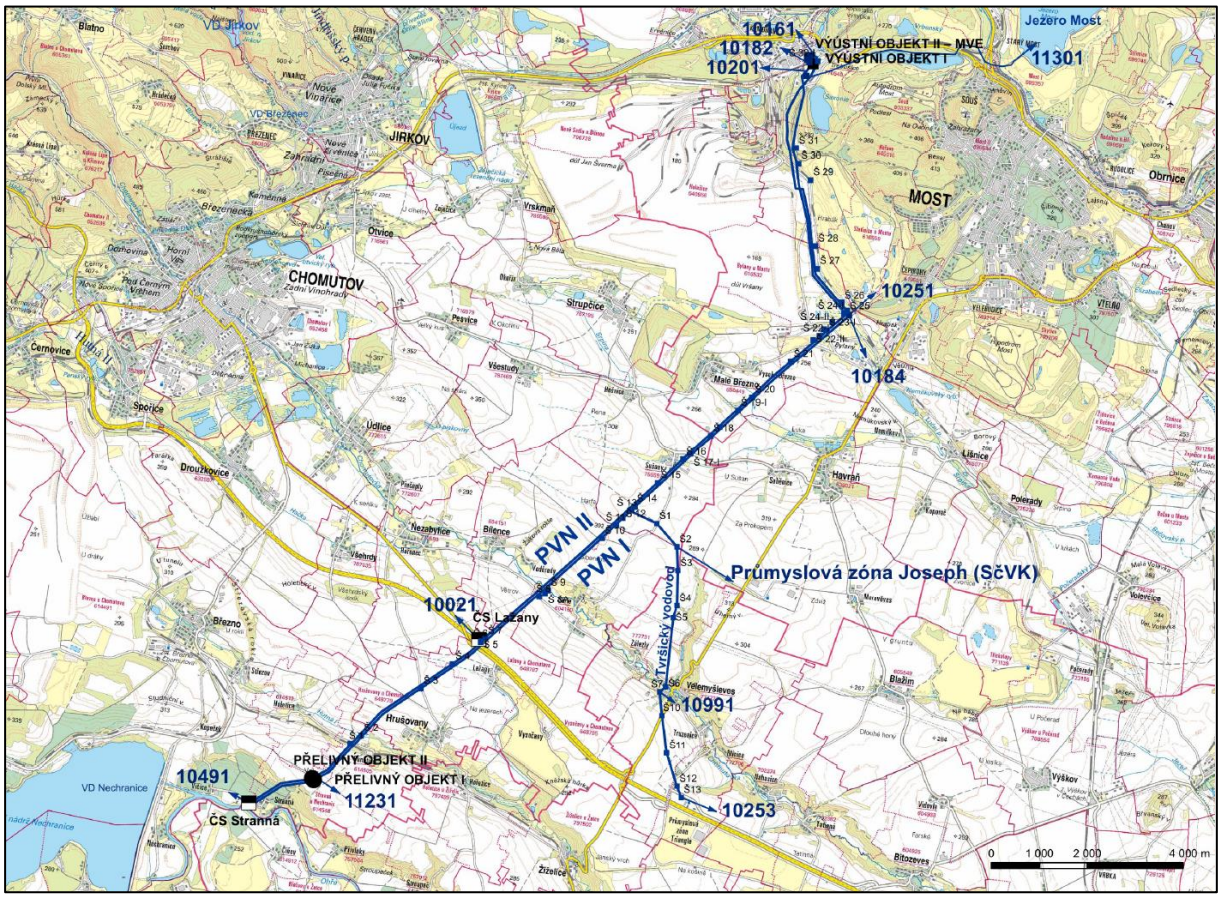
Povrchové vody, které se vlivem srážkové činnosti dostávají do bezodtokého povodí jámy dolu, jakožto i podpovrchové vody, které zde vyvěrají, jsou v současnosti zachytávány odvodňovacím systémem dolu. Ten je prostřednictvím odvodňovacích příkopů řízeně svádí do několika akumulačních jímek, které jsou osazeny čerpacími stanicemi, které vody odčerpávají mimo oblast dolu (Obrázek 83). V prostoru jámy bývalého dolu Jan Šverma jsou to PČS JŠ a ČS JŠ, odkud jsou vody čerpány na úpravnu důlních vod ČSA-JŠ. V prostoru jámy dolu Vršany jsou to HČS Vršany a PČS Vršany, odkud jsou vody čerpány na úpravnu důlních vod Vršany. V průměru se jedná asi o 1 850 tis. m^3 důlních vod ročně. Další čerpací stanice Západ byla vybudována v roce 2008 za účelem přečerpávání podzemních vod do Srpiny. Její provoz bude ukončen s ukončením čerpání na jihozápadní bariéře. V provozu jsou ještě další čerpací stanice, ty jsou však umístěny již mimo současnou jámu lomu Vršany.



Obrázek 83. Situace čerpacích stanic lomu Vršany

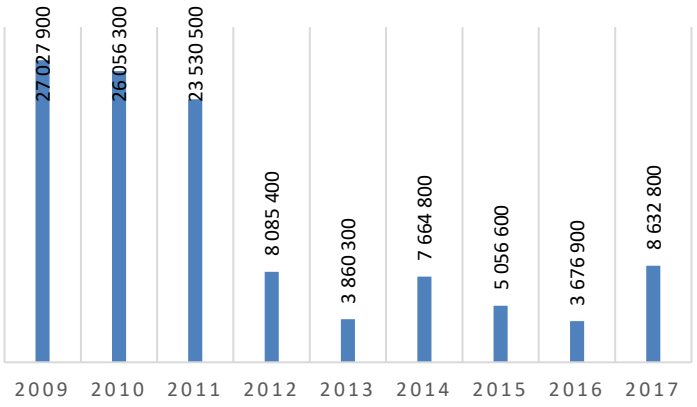
Z hlediska budoucího zatápění zbytkové jámy dolu Vršany a případného zajištění trvalého přítoku do budoucího jezera není v zájmovém území žádný vodní tok, který by bylo možné gravitačně přivést do zbytkové jámy.

V zájmovém území se však nachází jiné významné vodohospodářské dílo, který je Průmyslový vodovod Nechranice (PVN). Ten byl vystavěn v letech 1966 až 1970 za účelem posílení zásobení Chomutovska, Mostecka a Žatecka povrchovou vodou z Ohře (Obrázek 84). Voda je čerpána z ČS Stranná, jejíž maximální kapacita je 2,0 m^3/s, do dvou výtlačných řadů o délce 1,690 km. V nejvyšším místě PVN se nacházejí přelivné objekty, na něž navazují dva gravitační řady o délce 20,73 km, resp. 20,76 km. Gravitační řady vyúsťují do Hutního potoka. Gravitační řady PVN jsou tvořeny ocelovým svařovaným potrubím 2 × DN 1200 uloženým v zemi, v převážné části souběžně vedle sebe. Na jejich trase se nachází odbočky pro odběr vody uživatelům (Actherm, SčVaK, Hipodrom, United Energy, Coal Services ad.). Na km 20,400 se nachází rovněž rozdělovací šachta pro napouštění jezera Most, na kterou je napojen přivaděč k jezeru Most. Z PVN je dále vyvedena odbočka k průmyslové zóně Triangle (tzv. Tvršický vodovod).



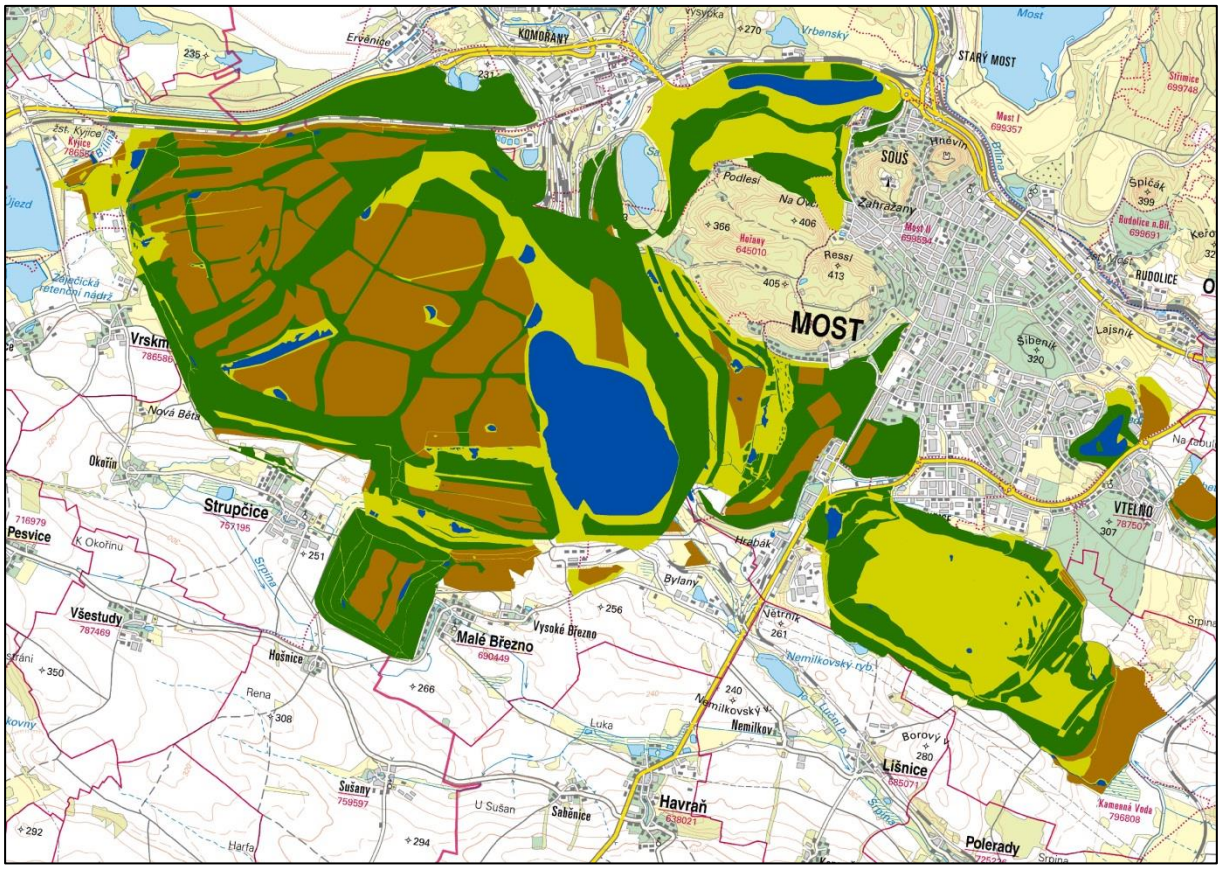
Obrázek 84. Celková situace PVN [8]

Odběry vod z řeky Ohře do PVN jsou evidovány v bilančních zprávách Povodí Ohře, s. p. [10]. Vysoké objemy čerpaných vod v letech 2009 až 2011 souvisí s napouštěním jezera Most (viz Tabulka 8 na str. 26). Po odečtení odběrů vod pro zatápění jezera Most, či doplňování vody do jezera Most, vychází průměrný roční objem vod odebíraných z Ohře na ČS Stranná na 4,3 mil. m^3, tj. asi 137 l/s.



8.2.4. Stanovení disponibilních průtoků ve vodních tocích

Zatápění zbytkové jámy lomu Vršany nepočítá s odběrem vody z žádného vodního toku, a proto disponibilní průtoky nebyly stanovovány. Budoucí jezero (Obrázek 85) bude zatopeno čerpanou vodou z Ohře.



Obrázek 85. Jezero ve zbytkové jámě lomu Vršany [5]

8.2.5. Hydrochemické podmínky

Základní hodnocení hydrochemických podmínek bylo provedeno v předchozí studii zpracované v rámci projektu VITA-MIN [9]. Hodnocení vychází z údajů shromážděných ve studii Hydroprojektu [4].

Kvalita je hodnocena v profilu Ohře Stranná, odkud je čerpána voda do PVN. Zejména díky průtoku nádrží Nechranice je v tomto profilu zřetelně kvalitnější voda než v profilu Ohře Rašovice. Všechny sledované ukazatele vyhovují limitům pro povrchové vody. Cenná je zejména nízká koncentrace celkového fosforu a organických látek. Z hlediska napouštění jezer je to voda naprosto vyhovující.

8.3. Matematický model hydrologické bilance plnění zbytkové jámy

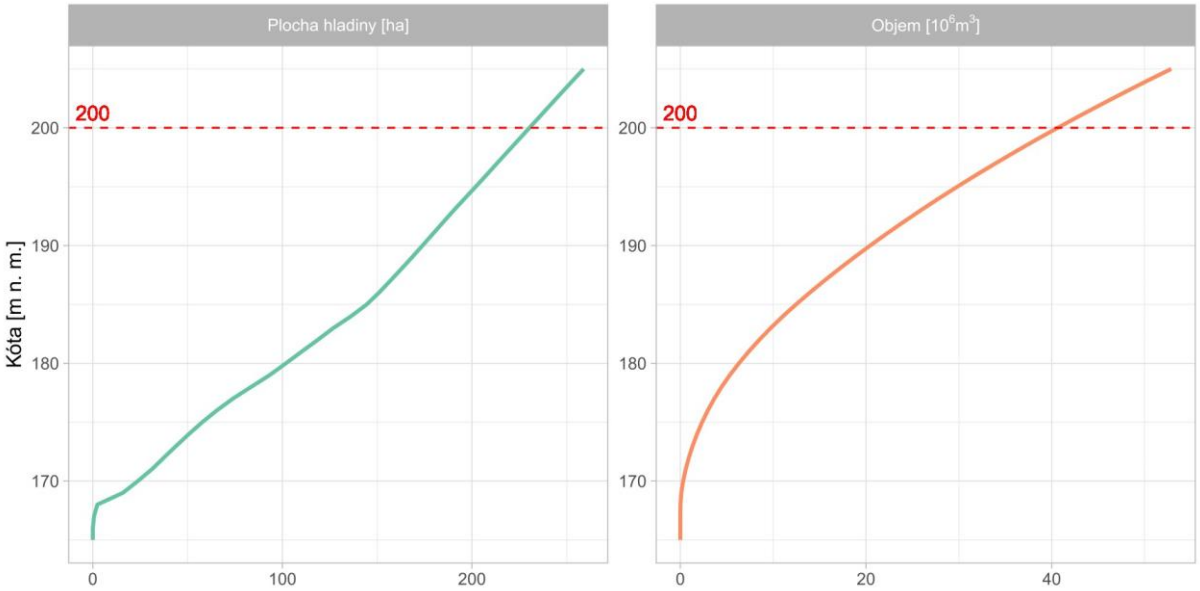
Za účelem matematického modelování hydrologické bilance bylo nejprve nutné provést nakalibrování modelů GR4J a TUW na charakteristiky odtoku z povodí zbytkové jámy, které uvádí Tabulka 5 na str. 21.

Následně byly modelovány simulace dle následujících požadavků:

- plnění zbytkové jámy a stanovení ustálené hladiny jen na základě celkového odtoku z povodí zbytkové jámy,
- plnění zbytkové jámy a stanovení ustálené hladiny na základě celkového odtoku z povodí zbytkové jámy a hydrogeologického přítoku (bude proveden odhad velikosti tohoto přítoku) v jeho plné výši a pak v poloviční hodnotě (z důvodu možného snižování tohoto přítoku v důsledku plnění jámy),
- plnění zbytkové jámy na základě celkového odtoku z povodí zbytkové jámy a externí dotace vodou z Ohře ve výši 350 l/s, což představuje předpokládaný odběr vody pro zatápění dle plánu rekultivace [6],
- výpočet nutné dotace pro udržení úrovně hladiny na kótě 205,0 m n. m, což je plánovaná kóta provozní hladiny jezera ve zbytkové jámě [6].

Simulace byly provedeny pro referenční resamplované časové řady (popis resamplovaných dat viz začátek kap. 6.4.3) a pro řady ovlivněné klimatickou změnou.

Batygrafické křivky budoucího jezera znázorňuje Obrázek 86 a hodnoty batymetrie uvádí Tabulka 33 v příloze B na str. 312. Požadovaná hladina v budoucím jezeře je 205,0–206,0 m n. m. [6]. Pro účely simulací byla uvažována kóta 205,0 m n. m.



Obrázek 86. Batygrafické křivky budoucího jezera ve zbytkové jámě lomu Vršany

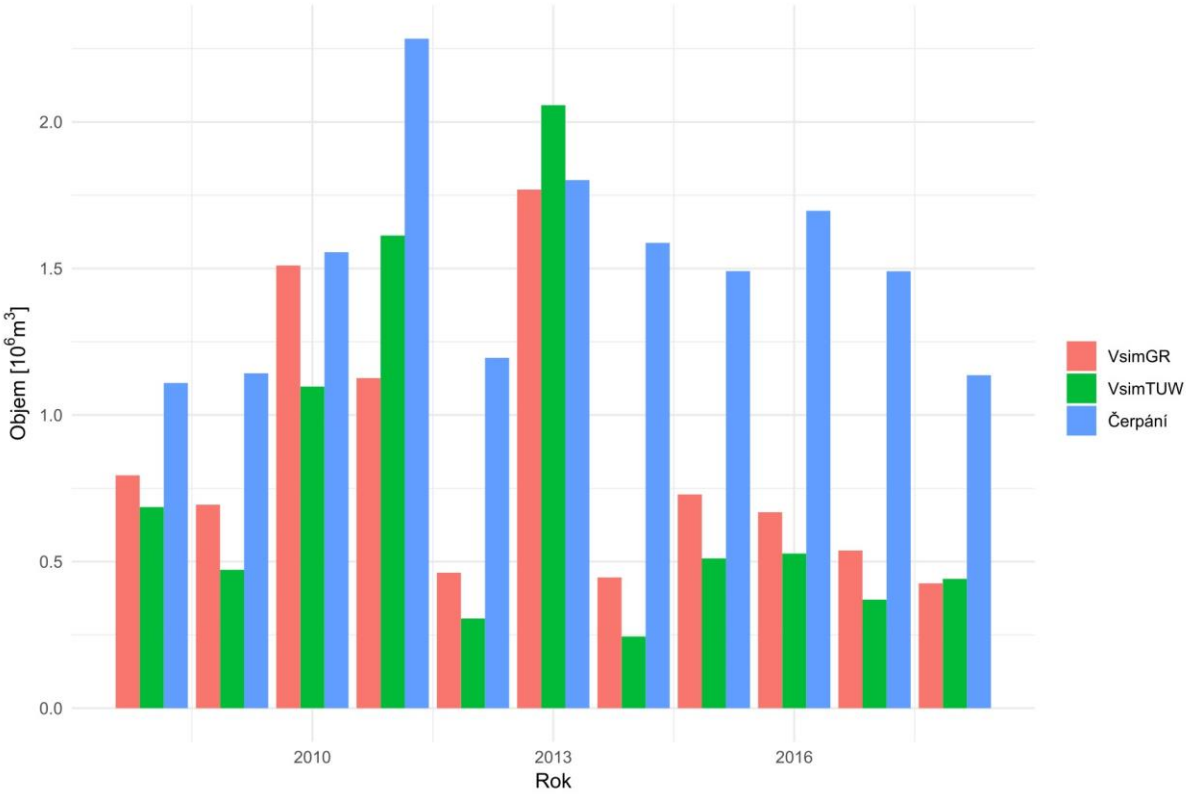
8.3.1. Kalibrace modelu na charakteristikách odtoku

Modely GR4J a TUW byly kalibrovány na charakteristiky odtoku povodí zbytkové jámy lomu Vršany (Tabulka 5 na str. 21). Z hlediska změny povodí v důsledku postupu lomu do konečné fáze vyuhlení se neočekávají změny, které by významněji ovlivnily základní hydrologické údaje. Vstupními daty byly 30leté časové řady denních srážkových úhrnů a průměrné denní teploty ze stanice Kopisty a dále časová řada PET vypočtená metodou dle Oudina.

Simulace na základě optimálních parametrických sad modelů GR4J a TUW vedly k hodnotám *RMSE*, kterým odpovídají mediány absolutních odchylek mezi zaznamenanými M-denními vodami a těmi stanovenými na základě simulací obou modelů 5,1 % pro model GR4J a 3,6 % pro model TUW. Vyšší absolutní procentické odchylky od zaznamenaných M-denních vod byly zjištěny u Q_{210d} až Q_{364d} pro simulace obou modelů. Procentické odchylky pro Q_a byly minimální.

Ověření simulací přítoku do lomové jámy založených na modelech GR4J a TUW bylo provedeno na základě údajů o čerpání z let 2008 až 2018 poskytnutých Vršanskou uhelnou, a. s. Výsledné porovnání zobrazuje Obrázek 87 (VsimGR4J a VsimTUW jsou objemy přiteklé vody dle simulací na základě GR4J a TUW). Rozdíl mezi celkovým simulovaným přítokem a hodnotou čerpání je brán jako přítok, který má původ z podzemních hydrogeologických kolektorů. V daném případě se může jednat o vývěry vod ze svrchních meziložních písků (viz kapitola 8.2.1). Přestože prognózy

hydrogeologické situace po ukončení těžby nenaznačují žádný významnější přítok z hydrogeologických kolektorů, byly simulace pro jistotu provedeny i pro varianty s hydrogeologickým přítokem. Hodnoty tohoto přítoku byly stanoveny jako průměrný rozdíl simulovaných hodnot a údajů o čerpání. Přitom údaje o čerpání byly poníženy o množství vod čerpaných z vrtů na jihozápadní bariéře. Stanovené průměrné hodnoty hydrogeologického přítoku jsou 21,1 l/s (GR4J) a 23,5 l/s (TUW). Pro další výpočty byla zvolena hodnota 24 l/s. Pro simulaci případného snižování tohoto přítoku v důsledku plnění lomu byly počítány i varianty s hodnotou o polovinu nižší, tj. 12 l/s.



Obrázek 87. Porovnání simulovaného přítoku a čerpaného množství pro lom Vršany

8.3.2. Plnění a bilance nádrže

V této kapitole jsou uvedeny výsledky teoretického plnění zbytkové jámy lomu Vršany na základě dvou uvažovaných řešení (bez externí dotace, s externí dotací) a výsledky stanovení externí dotace nutné k udržení požadované kóty hladiny. V rámci externí dotace při plnění byl uvažován jednak pouze hydrogeologický přítok (dále v textu a obrázcích jen jako HG přítok) s odhady 12 l/s a 24 l/s (jak bylo stanoveno v předchozí kapitole) a dále kombinace HG přítoku (oba odhady) a dotace vodou z Ohře (350 l/s). Všechny uvedené alternativy byly řešeny na základě resamplovaných časových řad.

Počátek plnění nádrže byl účelově stanoven na 1. 1. 2020, toto datum bylo následně použito jako počátek simulací spojených s teoretickým vývojem hladiny v nádrži.

V rámci řešení plnění a bilance nádrže byly uvažovány jednak ztráty výparem z volné hladiny (metoda dle VÚV1) a dále ostatní ztráty, které byly kvantifikovány pro jezero Most (0,3 mm/den). Výsledky jsou prezentovány formou grafů ročních hodnot. Každý obrázek obsahuje grafy, které zobrazují kótu hladiny [m n. m.], objem vody v nádrži [m^3] a plochu hladiny [m^2] v závislosti na čase a graf bilance nádrže v $m^3 rok^{-1}$ (rozdíl přítoku do nádrže ve formě celkového odtoku z povodí a srážky na hladinu nádrže a ztrát z nádrže ne formě výparu z hladiny a ostatních ztrát). Ve všech níže uvedených grafech jsou červeně zobrazeny simulace spojené s modelem GR4J, modře jsou výsledky modelu TUW, černá přerušovaná čára je požadovaná hladina 205,0 m n. m. (pouze v grafech, kde je to vhodné). U grafu bilance nádrže je černou spojitou horizontální čárou zdůrazněna úroveň odpovídající nulové změně.

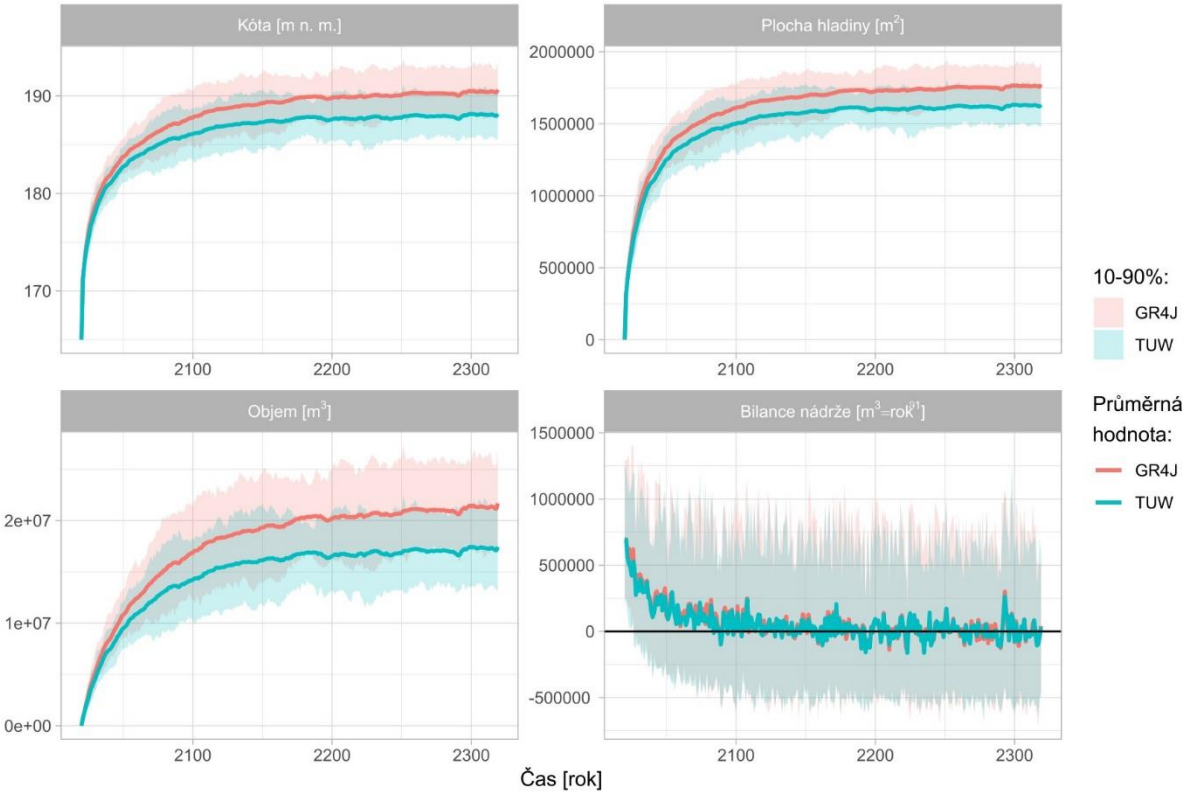
8.3.2.1. Plnění nádrže bez externí dotace

Obrázek 88 ukazuje plnění zbytkové jámy lomu Vršany ze simulací na resamplovaných datech. Hodnoty batymetrických veličin při plnění nádrže bez externí dotace uvádí Tabulka 57 v příloze C na str. 327.

Plnění nádrže začíná na kótě 165,0 m n. m. Na konci 300leté řady je v průměru dosaženo kóty 190,3 m n. m. pro simulaci spojenou s modelem GR4J a 187,9 m n. m. pro model TUW. Průměrný rozdíl v kótě na konci časové řady činí 2,4 m. Při plnění zbytkové jámy pouze celkovým odtokem z jejího povodí nebylo dosaženo požadované kóty hladiny 205,0 m n. m.

Pomocí stanovení přímek trendů bylo zjištěno, že ustálené hladiny v nádrži je dosaženo v průměru na kótě 190,5 m n. m. (model GR4J), resp. 188,2 m n. m. (model TUW) přibližně za více než 300 let od začátku napouštění zbytkové jámy.

Graf bilance nádrže (viz Obrázek 88 vpravo dole) ukazuje výrazně pozitivní bilanci v počáteční fázi plnění (prvních cca 80 let), kdy převažuje přítok do nádrže nad ztrátami ve formě výparu z hladiny a ostatními ztrátami.



Obrázek 88. Simulace plnění zbytkové jámy lomu Vršany

8.3.2.2. Plnění nádrže s hydrogeologickým přítokem

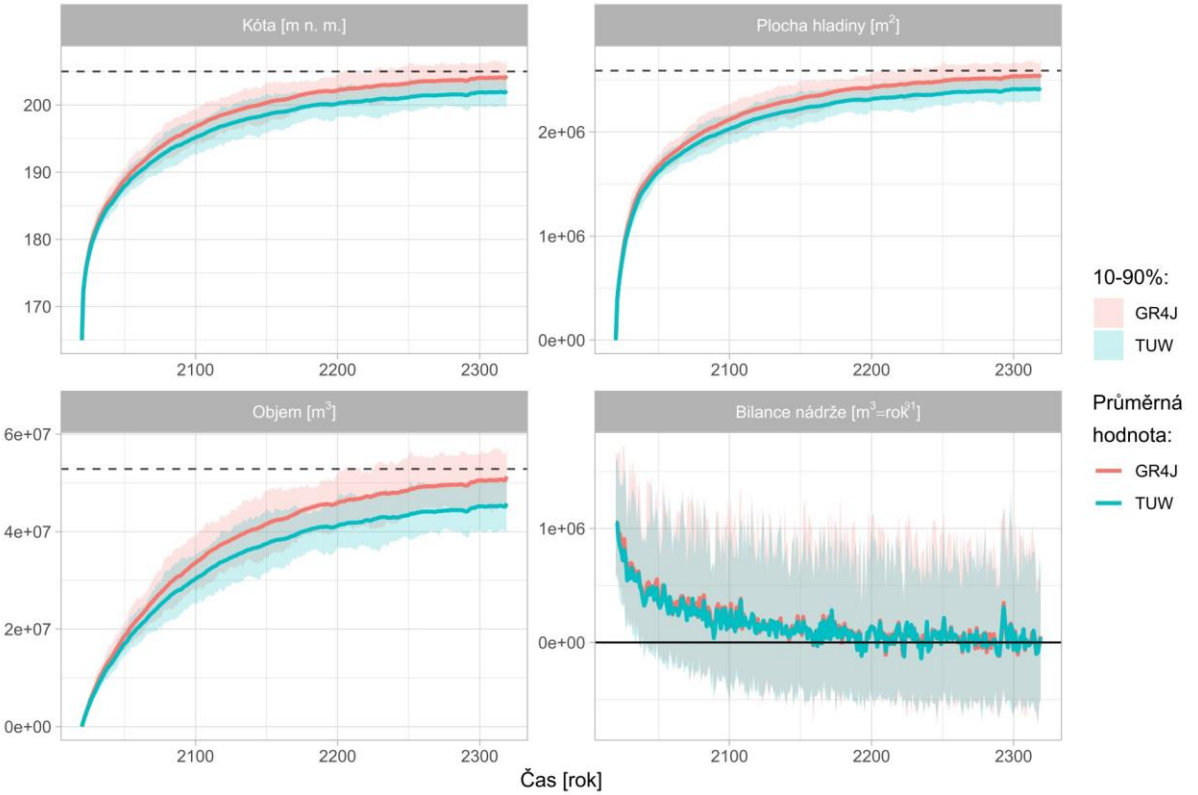
Obrázek 89 a Obrázek 90 ukazují plnění zbytkové jámy lomu Vršany celkovým odtokem z jejího povodí simulovaným na resamplovaných datech a hydrogeologickým přítokem (HG) 12 l/s a 24 l/s. Pro HG 24 l/s je z použitých 300letých resamplovaných dat je prezentováno pouze prvních 100 let. Hodnoty batymetrických veličin při plnění nádrže pro tyto varianty řešení uvádí Tabulka 58, resp. Tabulka 59 v příloze C na str. 328.

Plnění nádrže začíná na kótě 165,0 m n. m. Pro HG 12 l/s je na konci 300leté řady v průměru dosaženo kót 204,1 m n. m. (GR4J) a 201,9 m n. m. (TUW) a jejich průměrný rozdíl zde činí 2,2 m. Při této dotaci nebylo dosaženo za 300 let požadované kóty hladiny. Pro HG 24 l/s je na konci 100leté řady v průměru dosaženo kót 207,3 m n. m. (GR4J) a 205,9 m n. m. (TUW) a jejich průměrný rozdíl je 1,4 m. požadované kóty hladiny bylo dosaženo za 86–96 let od začátku napouštění lomové jámy.

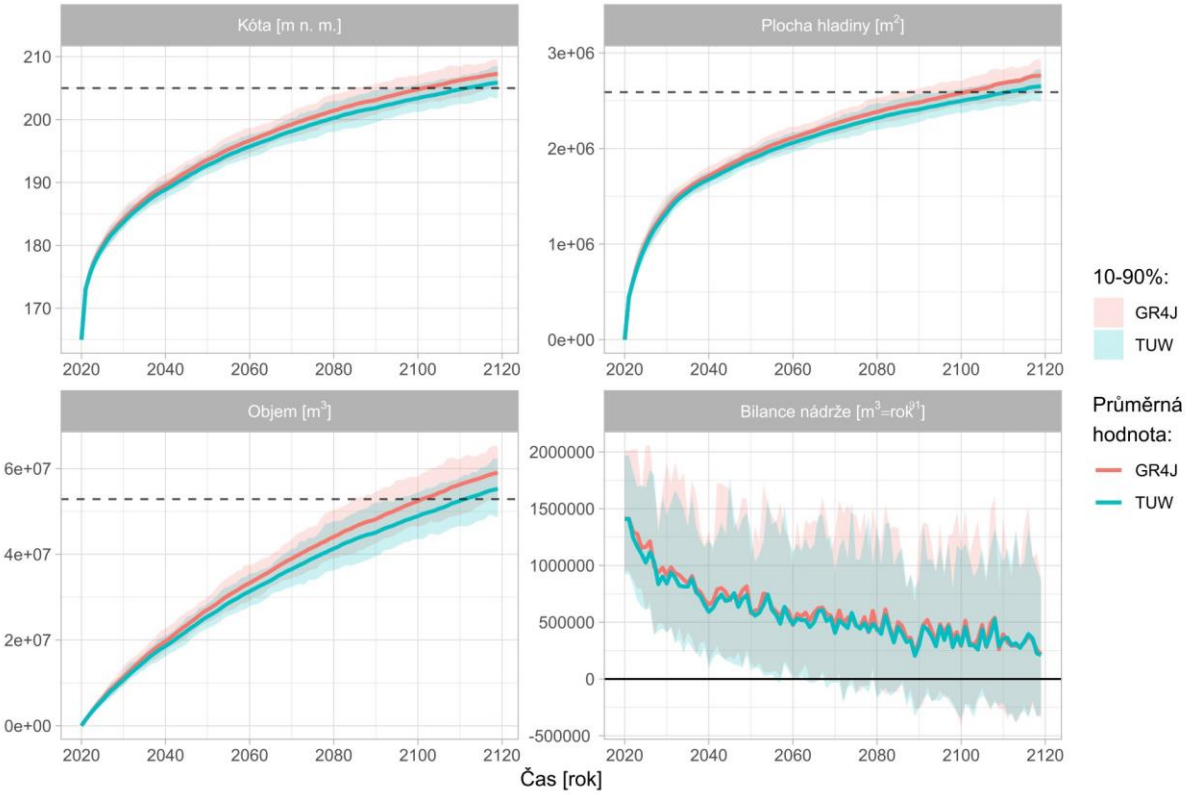
Grafy bilance nádrže (viz Obrázek 89 a Obrázek 90 vpravo dole) ukazují pozitivní bilanci v řešeném období (cca 40 let pro dotaci 12 l/s a cca 60 let pro dotaci 24 l/s) pro většinu resamplovaných časových řad (celý obalový polygon je v kladné části grafu).

Pomocí stanovení přímek trendů byla zjištěna ustálená hladina pro variantu s HG přítokem 12 l/s. V této variantě byla ustálená hladina identifikována v průměru na kótě

204,9 m n. m. pro model GR4J a 202,4 m n. m. pro model TUW. Ustálená hladina pro budoucí jezero Vršany se tedy při simulacích spojených s GR4J a HG 12 l/s téměř shoduje s hladinou požadovanou (205 m n. m.) a v případě simulací s TUW je ustálená hladina o 2,6 m níže než požadovaná hladina. Ustálené hladiny je pro variantu plnění s HG přítokem 12 l/s dosaženo za více než 300 let. Při HG přítoku 24 l/s se nachází ustálená hladina mimo horní hranici použité batymetrie, tj nad kótou 215 m n. m.



Obrázek 89. Simulace plnění zbytkové jámy lomu Vršany s HG přítokem 12 l/s



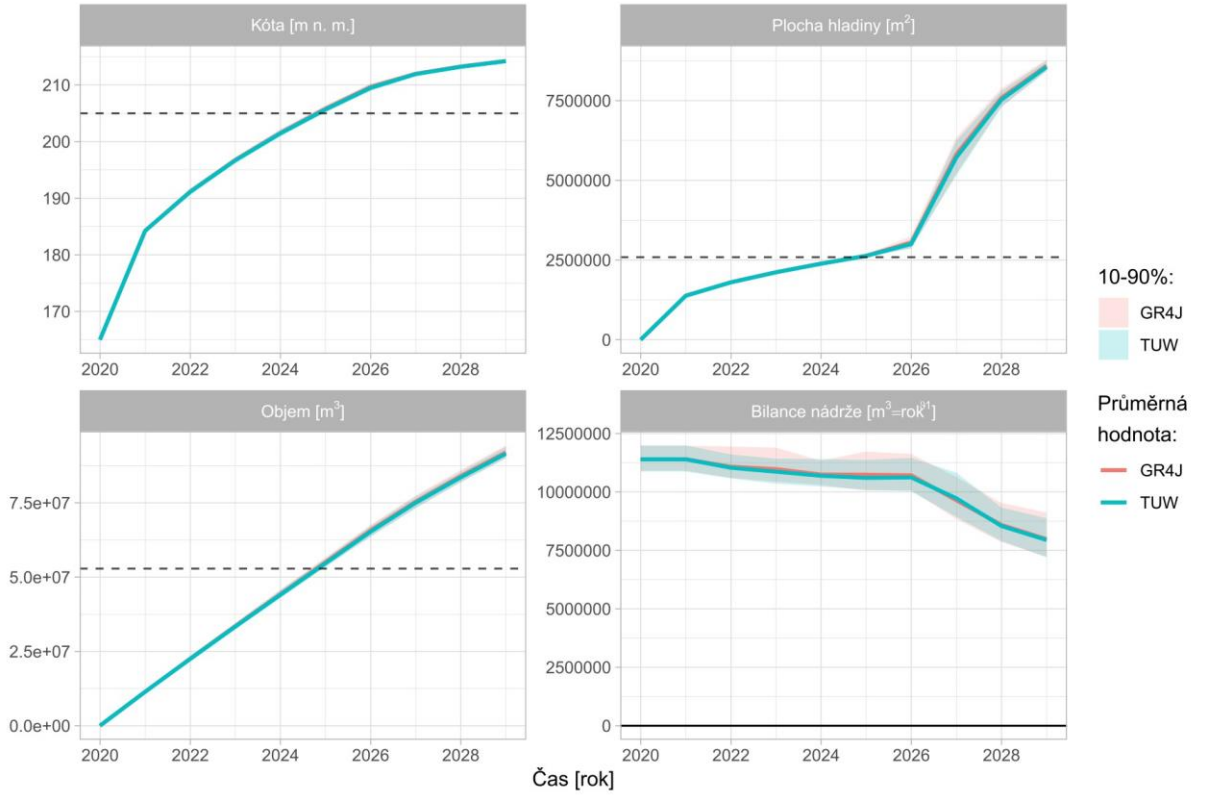
Obrázek 90. Simulace plnění zbytkové jámy lomu Vršany s HG přítokem 24 l/s

8.3.2.3. Plnění nádrže s dotací vody z Ohře

Obrázek 91 ukazuje plnění zbytkové jámy lomu Vršany celkovým odtokem z povodí a externí dotací z řeky Ohře, která činí 350 l/s. Hodnoty batymetrických veličin při plnění nádrže bez externí dotace uvádí Tabulka 60 v příloze C na str. 329. Z použitých 300letých resamplovaných dat je prezentováno pouze prvních 10 let.

Plnění nádrže začíná na kótě 165,0 m n. m. Z obrázku je patrné, že s navrženou externí dotací bylo požadované kóty hladiny 205,0 m n. m. dosaženo cca za 5 let od začátku plnění nádrže. Graf bilance nádrže (viz Obrázek 91 vpravo dole) ukazuje velmi výraznou pozitivní bilanci v rámci plnění nádrže. K výraznějšímu poklesu dochází kolem roku 2026, který je spojen se zvýšením plochy hladiny nad kótou 210,0 m n. m.

Varianty plnění s externí dotací z Ohře a hydrogeologických přítoků zde nejsou prezentovány, protože výsledná rychlost plnění se téměř shoduje s variantou, která bere v úvahu pouze externí dotaci z Ohře.

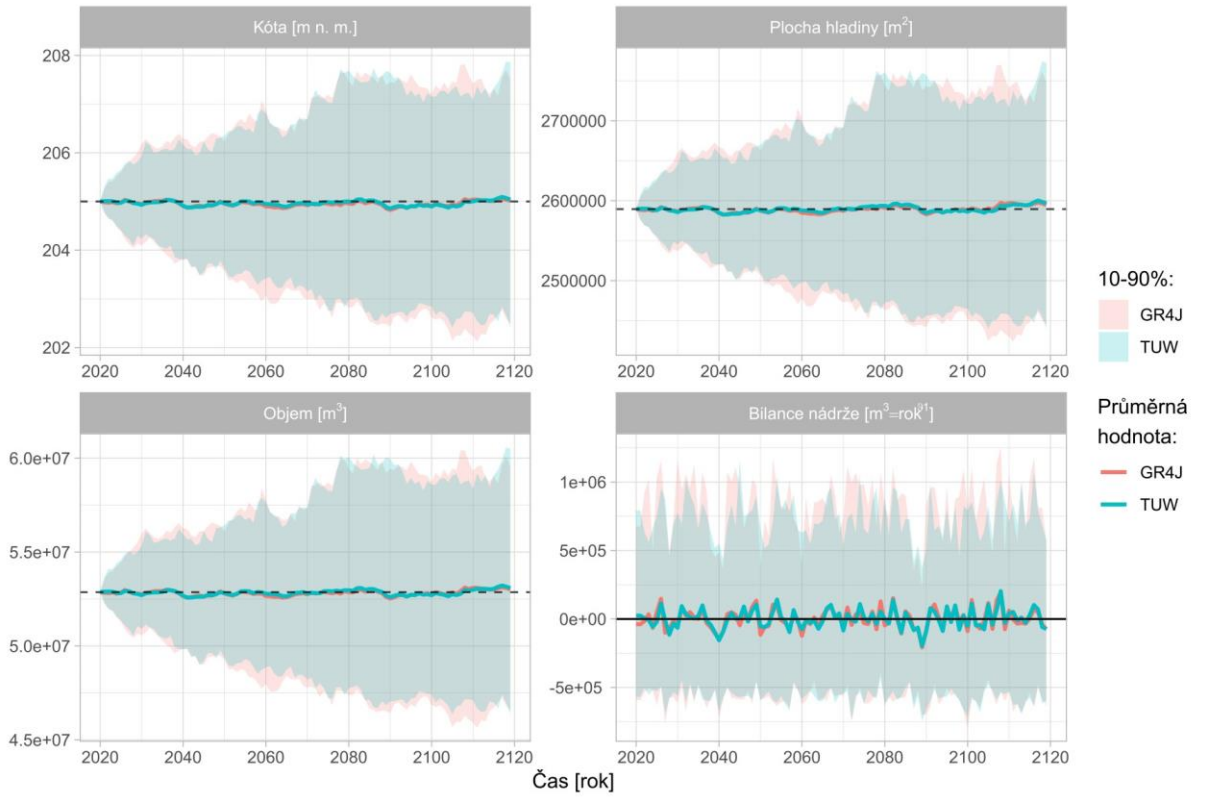


Obrázek 91. Simulace plnění zbytkové jámy lomu Vršany (10letý úsek z 300leté řady) s dotací 350 l/s z řeky Ohře

8.3.2.4. Stanovení externí dotace pro udržení hladiny na požadované úrovni

Obrázek 92 ukazuje teoretický vývoj nadmořské výšky hladiny zatopené zbytkové jámy lomu Vršany od počáteční kóty 205,0 m n. m. (požadovaná hladina) na resamplovaných datech při externí dotaci 12,2 l/s (model GR4J), resp. 14,2 l/s (model TUW). Externí dotace pro modely byly stanoveny iteračně.

Obrázek 92 ukazuje, že zvolené hodnoty externí dotace do zbytkové jámy jsou dostatečné pro udržení hladiny na požadované úrovni v prezentovaném horizonu (100 let). Aritmetický průměr kóty hladiny kolísal v rozmezí hodnot 204,7–205,2 m n. m. pro simulace spojené s modelem GR4J a v rozmezí 204,8–205,3 m n. m. pro simulace spojené s modelem TUW.



Obrázek 92. Simulace vývoje hladiny ve zbytkové jámě lomu Vršany (100letý úsek z 300leté řady) od počáteční kóty 205,0 m n. m. s externím napouštěním 12,2 l/s pro GR4J a 14,2 l/s pro TUW

8.3.3. Plnění a bilance nádrže v rámci klimatické změny

V této kapitole jsou uvedeny výsledky teoretického plnění zbytkové jámy lomu Vršany v rámci klimatické změny na základě dvou uvažovaných řešení (bez externí dotace, s externí dotací) a dále teoretický vývoj hladiny v nádrži s externí dotací. V rámci externí dotace při plnění byl uvažován jednak pouze hydrogeologický přítok (dále v textu a obrázcích jen jako HG přítok) s odhady 12 l/s a 24 l/s (jak bylo stanoveno v kap 8.3.1). Všechny uvedené alternativy byly řešeny na základě vybrané resamplované časové řady ovlivněné klimatickou změnou (celkově 44 scénářových simulací, viz Tabulka 9 na str. 39) uvažovanou pro období blízké (2020–2050) i vzdálené budoucnosti (2070–2100).

Vybraná resamplovaná řada (jeden sample – S), která byla ovlivněna klimatickou změnou uvažovanou v blízké a vzdálené budoucnosti, je dále v textu i obrázcích nazývána S^{xl}_{20-50}, resp. S^{xl}_{70-100},, kde *x* je délka prezentovaného období (10 let, 100 let, 300 let).

Počátek plnění zbytkové jámy byl účelově stanoven na 1. 1. 2020, toto datum bylo následně použito jako počátek simulací spojených s teoretickým vývojem hladiny ve zbytkové jámě.

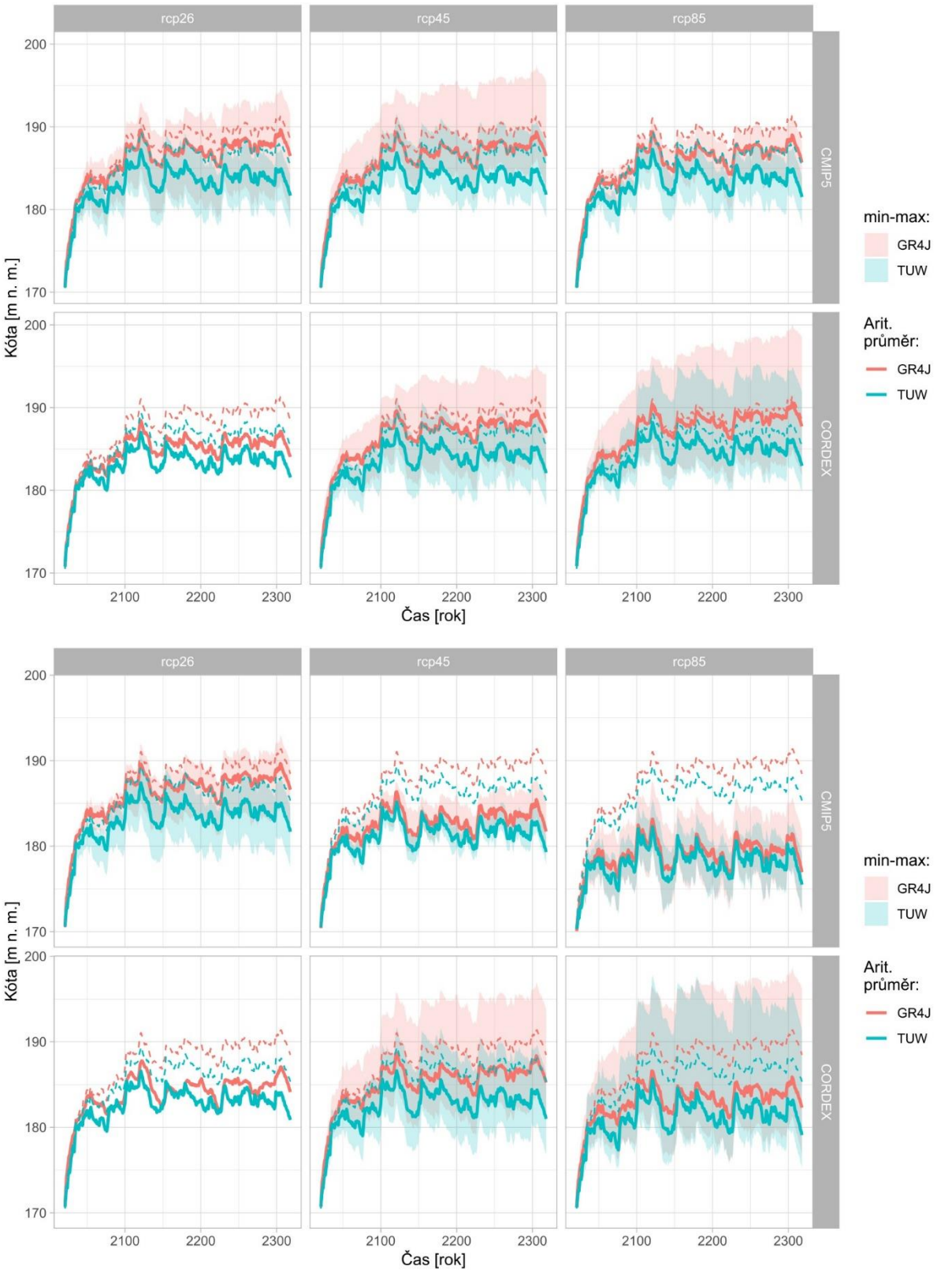
V rámci řešení plnění a bilance nádrže byly uvažovány jednak ztráty výparem z volné hladiny (metoda dle VÚV1) a dále ostatní ztráty, které byly kvantifikovány pro jezero Most (0,3 mm/den). Výsledky jsou prezentovány graficky, a to pouze v podobě vývoje úrovně hladiny v nádrži a jejich struktura je stejná jako v kapitole 6.4.5. Barevný polygon v obrázcích zobrazuje rozsah minima a maxima ze simulací všech klimatických modelů, spojitá čára pak aritmetický průměr z těchto simulací. Simulace spojené s neovlivněnou časovou řadou (dále jako referenční simulace) jsou vykresleny přerušovanou čárou. Ve všech níže uvedených grafech jsou červeně zobrazeny simulace spojené s modelem GR4J, modře jsou výsledky modelu TUW, černá přerušovaná čára je požadovaná hladina 205,0 m n. m. (pouze v grafech, kde je to vhodné).

8.3.3.1. Plnění nádrže bez externí dotace

Obrázek 93 ukazuje plnění zbytkové jámy lomu Vršany ze simulací S_{20-50}^{300l}, resp. S_{70-100}^{300l}. Plnění nádrže začíná na kótě 165,0 m n. m. Pro S_{20-50}^{300l} a simulace spojené s modelem GR4J je na konci prezentovaného období dosaženo v průměru kóty hladiny 184,1 m n. m. (CORDEX s RCP2.6) až 187,7 m n. m. (CORDEX s RCP8.5). Pro model TUW to je 181,5 m n. m. (CMIP5 s RCP8.5) až 183,0 m n. m. (CORDEX s RCP8.5). V porovnání s referenční časovou řadou byl na konci 300letého období zaznamenán pokles v průměru o 0,8–4,4 m pro simulace spojené s modelem GR4J, resp. o 2,3–3,8 m pro model TUW.

Pro S_{70-100}^{300l} a simulace spojené s modelem GR4J je na konci prezentovaného období dosaženo v průměru kóty hladiny 177,0 m n. m. (CMIP5 s RCP8.5) až 186,6 m n. m. (CMIP5 s RCP2.6). Pro model TUW to je 175,5 m n. m. (CMIP5 s RCP8.5) až 181,7 m n. m. (CMIP5 s RCP2.6). V porovnání s referenční časovou řadou byl na konci 300letého období zaznamenán pokles v průměru o 1,9–11,5 m pro simulace spojené s modelem GR4J, resp. o 3,6–9,8 m pro model TUW.

Při plnění zbytkové jámy celkovým odtokem z jejího povodí simulovaným na základě řady S_{20-50}^{300l}, resp. S_{70-100}^{300l} a přímou srážkou na hladinu nebylo dosaženo požadované kóty hladiny 205,0 m n. m. Pomocí stanovení přímek trendů byly zjištěny ustálené hladiny v nádrži pro jednotlivé scénářové simulace. Tyto uvádí Tabulka 69 v příloze D na str. 338.



Obrázek 93. Plnění zbytkové jámy lomu Vršany na základě $\mathbf{S}_{\mathbf{20-50}}^{\mathbf{300}\boldsymbol{l}}$ (nahoře) a $\mathbf{S}_{\mathbf{70-100}}^{\mathbf{300}\boldsymbol{l}}$ (dole), referenční simulace jsou přerušovanou čárou

8.3.3.2. Plnění nádrže s hydrogeologickým přítokem

Obrázek 94 a Obrázek 95 ukazují plnění zbytkové jámy lomu Vršany ze simulací pro S_{20-50}^{300l}, resp. S_{70-100}^{300l} s HG přítokem 12 l/s a S_{20-50}^{300l}, resp. S_{70-100}^{300l} s HG přítokem 24 l/s. Plnění nádrže začíná na kótě 165,0 m n. m.

Pro S_{20-50}^{300l} a dotaci 12 l/s je na konci prezentovaného období dosaženo v průměru kóty hladiny 197,0 m n. m. (CORDEX s RCP2.6) až 200,1 m n. m. (CORDEX s RCP8.5) pro simulace spojené s modelem GR4J. Simulace s TUW dosáhly kóty 193,7 m n. m. (CMIP5 s RCP8.5) až 195,8 m n. m. (CORDEX s RCP8.5). V porovnání s referenční simulací byl na konci 300letého období zaznamenán pokles v průměru o 2,5–5,6 m u simulací spojených s modelem GR4J, resp. o 4,1–6,2 m u simulací s TUW.

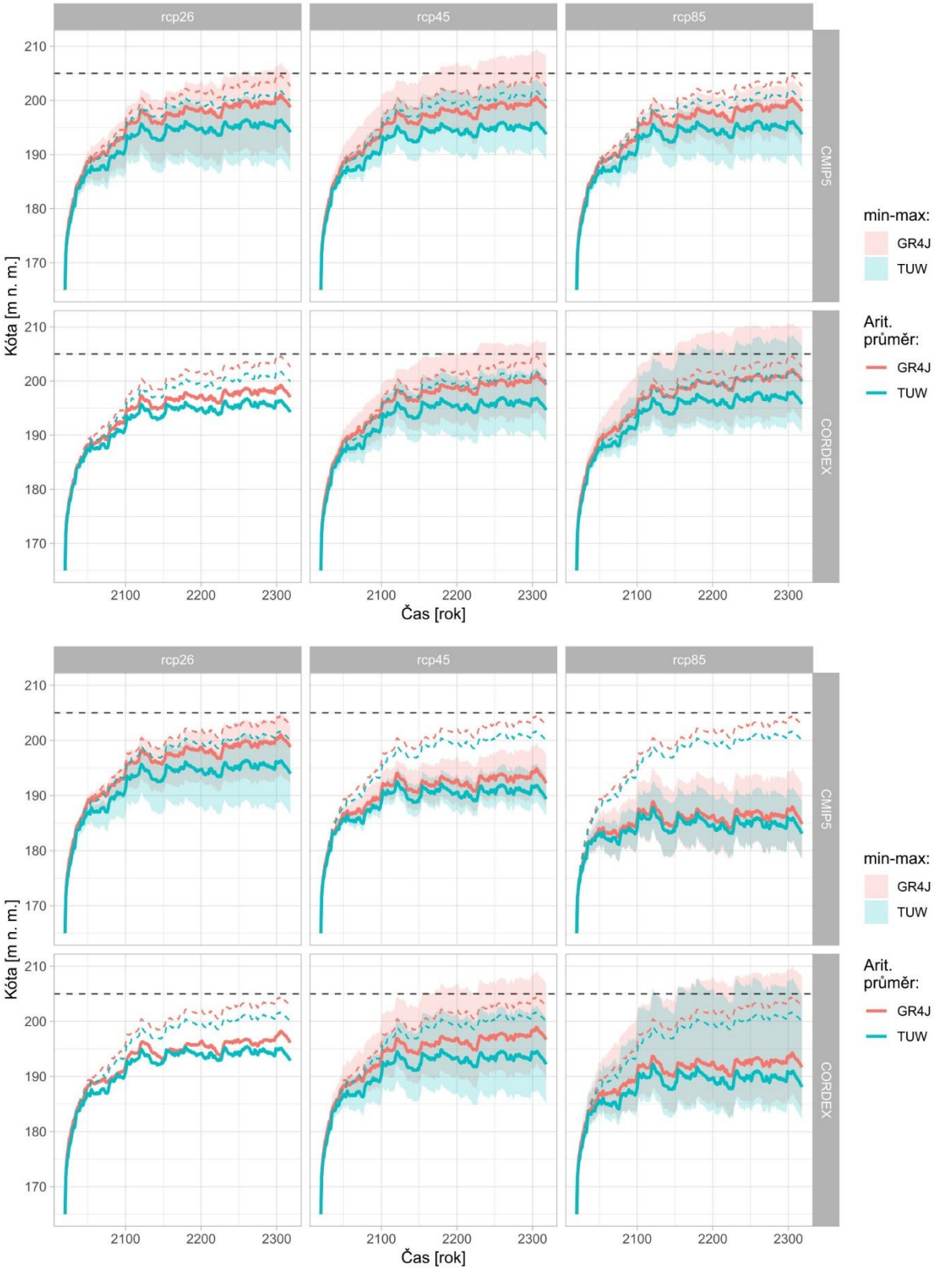
Pro S_{20-50}^{300l} a dotaci 24 l/s je na konci prezentovaného období dosaženo v průměru kóty hladiny 207,2 m n. m. (CORDEX s RCP2.6) až 208,4 m n. m. (CORDEX s RCP8.5) pro simulace spojené s modelem GR4J. Simulace s TUW se dostaly na kótu 204,8 m n. m. (CMIP5 s RCP4.5) až 206,8 m n. m. (CORDEX s RCP8.5). V porovnání s referenční simulací byl na konci 300letého období zaznamenán pokles v průměru o 1,0–2,2 m u simulací spojených s modelem GR4J, resp. o 2,5–4,5 m u simulací s TUW.

Pro řadu S_{70-100}^{300l} a dotaci 12 l/s je na konci 300leté řady dosaženo v průměru kóty hladiny 184,8 m n. m. (CMIP5 s RCP8.5) až 198,8 m n. m. (CMIP5 s RCP2.6) pro simulace spojené s modelem GR4J. Simulace s TUW se dostaly na kótu 183,1 m n. m. (CMIP5 s RCP8.5) až 194,0 m n. m. (CMIP5 s RCP2.6). V porovnání s referenční simulací byl na konci 300letého období zaznamenán pokles v průměru o 3,6–17,8 m u simulací spojených s modelem GR4J, resp. o 5,9–16,8 m u simulací s TUW.

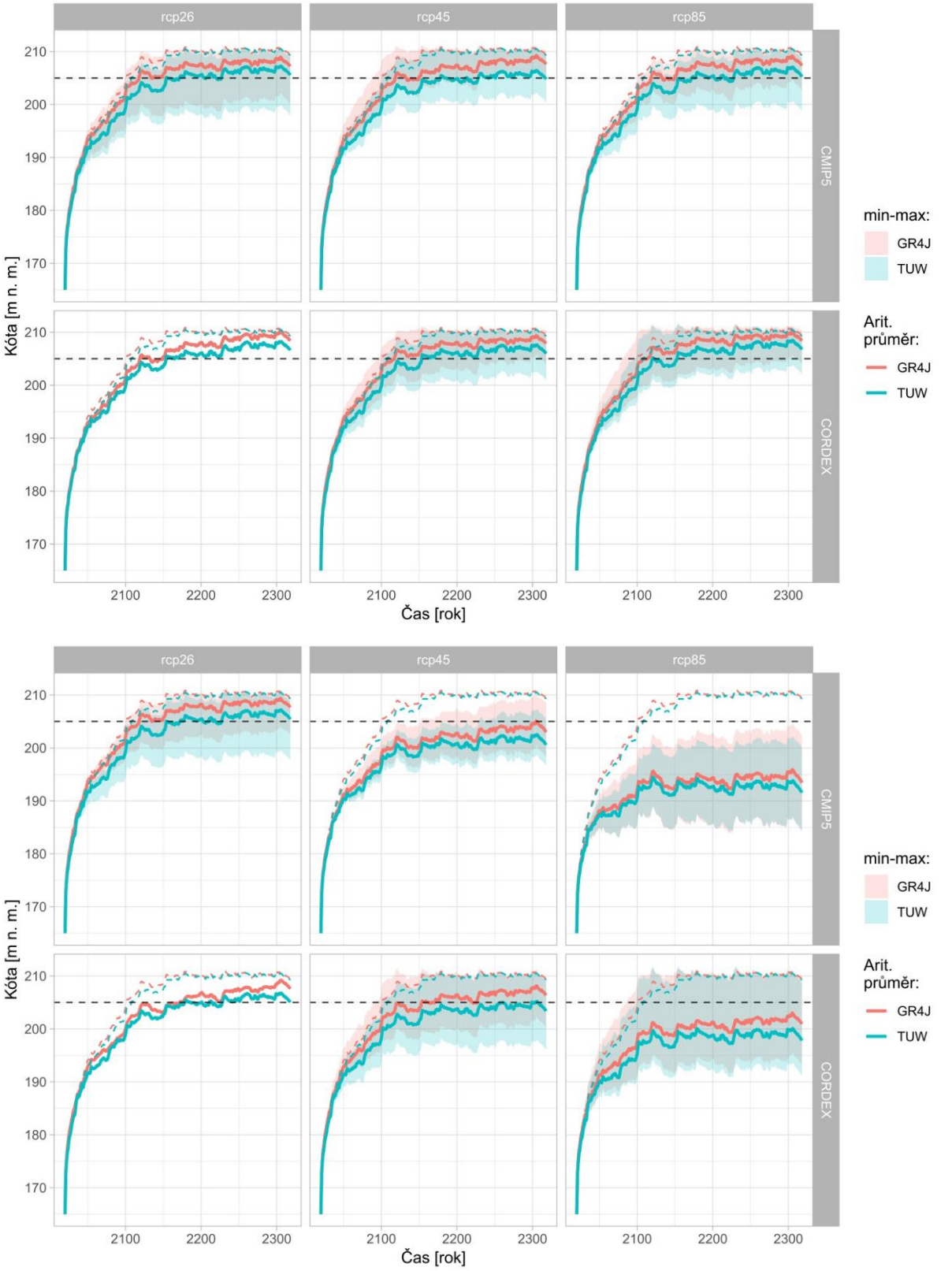
Pro řadu S_{70-100}^{300l} a dotaci 24 l/s je na konci 300leté řady dosaženo v průměru kóty hladiny 193,4 m n. m. (CMIP5 s RCP8.5) až 207,7 m n. m. (CMIP5 s RCP2.6) pro simulace spojené s modelem GR4J. Simulace s TUW se dostaly na kótu 191,6 m n. m. (CMIP5 s RCP8.5) až 205,4 m n. m. (CMIP5 s RCP2.6). V porovnání s referenční simulací byl na konci 300letého období zaznamenán pokles v průměru o 1,7–16,0 m u simulací spojených s modelem GR4J, resp. o 3,9–17,7 m u simulací s TUW.

Při plnění zbytkové jámy celkovým odtokem z jejího povodí simulovaným na základě řady S_{20-50}^{300l}, resp. S_{70-100}^{300l} přímou srážkou na hladinu a HG přítokem 12 l/s nebylo v prezentovaném období dosaženo požadované kóty hladiny 205,0 m n. m. Pomocí stanovení přímek trendů byly zjištěny ustálené hladiny v nádrži pro jednotlivé varianty scénářů a modelů s HG přítokem 12 l/s. Tyto uvádí Tabulka 70 v příloze D na str. 339.

HG přítok 24 l/s byl v kombinaci s přímou srážkou na hladinu a simulací na základě řady S_{20-50}^{300l} dostatečný k dosažení požadované kóty 205 m n. m. za 101–131 let od začátku napouštění zbytkové jámy. V případě simulací založených na řadě S_{70-100}^{300l} byl tento HG přítok, v kombinaci s přímou srážkou na hladinu, dostatečný pouze pro scénář RCP2.6 z regionálních i globálních modelů, kdy k dosažení kóty 205,0 m n. m. došlo za 101–131 let.



Obrázek 94. Plnění zbytkové jámy lomu Vršany na základě $\mathbf{S}_{\mathbf{20-50}}^{\mathbf{300}\boldsymbol{l}}$ (nahoře) a $\mathbf{S}_{\mathbf{70-100}}^{\mathbf{300}\boldsymbol{l}}$ (dole) s HG přítokem 12 l/s, referenční simulace jsou přerušovanou čárou



Obrázek 95. Plnění zbytkové jámy lomu Vršany na základě $\mathbf{S}_{20-50}^{300l}$ (nahoře) a $\mathbf{S}_{70-100}^{300l}$ (dole) s HG přítokem 24 l/s, referenční simulace jsou přerušovanou čárou

8.3.3.3. Plnění nádrže s dotací vody z Ohře

Obrázek 96 ukazuje plnění zbytkové jámy lomu Vršany ze simulací pro S_{20-50}^{10l} a S_{70-100}^{10l} s externí dotací z řeky Ohře, která činí 350 l/s. Plnění nádrže začíná na kótě 165,0 m n. m. Z obrázku je patrné, že s navrženou externí dotací bylo požadované kóty hladiny, tj. 205,0 m n. m., dosaženo cca za 5 let od začátku plnění nádrže pro všechny simulace scénářů z regionálních i globálních modelů.

Varianty plnění nádrže při klimatické změně s externí dotací z Ohře a hydrogeologických přítoků zde nejsou prezentovány, protože výsledná rychlost plnění se téměř shoduje s variantou, která bere v úvahu pouze externí dotaci z Ohře.

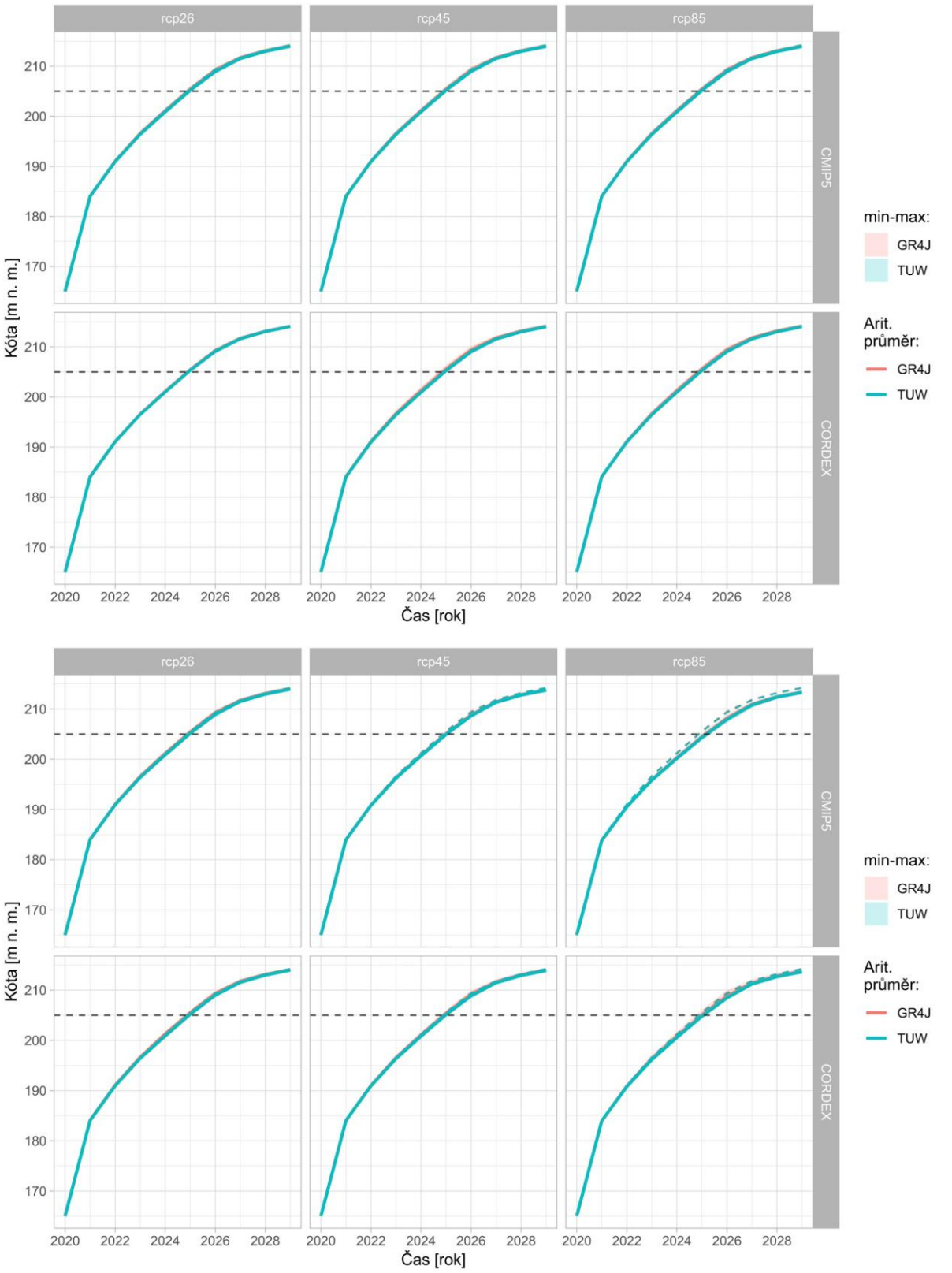
8.3.3.4. Stanovení externí dotace pro udržení hladiny na požadované úrovni

Obrázek 97 ukazuje teoretický vývoj nadmořské výšky hladiny zatopené zbytkové jámy lomu Vršany od počáteční kóty 205,0 m n. m. (požadovaná hladina) ze simulací na řadě S_{20-50}^{100l} při externích dotacích 17,9 l/s (model GR4J) a 21,4 l/s (model TUW). Pro S_{70-100}^{100l} jsou nutné externí dotace 24,9 l/s (model GR4J) a 27,8 l/s (model TUW). Hodnoty potřebných dotací byly stanoveny iteračně pro scénář RCP4.5 z projektu CMIP5. V simulacích pro blízkou budoucnost pokrývají takto stanovené hodnoty všechny prezentované varianty scénářů. V simulacích pro vzdálenou budoucnost jsou hodnoty externích dotací dostatečné v případě RCP2.6 i RCP4.5 u regionálních i globálních modelů. Nedostatečné jsou hodnoty dotací ve variantě se scénářem RCP8.5.

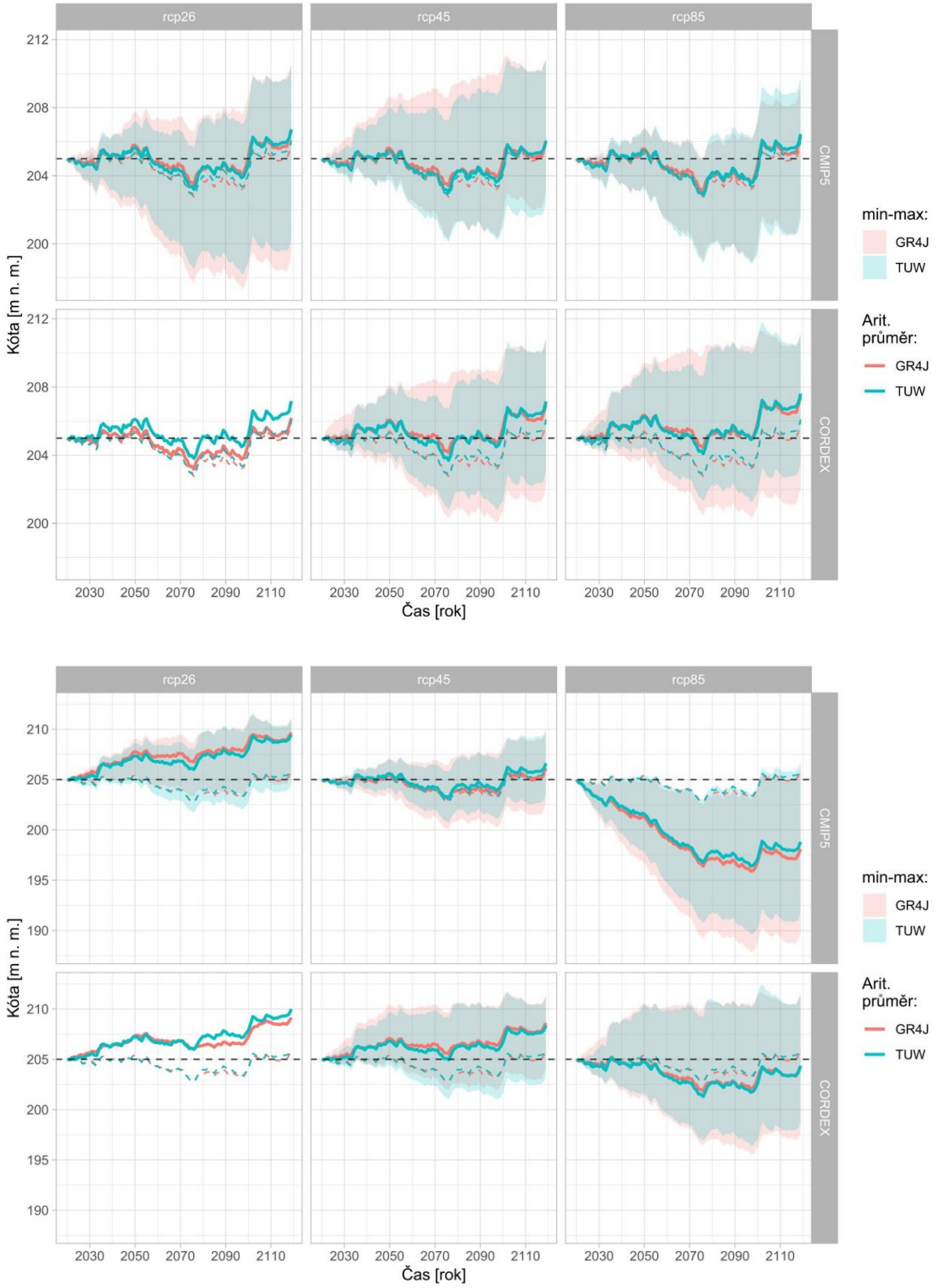
V případě S_{20-50}^{100l} je externí dotace dostatečná pro všechny scénáře globálních modelů (CMIP5) a scénář RCP2.6 z regionálního modelu (CORDEX), kdy aritmetický průměr kóty hladiny kolísal v rozmezí 203,1–206,7 m n. m. (GR4J) a v rozmezí 202,8–207,1 m n. m. (TUW). Simulace u ostatních kombinací scénářů a klimatických modelů jsou v důsledku stanovené externí dotace mírně nadhodnoceny. Aritmetický průměr kóty hladiny na konci 100letého období kolísal v rozmezí 206,9–207,4 m n. m. u simulací spojených s modelem GR4J, resp. v rozmezí 207,4–207,6 m n. m. u simulací s modelem TUW.

Pro S_{70-100}^{100l} je externí dotace dostatečná pro simulace globálních modelů se scénářem RCP4.5, kdy aritmetický průměr kóty hladiny kolísal v rozmezí 203,1–206,1 m n. m. (GR4J), resp. v rozmezí 203,2–206,6 m n. m. (TUW). Simulace regionálních i globálních modelů se scénářem RCP2.6 a simulace regionálních modelů se scénářem RCP4.5 jsou v důsledku externí dotace mírně nadhodnoceny. Aritmetický průměr kóty

hladiny na konci 100letého období kolísal v rozmezí 206,9–208,0 m n. m. (GR4J), resp. V rozmezí 206,9–207,8 m n. m. (TUW). Pro simulace regionálních i globálních modelů se scénářem RCP8.5 je externí dotace nedostatečná. Aritmetický průměr kóty hladiny poklesl na konci prezentovaného období na 195,9–202,3 m n. m. (GR4J), resp. na 196,4–201,9 m n. m. (TUW).



Obrázek 96. Plnění zbytkové jámy lomu Vršany na základě $\mathbf{S}_{\mathbf{20-50}}^{\mathbf{10}l}$ (nahoře) a $\mathbf{S}_{\mathbf{70-100}}^{\mathbf{10}l}$ (dole) s dotacemi 350 l/s z řeky Ohře, referenční simulace jsou přerušovanou čárou



Obrázek 97. Vývoj hladiny ve zbytkové jámě lomu Vršany pro $\mathbf{S}_{\mathbf{20-50}}^{\mathbf{100}\boldsymbol{l}}$ při externích dotacích 17,9 l/s – GR4J a 21,4 l/s – TUW (nahoře) a pro $\mathbf{S}_{\mathbf{70-100}}^{\mathbf{100}\boldsymbol{l}}$ při externích dotacích 24,9 l/s – GR4J a 27,8 l/s – TUW (dole). Referenční simulace jsou přerušovanou čárou

8.4. Návrh optimálního způsobu zatápění zbytkové jámy na základě technicko-ekonomického posouzení variantních možností

Cílem této kapitoly je doporučit optimální způsob zatápění zbytkové jámy, a to na základě posouzení základních parametrů zatápění zbytkové jámy lomu Vršany, které jsou navrženy v aktuálně platném souhrnném plánu sanací a rekultivací. Toto řešení je bráno jako výchozí varianta. Předmětem posouzení je prověřit, zda vodohospodářské řešení navrhované ve výchozí variantě je tím nejlepším řešením v kontextu závěrů a zjištění uvedených v předchozích kapitolách. Prověřována není jen vlastní technická proveditelnost jednotlivých opatření, ale rovněž existence jiných, alternativních řešení. V případě identifikace alternativního řešení je takové řešení technicky a ekonomicky vyhodnoceno ve vztahu k původnímu, výchozímu řešení. Prověřovány jsou dva klíčové aspekty vodohospodářského řešení zatápění zbytkové jámy:

- disponibilita zdrojů vody pro zatápění, a to na základě rešerše vstupních podmínek a dále pak předchozích studií zpracovaných v rámci projektu VITA-MIN [4][9],
- cílová hladina jezera ve zbytkové jámě, a to zejména na základě matematického modelování hydrologické bilance provedené v rámci této studie (viz kapitola 8.3).

Základní parametry jezera ve zbytkové jámě lomu Vršany podle aktuálně platného souhrnného plánu sanace a rekultivace [6] uvádí následující tabulka.

Tabulka 16. Základní parametry jezera ve zbytkové jámě lomu Vršany [5]

plocha vodní hladiny	263,46 ha
kóta vodní hladiny	205,0 až 206,0 m n. m.
objem vody v jezeru	44,820 mil. m^3
délka břehové linie	6 869 m
průměrná hloubka	17, 0 m
maximální hloubka	40,0 m
charakter jezera	neprůtočné
odtok vody z jezera	-
způsob napouštění	čerpaná voda
hlavní zdroj napouštěcí vody	PVN

předpokládaný objem napouštěcí vody z hlavního zdroje	11,232 m^3/rok
doplňkový zdroj napouštěcí vody	• přítoky z vlastního povodí
předpokládaný objem napouštěcí vody z doplňkového zdroje	• N/A
způsob přívodu napouštěcí vody	napouštěcím korytem z PVN
očekávaná doba zatápění	4 roky
předpokládaný termín zatápění	2057–2061

8.4.1. Disponibilita zdrojů vody pro zatápění

Z hlediska zdrojů napouštěcí vody uvažuje výchozí varianta s jediným dostupným zdrojem vody, kterým je čerpaná voda z Ohře prostřednictvím PVN. Možnost přivedení povrchové vody do zbytkové jámy gravitačním způsobem z okolních vodotečí neexistuje, neboť v blízkém okolí se žádný vhodný tok nenalézá.

Výchozí varianta počítá s tím, že zbytková jáma bude zatopena povrchovou vodou odebíranou z PVN, který prochází v blízkosti budoucí zbytkové jámy. Množství odebrané vody se předpokládá ve výši 11,232 mil. m^3 ročně, tj. přibližně 0,350 m^3/s. Odebraná voda z PVN by do zbytkové jámy měla být přivedena otevřeným příkopem v délce 0,92 km.

Z hlediska navrhované výše odběru vody v průměrné výši 0,350 m^3/s je možné konstatovat, že se jedná o reálnou výši. PVN se využíval pro zatápění jezera Most, kdy se z něj odebíralo i třikrát větší množství vody, než se počítá pro zatápění jezera Vršany.

Podmínkou odběru vody z PVN pro účely zatápění zbytkové jámy je jeho provozuschopnost v době ukončení těžby lomu Vršany, tj. kolem roku 2057. Kvalitativně se jedná o bezproblémový zdroj vody, jak se potvrdilo i při zatápění jezera Most.

V rámci simulací zatápění zbytkové jámy celkovým odtokem z jejího povodí, přímou srážkou na hladinu a dotací 350 l/s z Ohře bylo dosaženo požadované kóty hladiny 206,0 m n. m. za cca 5 let od začátku napouštění, a to i při simulacích plnění zbytkové jámy v rámci scénářů klimatické změny. To je o jeden rok déle, než předpokládá výchozí varianta. Množství vody odebrané z PVN by za 5 let dosáhlo 55,188 mil. m^3. V případě, že bude zbytková jáma zatápěna na úroveň 206 m n. m., pak **doporučujeme v tomto smyslu upravit plán rekultivace**. Pokud by se zatápělo na nižší úroveň (viz další kapitola), doba zatápění by se výrazně zkrátila a s tím i objem napuštěné vody.

8.4.2. Cílová hladina jezera ve zbytkové jámě

Výchozí varianta navrhuje jezero s provozní hladinou na úrovni 205,0 až 206,0 m n. m. (pro účely modelování byla uvažována kóta 205 m n. m.). Podle propočtů provedených v plánu rekultivace by se v tomto rozmezí kót měla ustálit hladina jezera.

V rámci matematického modelování hydrologické bilance bylo zjištěno, že při plnění zbytkové jámy celkovým odtokem z jejího povodí a přímou srážkou na hladinu není možné dosáhnout požadované kóty hladiny 205,0 m n. m. Pro simulace s modelem GR4J byla identifikována ustálená hladina v průměru na úrovni 190,5 m n. m. a pro simulace modelu TUW byla v průměru na úrovni 188,2 m n. m. Ustálené hladiny bylo dosaženo za více než 300 let pro oba modely. Dále bylo vypočteno, že k udržení hladiny jezera na požadované kótě 205,0 m n. m. je za stávajících klimatických podmínek zapotřebí průměrné externí dotace ve výši 12,2 l/s (model GR4J) a 14,2 l/s (model TUW).

Jelikož při porovnávání simulovaného přítoku do prostoru lomové jámy s objemy čerpaných vod z jámy byl identifikován určitý hydrogeologický přítok nad rámec celkového přítoku z povodí, byly pro jistotu provedeny i simulace kalkulující s tímto přítokem. Simulace byly provedeny ve dvou variantách HG přítoku – 24 l/s a 12 l/s.

Při plnění zbytkové jámy celkovým odtokem z povodí, HG přítokem a přímou srážkou na hladinu nebylo pro variantu s HG přítokem 12 l/s dosaženo za 300 let požadované kóty hladiny 205,0 m n. m. V případě varianty s HG přítokem 24 l/s bylo požadované hladiny dosaženo za 86–96 let. Pro simulace s GR4J ve variantě s HG přítokem 12 l/s byla identifikována ustálená hladina v průměru na úrovni 204,9 m n. m. a pro simulace s TUW na úrovni 202,4 m n. m. Ustálené hladiny bylo dosaženo za více než 300 let pro oba modely. Pro simulace s GR4J ve variantě s HG přítokem 24 l/s nebyla ustálená hladina identifikována, jelikož se nachází mimo horní hranici použité batymetrie (výše než 215 m n. m.).

V případě simulací zohledňující scénáře klimatické změny vychází ustálená hladina v jezeře na úrovni 184,8 až 189,0 m n. m. (blízká budoucnost), resp. 181,7 až 188,1 m n. m. (vzdálená budoucnost), a to v závislosti na použitém modelu a scénáři nárůstu koncentrace skleníkových plynů. Průměrná externí dotace nutná k udržení požadované hladiny na kótě 205,0 m n. m. v rámci klimatické změny na úrovni blízké budoucnosti pro RCP4.5 a globální modely CMIP5 byla spočtena na 17,9 l/s (GR4J) a 21,4 l/s (TUW). Tyto průměrná externí dotace jsou dostatečné pro všechny scénáře regionálních i globálních klimatických modelů. Průměrná externí dotace nutná k udržení

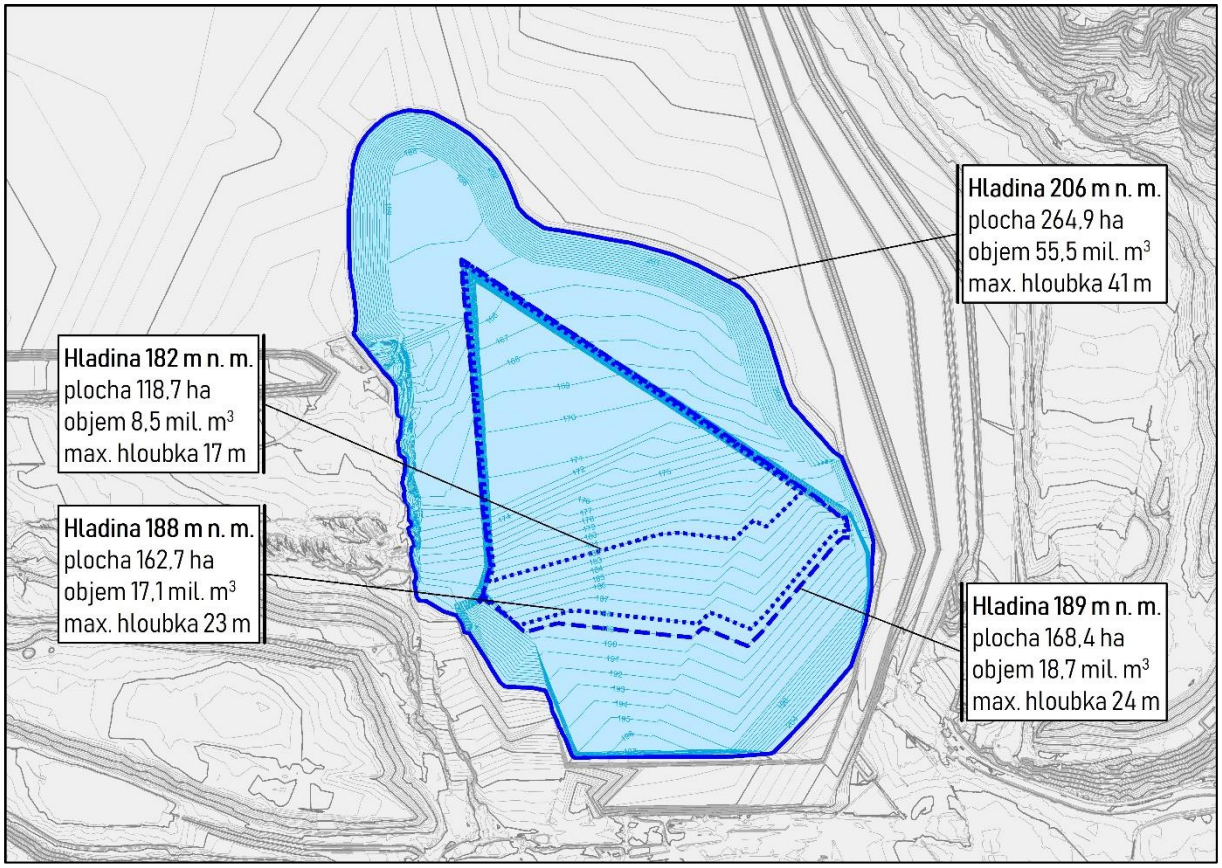
požadované hladiny na kótě 205,0 m n. m. v rámci klimatické změny na úrovni vzdálené budoucnosti pro RCP4.5 a globální modely CMIP5 byly vypočteny na 24,9 l/s (GR4J) a 27,8 l/s (TUW). Tyto průměrné externí dotace byly dostatečné pro scénáře RCP2.6 a RCP4.5 regionálních i globálních klimatických modelů, ale pro scénář RCP8.5 obou typů klimatických modelů byla nedostatečná.

Při simulacích plnění zbytkové jámy v rámci scénářů klimatické změny s HG přítokem 12 l/s nebylo dosaženo požadované kóty hladiny 205,0 m n. m. Hladina v jezeře se ustálila na úrovni 196,0 až 201,2 m n. m. (blízká budoucnost), resp. 186,7 až 199,6 m n. m. (vzdálená budoucnost), a to v závislosti na použitém modelu a scénáři nárůstu koncentrace skleníkových plynů. Při simulacích plnění zbytkové jámy v rámci scénářů klimatické změny s HG přítokem 24 l/s bylo požadované kóty 205,0 m n. m. dosaženo za cca 101–131 let (všechny scénáře spojené s blízkou budoucností a RCP2.6 spojené se vzdálenou budoucností).

Na základě výsledků matematických simulací lze konstatovat, že z hlediska cílové úrovně hladiny jezera ve zbytkové jámě je výchozí varianta realizovatelná jen za předpokladu, že do jezera bude zajištěn externí přítok ve výši 12,2 l/s až 14,2 l/s za stávajících klimatických podmínek. S ohledem na předpokládané zahájení zatápění zbytkové jámy až po roce 2050 je vhodnější v souvislosti s klimatickými změnami počítat s externí dotací vyšší, a to 24,9 l/s až 27,8 l/s. Jelikož hydrologické podmínky zájmového území neumožňují jezero dotovat z žádné okolní vodoteče, jedinou možností dotace je hydrogeologický přítok. Ten byl sice odhadnut až na 24 l/s, avšak tato výše odpovídá stávajícím podmínkám. Prognózy hydrogeologické situace po ukončení těžby žádný přítok v takové výši nepředpokládají. V tom případě by podle simulací došlo k ustálení hladiny jezera na nižší úrovni, než předpokládá výchozí varianta. Za stávajících klimatických podmínek by to bylo 188,2 až 190,5 m n. m., při naplnění klimatických scénářů pro vzdálenou budoucnost 181,7 až 188,1 m n. m.

Obrázek 98 rekapituluje v grafické podobě možné scénáře ustálené hladiny v jezeře Vršany ve srovnání s výchozí variantou dle plánu rekultivace. Pro stávající klimatické podmínky je vynesena hladina na úrovni 189 m n. m. Pro simulace založené na klimatických scénářích jsou vyneseny maximální (188 m n. m.) a minimální (182 m n. m.), které představují rozpětí všech použitých modelů a scénářů klimatické změny. Pro

každou hladinu jsou uvedeny základní parametry – plocha hladiny, objem zadržené vody a maximální hloubka.



Obrázek 98. Scénáře ustálené hladiny jezera Vršany ve srovnání s výchozí variantou

8.5. Závěrečné shrnutí a doporučení optimalizace stávajících koncepcí

Bezproblémový postup lomu Vršany je podmíněn odvodňováním několika hydrogeologických kolektorů, z nichž nejvýznamnějšími jsou podložní písky a svrchní meziložní písky. Zatímco podložní písky jsou odvodňovány čerpacími vrty jihozápadní bariéry, voda ze svrchních meziložních písků je ze skrývkových řezů drénována na dno lomu. Prognózy hydrogeologické situace po ukončení těžby předpokládají, že stávající kolektory budou buďto odtíženy, nebo dostatečně izolovány vnitřní výsypkou od budoucí zbytkové jámy a stávající dotace jámy lomu z těchto kolektorů ustanou. Při postupu lomu Vršany do Hořanského koridoru bude zčásti odtíženo recentní těleso Slatinické výsypky, jejíž zvodnění může být dotováno zasakováním vod z jižních svahů Ryzelu. Dotace povrchových vod do tělesa výsypky je minimalizována vybudováním záchytných příkopů nad budoucí hranou lomu. Po ukončení těžby na lomu Vršany se proto nepředpokládají žádné významnější hydrogeologické přítoky, které by mohly významně ovlivňovat bilanci budoucího jezera.

Lom Vršany se nachází v území historicky poměrně chudém na existenci vodních toků. Zbytková jáma lomu se v době po ukončení těžby kolem roku 2057 bude nacházet mimo dosah vodních toků, které by bylo možné do jámy gravitačně svést. Budoucí zbytková jáma tak bude zcela odkázaná na přítoky vod z vlastního povodí, které bude oproti současné situaci ještě nepatrně zvětšeno v důsledku postupu lomu do Slatinické výsypky.

Po ukončení těžby se podle souhrnného plánu sanace a rekultivace lomu Vršany počítá se zatopením zbytkové jámy na kótu 205,0 až 206,0 m n. m., což by měla být úroveň, na které by se měla přirozeně ustálit vodní hladina. Vzniklé jezero by mělo mít rozlohu 263,5 ha a objem vody 45 mil. m^3. Z důvodu absence povrchových toků v okolí jámy by jezero mělo být na cílovou hladinu napuštěno z Podkrušnohorského vodovodu Nechranice (PVN) odběrem čerpané vody z Ohře v průměrné výši cca 350 l/s, a to v horizontu do 4 let.

Simulace plnění zbytkové jámy lomu Vršany celkovým odtokem z povodí jámy a přímou srážkou na hladinu na 300leté řadě prokázala, že k ustálení hladiny nedojde na uvažované kótě 206,0 m n. m., ale v průměru na kótě **188,2 m n. m.** (model GR4J), resp. **190,5 m n. m.** (model TUW) za více než 300 let od začátku zatápění zbytkové jámy.

Pokud by se jezero napouštělo s externí dotací vody v plánované výši 350 l/s, pak by uvažované kóty hladiny 206,0 m n. m. bylo dosaženo cca do **5 let** od začátku plnění. Nicméně pro trvalé udržení hladiny jezera na hladině 206,0 m n. m. by za **stávajících klimatických podmínek** bylo nutno do jezera dopouštět v průměru **12,2 l/s** (model GR4J), resp. **14,2 l/s** (model TUW).

Při simulaci plnění zbytkové jámy lomu Vršany celkovým odtokem z povodí a přímou srážkou na hladinu založené na klimatických scénářích se hladina jezera ustálila na úrovni **184,8 až 189,0 m n. m.** (blízká budoucnost), resp. **181,7 až 188,1 m n. m.** (vzdálená budoucnost), a to v závislosti na použitém modelu a scénáři nárůstu koncentrace skleníkových plynů. Průměrná externí dotace nutná k udržení hladiny na kótě 206,0 m n. m. v rámci klimatické změny pak vychází na **17,9 až 21,4 l/s** pro blízkou budoucnost, resp. na **24,9 až 27,8 l/s** pro vzdálenou budoucnost.

Z hlediska **disponibility zdrojů povrchové vody** pro zatápění se prokázalo, že s využitím čerpané vody z Ohře je možné zbytkovou jámu lomu Vršany na požadovanou kótu 206 m n. m. napustit v horizontu 5 let. Kapacita i kvality vody v PVN pro účely napouštění byla prověřena už při zatápění jezera Most, kdy odebírané množství bylo až trojnásobně vyšší, než se uvažuje pro jezero Vršany.

Z hlediska **cílové hladiny jezera** je nutno na základě výsledků matematických simulací plnění zbytkové jámy konstatovat, že uvažovaná kóta hladiny jezera neodpovídá ustálené hladině. Ta

za stávajících klimatických podmínek vychází na úrovni cca 189 m n. m., což je o 17 m níže, než uvažuje plán rekultivace. Pokud by došlo k naplnění klimatických scénářů, hladina by se ustálila ještě níže. K ustálení hladiny na vyšší úrovni (nad 200 m n. m.) by došlo pouze, pokud by zbytková jáma byla nadále dotována hydrogeologickým přítokem, který se však po ukončení těžby už nepředpokládá.

Doporučujeme proto plán rekultivace upravit na úroveň, která odpovídá ustálení jezera za stávajících klimatických podmínek. S ohledem na předpokládanou životnost těžby lomu Vršany bude ještě dostatek času cílovou hladinu jezera dodatečně upravit v případě, že vývoj skutečných klimatických podmínek bude směřovat k prognózovaným scénářům či se ukáže, že zbytková jáma bude dotována hydrogeologickým přítokem.

9. POSOUZENÍ STÁVAJÍCÍ KONCEPCÍ HYDRICKÉ REKULTIVACE ZBYTKOVÉ JÁMY DOLU LIBOUŠ

9.1. Vstupní podklady

1. Topografické mapy 1:25 000 Ministerstva obrany ČR. Vojenský geografický a hydrometeorologický úřad Dobruška, 2016.
2. Topografické mapy 1:10 000. Zeměměřičský úřad ČR, 2017.
3. Mapové podklady ČUZK (státní mapy, archivní mapy, ortofotomapy) dostupné on-line přes WMS server.
4. Projekt VITA-MIN. Kompendium stávajících poznatků k hydrologické a hydrochemické problematice zatápění zbytkových jam po těžbě uhlí v SHP. Sweco Hydroprojekt, a. s., květen 2018.
5. Projekt VITA-MIN. Příprava zadání pro řešení problematiky hydrologické a hydrochemické situace SHP z hlediska zatápění zbytkových jam po těžbě uhlí v rámci projektu Vita-Min. R-Princip Most, s. r. o., říjen 2016.
6. Souhrnný plán sanace a rekultivace území dotčeného těžbou DNT. R-Princip Most, s. r. o., prosinec 2018.
7. Projekt VODAMIN. Problematika důlních vod v SHP. Část 1 – Hodnocení monitorovacího systému stařinových vod v prostoru severočeské hnědouhelné pánve v souvislosti s předpokladem omezování čerpání stařinových vod při postupu těžby a uzavírání lomů. Výzkumný ústav pro hnědé uhlí, a. s., prosinec 2013.
8. Manipulační řád čerpací stanice Rašovice, Přivaděče průmyslové vody a Podkrušnohorského přivaděče. Povodí Ohře, s. p., březen 2007, aktualizace leden 2017.
9. Manipulační řád vodohospodářské soustavy náhradních opatření za nádrž Dřínov, Povodí Ohře, s. p., září 2007, aktualizace leden 2017.
10. Vodohospodářská bilance dílčího povodí Ohře, dolního Labe a ostatních přítoků Labe. Povodí Ohře, s. p., 2009–2017.
11. Posouzení hydrogeologických poměrů a vlivu těžby na hydrogeologické a hydrologické poměry v území SD a.s. – DNT. Geologické služby s. r. o., září 2011.
12. Projekt VITA-MIN. Zhodnocení dlouhodobého vývoje kvality vody ve zbytkových jezerech SHP. R-Princip Most, s. r. o., duben 2019.

9.2. Rešerše a zhodnocení výchozích hydrogeologických, hydrografických a hydrologických podmínek

9.2.1. Hydrogeologické podmínky

9.2.1.1. Stařinové systémy

Základní charakteristika stařinových systémů bývalých hlubinných dolů a prognóza jejich dalšího vývoje v souvislosti s postupným ukončováním těžby je obsahem studie zpracované v rámci projektu VODAMIN [7].

V zájmovém území je mnoho bývalých hlubinných dolů se stařinovými systémy, které vznikaly v důsledku rozvoje průmyslu koncem 19. století. Nejvýznamnějšími hlubinnými doly, které ovlivnily proudění důlních vod ve stařinovém systému, jsou důl Václav, důl Ludmila a důl Jan Žižka (Obrázek 99). Stařinové systémy dolů Václav a Jan Žižka spolu nekomunikují a nejsou propojeny s ostatními stařinovými systémy v centrální (mostecko-bílinské) části pánve.

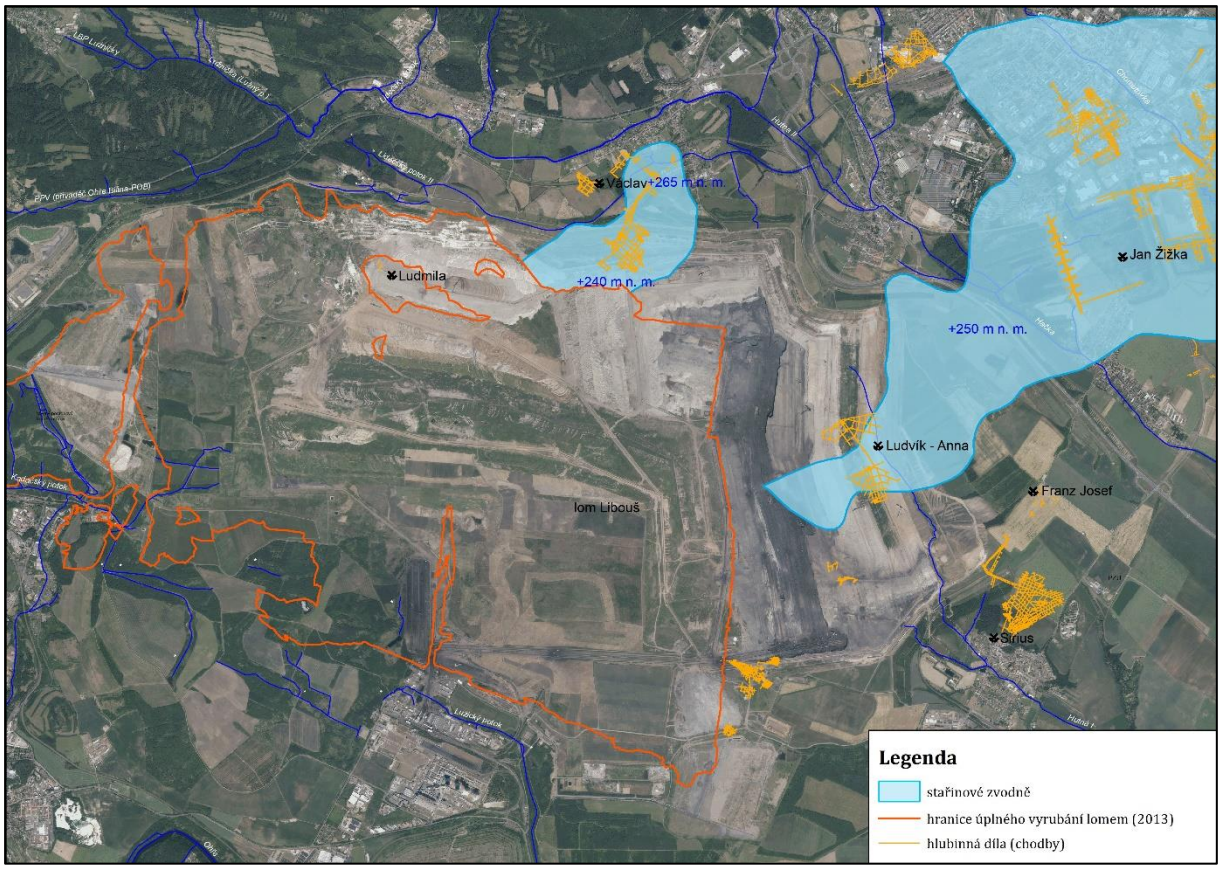
Stařiny dolu Ludmila jsou překryty vnitřní výsypkou a z hlediska hydrogeologického jsou prakticky bezvýznamné.

Stařinový systém dolu Václav byl částečně odtěžen povrchovým lomem a překryt vnitřní výsypkou.

V důsledku zastavení těžby hlubinného dolu Jan Žižka (lokalizován v severovýchodní části zájmového území) došlo k zaplavení jeho stařin a následně dochází k pozvolnému vzestupu hladiny ve sloji východně od hranice dobývacího prostoru. Stařinový systém dolu Jan Žižka nebude povrchovou těžbou zasažen.

Po ukončení těžební činnosti lomu Libouš by měl být stařinový systém dolu Václav i dolu Ludmila překrytý vnitřní výsypkou, a tak izolován od okolního prostředí.

Mezi méně významné bývalé hlubinné doly patří Ludvík-Anna, Sírius a Franz Josef. Z důlních prostor stařin bývalého dolu Ludvík-Anna není zaznamenána žádná umělá drenáž důlních vod (dědičná štola či jímací objekt). Důlní prostory Sírius leží za hranicí dobývacího prostoru Tušimice. Dědičná štola odvodňující důl Sírius je vyústěna v obci Březno. Na hranici dobývacího prostoru Tušimice jsou lokalizovány vydobyté prostory hlubinného dolu Franz Josef. Dolem byla těžena pouze svrchní sloj. Dolové prostory jsou zavaleny a je zde indikována volná hladina podzemní vody ve slojovém hydrogeologickém kolektoru.



Obrázek 99. Situace bývalé těžby a stařinových zvodní, zpracováno dle [7]

9.2.1.2. Hydrogeologické kolektory

Přirozené hydrogeologické poměry této oblasti jsou dlouhodobě změněny těžební činností (nejdříve hlubinnou, později povrchovou). V důsledku postupu uhelného lomu Libouš dochází k postupnému odvodňování jednotlivých kolektorů [7].

Základní charakteristika hydrogeologických kolektorů byla zpracována ve studii Geologických služeb, s. r. o. [11].

Krystalinikum lze charakterizovat jako málo zvodnělý kolektor slabě puklinově propustný, který je částečně izolován kaolinickými zvětralinami. Zvýšená propustnost byla zjištěna pouze v místech tektonického porušení krystalinika. Krystalinické horniny nebudou další těžbou na lomu Libouš obnaženy.

Sloj je rozdělena do třech samostatných uhelných poloh oddělených několik metrů mocnými neuhelnými polohami. Jako slojový kolektor označujeme podzemní vody zjištěné v celém profilu holešických vrstev, tzn. včetně mezilehlých neuhelných písčitých a jílovitých poloh. Infiltrace vod slojového kolektoru je zajišťována přes výchozové partie u Března a částečně přetokem vod z nadložních a podložních hornin. Drenáž slojových vod zajišťuje gravitační odtok do lomu.

Všechny kvartérní sedimenty v těžebním prostoru jsou určeny k odtěžení. Reprezentovány jsou redeponovanými hlínami eolického původu (spraše), fluviální náplavy Hutné a zbytky fosilních teras.

9.2.2. Změny vodohospodářských poměrů

Charakter území v období kolem roku 1954, tedy před rozmachem povrchového dobývání uhlí (Obrázek 101), se v zásadě nezměnil od doby před nástupem průmyslové revoluce, která je zobrazená na kolorovaných mapách I., resp. II. vojenského mapování (Obrázek 100).

Obrázek 100. Zájmové území lomu Libouš v období kolem roku 1850

Zájmové území dnešního lomu Libouš bylo historicky protnuto čtyřmi hlavními vodotečemi – Prunéřovským potokem, Lužickým potokem, Hutnou a Hačkou. Odtok těchto vodotečí byl od úbočí Krušných hor jižním až jihozápadním směrem k řece Ohři, do níž všechny toky ústily. Původně tak celé území dnešního lomu náleželo do povodí řeky Ohře.

Nejzápadněji se v zájmovém území nacházel **Prunéřovský potok**. Ten pramení vysoko v Krušných horách a svůj název nese po bývalé obci Prunéřov, kterou původně

protékal. Pod obcí Prunéřov se přirozeně stáčel jižním směrem do údolnice mezi Prostředním vrchem a Zlatým vrchem a odtud pokračoval při východním okraji města Kadaň až do řeky Ohře. K prvním střetu vodního toku s hnědouhelnou těžbou došlo právě pod obcí Prunéřov, kde se od roku 1917 povrchově těžilo na dolu Meissner, který byl později přejmenován na důl Libuše (později důl Nástup). Z historických map je zřejmé, že potok byl v úseku mezi bývalými obcemi Prunéřov a Bystřice přeložen z původního přirozeného koryta západním směrem do umělého koryta situovaného bezprostředně pod silnicí z Prunéřova do Kadaně. V souvislosti s postupem povrchové těžby dolu Nástup do oblasti bývalé obce Prunéřov musel být Prunéřovský potok přeložen ještě více na západ do zcela nového koryta, které bylo vybudováno podél nové silnice I/13, kterou za elektrárnou Prunéřov opouští jižním směrem, aby se posléze napojilo na původní koryto Suchého potoka, který se nad Kadaní vlévá do řeky Ohře. Nicméně zbytkové koryto Prunéřovského potoka v úseku od bývalé obce Prunéřov až do řeky Ohře zůstalo těžbou nedotčeno a v současné době je označováno jako Kadaňský potok.

Východně od Prunéřovského potoka protékal **Lužický potok**. Nejedná se však zřejmě o krušnohorský potok, jeho původ se nacházel někde nad bývalou obcí Milžany, mezi Prunéřovem a Kralupy, kde se v té době nacházelo několik mlýnských rybníků. Lužický potok odtud protékal jihovýchodním směrem přes bývalé obce Přezetice, Tušimice a poblíž Čachovic se vléval do Ohře. Jeho koryto zde procházelo mělkým údolím vytvořeným mezi Dolním a Čachovickým vrchem na jižní straně a Větrným vrchem na straně severní. Horní úsek toku byl postupně likvidován v souvislosti s postupem porubní fronty dolu Merkur, který byl v roce 1958 otevřen právě u Přezetic. Spodní úsek Lužického potoka zase musel být přeložen kvůli zakládání výsypky nadložních zemin z dolu Merkur. Koryto bylo přeloženo jižněji souběžně s nově vybudovanou silnicí II/508 z Března do Kadaně. Z původního Lužického potoka tak zůstal zachován pouze dílčí úsek střední části toku v prostoru dnešní elektrárny Tušimice (Obrázek 102).

Asi nevýznamnějším vodním tokem v zájmovém území v období před těžbou byla **Hutná**. Ta pramení v Krušných horách a jejími významnými pravostrannými přítoky byly Lužnička a Lideňský potok, které se do ní vlévaly nad bývalou obcí Kralupy u Chomutova. Všechny tři potoky však byly zachyceny vybudováním Přivaděče průmyslové vody (PPV), který byl v 60. letech 20. století vybudován za účelem ochrany rozvíjejících se povrchových dolů a rovněž za účelem posílení dodávek užitkové vody průmyslovým podnikům. Severním postupem dolu Merkur bylo koncem 70. a počátkem 80. let

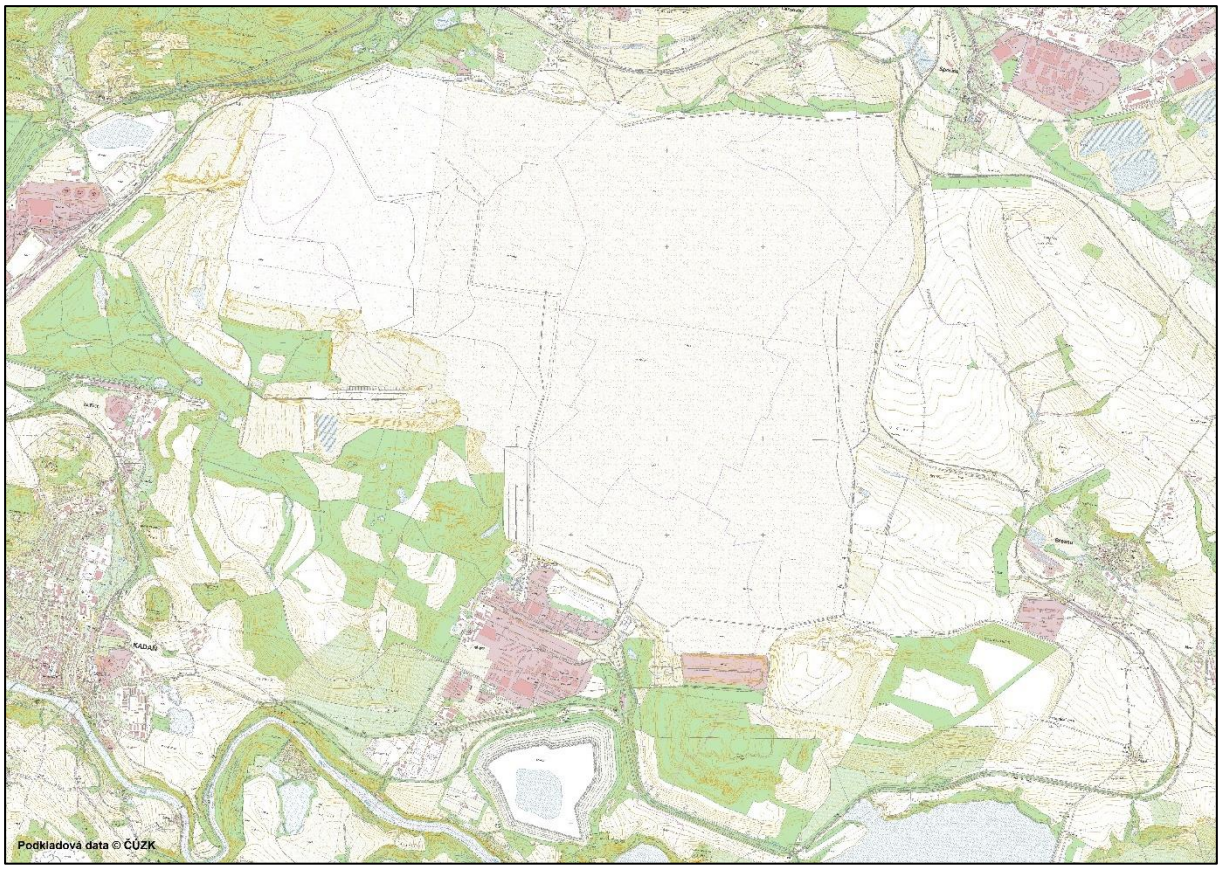
přetěženo celé území bývalé obce Kralupy u Chomutova a tím zanikla i podstatná část toku Hutné pod PPV, jakožto i spodní úseky obou jejích přítoků – Lužničky a Lideňského potoka (Obrázek 103). Další část koryta Hutné byla přetěžena dolem Březno (Libouš), jehož porubní fronta postupovala severním směrem paralelně s dolem Merkur. Dočasně tak zůstalo zachováno koryto Hutné od bývalé obce Brany, kde se do Hutné z levé strany vlévala drobná vodoteč, pramenící u Černovic (Černovický potok). Severním postupem dolu Libouš byl v závěru minulého století přetěžen i Černovický potok (Obrázek 104). V roce 2007 byla zprovozněna přeložka železniční trati Březno – Chomutov, čímž se uvolnilo území pro východní postup dolu Libouš a byla tak přetěžena i další část Hutné až nad obec Březno. Z Hutné tak komě horního toku v Krušných horách (nad PPV) zůstal zachovaný až její spodní tok, a to od obce Březno.

Nejvýchodněji se nachází potok **Hačka**. Pramení v Krušných horách a do pánve vstupuje při západním okraji Chomutova. Protéká obcemi Spořice a Droužkovice, takže jeho trasa nebyla dotčena těžbou dolu. Nicméně jeho vody jsou rovněž zachyceny PPV.

Obrázek 101. Zájmové území lomu Libouš v období kolem roku 1954

Obrázek 102. Zájmové území lomu Libouš v období kolem roku 1975

Obrázek 103. Zájmové území lomu Libouš v období kolem roku 1989



Obrázek 104. Zájmové území lomu Libouš v období kolem roku 2005

Vodohospodářské poměry zájmové území dnešního dolu Libouš prodělaly s postupem těžby dolu Libouš celou řadu změn, a to jak v důsledku realizovaných vodohospodářských opatření pro potřebu uvolnění území pro povrchovou těžbu, tak následkem vlastní těžby, která vymodelovala zcela nový reliéf terénu s novými rozvodnicemi. Nejvýznamnějším vodohospodářským opatřením bylo vybudování PPV a přeložení Prunéřovského potoka. Přivaděč vytvořil nad dolem umělou rozvodnici, která zachytává veškeré povrchové vody zdejších krušnohorských potoků a převádí podstatnou část jejich průtoků mimo zájmové území dolu až do povodí řeky Bíliny.

9.2.3. Hydrologické podmínky

Z původního povodí Prunéřovského potoka č. 1-13-02-113 se přeložkou oddělila spodní část povodí, která se se zbytkovým korytem Prunéřovského potoka, dnes označovaného jako Kadaňský potok, stala povodím č. 1-13-02-115. Horní část povodí Kadaňského potoka tvoří výsypka Prunéřov a do povodí náleží rovněž severozápadní partie výsypky Merkur.

Původní povodí Lužničky č. 1-13-03-115/3, stejně jako povodí Lideňského potoka č. 1-13-03-115/4 a Hutné č. 1-13-03-115/2 přišly vybudováním PPV o své spodní části a do zájmového území dolu už vůbec nezasahují.

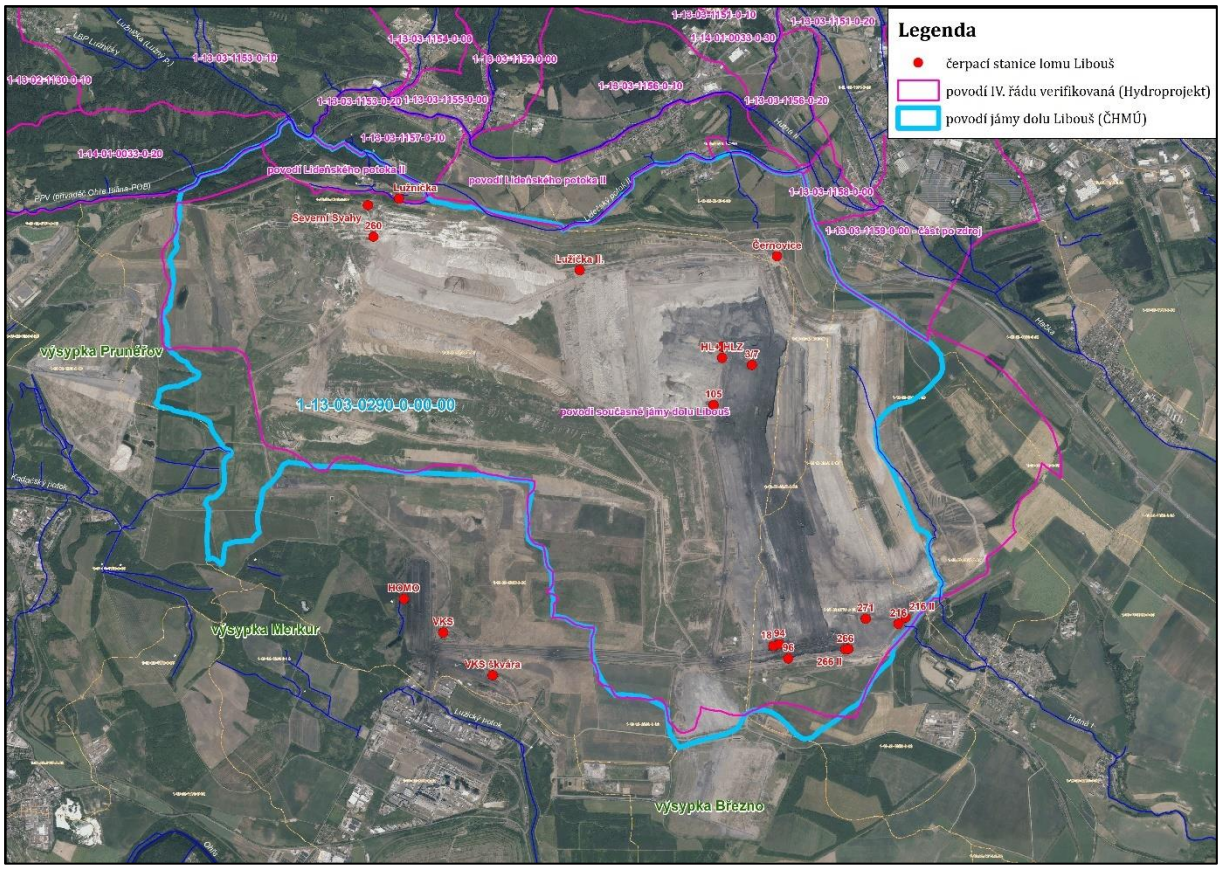
Zbytková koryta Lužničky a Lideňského potoka byly v prostoru mezi PPV a hranou lomu převedeny do nového koryta, označovaného jako Lideňský potok II, který zachycuje povrchové vody bezprostředně nad hranou lomu a převádí je po celé délce hrany lomu až do Hačky. Jde o povodí č. 1-13-03-115/7.

Jižní partie výsypky Merkur nejsou odvodňovány žádným vodním tokem, spadají přímo do povodí řeky Ohře č. 1-13-02-117.

Východní partie výsypky Merkur spolu se západní partií výsypky Březno jsou ukloněny směrem ke zbytkovému korytu Lužického potoka a spadají tak do jeho povodí č. 1-13-02-120. Severně od Lužického potoka v prostoru mezi výsypkami Merkur a Březno, kde se nachází homogenizační skládka, se vytvořilo menší bezodtoké povodí. Vody z něj jsou odčerpávány ČS VKS na úpravnu důlních vod.

Východní partie výsypky Březno pak náleží opět přímo do povodí řeky Ohře č. 1-13-02-121.

V prostoru zahloubené povrchové jámy dolu Libouš vytvořilo nové povodí č. 1-13-03-029, které nemá přirozený gravitační odtok. Jeho rozvodnici na severu tvoří koryto Lideňského potoka II, na východě a na jihu pak nejvyšší partie reliéfu výsypek Prunéřov, Merkur a Březno, a na západě pak rozvodnici utváří vrch Farářka v předpolí dolu. Rozvodnice povodí současné jámy byla verifikována Hydroprojektem na základě aktuální morfologie lomu (Obrázek 10 na str. 22) [4]. Vytvořená rozvodnice se proto jak na výsypkové straně, tak na dobývací straně dolu poněkud odlišuje od rozvodnice evidované ČHMÚ pro účely poskytování základních hydrologických dat. Budoucím postupem dolu dojde ještě k posunutí rozvodnice vymezující východní okraj povodí až na úroveň hrany nejvyššího skrývkového řezu dolu. Zároveň může dojít ještě k dílčímu posunu rozvodnice na výsypkové straně dolu, a to především v závislosti na konečné morfologii úložišť vedlejších energetických produktů Severní lom II a Stodola. Lze však předpokládat, že budoucí povodí zbytkové jámy dolu po ukončení těžby se nebude příliš lišit od současného povodí jámy dolu, pro které byly poskytnuty základní hydrologické údaje (Tabulka 6 na str. 22).

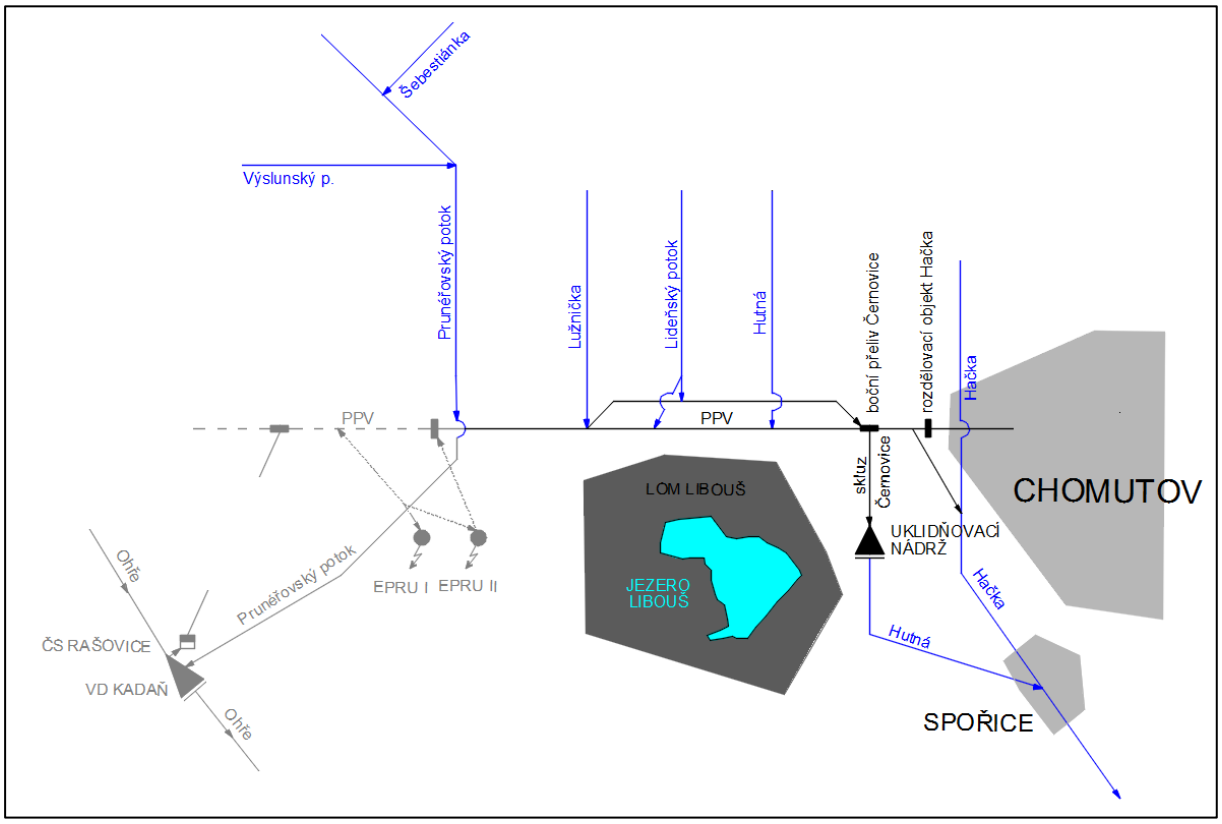


Obrázek 105. Situace čerpacích stanic lomu Libouš

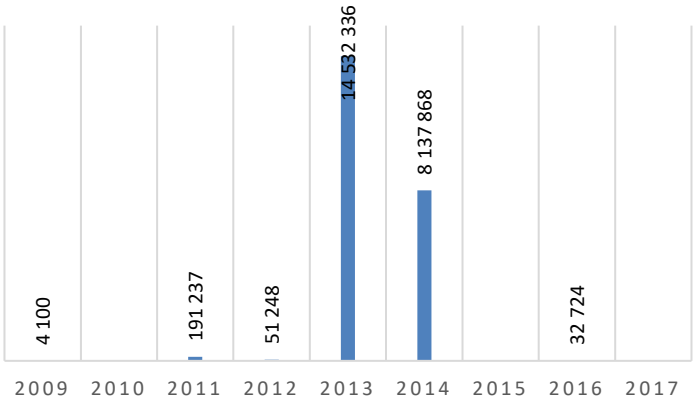
Povrchové vody, které se vlivem srážkové činnosti dostávají do bezodtokého povodí jámy dolu, jakožto i podpovrchové vody, které zde vyvěrají, jsou v současnosti zachytávány odvodňovacím systémem dolu. Ten je prostřednictvím odvodňovacích příkopů řízeně svádí do několika akumulačních jímek, které jsou osazeny čerpacími stanicemi, které vody odčerpávají mimo oblast dolu (Obrázek 105). V severní části dolu jsou to ČS Severní svahy, ČS Lužnička, ČS Lužička II a ČS Černovice, které zachytávají pouze povrchové vody, které jsou čerpány do Lideňského potoka II. V průměru se jedná asi o 420 tis. m^3 povrchových vod ročně. Další čerpací stanice umístěné na dně lomu či na skrývkových řezech (HLČS, ČS 3/7, ČS 216, ČS 94, ČS 18, ČS 105, ČS 96, ČS 266) čerpají již tzv. důlní vody. Veškeré důlní vody jsou čerpány přes vyrovnávací a sedimentační nádrž Libouš Jih na čistírnu důlních vod, která má ještě vlastní vyrovnávací nádrž. Důlní vody jsou po vyčištění vypouštěny do zbytkového koryta Hutné, označované jako Hutná I. V průměru se jedná asi o 1 260 tis. m^3 vyčištěných důlních vod ročně. Při vypouštění do recipientu musí být v souladu s manipulační řádem dodržen minimální odtok 13 l/s.

Základní vodohospodářské schéma zájmového území dolu Libouš znázorňuje Obrázek 106 [4]. Z hlediska budoucího zatápění zbytkové jámy dolu Libouš a případného

zajištění trvalého přítoku do budoucího jezera lze teoreticky uvažovat s Prunéřovským potokem, Lužničkou, Lideňským potokem, Hutnou, eventuálně s Hačkou, a samozřejmě s PPV v případě čerpané vody z Ohře.

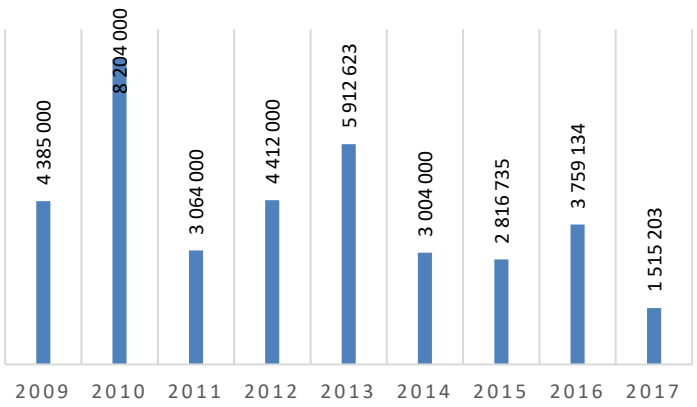


Obrázek 106. Vodohospodářské schéma povodí dolu Libouš [4]



Zdrojem vod tekoucích v PPV je kromě oddělených vod krušnohorských potoků (Podmileský, Hradišťský a Trnitý p.) rovněž voda z Ohře, která se do PPV čerpá na ČS Rašovice a kapacitně lze do PPV přečerpat maximálně 0,720 m^3/s (4 ks čerpadel o výkonu 180 l/s) [8]. V posledních letech se však čerpaly významnější objemy vod pouze v letech 2013 a 2014, jinak se nečerpalo vůbec nebo jen zanedbatelné množství vod (viz graf) [10].

Prunéřovským potokem přitéká z Krušných hor k rozdělovacímu objektu do PPV v ročním průměru 383 l/s (Tabulka 17). Přelivy do PPV jsou dva, přeliv II v ř. km 18,690 a přeliv I v ř. km 18,728. Z Prunéřovského potoka je převáděna voda do PPV gravitačním trubním převodem o kapacitě 1,1 m³/s, a to v ř. km 18,297. Pod převodem vody z Prunéřovského potoka do PPV se v toku, pokud možno, zachovává průtok v hodnotě alespoň 60 l/s [9], což je zhruba na úrovni Q_{355} Prunéřovského potoka. Za období 2009 až 2017 se v ročním průměru z Prunéřovského potoka do PPV převedlo asi 4,2 mil. m³ vody (viz graf), což odpovídá přibližně 130 l/s [10].



Tabulka 17. Základní hydrologické údaje pro Prunéřovský potok [8]

Tok	**Profil**												
Prunéřovský potok	Nad rozdělovacím objektem												
Plocha povodí A [km²]	**Průměrná dlouhodobá roční hodnota**												
	srážek Pa [mm]								**průtoku Qa** [l/s]				
39,5	760								383,0				
M-denní průtoky [l/s] **třída** IV.													
M	**30**	**60**	**90**	**120**	**150**	**180**	**210**	**240**	**270**	**300**	**330**	**355**	**364**
Q_{Md}	847	614	479	389	323	270	226	188	153	12	86,2	50,2	24,5
N-leté průtoky [m³/s] **třída** IV.													
N	**1**	**2**	**5**	**10**	**20**	**50**	**100**						
Q_N	5,5	8,4	13,2	17,4	22,2	29,4	35,6						

Lužničkou přitéká z Krušných hor k zaústění do PPV v ročním dlouhodobém průměru 41,6 l/s (Tabulka 18), Lideňským potokem pak 20,5 l/s (Tabulka 19) a potokem Hutná 85,7 l/s (Tabulka 20). Veškeré přítoky těchto tří potoků jsou převedeny do PPV. Lužnička je do PPV zaústěna v ř. km 14,515, ale v ř. km 14,549 je na PPV ještě křížení se starým převodem z Lužničky do starého koryta. Lideňský potok je převeden do PPV v ř. km 13,042 a Hutná v ř. km 12,003. Od zaústění Lužničky je koryto PPV až po boční přeliv Černovice (ř. km 14,515 – 8,719) zkapacitněno zdvojením [8]. Důvodem je maximální ochrana dolů před přítokem povrchovým vod. Zkapacitnění PPV bylo součástí tzv. VOPOLu (vodohospodářská ochrana povrchových lomů). Zkapacitnění PPV bylo

provedeno zahloubením levobřežní bermy a svahu a vytvořením nového souběžného koryta. Nové koryto je ve dně 6–7 m široké, se sklony svahů 1:1,5. Kóta dna nového koryta je 30 cm nade dnem původního přivaděče. Trasa nového koryta sleduje v celé délce levý břeh původního koryta, pouze v obci Zelená se trasa odklání a obchází stavení. Na konci zkapacitněného koryta PPV je na jeho pravém břehu boční přeliv, který slouží k zajištění bezpečného průtoku 3,3 m^3/s v korytě PPV. Skluzem je voda z bočního přelivu odváděna do uklidňovací nádrže Spořice, jejíž hráz je vybudována na bývalém železničním náspu přeložené tratě Karlovy vary – Chomutov. Nové koryto zkapacitněné části nese v úseku od zaústění Lužničky k zaústění Hutné II vodohospodářský název „Lužnička" a od zaústění Hutné II ke „skluzu Černovice" vodohospodářský název „Hutná II".

Tabulka 18. Základní hydrologické údaje pro Lužničku [8]

Tok				**Profil**									
Lužnička				Nad odbočením do PPV									
Plocha povodí				**Průměrná dlouhodobá roční hodnota**									
A [km^2]				**srážek Pa** [mm]					**průtoku Qa** [l/s]				
5,54				750					41,6				
M-denní průtoky				[l/s]		**třída** IV.							
M	**30**	**60**	**90**	**120**	**150**	**180**	**210**	**240**	**270**	**300**	**330**	**355**	**364**
Q_{Md}	99,3	67,7	50,7	41,2	35	30	26,2	22,4	18,7	15,8	13,3	4,4	1,9
N-leté průtoky				[m^3/s]		**třída** IV.							
N	**1**		**2**		**5**		**10**		**20**		**50**		**100**
Q_N	0,6		1,0		1,9		3,0		4,7		7,8		11,6

Tabulka 19. Základní hydrologické údaje pro Lideňský potok [8]

Tok				**Profil**									
Lideňský potok				Zaústění do PPV									
Plocha povodí				**Průměrná dlouhodobá roční hodnota**									
A [km^2]				**srážek Pa** [mm]					**průtoku Qa** [l/s]				
2,8				730					20,5				
M-denní průtoky				[l/s]		**třída** IV.							
M	**30**	**60**	**90**	**120**	**150**	**180**	**210**	**240**	**270**	**300**	**330**	**355**	**364**
Q_{Md}	49	33,5	25	20,3	17,2	14,8	13	11	9,2	7,8	6,6	2,2	0,9
N-leté průtoky				[m^3/s]		**třída** IV.							
N	**1**		**2**		**5**		**10**		**20**		**50**		**100**
Q_N	0,1		0,7		1,3		2,0		3,2		5,3		7,8

Tabulka 20. Základní hydrologické údaje pro Hutnou II [8]

Tok			**Profil**										
Hutná II			Zaústění do PPV										
Plocha povodí			**Průměrná dlouhodobá roční hodnota**										
A [km^2]			**srážek Pa** [mm]						**průtoku Qa** [l/s]				
10,85			750						85,7				
M-denní průtoky			[l/s]		**třída** IV.								
M	**30**	**60**	**90**	**120**	**150**	**180**	**210**	**240**	**270**	**300**	**330**	**355**	**364**
Q_{Md}	198	139	109	88,3	73	60,8	50,5	41,4	32,8	25,4	17,1	8,4	1,9
N-leté průtoky			[m^3/s]		**třída** IV.								
N	**1**		**2**		**5**		**10**		**20**		**50**		**100**
Q_N	2,1		3,2		5,1		6,8		8,7		11,6		14,1

Hačkou přitéká z Krušných hor k rozdělovacímu objektu do PPV v ročním průměru 124 l/s (Tabulka 21). V ř. km 7,448 je na přivaděči rozdělovací objekt Hačka s bočním pravobřežním odlehčovacím přelivem do Hačky. Odlehčovací rozdělovací objekt Hačka omezuje průtoky v přivaděči na 3,3 m^3/s. Rozdělovací objekt Hačka slouží k [8]:

- odlehčení průtoků v PPV a PKP při zhoršených klimatických podmínkách, při kterých hrozí zanesení češlí před krytými profily,
- odlehčení průtoků pro opravy a údržbu koryta PPV pod rozdělovacím objektem Hačka,
- nadlepšení toku Hačky pro doplnění soustavy Panských rybníků,
- nadlepšení toku Hačky, či odlehčení PPV plynoucí z operativního zhodnocení aktuální situace v povodí.

Tabulka 21. Základní hydrologické údaje pro Hačku [8]

Tok			**Profil**										
Hačka			Křížení s PPV										
Plocha povodí			**Průměrná dlouhodobá roční hodnota**										
A [km^2]			**srážek Pa** [mm]						**průtoku Qa** [l/s]				
19,1			650						124,0				
M-denní průtoky			[l/s]		**třída** IV.								
M	**30**	**60**	**90**	**120**	**150**	**180**	**210**	**240**	**270**	**300**	**330**	**355**	**364**
Q_{Md}	286,0	202	157	128	106	88	73	60	47,5	36,7	24,8	12,2	2,7
N-leté průtoky			[m^3/s]		**třída** IV.								
N	**1**		**2**		**5**		**10**		**20**		**50**		**100**
Q_N	3,4		5,2		8,2		11,0		14,0		18,7		22,7

9.2.4. Stanovení disponibilních průtoků ve vodních tocích

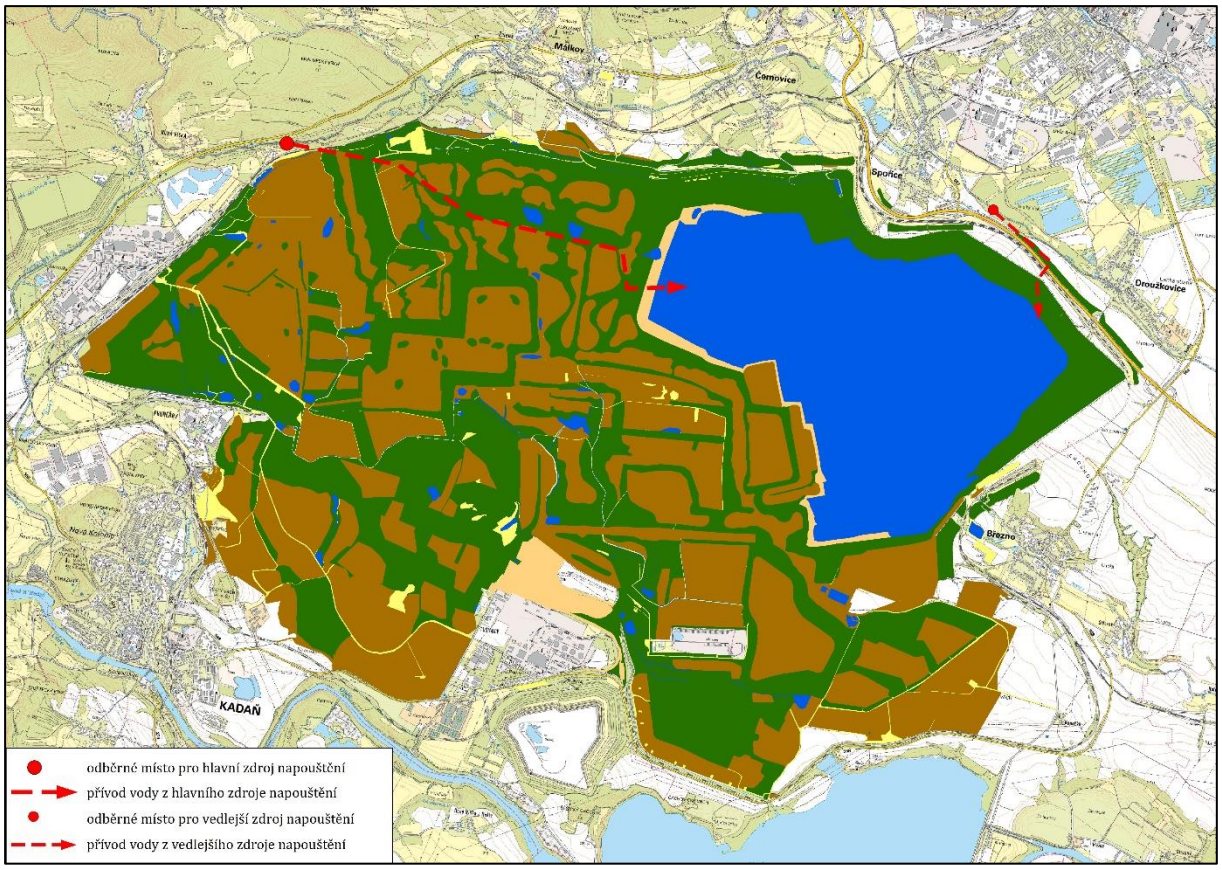
Pro účely zatápění budoucí zbytkové jámy dolu Libouš jsou stanoveny dva potenciální odběrné profily [6]. *Hlavní profil* je umístěn na PPV a voda je z něj přiváděna přes severní část výsypky Prunéřov a dále přes vnitřní výsypku lomu. *Vedlejší profil* je umístěn na potoce Hačka a voda se přivádí přes budoucí závěrný svah zbytkové jámy.

V rámci předchozí studie projektu VITA-MIN byly disponibilní průtoky stanoveny na základě měření průtoků státním podnikem Povodí Ohře v období 2002 až 2017 na vybraných limnigrafických profilech, které pak byly porovnávány se základními hydrologickými údaji, které poskytuje Český hydrometeorologický ústav ve variantě ovlivněných i neovlivněných průtoků [4].

Bilance průtoků pro hlavní profil vychází z měřených průtoků na LG Prunéřov a LG Prunéřov – převod, které se nacházejí nad místem předpokládaného odběru vody v hlavním profilu (Obrázek 108). Pro stanovení reálného průtoku v místě hlavního profilu je potřeba sečíst oba průtoky. Na LG Prunéřov je průměrný průtok 0,339 m^3/s, zatímco na LG Prunéřov – převod je to 0,217 m^3/s. V součtu tedy v PPV protéká 0,556 m^3/s. Průtok je v celé výši převáděn PPV v souladu s potřebami VS NOD.

Bilance průtoků pro vedlejší profil vychází z měřených průtoků na LG Hačka pod odlehčením (Obrázek 108), který se nachází nad místem předpokládaného odběru vody ve vedlejším profilu. Průměrný průtok zde činí 0,112 m^3/s. Tento průtok by teoreticky bylo možné nadlepšovat převodem vody z PPV přes odlehčovací přeliv. Průměrný průtok v PPV nad odlehčovacím přelivem (LG Hačka) dosahuje 0,563 m^3/s. Průtoky v Hačce se však běžně nenadlepšují [9].

Podle údajů ČHMÚ za období 1981 až 2010 vychází průměrný denní neovlivněný průtok v profilu Hačka (cca 1150 m pod soutokem s Hutnou I) Q_a = 0,062 m^3/s. Hodnota průtoku Q_{330} (uvažovaná jako minimální zůstatkový průtok) vychází pro neovlivněné průtoky na 0,010 m^3/s. Rozdíl Q_a a Q_{330} je uvažován jako možný potenciální disponibilní průtok a činí pro **neovlivněné průtoky 0,052 m^3/s**.



Obrázek 107. Odběrná místa vody pro zatápění dolu Libouš [6]

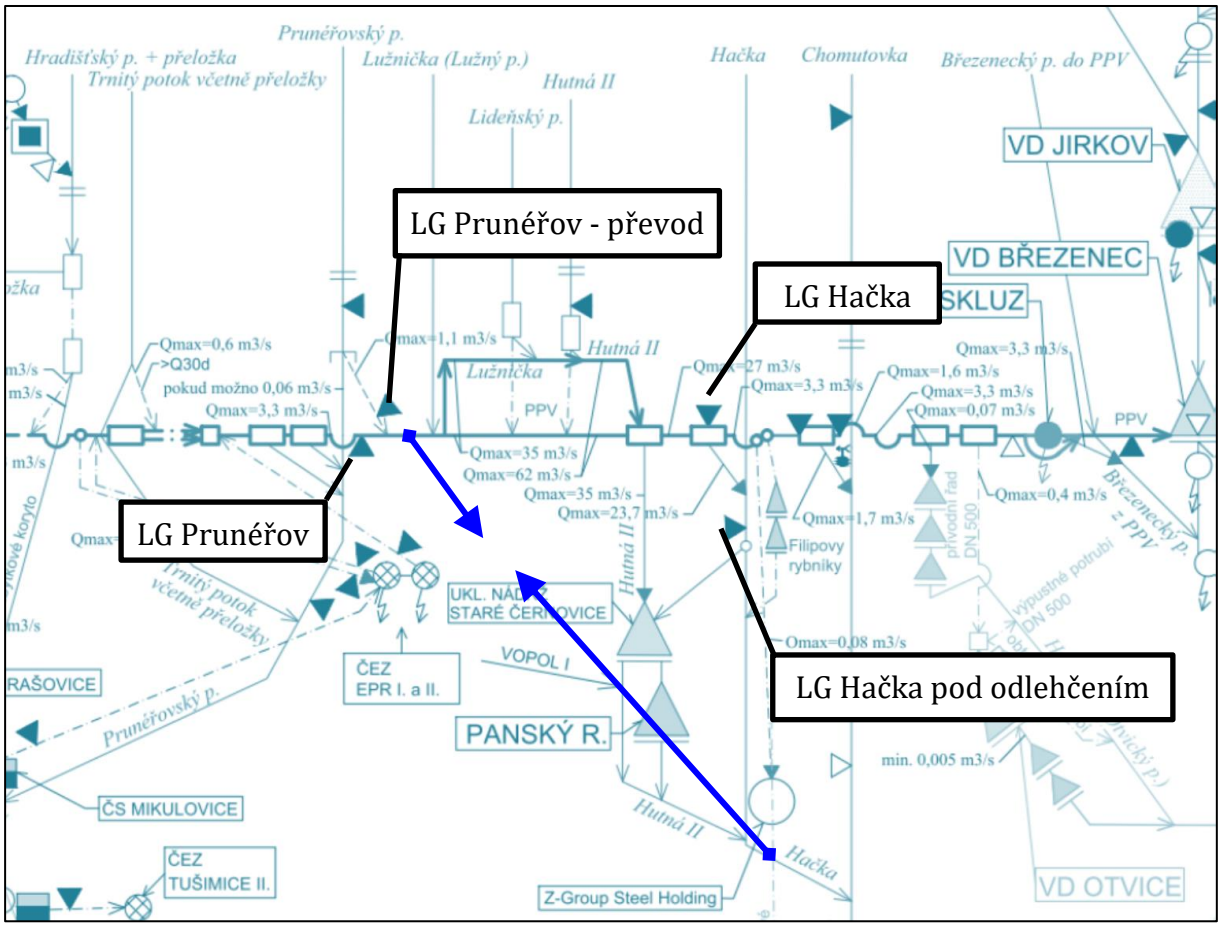
9.2.5. Hydrochemické podmínky

Základní hodnocení hydrochemických podmínek bylo provedeno v předchozí studii zpracované v rámci projektu VITA-MIN [12]. Hodnocení vychází z dat ročního monitoringu, který v rámci projektu VITA-MIN provedla společnost BIOANALYTIKA CZ, s. r. o., v průběhu roku 2017. Doplňkově jsou hodnoceny rovněž údaje shromážděné ve studii Hydroprojektu [4].

Kvalita vody v hlavním profilu, reprezentující v PPV přítok vody z krušnohorských potoků, byla hodnocena jako bezproblémová, kdy všechny stanovené hodnoty sledovaných ukazatelů vyhověly normám environmentální kvality. Tato povrchová voda velmi dobře vyhoví napouštění jámy Libouš a zabezpečí dobrou kvalitu vody v ní už od začátku napouštění. Kvalita vody v řece Ohři v profilu Rašovice, reprezentující v PPV čerpanou vodu, má vyšší, zpravidla dvojnásobně, hodnoty ukazatelů. Naznačuje to, že při zvýšení podílu vody z Ohře se ukazatele v PPV poněkud zhorší. Většina ukazatelů však vyhovuje limitům pro povrchové vody. Nerozpuštěné látky v profilu Rašovice dosáhly limitu pro povrchové vody (20 mg/l). To ukazuje na vhodnost vybudovat sedimentační nádrž i na tomto zdroji vody pro napouštění jezera. Bakteriální

znečištění v profilu Rašovice mnohonásobně přesáhlo požadavky na kvalitu povrchové vody. To ale z hlediska napouštění jezera není problém, taková koncentrace se v jezeře neudrží.

Kvalita vody ve vedlejším profilu je poměrně špatná, roční průměry u 8 ukazatelů překročily normy environmentální kvality. U několika dalších ukazatelů vybočovaly jednotlivé hodnoty. Kvalita vody byla navíc kolísavá, hodnoty jednotlivých ukazatelů se pohybují i ve více než řádovém rozpětí. I přes překročení limitů pro povrchové vody u 8 ukazatelů je tento profil pro napouštění jezera akceptovatelný. Vhodné by bylo vedení přítoku do jezera přes sedimentační nádrž, která by zabezpečila alespoň půlhodinové zdržení vody a pokles koncentrace nerozpuštěných látek, s navazujícím mělčím mokřadem prorostlým makrovegetací.



Obrázek 108. Odběrná místa vody pro jezero Libouš v průtokovém schématu VS NOD dle [9]

9.3. Matematický model hydrologické bilance plnění zbytkové jámy

Za účelem matematického modelování hydrologické bilance bylo nejprve nutné provést nakalibrování modelů GR4J a TUW na charakteristiky odtoku z povodí zbytkové jámy, které uvádí Tabulka 6 na str. 22.

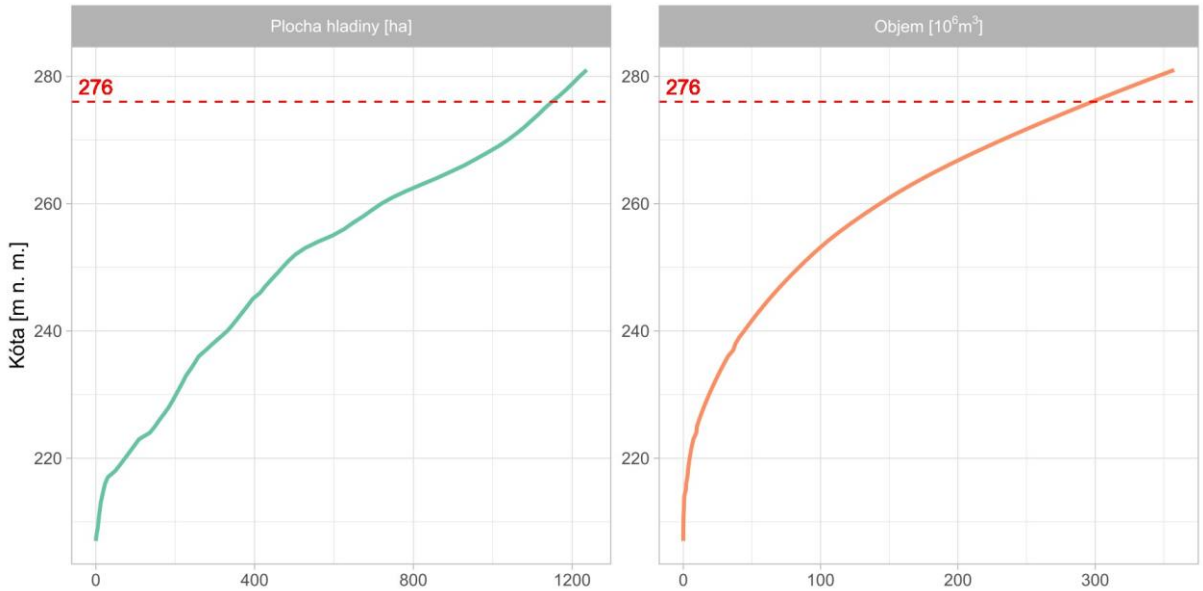
Následně byly modelovány simulace dle následujících požadavků:

- plnění zbytkové jámy a stanovení ustálené hladiny jezera na základě celkového odtoku z povodí zbytkové jámy,
- plnění zbytkové jámy na základě celkového odtoku z povodí zbytkové jámy a externí dotace vodou z PPV ve výši 1 000 l/s, což představuje předpokládaný odběr vody pro zatápění dle plánu rekultivace [6],
- výpočet nutné dotace pro udržení úrovně hladiny na úrovni 276,0 m n. m., což je plánovaná kóta provozní hladiny jezera ve zbytkové jámě [6], a navíc za podmínky minimálního odtoku z jezera ve výši 13 l/s.

Simulace byly provedeny pro referenční resamplované časové řady (popis resamplovaných dat viz začátek kap. 6.4.3) a pro řady ovlivněné klimatickou změnou.

Batygrafické křivky budoucího jezera znázorňuje Obrázek 109 a hodnoty batymetrie uvádí Tabulka 32 v příloze B na str. 311.

Požadovaná hladina v budoucím jezeře je 275,2 m n. m. [6]. Pro účely simulací byla kóta zvýšena na 276,0 m n. m.



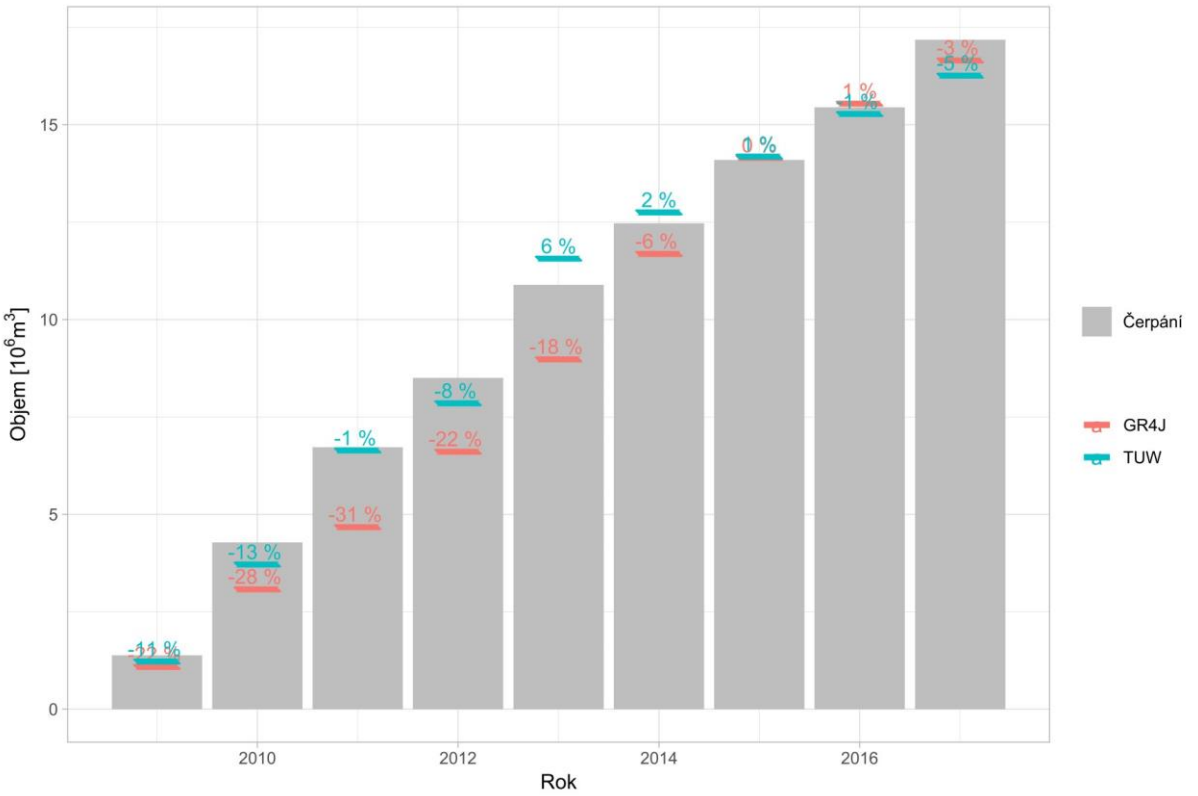
Obrázek 109. Batygrafické křivky budoucího jezera ve zbytkové jámě lomu Libouš

9.3.1. Kalibrace modelu na charakteristikách odtoku

Modely GR4J a TUW byly kalibrovány na charakteristiky odtoku povodí zbytkové jámy lomu Libouš (viz Tabulka 6 na str. 22).

Z hlediska změny povodí v důsledku postupu lomu do konečné fáze vyuhlení se neočekávají změny, které by významněji ovlivnily základní hydrologické údaje. Vstupními daty byly 30leté časové řady denních srážkových úhrnů a průměrné denní teploty ze stanice Tušimice a dále časová řada PET vypočtená metodou dle Oudina.

Simulace na základě optimálních parametrických sad modelů GR4J a TUW vedly k hodnotám *RMSE*, kterým odpovídají mediány absolutních odchylek mezi zaznamenanými M-denními vodami a těmi stanovenými na základě simulací obou modelů 6,1 % pro model GR4J a 1,6 % pro model TUW. Vyšší absolutní procentické odchylky od zaznamenaných M-denních vod byly zjištěny u Q_{355d} až Q_{364d} pro simulace obou modelů. Procentické odchylky pro Q_a byly minimální.



Obrázek 110. Porovnání simulovaného přítoku a čerpaného množství pro lom Libouš

Ověření simulací přítoku do lomové jámy založených na modelech GR4J a TUW bylo provedeno na základě údajů o čerpání z let 2009 až 2017 poskytnutých

Severočeskými doly, a. s. Ověření bylo provedeno na základě porovnání kumulativní sumy čerpání a simulovaných ročních přítoků. Tento přístup byl zvolen pro potlačení meziročních variací v simulovaných hodnotách přítoku do jámy. Výsledky ukazuje Obrázek 110. V prvním roce (2009) je odchylka simulovaných hodnot od čerpaných 22 % (GR4J) a 11 % (TUW). V posledním roce, tj. v součtu za celé období, je odchylka -3 % (GR4J) a -5 % (TUW). Z výsledků je možné usuzovat, že zvolené metody budou poskytovat relevantní simulace.

9.3.2. Plnění a bilance nádrže

V této kapitole jsou uvedeny výsledky teoretického plnění zbytkové jámy lomu Libouš na základě dvou uvažovaných řešení (bez externí dotace, s externí dotací – PPV 1 000 l/s) a výsledky stanovení externí dotace nutné k udržení požadované kóty hladiny. Všechny uvedené alternativy byly řešeny na základě resamplovaných časových řad. Počátek plnění zbytkové jámy byl účelově stanoven na 1. 1. 2020, toto datum bylo následně použito jako počátek simulací spojených s teoretickým vývojem hladiny ve zbytkové jámě.

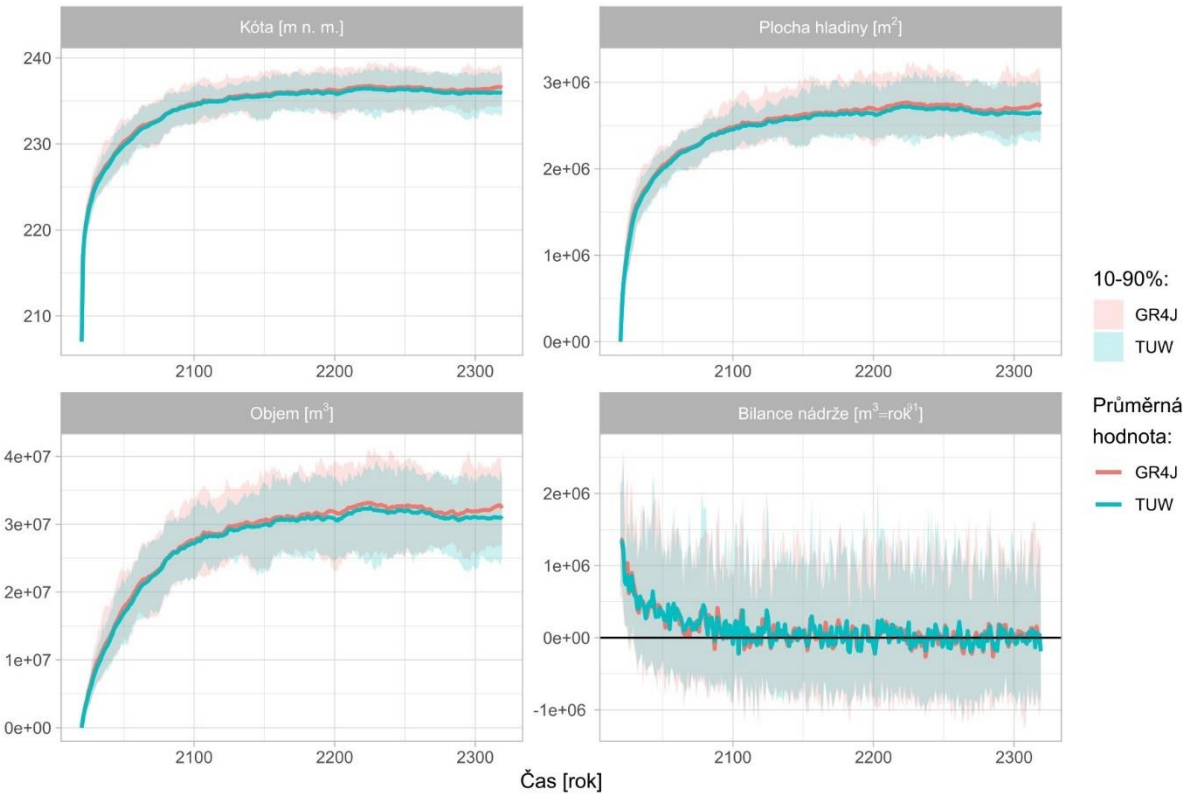
V rámci řešení plnění a bilance nádrže byly uvažovány jednak ztráty výparem z volné hladiny (metoda dle VÚV1) a dále ostatní ztráty, které byly kvantifikovány pro jezero Most (0,3 mm/den). Výsledky jsou prezentovány formou grafů ročních hodnot. Každý obrázek obsahuje grafy, které zobrazují kótu hladiny [m n. m.], objem vody v nádrži [m^3] a plochu hladiny [m^2] v závislosti na čase a graf bilance nádrže v $m^3 rok^{-1}$ (rozdíl přítoku do nádrže ve formě celkového odtoku z povodí a srážky na hladinu nádrže a ztrát z nádrže ne formě výparu z hladiny a ostatních ztrát). Ve všech níže uvedených grafech jsou červeně zobrazeny simulace spojené s modelem GR4J, modře jsou výsledky modelu TUW, černá přerušovaná čára je požadovaná hladina 276,0 m n. m. (v grafech, kde je to vhodné). U grafu bilance nádrže je černou spojitou horizontální čárou zdůrazněna úroveň odpovídající nulové změně.

9.3.2.1. Plnění nádrže bez externí dotace

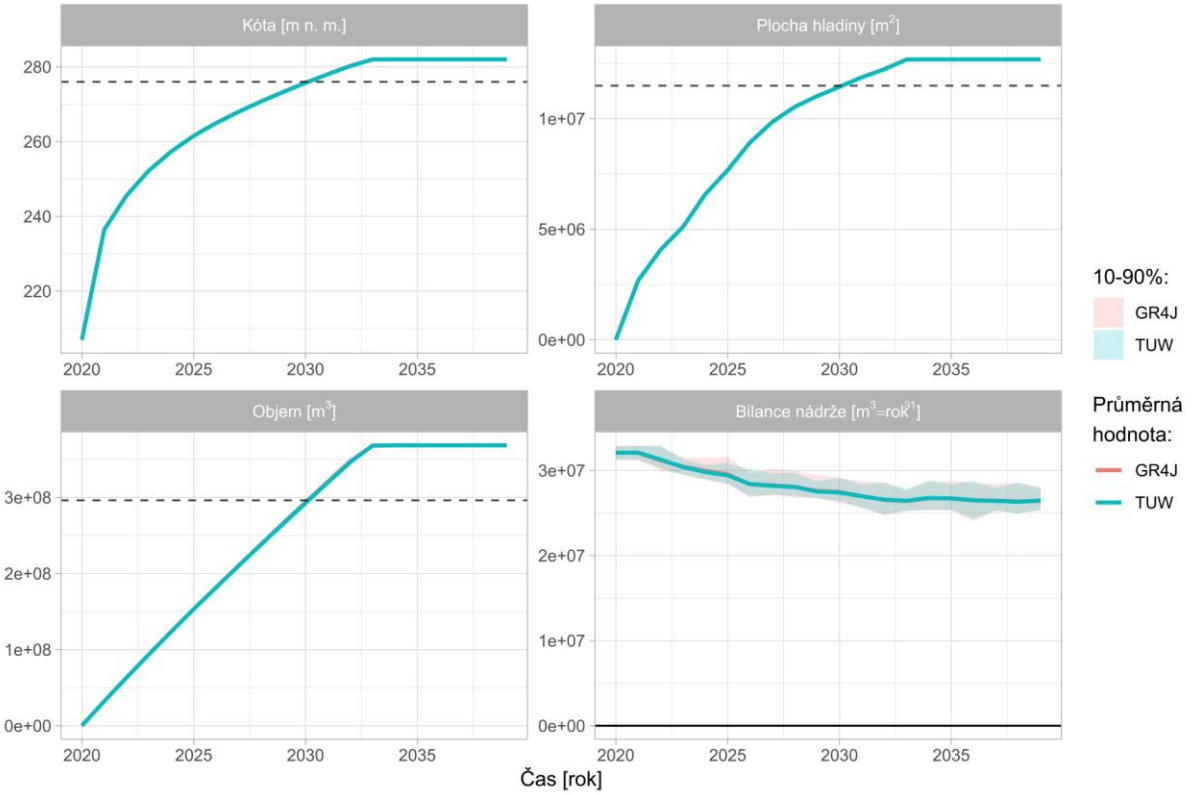
Obrázek 111 ukazuje plnění zbytkové jámy lomu Libouš ze simulací na resamplovaných datech. Hodnoty batymetrických veličin při plnění nádrže bez externí dotace uvádí Tabulka 55 v příloze C na str. 326. Plnění nádrže začíná na kótě 207,0 m n. m. Na konci 300leté řady je v průměru dosaženo kóty 236,6 m n. m. pro simulaci spojenou

s modelem GR4J a 235,9 m n. m. pro model TUW. Průměrný rozdíl v kótě na konci prezentovaného období (zde 30 let) činí 0,7 m. Při plnění nádrže pouze celkovým odtokem z povodí zbytkové jámy by nebylo dosaženo požadované kóty hladiny 276,0 m n. m. Pomocí stanovení přímek trendů bylo zjištěno, že ustálené hladiny v nádrži je dosaženo v průměru na kótě 236,2 m n. m. (model GR4J), resp. 236,4 m n. m. (model TUW) za 130–150 let od začátku napouštění zbytkové jámy.

Graf bilance nádrže (viz Obrázek 111 vpravo dole) ukazuje výrazně pozitivní bilanci v počáteční fázi plnění (prvních cca 80 let), kdy převažuje přítok do nádrže nad ztrátami ve formě výparu z hladiny a ostatními ztrátami.



Obrázek 111. Simulace plnění zbytkové jámy lomu Libouš



Obrázek 112. Simulace plnění zbytkové jámy lomu Libouš (20letý úsek z 300leté řady) s dotací 1 000 l/s z PPV

9.3.2.2. Plnění nádrže s dotací vody z PPV

Obrázek 112 ukazuje plnění zbytkové jámy lomu Libouš celkovým odtokem z jejího povodí a externí dotací z PPV ve výši 1 000 l/s. Hodnoty batymetrických veličin při plnění nádrže bez externí dotace uvádí Tabulka 56 v příloze C na str. 326. Z použitých 300letých resamplovaných dat je prezentováno pouze prvních 20 let.

Plnění nádrže začíná na kótě 207,0 m n. m. Z obrázku je patrné, že s navrženou externí dotací bylo požadované kóty hladiny 276,0 m n. m. dosaženo cca za 11 let od začátku plnění zbytkové jámy. Horizontální linie na konci prezentovaného období nad kótou 286,0 m n. m. znamená, že se kóta hladiny dostala nad použitou batymetrii nádrže.

9.3.2.3. Stanovení externí dotace pro udržení hladiny na požadované úrovni

Obrázek 113 ukazuje teoretický vývoj nadmořské výšky hladiny zatopené zbytkové jámy lomu Libouš od počáteční kóty 276,0 m n. m. (tj. od požadované hladiny) na resamplovaných datech při externí dotaci 151,9 l/s pro oba modely. V hodnotách nalezených externích dotací je zahrnut i požadavek na minimální zůstatkový odtok

z jezera o hodnotě 13 l/s. Z použitých 300letých resamplovaných dat je prezentováno pouze prvních 100 let. Externí dotace pro modely byly stanoveny iteračně.

Obrázek 113 znázorňuje, že zvolené hodnoty externího napouštění zbytkové jámy jsou dostatečné jak v prezentovaném horizontu (100 let), tak i v dlouhodobém horizontu (300 let). Aritmetický průměr kóty hladiny v prezentovaném období kolísal v rozmezí hodnot 276,0–276,2 m n. m. pro simulace spojené s modelem GR4J a v rozmezí 275,9–276,1 m n. m. pro simulace spojené s modelem TUW.

Obrázek 113. Simulace vývoje hladiny ve zbytkové jámě lomu Libouš (100letý úsek z 300leté řady) od počáteční kóty 276,0 m n. m. s externím napouštěním 151,9 l/s pro modely GR4J i TUW

9.3.3. Plnění a bilance nádrže v rámci klimatické změny

V této kapitole jsou uvedeny výsledky teoretického plnění zbytkové jámy lomu Libouš v rámci klimatické změny na základě dvou uvažovaných řešení (bez externí dotace, s externí dotací – PPV 1 000 l/s) a dále teoretický vývoj hladiny v nádrži s externí dotací. Všechny uvedené alternativy byly řešeny na základě vybrané resamplované časové řady ovlivněné klimatickou změnou (celkově 44 scénářových simulací, viz Tabulka 9 na str. 39) uvažovanou pro období blízké (2020–2050) i vzdálené budoucnosti (2070–2100).

Vybraná resamplovaná řada (jeden sample – S), která byla ovlivněna klimatickou změnou uvažovanou v blízké a vzdálené budoucnosti, je dále v textu i obrázcích nazývána S_{20-50}^{xl}, resp. S_{70-100}^{xl}, kde *x* je délka prezentovaného období (20 let, 100 let, 300 let).

Počátek plnění zbytkové jámy byl účelově stanoven na 1. 1. 2020, toto datum bylo následně použito jako počátek simulací spojených s teoretickým vývojem hladiny ve zbytkové jámě.

V rámci řešení plnění a bilance nádrže byly uvažovány jednak ztráty výparem z volné hladiny (metoda dle VÚV1) a dále ostatní ztráty, které byly kvantifikovány pro jezero Most (0,3 mm/den). Výsledky jsou prezentovány graficky, a to pouze v podobě vývoje úrovně hladiny v nádrži a jejich struktura je stejná jako v předchozí kapitole. Barevný polygon v obrázcích zobrazuje rozsah minima a maxima ze simulací všech klimatických modelů, spojitá čára pak aritmetický průměr z těchto simulací. Simulace spojené s neovlivněnou časovou řadou (dále jako referenční simulace) jsou vykresleny přerušovanou čárou. Ve všech níže uvedených grafech jsou červeně zobrazeny simulace spojené s modelem GR4J, modře jsou výsledky modelu TUW, černá přerušovaná čára je požadovaná hladina 276,0 m n. m. (pouze v grafech, kde je to vhodné).

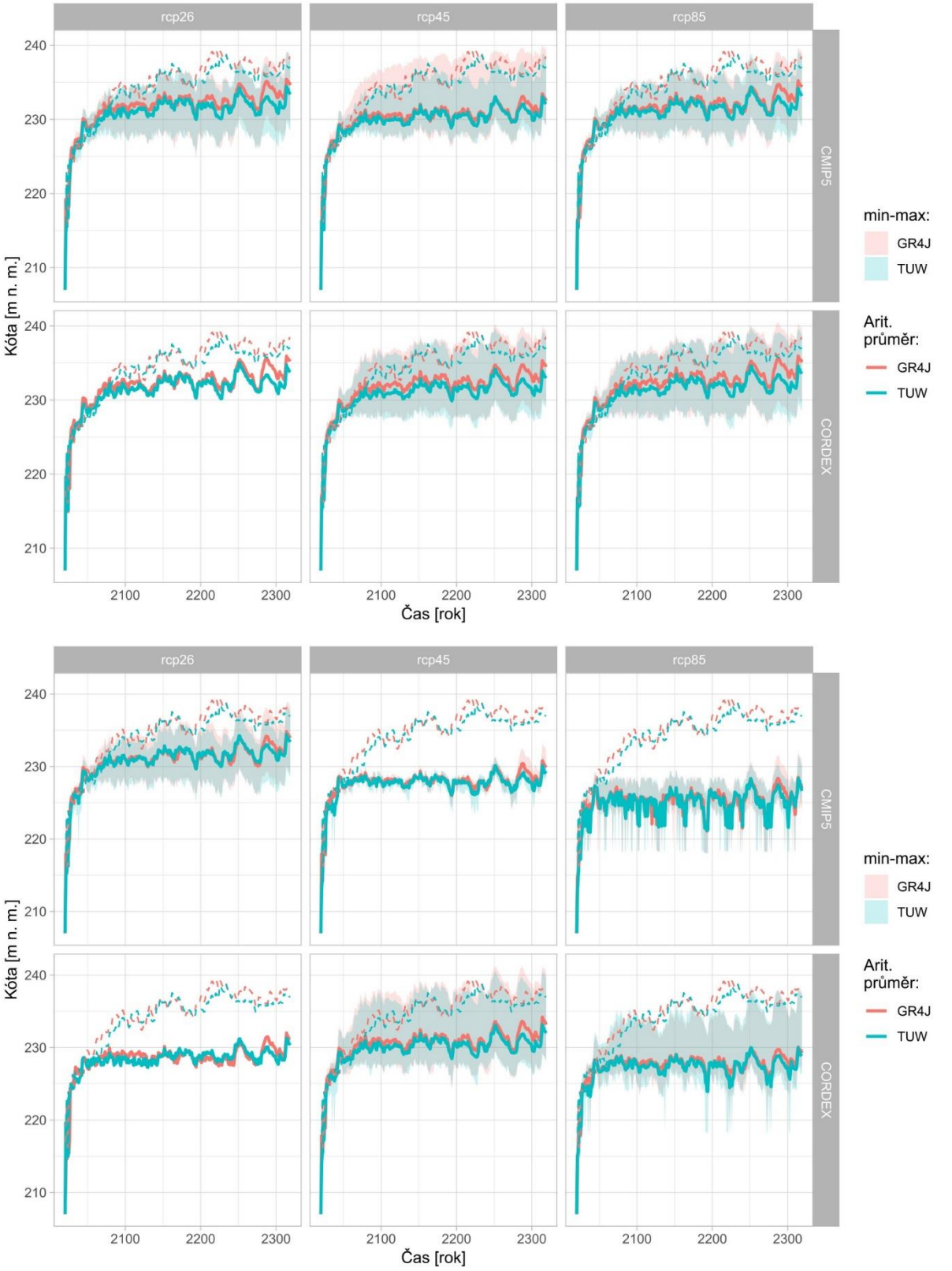
9.3.3.1. Plnění nádrže bez externí dotace

Obrázek 114 ukazuje plnění zbytkové jámy lomu Libouš ze simulací S_{20-50}^{300l}, resp. S_{70-100}^{300l}. Plnění nádrže začíná na kótě 207,0 m n. m.

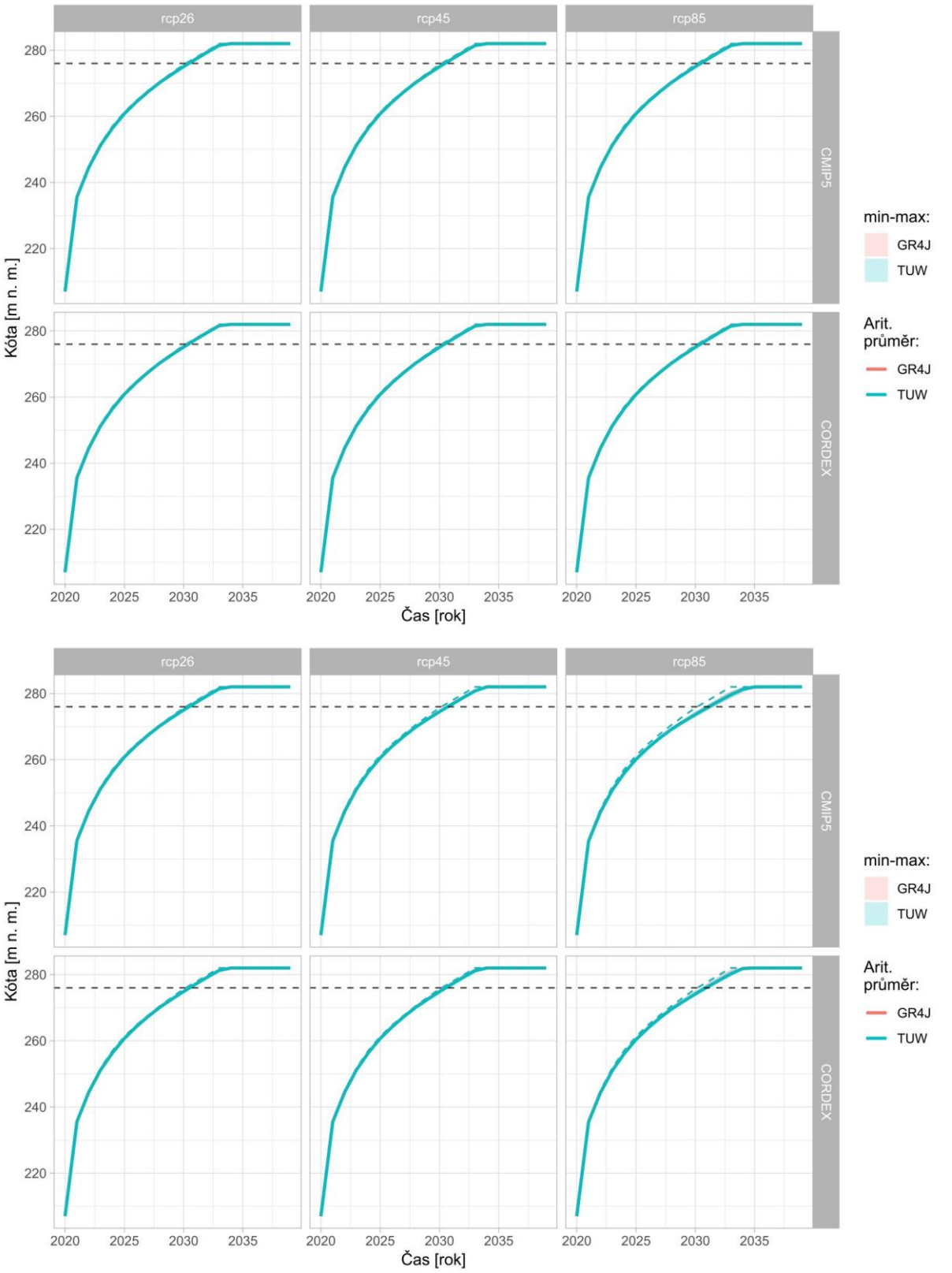
Pro S_{20-50}^{300l} a simulace spojené s modelem GR4J je na konci prezentovaného období dosaženo v průměru kóty hladiny 233,1 m n. m. (CMIP5 s RCP4.5) až 235,0 m n. m. (CORDEX s RCP8.5). Pro simulace s TUW je to 232,5 m n. m. (CMIP5 s RCP4.5) až 233,9 m n. m. (CORDEX s RCP2.6). V porovnání s referenční časovou řadou byl na konci 300letého období zaznamenán pokles v průměru o 2,9–4,8 m pro simulace spojené s modelem GR4J, resp. o 2,7–4,1 m pro model TUW.

Pro S_{70-100}^{300l} je na konci prezentovaného období dosaženo v průměru kóty hladiny 226,9 m n. m. (CMIP5 s RCP8.5) až 234,0 m n. m. (CMIP5 s RCP2.6) pro simulace spojené s modelem GR4J. Pro TUW je to 226,5 m n. m. (CMIP5 s RCP8.5) až 233,4 m n. m. (CMIP5 s RCP2.6). V porovnání s referenční časovou řadou byl na konci 300letého období zaznamenán pokles v průměru o 3,9–11,0 m pro simulace spojené s modelem GR4J, resp. o 3,2–10,1 m pro model TUW.

Při plnění zbytkové jámy celkovým odtokem z jejího povodí simulovaným na základě řady S_{20-50}^{300l}, resp. S_{70-100}^{300l} a přímou srážkou na hladinu nebylo dosaženo požadované kóty hladiny 276,0 m n. m. Pomocí stanovení přímek trendů byly zjištěny ustálené hladiny v nádrži pro jednotlivé scénářové simulace. Tyto uvádí Tabulka 68 v příloze D na str. 337.



Obrázek 114. Plnění zbytkové jámy lomu Libouš na základě $\mathbf{S}_{\mathbf{20-50}}^{\mathbf{300}\boldsymbol{l}}$ (nahoře) a $\mathbf{S}_{\mathbf{70-100}}^{\mathbf{300}\boldsymbol{l}}$ (dole), referenční simulace jsou přerušovanou čárou



Obrázek 115. Plnění zbytkové jámy lomu Libouš na základě $\mathbf{S}_{20-50}^{20l}$ (nahoře) a $\mathbf{S}_{70-100}^{20l}$ (dole) s dotacemi 1 000 l/s z PPV, referenční simulace jsou přerušovanou čárou

9.3.3.2. Plnění nádrže s dotací vody z PPV

Obrázek 115 ukazuje plnění zbytkové jámy lomu Libouš ze simulací pro S_{20-50}^{20l} a S_{70-100}^{20l} s externí dotací z PPV, která činí 1 000 l/s. Plnění nádrže začíná na kótě 207,0 m n. m.

Z obrázku je patrné, že s navrženou externí dotací bylo požadované kóty hladiny, tj. 276,0 m n. m., dosaženo cca za 11 let od začátku plnění nádrže pro všechny simulace scénářů z regionálních i globálních modelů. Horizontální linie na konci prezentovaného období nad kótou 286,0 m n. m. znamená, že se kóta hladiny dostala nad použitou batymetrii nádrže.

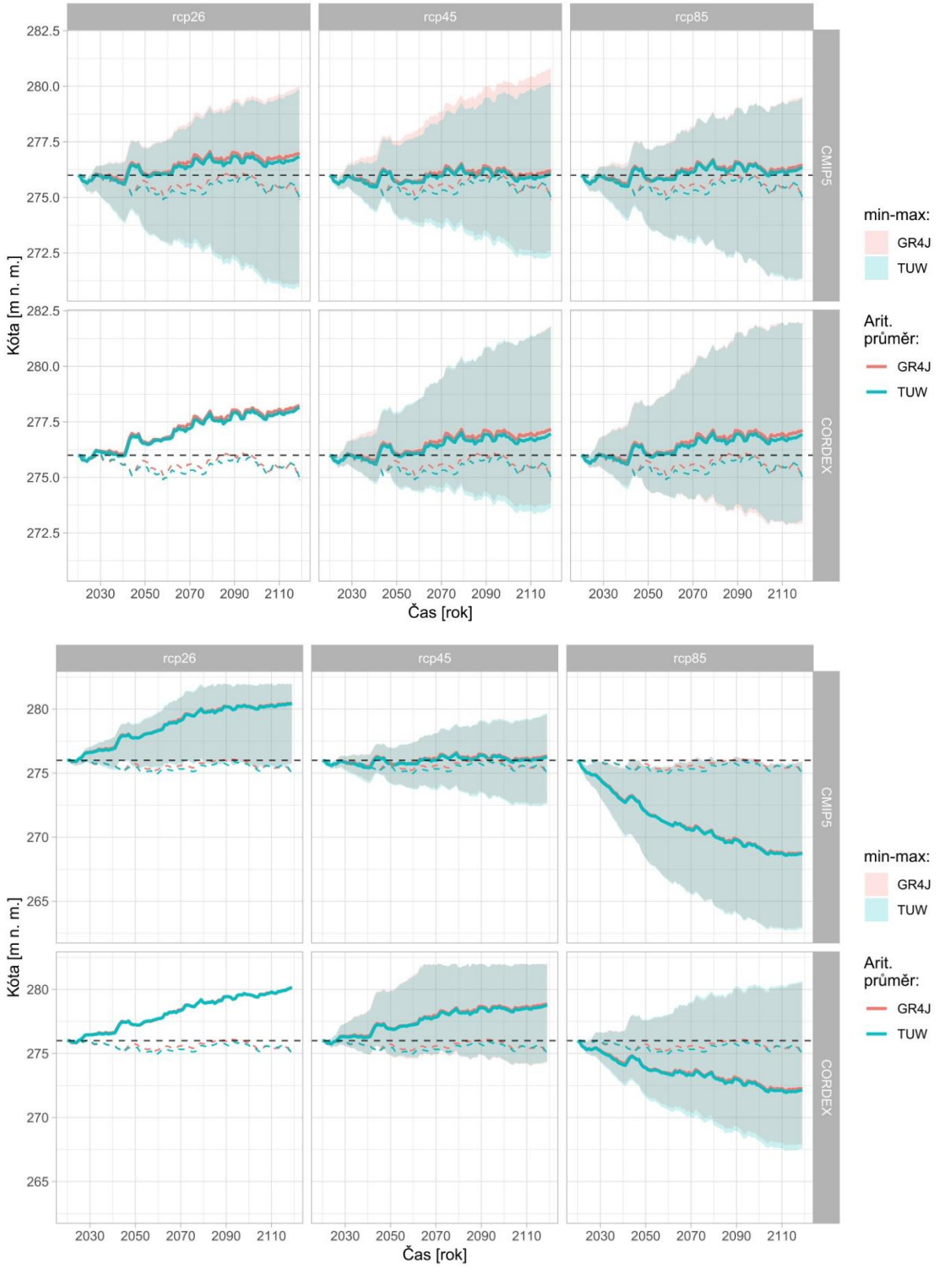
9.3.3.3. Stanovení externí dotace pro udržení hladiny na požadované úrovni

Obrázek 116 ukazuje teoretický vývoj nadmořské výšky hladiny zatopené zbytkové jámy lomu Libouš od počáteční kóty 276,0 m n. m. (požadovaná hladina) ze simulací na řadě S_{20-50}^{100l} při externích dotacích 184,3 l/s pro modely GR4J i TUW. Pro S_{70-100}^{100l} jsou nutné externí dotace 212,1 l/s pro oba modely. V hodnotách nalezených externích dotací je zahrnut i požadavek na minimální zůstatkový průtok pod nádrží o hodnotě 13 l/s. Hodnoty potřebných dotací byly stanoveny iteračně pro scénář RCP4.5 z projektu CMIP5. V simulacích pro blízkou budoucnost pokrývají takto stanovené hodnoty všechny prezentované varianty scénářů. V simulacích pro vzdálenou budoucnost jsou hodnoty externích dotací dostatečné v případě RCP2.6 i RCP4.5 u regionálních i globálních modelů. Pro nejpesimističtější scénář RCP8.5 se jedná o hodnoty nedostatečné.

Pro S_{20-50}^{100l} je externí dotace dostatečná pro scénáře RCP4.5 a RCP8.5 globálních modelů (CMIP5), kdy aritmetický průměr kóty hladiny kolísá v rozmezí 275,6–276,7 m n. m. pro simulace spojené s modelem GR4J, resp. v rozmezí 275,5–276,7 m n. m. pro model TUW. V případě regionálních modelů se scénáři RCP2.6 až RCP8.5 a globálních modelů se scénářem RCP2.6 pro je stanovená dotace mírně nadhodnocena. Aritmetický průměr kóty hladiny na konci 100letého období kolísá v rozmezí 277,1–278,2 m n. m. (model GR4J), resp. v rozmezí 277,0–278,1 m n. m. (model TUW).

Pro S_{70-100}^{100l} je externí dotace dostatečná pro simulace globálních modelů se scénářem RCP4.5, kdy aritmetický průměr kóty hladiny kolísá v rozmezí 275,5–276,6 m n. m. pro simulace spojené s modelem GR4J, resp. v rozmezí 275,4–276,5 m n. m. pro model TUW. Pro simulace regionálních i globálních modelů se scénářem RCP2.6 a pro simulace regionálních modelů se scénářem RCP4.5 jsou externí dotace nadhodnocené.

Aritmetický průměr kóty hladiny na konci 100letého období kolísal v rozmezí 278,9–280,5 m n. m. pro model GR4J, resp. v rozmezí 278,8–280,4 m n. m. pro model TUW. Pro simulace regionálních i globálních modelů se scénářem RCP8.5 je externí dotace nedostatečná. Aritmetický průměr kóty hladiny poklesl na konci prezentovaného období na 268,6–272,1 m n. m. pro simulace spojené s modelem GR4J, resp. na 268,6–272,0 m n. m. pro model TUW.



Obrázek 116. Vývoj hladiny ve zbytkové jámě lomu Libouš pro $\mathbf{S}_{\mathbf{20-50}}^{\mathbf{100}\boldsymbol{l}}$ s externí dotací 184,3 l/s pro modely GR4J i TUW (nahoře) a pro $\mathbf{S}_{\mathbf{70-100}}^{\mathbf{100}\boldsymbol{l}}$ s externí dotací 212,1 l/s pro modely GR4J i TUW (dole), referenční simulace jsou přerušovanou čárou

9.4. Návrh optimálního způsobu zatápění zbytkové jámy na základě technicko-ekonomického posouzení variantních možností

Cílem této kapitoly je doporučit optimální způsob zatápění zbytkové jámy, a to na základě posouzení základních parametrů zatápění zbytkové jámy lomu Libouš, které jsou navrženy v aktuálně platném souhrnném plánu sanací a rekultivací. Toto řešení je bráno jako výchozí varianta. Předmětem posouzení je prověřit, zda vodohospodářské řešení navrhované ve výchozí variantě je tím nejlepším řešením v kontextu závěrů a zjištění uvedených v předchozích kapitolách. Prověřována není jen vlastní technická proveditelnost jednotlivých opatření, ale rovněž existence jiných, alternativních řešení. V případě identifikace alternativního řešení je takové řešení technicky a ekonomicky vyhodnoceno ve vztahu k původnímu, výchozímu řešení. Prověřovány jsou dva klíčové aspekty vodohospodářského řešení zatápění zbytkové jámy:

- disponibilita zdrojů vody pro zatápění, a to na základě rešerše vstupních podmínek a dále pak předchozích studií zpracovaných v rámci projektu VITA-MIN [4][12],
- cílová hladina jezera ve zbytkové jámě, a to zejména na základě matematického modelování hydrologické bilance provedené v rámci této studie (viz kapitola 0).

Základní parametry jezera ve zbytkové jámě lomu Libouš podle aktuálně platného souhrnného plánu sanace a rekultivace [6] uvádí následující tabulka.

Tabulka 22. Základní parametry jezera ve zbytkové jámě lomu Libouš [6]

plocha vodní hladiny	1 132,79 ha
kóta vodní hladiny	275,2 m n. m.
objem vody v jezeru	284,817 mil. m^3
délka břehové linie	16 286 m
průměrná hloubka	32 m
maximální hloubka	67 m
charakter jezera	průtočné
odtok vody z jezera	přelivovým objektem do potoka Hutná I
způsob napouštění	kombinace gravitační a čerpané vody
hlavní zdroj napouštěcí vody	PPV, do kterého se čerpá voda z ČS Rašovice

předpokládaný objem napouštěcí vody z hlavního zdroje	1 m^3/s
doplňkový zdroj napouštěcí vody	• krušnohorské potoky (Lužnička, Lideňský potok, Hutná II, Hačka) • přítoky z vlastního povodí
předpokládaný objem napouštěcí vody z doplňkového zdroje	• potoky: 0,1 m^3/s • přítok z povodí: 0,1 m^3/s
způsob přívodu napouštěcí vody	napouštěcím kanálem z PPV přes vnitřní výsypku, případně z potoka Hačka přes závěrné svahy
očekávaná délka zatápění	8 let
předpokládaný termín zatápění	2038–2046

9.4.1. Disponibilita zdrojů vody pro zatápění

Z hlediska zdrojů napouštěcí vody uvažuje výchozí varianta se všemi dostupnými zdroji vody, tj. jak s čerpanou vodou z Ohře, tak s gravitačními vodami krušnohorských potoků. Žádné jiné zdroje neexistují.

Výchozí varianta počítá s tím, že pro zatápění zbytkové jámy se bude přednostně odebírat povrchová voda z PPV ve výši 1 m^3/s po dobu cca 8 let. Odběrný profil není v plánu rekultivace přesně lokalizován, ale předpokládá se vybudování rozdělovacího objektu na korytě PPV v prostoru severně od výsypky Prunéřov. Teoreticky by bylo možné odběrné místo vybudovat na korytě PPV téměř kdekoliv severně od lomu Libouš. Nicméně situování odběrného místa do prostoru severně od výsypky Prunéřov má několik výhod. Koryto PPV je zde vedeno nejblíže výsypce Prunéřov a tím se minimalizuje zábor území pro výstavbu napouštěcího kanálu v úseku od PPV na výsypku Prunéřov. Dále toto umístění umožní vést napouštěcí kanál přes celou vnitřní výsypku lomu, kde plán rekultivace počítá s vybudováním kaskády mělkých vodních ploch. Vodní plochy s přiléhajícími mokřady by byly významným přínosem pro oživení celé výsypky, a navíc by umožnily předčištění vod před vstupem do jezera. Jejich dlouhodobá udržitelnost je však podmíněna zachováním určitého odběru vody z PPV i po ukončení řízeného zatápění zbytkové jámy. Z výše uvedených důvodů by **navrhované umístění hlavního odběrného profilu na PPV mělo být preferovanou variantou.** Odběr vody z hlavního profilu navíc zajistí dobrou kvalitu vody v jezeře už od začátku zatápění.

Z hlediska navrhované výše odběru vody ve výši 1 m^3/s je možné konstatovat následující. Plán rekultivace počítá s čerpáním vody na ČS Rašovice. Ta je kapacitně schopná do PPV převádět 0,720 m^3/s. Chybějící část do požadovaného odběru (0,280 m^3/s) by musela být kompenzována z průtoků v PPV, které pochází z převodů krušnohorských potoků od počátku PPV až po odlehčení Prunéřovského potoka. Průměrný průtok v PPV nad místem hlavního odběrného profilu je 0,556 m^3/s. Větší část 0,346 m^3/s představuje voda přitékající z PPV a menší část 0,217 m^3/s je přítok z odlehčení Prunéřovského potoka. Uváděné průtoky byly průměrovány za období 2002 až 2017. Jsou tudíž jen minimálně ovlivněny převodem vody z ČS Rašovice do PPV, neboť k zásadnějším převodům vody došlo pouze v letech 2013 a 2014. Chybějící část požadovaného odběru 0,280 m^3/s by tedy mělo být možné doplnit v celé výši přímo z Prunéřovského potoka, neboť dlouhodobý průtok v Prunéřovském potoce je 0,383 m^3/s. Z Prunéřovského potoka je možné do PPV odlehčovat téměř veškeré průtoky, pod rozdělovacím objektem musí být zachován pouze minimální průtok ve výši 60 l/s. Z *M*-denních průtoků vyplývá, že na tuto úroveň klesá průtok po dobu cca 30 dnů v roce. Naopak průtok na úrovni potřebných 280 l/s by byl dostupný jen po období poloviny roku. Pro dosažení průměrného ročního odběru 280 l/s by tedy odběr vody musel být navýšen v hydrologicky příznivější polovině roku, eventuálně by byl odběr z Prunéřovského potoka doplněn povrchovou vodou z PPV. Z hlediska převodu vody by neměl být problém, neboť kapacita odlehčení do PPV je 1,1 m^3/s.

Podmínkou odběru vody z PPV pro účely zatápění zbytkové jámy je však úprava stávajících manipulačních a provozních řádů PPV/PKP i VS NOD, kdy by musely být dořešeny veškeré návaznosti a souvislosti tak, aby bylo umožněno plnění základních účelů této vodohospodářské soustavy, především zajištění veškerých požadovaných odběrů povrchové vody a zajištění stanovených minimálních průtoků ve vybraných tocích.

Jako s vedlejším profilem odběru vody pro napouštění jezera se ve výchozí variantě uvažuje s Hačkou, a to v prostoru mezi Spořicemi a Droužkovicemi. Potok Hačka je přes boční odlehčovací přeliv propojen s PPV, což umožňuje nad rámec vlastních průtoků v Hačce převádět do ní i vodu z PPV. Výhodou tohoto odběrného místa je skutečnost, že požadovaný odběr pro zatápění zbytkové jámy by bylo možné kompenzovat přítoky dalších krušnohorských potoků, které jsou do PPV převáděny v úseku mezi odlehčením Prunéřovského potoka do PPV a odlehčením PPV do Hačky

(Lužnička, Lideňský potok, Hutná). Odběrné místo na Hačce bylo navrženo ještě v době před výstavbou dálnice D7. V současné době se mezi tokem Hačka a budoucí hranou lomu Libouš nachází poměrně široký dopravní koridor železniční trati a dálnice, který by případné napouštěcí koryto muselo křížit. Výstavbu gravitačního napouštěcího kanálu z Hačky navíc komplikuje morfologie terénu, neboť lom Libouš neodtěží celý vrch Farářka, ale zachová jeho část mezi budoucí konečnou horní hranou lomu a dopravním koridorem. Napouštěcí kanál by tak musel být v převážné části své trasy vybudován v zatrubněném profilu, který by jako jediný umožnil gravitační převod z Hačky do zbytkové jámy. Z tohoto důvodu **doporučujeme od vedlejšího profilu zcela upustit.** V případě potřeby je technicky proveditelné povrchové vody dalších krušnohorských potoků (Lužnička, Lideňský potok, Hutná) převést do zbytkové jámy přes severní svahy lomu.

V rámci simulací zatápění zbytkové jámy celkovým odtokem z jejího povodí, přímou srážkou na hladinu a dotací 1 000 l/s z PPV bylo dosaženo požadované kóty hladiny 276,0 m n. m. za cca 11 let od začátku napouštění, což je o tři roky déle, než předpokládá výchozí varianta. Množství vody odebrané z PPV by za 11 let dosáhlo 346,896 mil. m^3, z toho 249,765 mil. m^3 by bylo vody čerpané (ČS Rašovice) a 97,131 mil. m^3 by bylo vody gravitační (Prunéřovský potoka). V případě, že bude zbytková jáma zatápěna na úroveň 276 m n. m., pak **doporučujeme v tomto smyslu upravit plán rekultivace**.

9.4.2. Cílová hladina jezera ve zbytkové jámě

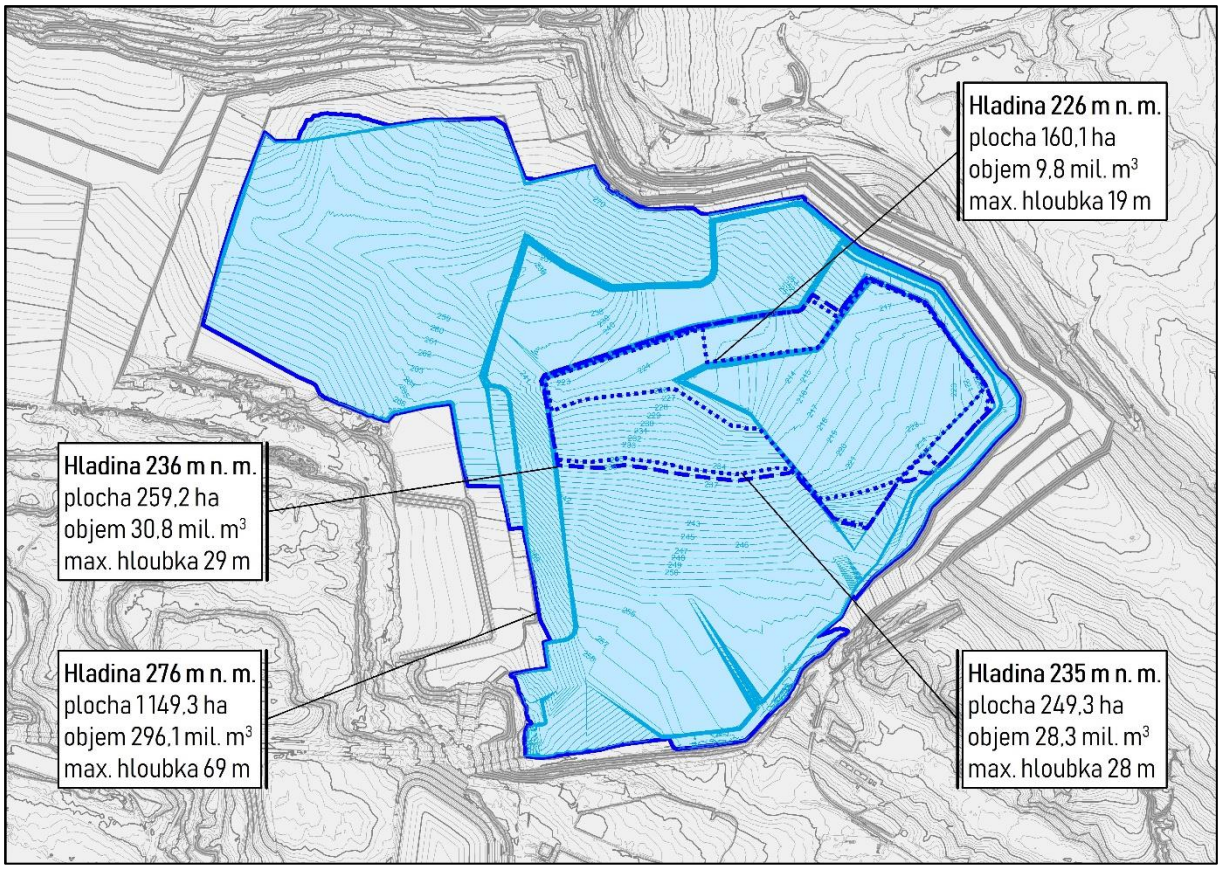
Výchozí varianta navrhuje jezero s provozní hladinou na úrovni 275,2 m n. m. (pro účely modelování byla uvažována kóta 276 m n. m.). Důvodem je skutečnost, že na této úrovni je možné zajistit gravitační odtok z jezera do Hutné I. V současnosti je minimální průtok v tomto toku vytvářen vypouštěním upravených důlních vod, a to v minimální množství 13 l/s. Po ukončení těžby na lomu Libouš dojde přirozeně i k ukončení provozu úpravny důlních vod a potok Hutná I zůstane prakticky bez vody.

V rámci matematického modelování hydrologické bilance bylo zjištěno, že při plnění zbytkové jámy celkovým odtokem z jejího povodí a přímou srážkou na hladinu není možné dosáhnout požadované kóty hladiny 276,0 m n. m. Pro simulace s modelem GR4J byla identifikována ustálená hladina v průměru na úrovni 236,2 m n. m. a bylo jí dosaženo při plnění bez dotace za cca 130 let. Ustálená hladina pro simulace modelu TUW byla

v průměru 236,4 m n. m. a dosáhlo se jí za cca 160 let. Dále bylo vypočteno, že k udržení hladiny jezera na požadované kótě 276,0 m n. m. je za stávajících klimatických podmínek zapotřebí průměrné externí dotace ve výši 151,9 l/s pro oba modely (v dotaci je zahrnut i požadavek na minimální zůstatkový průtok pod jezerem 13 l/s).

V případě simulací zohledňující scénáře klimatické změny vychází ustálená hladina v jezeře na úrovni 231,7 až 235,5 m n. m. (blízká budoucnost), resp. 225,8 až 232,7 m n. m. (vzdálená budoucnost), a to v závislosti na použitém modelu a scénáři nárůstu koncentrace skleníkových plynů. Průměrná externí dotace nutná k udržení požadované hladiny na kótě 276,0 m n. m. v rámci klimatické změny na úrovni blízké budoucnosti pro RCP4.5 a globální modely CMIP5 byla vypočtena na 184,3 l/s pro oba hydrologické modely (v dotaci je zahrnut i požadavek na minimální zůstatkový průtok pod jezerem 13 l/s). Tato průměrná externí dotace je dostatečná pro všechny scénáře regionálních i globálních klimatických modelů. Průměrná externí dotace nutná k udržení požadované hladiny na kótě 276,0 m n. m. v rámci klimatické změny na úrovni vzdálené budoucnosti pro RCP4.5 a globální modely CMIP5 byla vypočtena na 212,1 l/s pro oba hydrologické modely (v dotaci je zahrnut i požadavek na minimální zůstatkový průtok pod jezerem 13 l/s). Tato průměrná externí dotace je dostatečná pro scénáře RCP2.6 a RCP4.5 regionálních i globálních klimatických modelů, ale pro scénář RCP8.5 obou typů klimatických modelů je nedostatečná.

Obrázek 117 rekapituluje v grafické podobě možné scénáře ustálené hladiny v jezeře Libouš ve srovnání s výchozí variantou, která ovšem reprezentuje požadovanou hladinu průtočného jezera. Pro stávající klimatické podmínky je vynesena hladina na úrovni 236 m n. m. Pro simulace založené na klimatických scénářích jsou vyneseny maximální (235 m n. m.) a minimální (226 m n. m.), které představují rozpětí všech použitých modelů a scénářů klimatické změny. Pro každou hladinu jsou uvedeny základní parametry – plocha hladiny, objem zadržené vody a maximální hloubka.



Obrázek 117. Scénáře ustálené hladiny jezera Libouš ve srovnání s výchozí variantou

Na základě výsledků matematických simulací lze konstatovat, že z hlediska cílové úrovně hladiny jezera ve zbytkové jámě, existují dvě varianty – výchozí varianta průtočného jezera a varianta neprůtočného jezera.

Výchozí varianta průtočného jezera s hladinou na kótě 275,2, resp. 276 m n. m. je proveditelná jen za předpokladu, že bude zajištěn trvalý přítok do jezera ve výši min. 152 l/s. Do budoucna se však potřeba dotace jezera může v souvislosti s klimatickými změnami zvýšit na 184 až 212 l/s. Uváděné externí dotace již v sobě zahrnují i požadavek na minimální zůstatkový průtok pod jezerem 13 l/s. V praxi by to znamenalo, že by do jezera musel být trvale převáděn veškerý možný průtok z odlehčení Prunéřovského potoka, kromě zachovávaného minimálního průtoku 60 l/s. Pouze tato varianta by umožnila zachovat v Hutné I po celý rok potřebný minimální průtok vody. Budoucí jezero by muselo být koncipováno tak, aby disponovalo dostatečným manipulačním prostorem, který by se zaplnil v průběhu hydrologicky příznivější části roku, což by ve zbylé části roku, kdy přítoky do jezera poklesnou, umožnilo odpouštět z jezera potřebné množství vody pro udržení minimálního průtoku vody v Hutné I.

Varianta neprůtočného jezera s hladinou na úrovni ustálené hladiny představuje řešení, které by mělo mít v dlouhodobém horizontu minimální nároky na manipulaci s vodou. Jezero se bude chovat tak, že jeho hladina bude přirozeně reagovat na momentální bilanci přítoku a výparu. Ta je sice z dlouhodobého pohledu vyrovnaná, což ale nevylučuje určitou fluktuaci hladiny jak v průběhu roku, tak možnost dočasného zvýšení či poklesu hladiny v důsledku výskytu let hydrologicky pod- či nadprůměrných. Otázkou zůstává, jaká ustálená hladina by měla být ideálně zvolena, protože rozdíl mezi hladinou ustálenou za stávajících klimatických podmínek a hladinou ustálenou podle nejpesimističtějšího scénáře klimatické změny pro vzdálenou budoucnost dosahuje až 10,6 m. To může být komplikací nejen po technické, ale i ekonomické stránce. Z ekonomického hlediska je jasné, že varianta neprůtočného jezera přináší určité úspory nákladů na čerpání napouštěcí vody, protože neprůtočné jezero má výrazně nižší objem akumulované vody. Úspora je to však jen zdánlivá, neboť nezatopenou plochu zbytkové jámy bude nutné rekultivovat jiným způsobem. Na druhou stranu může u této varianty dojít v budoucnu ke vzniku dodatečné potřeby finančních prostředků na úpravu prostoru břehové linie jezera, neboť za současných prognóz klimatických změn nebude nikdy jisté, zda nyní zvolená úroveň ustálené hladiny bude tou konečnou hladinou, ke které skutečné změny klimatu v budoucnu povedou.

Učinit doporučení ohledně výběru optimální varianty zatopení zbytkové jámy lomu Libouš není jednoduché. Konečnému rozhodnutí o výběru mezi průtočným a neprůtočným jezerem bude muset ještě předcházet širší diskuze se správcem povodí, obcemi v okolí jezera, krajem, případně i dotčenými orgány státní správy. Nelze přihlížet pouze k technicko-ekonomické proveditelnosti dílčích opatření. Je potřeba uvažovat v širším kontextu a zvážit rizika a dopady obou variant. Pro ilustraci je v dalším textu stručně popsán postup realizace obou variant s důrazem na širší souvislosti a rizika.

Varianta neprůtočného jezera se jeví jako optimální z hlediska prostého naplnění povinnosti provést rekultivaci těžbou dotčeného území, kdy by se po ukončení těžby přistoupilo k řízenému zatopení zbytkové jámy na úroveň ustálené hladiny, tj. přibližně 236 m n. m. Předpokládáme, že se hydrologická bilance jezera bude průběžně aktualizovat a ustálená hladina by tak odpovídala klimatickým podmínkám, které budou panovat v době ukončení těžby. Zatopení by samozřejmě předcházela řádná sanace zbytkové jámy a rekultivace závěrných svahů zbytkové jámy i vnitřní výsypky v souladu

s plánem sanace a rekultivace, který by musel zohlednit menší zatopenou plochu zbytkové jámy. Zdrojem vody pro zatápění by musela být čerpaná voda na ČS Rašovice. K nastoupání vody na úroveň ustálené hladiny jen z přítoků z vlastního povodí zbytkové jámy by totiž došlo nejdříve za 130 let, což je nepřijatelně dlouhá doba. V krátkém předstihu před ukončením těžby by se tedy na PPV vybudoval rozdělovací objekt a z něj napouštěcí kanál do zbytkové jámy. Podmínkou napouštění je provozuschopnost ČS Rašovice v době ukončení těžby lomu Libouš (2038) a rezervace jejího výkonu minimálně do roku 2043, kdy by jezero bylo napuštěno. Odběrem povrchové vody z PPV by se jezero napustilo během 1 až 3 let v závislosti na výši odběru. V této variantě by byl postačující i odběr ve výši objemu čerpaných vod, tj. 0,720 m^3/s. Zatopením zbytkové jámy by vzniklo relativně mělké jezero o maximální hloubce 29 m, s rozlohou asi 260 ha a objemem 31 mil. m^3. Jezero by tedy mělo přibližně stejné parametry jako stávající jezero Milada. Po napuštění jezera na ustálenou hladinu by se čerpání vody do PPV zastavilo. Vybudovaný napouštěcí kanál z PPV do zbytkové jámy by mohl být zachován, aby by se v něm mohl udržovat alespoň minimální přítok z PPV, který by pravděpodobně nijak neomezoval nakládání s vodami ve vodohospodářské soustavě NOD. V případě, že by v některém roce došlo k výraznějšímu poklesu vody v jezeře, mohlo by se přes napouštěcí koryto jezero opět doplnit, aby se nečekalo na znovuustálení hladiny přirozenými přítoky z povodí, což by mohlo trvat i několik let. Jezero by bylo bez možnosti gravitačního odtoku. Ochranu před výraznějším nastoupáním hladiny jezera v případě mimořádně extrémních srážek by poskytovala čerpací stanice nadbilančních vod, která by byla zřízena v jižní části jezera s výtlačným potrubím do Hutné I. Hutná I by po ukončení těžby zůstala bez vody, resp. by byla závislá pouze na přítocích z vlastního povodí pod zbytkovou jámou. To by mělo pravděpodobně negativní důsledky pro provoz čistíren odpadních vod, kterým Hutná I slouží jako recipient (ČOV Březno, ČOV Hrušovany).

Varianta průtočného jezera vyžaduje provozní hladinu jezera na úrovni 275 až 276 m n. m., aby bylo možné zajistit gravitační odtok z jezera do potoka Hutná I. Podle současných rekultivačních plánů by takové jezero mělo rozlohu přibližně 1 130 ha, objem vody 285 mil. m^3 a maximální hloubku 67 m. Postup závěrečné sanace a rekultivace zbytkové jámy je v zásadě totožný s variantou neprůtočného jezera. Odběr z PPV za účelem zatopení zbytkové jámy na cílovou hladinu by však musel být na úrovni 1 m^3/s, tj. kromě čerpané vody by se odběr dorovnával převodem vody z PPV, resp. Prunéřovského potoka. Při takovém odběru by se jezero naplnilo v časové horizontu 11 let. Čerpací

stanice Rašovice by musela být provozuschopná minimálně do roku 2051 a po celou dobu zatápění by musel být její výkon rezervovaný pro tyto účely. Po dosažení cílové hladiny by se čerpání vody na ČS Rašovice ukončilo, avšak převod vody z Prunéřovského potoka by byl zachován v maximální možné míře. Trvalý převod vody z Prunéřovského potoka do jezera by musel být zakomponován do manipulačního řádu VS NOD se všemi jeho dopady na účel této soustavy. Trvalý přítok vody do zbytkové jámy přes vnitřní výsypku by umožnil vytvoření pestrých vodních a mokřadních biotopů na vnitřní výsypce. V jižní části jezera by byl vybudován manipulovatelný odtokový objekt, který by reguloval výšku hladiny a zároveň umožňoval zadržení určitého objemu vody v jezeře. Tím by se zajistila trvalá dotace vody do potoka Hutná I. Varianta průtočného jezera tak splňuje nejen základní podmínku na provedení zákonem vyžadované rekultivace, ale má přidanou hodnotu ve smyslu plnění dalších revitalizačních a vodohospodářských funkcí.

Z výše uvedené rekapitulace je zřejmé, že pomyslným jazýčkem na misce vah při rozhodování o výběru mezi oběma variantami je možnost či nemožnost převedení povrchových vod krušnohorských potoků do zbytkové jámy lomu Libouš. Paradoxně by však právě toto mělo být tím primárním revitalizačním cílem při obnově krajiny po povrchové těžbě. Odvedení povrchových vod mimo zájmové území povrchového dolu je sice podmínkou zahájení hornické činnosti, ale jakkoli dlouhodobě je hornická činnost v krajině vykonávána, z pohledu vývoje krajiny jde o záležitost dočasnou. Domníváme se, že pokud zde existuje řešení, které je technicky i ekonomicky proveditelné, a které by umožnilo navrátit alespoň některé vodní toky nazpět do území, z něhož byly účelově a nepřirozeně odkloněny, mělo by se takové řešení vždy preferovat. **Z tohoto důvodu doporučujeme v případě zbytkové jámy lomu Libouš zvolit variantu průtočného jezera, která jako jediná je předpokladem plnohodnotné revitalizace širšího území dotčeného těžbou lomu Libouš.**

9.5. Závěrečné shrnutí a doporučení optimalizace stávajících koncepcí

Rozvoj povrchové těžby hnědého uhlí ve druhé polovině minulého století výrazným způsobem přetvořil krajinu mezi Kadaní a Chomutovem. Ta se vyznačovala mírně zvlněným reliéfem přecházejícím mezi úpatím Krušných hod a řekou Ohří, rozbrázděným několika mělkými údolími krušnohorských potoků ústícími do Ohře. Povrchové doly, které zde byly založeny v návaznosti na hlubinnou těžbu, se postupem času spojily v jediný lom Libouš, který v současné době postupuje západním směrem a svou činnost zde ukončí kolem roku 2038. Ochrana rozvíjejících se dolů před

povrchovými vodami si v minulosti vyžádala realizaci rozsáhlých vodohospodářských opatření, z nichž nejvýznamnějším byla výstavba Přivaděče průmyslové vody (PPV), který je situován severně od lomu Libouš. Přivaděč zachycuje povrchové vody krušnohorských potoků a převádí je do povodí řeky Bíliny. Jeho účelem nebyla jen ochrana dolů, ale zároveň i zabezpečení stálých dodávek povrchové vody pro průmyslové podniky. Vybudování přivaděče a povrchová těžba ovlivnily odtokové poměry celého území. Povodí původních vodních toků byla zmenšena, výsypky dolu vytvořily nové rozvodnice a v prostoru zahloubené jámy dolu vzniklo nové bezodtoké povodí, z něhož se musí veškerá voda odčerpávat. Z hydrogeologického hlediska zde po ukončení těžby nejsou prognózovány žádné významnější přítoky podzemních vod do zbytkové jámy.

Po ukončení těžby se podle souhrnného plánu sanace a rekultivace lomu Libouš počítá se zatopením zbytkové jámy na kótu 275,2 m n. m., jenž umožňuje gravitační odtok vody z jezera do potoka Hutná I, která je pozůstatkem původního potoka Hutná a je potřeba zde udržovat určitý minimální průtok z důvodu potřeby ředit vyčištěné komunální odpadní vody vypouštěné níže na toku. Vzniklé jezero by mělo mít rozlohu 1 133 ha a objem vody 285 mil. m^3. Voda v množství 1 m^3/s by měla být odebírána přednostně z PPV, a to prostřednictvím posílení průtoků čerpáním vody z Ohře na ČS Rašovice. Pro odběr vody se uvažuje s hlavním odběrným profilem přímo na PPV a s vedlejším profilem na potoce Hačka, do níž mohou být rovněž odkláněny vody z PPV.

Simulace plnění zbytkové jámy lomu Libouš celkovým odtokem z povodí jámy a přímou srážkou na hladinu na 300leté řadě prokázala, že požadované kóty 276,0 m n. m. není možné z vlastních zdrojů dosáhnout. Bylo zjištěno, že ustálené hladiny ve zbytkové jámě je dosaženo v průměru na kótě **236,2 m n. m.** (model GR4J), resp. **236,4 m n. m.** (model TUW) za 130–150 let od začátku napouštění zbytkové jámy.

Pokud by se jezero napouštělo s externí dotací vody v plánované výši 1 m^3/s, pak by požadované kóty hladiny 276,0 m n. m. bylo dosaženo cca za **11 let** od začátku plnění. Nicméně pro trvalé udržení hladiny jezera na požadované provozní hladině 276 m n. m. by za **stávajících klimatických podmínek** bylo nutno do jezera dopouštět v průměru **159,1 l/s** pro oba výpočetní modely. V tom je zahrnut i požadavek na minimální zůstatkový odtok z jezera do Hutné I o hodnotě 13 l/s.

Při simulaci plnění zbytkové jámy lomu Libouš celkovým odtokem z povodí a přímou srážkou na hladinu založené na klimatických scénářích se hladina jezera ustálila na úrovni **231,7 až 235,5 m n. m.** (blízká budoucnost), resp. **225,8 až 232,7 m n. m.** (vzdálená budoucnost), a to v závislosti na použitém modelu a scénáři nárůstu koncentrace skleníkových plynů. Průměrná externí dotace nutná k udržení požadované hladiny na kótě 276,0 m n. m. v rámci klimatické změny pak vychází na

184,3 l/s pro blízkou budoucnost, resp. na **212,1 l/s** pro vzdálenou budoucnost. V dotaci je opět zahrnut požadavek na minimální zůstatkový průtok pod jezerem 13 l/s.

Z hlediska **disponibility zdrojů povrchové vody** pro zatápění se prokázalo, že s využitím čerpané vody z Ohře je možné zbytkovou jámu lomu Libouš na požadovanou kótu 276 m n. m. napustit v horizontu 11 let. Odběr vody by měl být z uvažovaného hlavního profilu tak, aby napouštěcí koryto mohlo být vedeno přes vnitřní výsypku. Po stránce kvality vody je uvažovaný zdroj bezproblémový a navrhované vodní a mokřadní plochy na vnitřní výsypce pomohou některé ukazatele ještě zlepšit. S vedlejším profilem na Hačce se doporučuje dále neuvažovat.

Z hlediska **cílové hladiny jezera** je nutno na základě výsledků matematických simulací plnění zbytkové jámy konstatovat, že požadovaná kóta hladiny průtočného jezera neodpovídá ustálené hladině. Ta vychází o min. 40 m níže, než předpokládá plán rekultivace.

Pro hydrickou rekultivace zbytkové jámy tak existují **dvě varianty – výchozí varianta průtočného jezera** a **varianta neprůtočného jezera**. Varianta neprůtočného jezera s ustálenou hladinou je dostačující pro splnění zákonné povinnosti rekultivace. Varianta průtočného jezera navíc umožní budoucímu jezeru plnit další vodohospodářské a revitalizační funkce a ve své podstatě naplňuje představy o plnohodnotné revitalizaci širšího území lomu Libouš. Realizací základního předpokladu průtočného jezera, tedy trvalým převedením vod Prunéřovského potoka do zbytkové jámy, dojde k oživení celé vnitřní výsypky. Průtočné jezero je navíc jedinou možností, jak zajistit trvalý průtok v potoce Hutná I, která slouží mj. jako recipient pro čistírny odpadních vod.

Ačkoli **doporučujeme realizovat variantu průtočného jezera**, konečné rozhodnutí musí vzejít ze společné diskuze všech zúčastněných stran. K této diskuzi musí dojít co nejdříve, neboť těžební společnost vytváří zákonnou finanční rezervu a její výše musí odpovídat zvolenému technickému řešení.

10. POSOUZENÍ STÁVAJÍCÍ KONCEPCÍ HYDRICKÉ REKULTIVACE ZBYTKOVÉ JÁMY DOLU BÍLINA

10.1. Vstupní podklady

1. Topografické mapy 1:25 000 Ministerstva obrany ČR. Vojenský geografický a hydrometeorologický úřad Dobruška, 2016.
2. Topografické mapy 1:10 000. Zeměměřičský úřad ČR, 2017.
3. Mapové podklady ČUZK (státní mapy, archivní mapy, ortofotomapy) dostupné on-line přes WMS server.
4. Projekt VITA-MIN. Kompendium stávajících poznatků k hydrologické a hydrochemické problematice zatápění zbytkových jam po těžbě uhlí v SHP. Sweco Hydroprojekt, a. s., květen 2018.
5. Projekt VITA-MIN. Příprava zadání pro řešení problematiky hydrologické a hydrochemické situace SHP z hlediska zatápění zbytkových jam po těžbě uhlí v rámci projektu Vita-Min. R-Princip Most, s. r. o., říjen 2016.
6. Souhrnný plán sanace a rekultivace Dolů Bílina DB při postupu do hranic územně ekologických limitů dle usnesení vlády č. 827/2015. R-Princip Most, s. r. o., srpen 2017.
7. Projekt VODAMIN. Problematika důlních vod v SHP. Část 1 – Hodnocení monitorovacího systému stařinových vod v prostoru severočeské hnědouhelné pánve v souvislosti s předpokladem omezování čerpání stařinových vod při postupu těžby a uzavírání lomů. Výzkumný ústav pro hnědé uhlí, a. s., prosinec 2013.
8. Manipulační řád vodohospodářské soustavy náhradních opatření za nádrž Dřínov, Povodí Ohře, s. p., září 2007, aktualizace leden 2017.
9. Studie jezera ve zbytkové jámě lomu Bílina při navýšení výsypných prostor. R-Princip Most, s. r. o., červenec 2015.
10. Projekt VITA-MIN. Zhodnocení dlouhodobého vývoje kvality vody ve zbytkových jezerech SHP. R-Princip Most, s. r. o., duben 2019.

10.2. Rešerše a zhodnocení výchozích hydrogeologických, hydrografických a hydrologických podmínek

10.2.1. Hydrogeologické podmínky

10.2.1.1.Stařinové systémy

Základní charakteristika stařinových systémů bývalých hlubinných dolů a prognóza jejich dalšího vývoje v souvislosti s postupným ukončováním těžby je obsahem studie zpracované v rámci projektu VODAMIN [7].

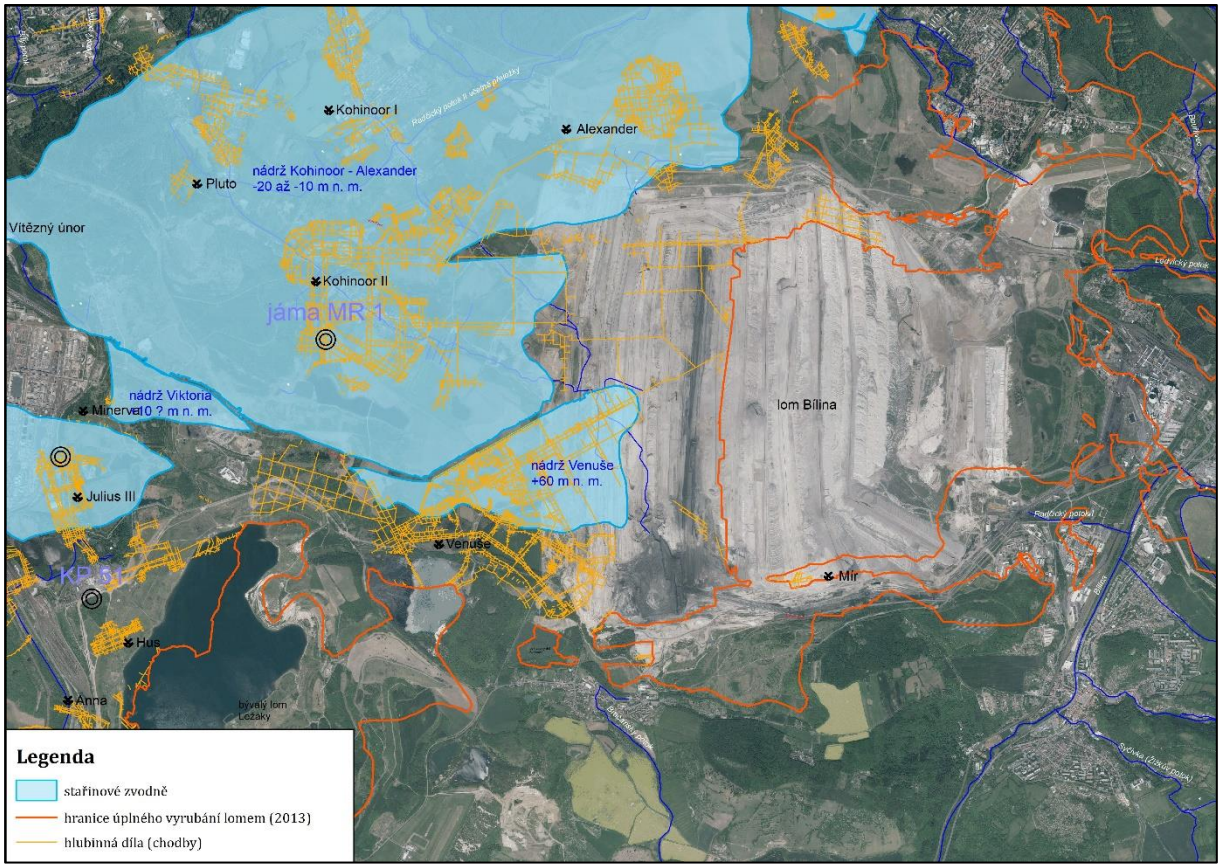
V zájmovém území je mnoho bývalých hlubinných dolů se stařinovými systémy, které vznikaly v důsledku rozvoje průmyslu koncem 19. století. Mezi významnější se řadí stařiny bývalých hlubinných dolů Venuše, Mír a Alexander (Obrázek 118).

Důl Mír byl uveden do provozu v roce 1928 a jeho likvidace byla ukončena byla v roce 1973. Uhelná sloj je v prostoru bývalého hlubinného dolu Mír prakticky odtěžena postupem lomu Bílina. Pro odvodnění stařin dolu Mír byla vybudována emeránská chodba, jako náhradní řešení za čerpání na jámě Mír. V roce 1982 došlo postupem uhelných řezů k přetnutí Emeránské chodby. V letech 1992 až 1993 byla jako náhrada vyhloubena jáma Emerán, která tuto funkci převzala. Důvodem čerpání na jámě Emerán je udržování hladiny vody pod úrovní přelivu do vnitřní výsypky (spínací sonda je na kótě 80 m n. m. a vypínací sonda na kótě 79 m n. m.). Roční čerpané množství vod se pohybuje kolem 1,3 mil. m^3. Nicméně se nejedná pouze o vody stařinové, ale z větší části i mělké podzemní vody, neboť zde byly potvrzeny průsaky vod z řeky Bíliny.

Těžba na dole Alexander probíhala od roku 1896. V roce 1987 byl dokončen spojovací překop Kohinoor – Alexander. Důl byl zlikvidován v roce 1997 a je přesypán výsypkou Pokrok. Vzhledem k tomu, že od roku 2002 neexistuje v této oblasti žádné monitorovací místo, lze se pouze domnívat, že se hladina ve stařinovém systému Kohinoor-Alexander pohybuje pravděpodobně v rozmezí kót -20 až -10 m n.m. (v závislosti na čerpání z jámy MR1). Pokud bude zachováno čerpání z jámy MR1, bude se pravděpodobně jednat o setrvalý stav.

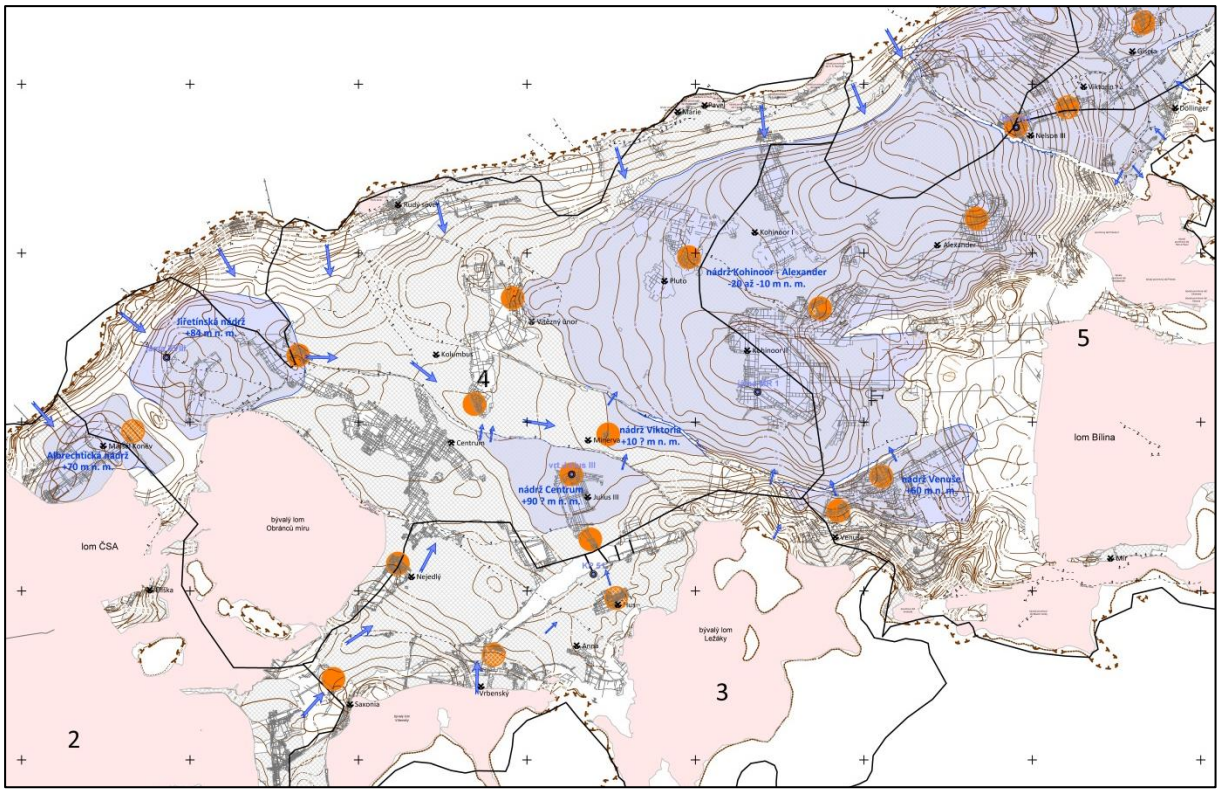
Důl Venuše byl v provozu od roku 1893 do roku 1961. Stařinový systém dolu Venuše s nádrží stařinových vod Venuše s předpokládanou přelivnou kótou +60 m n.m. je od nádrže stařinových vod Kohinoor-Alexander oddělen blokem rostlé sloje na rozhraní dobývacích prostorů Lom II a Bílina. Západní část stařinového systému dolu Venuše je od nádrže stařinových vod Kohinoor-Alexander oddělena zlomem Viktoria. Úroveň hladiny

vody ve stařinovém systému je monitorována od roku 2012 na vrtu LB300, přičemž do konce roku 2013 hladina vykázala mírný pokles z úrovně 49,4 m n. m. až na 48,7 m n. m.



Obrázek 118. Situace bývalé těžby a stařinových zvodní, zpracováno dle [7]

Z hlediska dlouhodobého vývoje stařinových systémů je zásadním určujícím prvkem doba, po kterou bude udržováno čerpání důlních vod na jámě MR 1. Obecně lze po ukončení čerpání na jámě MR 1 očekávat postupné zatápění nejhlubších partií stařinového systému. Generelní směr proudění důlních vod ve stařinách je do nejhlubší partie stařinového systému (viz Obrázek 119), kterou je prostor stařinové zvodně Kohinoor-Alexander. Hladina vod v nádrži Kohinoor-Alexander se postupně vyrovná s nádrží Viktoria a stařinové vody se začnou přelévat přes zlom Viktoria do oblasti mezi zlomy Viktoria a Centrum, která se naplní až k jamám bývalého hlubinného dolu Kolumbus. Následně dojde k propojení nádrže Kohinoor-Alexander-Viktoria s nádrží Centrum a postupnému zatápění prostoru Julius III směrem k dolu Centrum. Poté se stařinové vody začnou přelévat do oblasti dolu Venuše a odtud chodbovým systémem (Venušská a Langhamerova chodba) do prostoru lomu Bílina, a to na kótě cca 60 m n. m. Přítoky do lomu Bílina lze předpokládat ve výši cca 100 l/s.



Obrázek 119. Směry proudění podzemních vod ve stařinovém systému [7]

10.2.1.2.Hydrogeologické kolektory

Hlavními zvodnělými kolektory v zájmovém území jsou uhelná sloj, terciérní nadložní písky, a kvartérní sedimenty.

Uhelná sloj nenarušená těžební činností je hodnocena jako slabě puklinově propustná. Hlubinnou těžbou přerubaná sloj je však jedním z nejpropustnějších kolektorů. K napájení uhelné sloje dochází jednak přímým vsakem do sloje u výchozů, jednak prostřednictvím nadložních a podložních písků, v některých případech i z krystalinika.

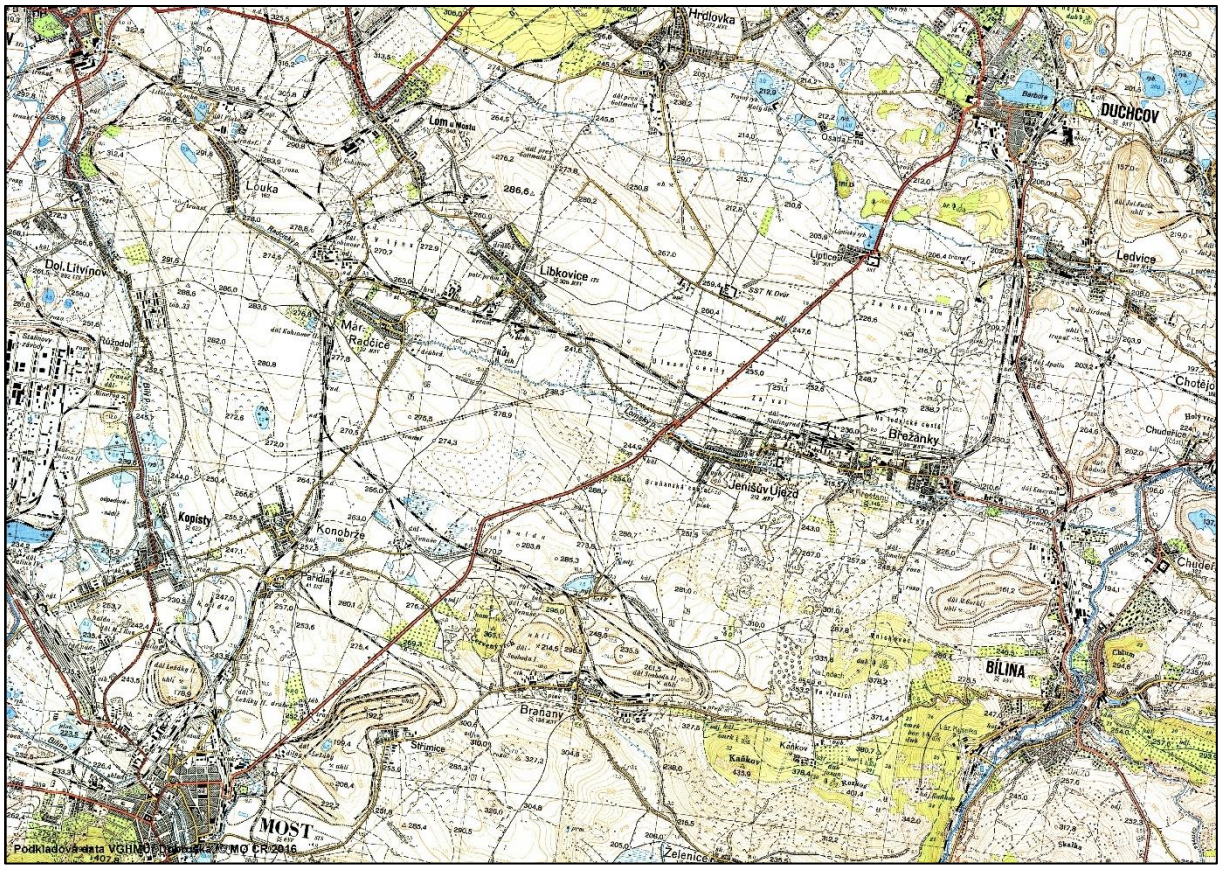
Terciérní nadložní písky slojového souvrství jsou výrazným vodním kolektorem s proměnlivou vertikální a horizontální propustností, která je ovlivněna střídáním písků s nepropustnými jíly a písčitými jíly.

Z kvarterních kolektorů je nejvýznamnější oblast náplavů řeky Bíliny. Určitý význam mají náplavy bývalých potoků v předpolí lomu (Račický a Lomský).

10.2.2. Změny vodohospodářských poměrů

Zájmovou oblast lomu Bílina tvoří mírně zvlněné území upadající od Krušných hor k řece Bílina z nadmořské výšky 280 až 300 m n. m. až na cca 195 m n. m. Území bylo

údolnicemi krušnohorských potoků rozděleno do tří dílčích údolí – **Radčický potok**, **Lomský potok** a **Loučenský potok**. Lomský a Radčický potok se před bývalou obcí Jenišův Újezd spojovaly a u města Bílina se pak společné koryto potoků vlévalo do řeky Bíliny. Severně od obou potoků je mírná terénní elevace, která oddělovala údolí Loučenského potoka. Ten měl několik drobných levostranných přítoků a za obcí Ledvice ústil do Bouřlivce, který se následně vléval do řeky Bíliny. Kromě zmíněných potoků se zejména v severní části území, mezi bývalou obcí Hrdlovka a městem Duchov, nacházela řada menších i větších rybníků a krajina zde měla mokřadnější charakter. Již v 50. létech 20. století zde bylo v provozu několik hlubinných i povrchových dolů, především pak důl Maxim Gorkij severozápadně od města Bílina, předchůdce dnešního lomu Bílina, který jako jediný povrchový lom těží až do současnosti. Stav krajiny před rozvojem povrchové těžby charakterizuje Obrázek 120.



Obrázek 120. Zájmové území lomu Bílina v období kolem roku 1954

Dominantním krajinotvorným faktorem v následujících desetiletích byla samozřejmě povrchová těžba uhlí, a to jak prostřednictvím odtěžování nadložních zemin na dolech Ležáky, Jirásek, Maxim Gorkij a Julius Fučík, tak i deponováním zemin na

vnějších výsypkách Pokrok a Růžodol. V souvislosti s postupem dolů a výsypek byly postupně likvidovány obce včetně související technické infrastruktury. Nejvýznamnější akcí z vodohospodářského hlediska bylo **vybudování přeložky Radčického potoka** (v mapách někdy též označovaná jako Klášterecká přeložka), která zachycuje vody Radčického, Lomského, Loučenského, Oseckého a Hájského potoka a převádí je do vodní nádrže Všechlapy, která byla vybudována na Bouřlivci. Stav území kolem roku 1975 zachycuje Obrázek 121. Obrázek 122 pak stav území kolem roku 1989.

Obrázek 121. Zájmové území lomu Bílina v období kolem roku 1975

Obrázek 122. Zájmové území lomu Bílina v období kolem roku 1989

10.2.3. Hydrologické podmínky

Původní povodí krušnohorských potoků, tj. Radčického potoka č. 1-14-01-061/2, Lomského potoka č. 1-14-01-061/3, a Loučenského potoka č. 1-14-01-061/1 přišla v důsledku vybudování přeložky Radčického potoka o celou svou spodní část pod přeložkou, a navíc i o dílčí části horních částí povodí, jejichž povrchový odtok dnes přeložka zachytává (č. 1-14-01-061/4 a 1-14-01-062). Jejich celková rozloha dosahuje téměř 30 km^2, což představuje plochu, o kterou je současné povodí povrchové jámy lomu Bílina uměle sníženo v důsledku odklonění těchto toků.

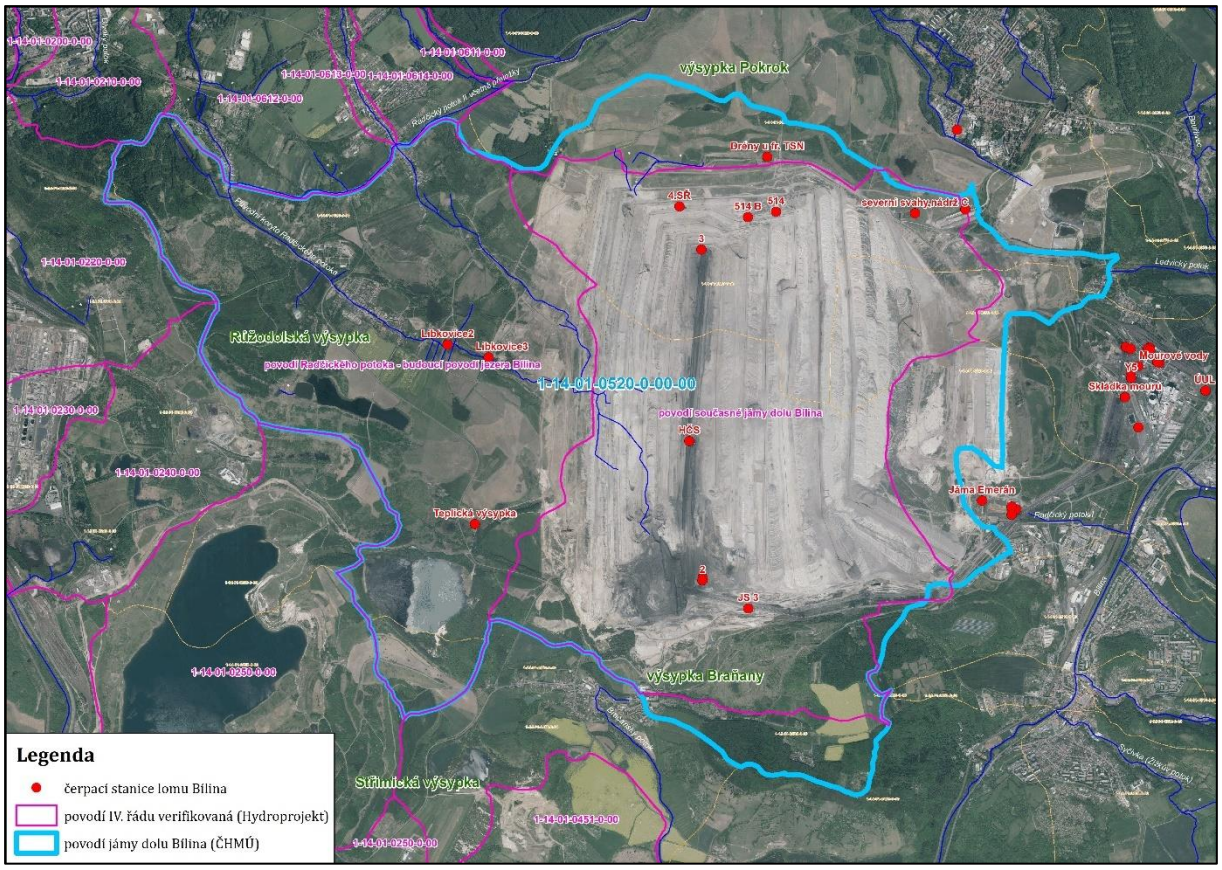
Povodí č. 1-14-01-052 je povodím současné povrchové jámy lomu Bílina. Kromě vlastní povrchové jámy a jejích svahů zahrnuje dále předpolí lomu až k přeložce Radčického potoka včetně jihovýchodního okraje Růžodolské výsypky, jižní svahy lomu s navazujícím rostlým terénem úpatí vrchu Kaňkov, část vnitřní výsypky, severní svahy lomu s částí jižních svahů výsypky Pokrok.

V prostoru výsypky Pokrok pod přeložkou vzniklo povodí č. 1-14-01-068, které je odvodňováno přes odvodňovací příkopy do Ledvického potoka (pozůstatek Loučenského potoka) a dále až do Bouřlivce. Zahrnuje převážnou část výsypky Pokrok

včetně prostoru plaviště Fučík. Východní část vnitřní výsypky (přibližně od současné kazety pro ukládání VEPů z elektrárny Ledvice) spolu s areálem elektrárny spadá do povodí č. 1-14-01-055, které je odvodňováno zbytkovým korytem Radčického potoka do řeky Bíliny.

Rozvodnice povodí současné jámy byla verifikována Hydroprojektem na základě aktuální morfologie lomu (Obrázek 11 na str. 23) [4]. Vytvořená rozvodnice respektuje skutečnost, že předpolí lomu je odvodňováno čerpáním povrchových vod do přeložky. Naproti tomu rozvodnice evidovaná ČHMÚ pro účely poskytování základních hydrologických dat zahrnuje celé gravitační povodí současné jámy dolu, tj. jak povodí jámy, tak povodí jejího předpolí. Poněkud odlišný průběh obou rozvodnic je na výsypce Pokrok a na vnitřní výsypce, kde rozvodnice Hydroprojektu respektuje aktuální morfologii výsypek a je tak přesnější. V důsledku plánovaného postupu těžby západním směrem dojde k výraznému zmenšení povodí budoucí zbytkové jámy, a to jak v důsledku zmenšení plochy předpolí lomu, tzn. území mezi hranou lomu a přeložkou Radčického potoka, tak i v souvislosti s plánovaným postupem zakládání vnitřní výsypky. Poskytnuté základní hydrologické údaje (Tabulka 7 na str. 23) tak neodpovídají odtokovým poměrům, které nastanou v případě postupu lomu až do hranic územně ekologických limitů. Pro účely hydrologických simulací musela být tato skutečnost zohledněna.

Povrchové vody, které se vlivem srážkové činnosti dostávají do bezodtokého povodí jámy dolu, jakožto i podpovrchové vody, které zde vyvěrají, jsou v současnosti zachytávány odvodňovacím systémem dolu. Ten je prostřednictvím odvodňovacích příkopů řízeně svádí do několika akumulačních jímek, které jsou osazeny čerpacími stanicemi, které vody odčerpávají mimo oblast dolu (Obrázek 123).

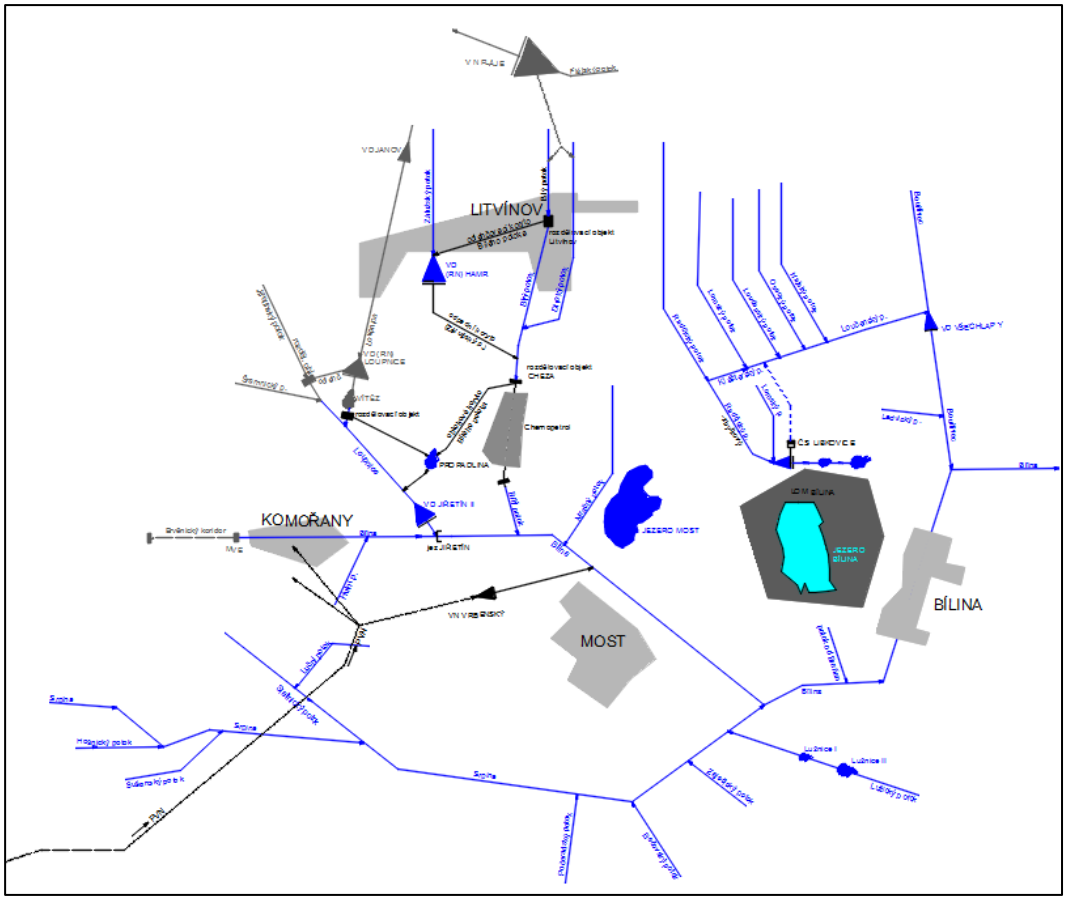


Obrázek 123. Situace čerpacích stanic lomu Bílina

Odvodnění předpolí lomu zajišťuje ČS Libkovice s výtlačným řadem vyústěným do Loučenského potoka. Snižování hladiny podzemní vody v předpolí zajišťují čerpací bariéry odvodňovacích vrtů, čerpajících vodu z pískových zvodnělých kolektorů, z hloubky 60–170 m. Jejich budování začalo v osmdesátých letech minulého století, s postupem skrývkových řezů jsou postupně odtěžovány, a nové v předstihu před prvním řezem budovány. Vrty bariéry „H“ jsou odvodňovány do příkopu, který ústí do Braňanského potoka. Vrty bariéry „I“ v oblasti Libkovic byly čerpány do libkovické retenční nádrže. Nové čerpací vrty bariéry „I“ v oblasti Teplické výsypky jsou řešené jako svodové, tzn. zaústěné do starých důlních chodeb. Odvodňování severních a jižních svahů lomu je zajišťováno soustavou čerpacích stanic příslušných jednotlivým dílčím povodím. Na severní straně to jsou ČS 514, ČS severní svahy s navazující nádrží „A“. ČS Drény Pokrok a ČS 514 čerpají vodu do provozního příkopu, který vede do nádrže C, odkud je ČS Severní svahy přečerpává do nádrže A. Na jižní straně lomu jsou v provozu ČS jižní svahy a ČS jižní svahy 3 odkud jsou vody čerpány do ÚDV Emerán. Specifickou čerpací stanicí je čerpací jáma Emerán. Vody z ní jsou čerpány na ÚDV Emerán. Dno uhelného lomu je proti přívalům povrchových vod chráněno přiměřeně dimenzovanými retenčními jímkami a

čerpacími stanicemi. Jsou to tři retenční jímky s čerpací technologií – hlavní čerpací stanici (HČS), ČS2 v jižní části dna lomu a pomocnou ČS3 v severní části. Voda je čerpána dvěma výtlačnými řady do ÚDV Emerán. Ostatní další čerpací stanice jsou umístěny již mimo současnou jámu lomu Bílina.

Základní vodohospodářské schéma zájmového území dolu Bílina znázorňuje Obrázek 124 [4]. Z hlediska budoucího zatápění zbytkové jámy dolu Bílina a případného zajištění trvalého přítoku do budoucího jezera lze teoreticky uvažovat kromě řeky Bíliny i s vodami krušnohorských potoků, tj. Radčického, Lomského a případně i Loučenského potoka.



Obrázek 124. Vodohospodářské schéma povodí dolu Bílina [4]

Radčickým potokem přitéká z Krušných hor v ročním dlouhodobém průměru 77 l/s (Tabulka 23), Lomským potokem 82 l/s (Tabulka 24), a Loučenským potokem 55 l/s (Tabulka 25).

Tabulka 23. Základní hydrologické údaje pro Radčický potok [9]

Vodní tok					**Radčický potok**								
Číslo hydrologického pořadí					1-14-01-0612								
Profil					nad ústím do Klášterského potoka								
Plocha povodí A [a)]									8,80 km^2				
Dlouhodobá průměrná roční výška srážek na povodí P_a									769 mm				
Dlouhodobý průměrný průtok Q_a									77 l/s				
M-denní průtoky Q_{Md} [b)]									l/s				
30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	355	364	Tř.
183	124	94	76	65	56	48	41	35	30	24	8,0	3,5	IV

Tabulka 24. Základní hydrologické údaje pro Lomský potok [9]

Vodní tok					**Lomský potok**								
Číslo hydrologického pořadí					1-14-01-0613								
Profil					nad ústím do Klášterského potoka								
Plocha povodí A [a)]									5,70 km^2				
Dlouhodobá průměrná roční výška srážek na povodí P_a									906 mm				
Dlouhodobý průměrný průtok Q_a									82 l/s				
M-denní průtoky Q_{Md} [b)]									l/s				
30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	355	364	Tř.
195	132	100	81	69	59	51	43	38	32	26	8,5	3,8	IV

Tabulka 25. Základní hydrologické údaje pro Loučenský potok [9]

Vodní tok					**Loučenský potok**								
Číslo hydrologického pořadí					1-14-01-0611								
Profil					nad ústím do Klášterského potoka								
Plocha povodí A [a)]									5,00 km^2				
Dlouhodobá průměrná roční výška srážek na povodí P_a									827 mm				
Dlouhodobý průměrný průtok Q_a									55 l/s				
M-denní průtoky Q_{Md} [b)]									l/s				
30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	355	364	Tř.
131	89	68	55	47	40	35	29	25	21	17	5,7	2,5	IV

Přeložka Radčického potoka nepřevádí veškeré průtoky Radčického a Lomského potoka, neboť určité minimální průtoky do zbytkových koryt obou toků jsou zachovány. Do zbytkových koryt Radčického a Lomského potoka pod přeložkou se dle příslušného

rozhodnutí[3] regulovaně přivádí z Radčického potoka 13 l/s, z Lomského potoka 18 l/s. Pro každý potok bylo vybudováno odběrné zařízení. O obě odběrná místa se stará MO ČRS Duchcov, který vodu z přeložky Radčického potoka využívá pro rybné hospodářství.

Dlouhodobý průměrný průtok v řece Bílině je 3,6 m^3/s (Tabulka 26).

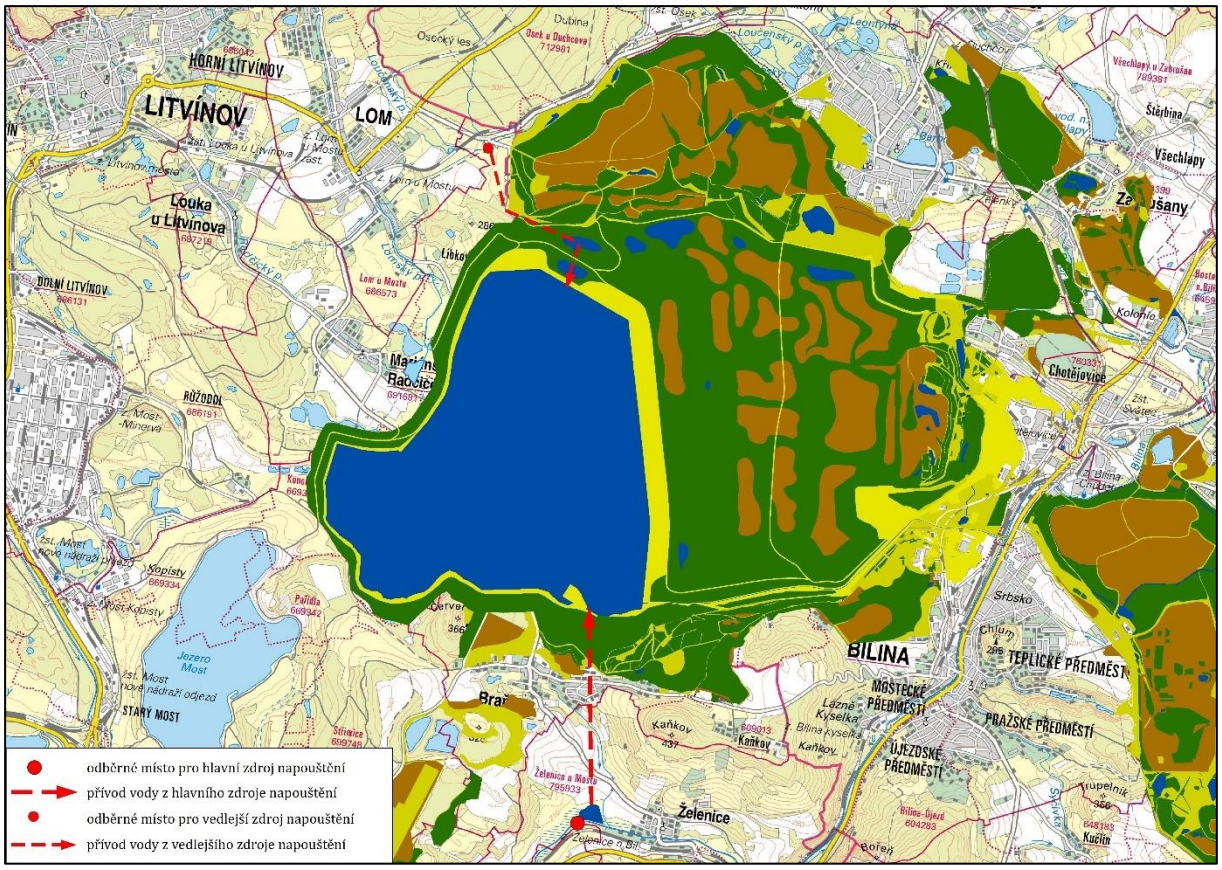
Tabulka 26. Základní hydrologické údaje pro Bílinu [9]

Vodní tok					**Bílina**								
Číslo hydrologického pořadí					1-14-01-0510								
Profil					Stanice č. 222900								
Plocha povodí A a)									557,00 km^2				
Dlouhodobá průměrná roční výška srážek na povodí P_a									580 mm				
Dlouhodobý průměrný průtok Q_a									3,60 m^3/s				
M-denní průtoky Q_{Md} b)									m^3/s				
30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	355	364	Tř.
6,59	4,86	4,18	3,71	3,27	2,97	2,74	2,51	2,34	2,17	1,97	1,50	0,96	III

10.2.4. Stanovení disponibilních průtoků ve vodních tocích

Pro účely zatápění budoucí zbytkové jámy dolu Bílina jsou stanoveny dva potenciální odběrné profily (Obrázek 125). *Hlavní profil* je umístěn na řece Bílině v ř.km 42,2 a voda je odtud do zbytkové jámy přiváděna podzemní štolou pod vrchem Kaňkov. *Vedlejší profil* je umístěn na přeložce Radčického potoka pod zaústěním Loučenského potoka a voda se přivádí napouštěcím korytem kolem výsypky Pokrok.

[3] Vodoprávní rozhodnutí k přeložce Lomského a Radčického potoka – vodohospodářské povolení stavby – ŘVT-SPO Chomutov, vydané Odborem vodního hospodářství a pro věci zemědělství a lesnictví ONV v Mostě dne 30. 10. 1967, zn. Vod/711/405/67/Ba



Obrázek 125. Odběrná místa vody pro zatápění dolu Bílina [6]

V rámci předchozí studie projektu VITA-MIN byly disponibilní průtoky stanoveny na základě měření průtoků státním podnikem Povodí Ohře v období 2002 až 2017 na vybraných limnigrafických profilech, které pak byly porovnávány se základními hydrologickými údaji, které poskytuje Český hydrometeorologický ústav ve variantě ovlivněných i neovlivněných průtoků [4].

Bilance průtoků pro hlavní profil vychází z měřených průtoků na LG Bílina (ČD). Průměrný denní průtok Q_a za období 2002–2017 zde činí 3,075 m^3/s, plocha povodí je 560,471 km^2. Plocha povodí pro profil napouštění je 495,171 km^2. Po přenásobení průtoku 3,075 m^3/s poměrem ploch povodí 0,88 získáváme odhadovaný Q_a pro profil odběru 2,706 m^3/s. Tato hodnota průtoku se bere jako ovlivněná existujícími převody, odběry a vypouštěními. Hlavním doplňkovým zdrojem je převod vody z PPV, podle LG Hačka na PPV průměrný převod za období 2002–2017 činí 0,560 m^3/s. Podle hodnot z roku 2017 byl dále charakterizován vliv odběrů a vypouštění na průtok v profilu pro napouštění. Souhrnný vliv odběrů nad profilem je v průměru 0,634 m^3/s, souhrnný vliv vypouštění nad profilem je v průměru 1,324 m^3/s. Průměrný dlouhodobý neovlivněný

průtok lze získat odečtením 0,563 (dotace PPV) a 0,690 (rozdíl vypouštění a odběrů) od hodnoty 2,706 m^3/s, činí tedy 1,453 m^3/s.

Dalším postupem je odhadnut průtok Q_{330} (průtok v průměru dosažený nebo překročený po 330 dní v roce), a to jako 15 % průtoku průměrného. Pro neovlivněné průtoky tedy Q_{330} činí 0,218 m^3/s. Tento průtok je dále uvažován také jako průtok minimální zůstatkový, tedy takový, který by měl zůstat ve vodním toku pro zachování jeho ekologických funkcí. Disponibilní průtok pro možný odběr na zatápění lomu byl následně určen jako rozdíl průměrného neovlivněného průtoku a minimálního zůstatkového průtoku. **Pro hlavní potenciální profil napouštění je jeho hodnota 1,235 m^3/s.**

Další zpřesnění bilancí poskytují podklady zpracované ČHMÚ. Pro bilanci disponibilních průtoků byl zvolen hlavní potenciální profil napouštění: Bílina nad soutokem s Braňanským potokem (v profilu cca 500 m nad soutokem). **Podle údajů ČHMÚ** za období 1981 až 2010 vychází průměrný denní ovlivněný průtok v profilu Q_a = 3,280 m^3/s. Hodnota průtoku Q_{330} (uvažovaná jako minimální zůstatkový průtok) vychází pro ovlivněné průtoky na 1,420 m^3/s. Rozdíl Q_a a Q_{330} je uvažován jako možný potenciální disponibilní průtok a činí pro ovlivněné průtoky 1,860 m^3/s. Podle stejných údajů ČHMÚ vychází průměrný denní neovlivněný průtok Q_a = 2,130 m^3/s. Hodnota průtoku Q_{330} vychází pro neovlivněné průtoky na 0,421 m^3/s. Rozdíl Q_a a Q_{330} je uvažován jako možný potenciální disponibilní průtok a činí pro **neovlivněné průtoky 1,709 m^3/s.**

Bilance průtoků pro vedlejší profil vychází z měřených průtoků na LG Duchcov, který se nachází až za Duchcovem před zaústěním přeložky do VD Všechlapy. Průměrný denní průtok Q_a za období 2002–2017 zde činí 0,486 m^3/s, plocha povodí je 47,53 km^2. Plocha povodí pro profil napouštění je 23,24 km^2. Po přenásobení průtoku 0,486 m^3/s poměrem ploch povodí 0,49 získáváme odhadovaný Q_a pro profil odběru 0,238 m^3/s. Tato hodnota průtoku se bere jako ovlivněná existujícími odběry a vypouštěními. Podle hodnot z roku 2017 byl dále charakterizován vliv odběrů a vypouštění na průtok v profilu pro napouštění. Souhrnný vliv odběrů nad profilem je v průměru 0,001 m^3/s, souhrnný vliv vypouštění nad profilem je v průměru 0,251 m^3/s. Průměrný dlouhodobý neovlivněný průtok lze získat odečtením 0,250 (rozdíl vypouštění a odběrů) od hodnoty 0,238 m^3/s, činí tedy -0,012 m^3/s. **Z uvedeného výpočtu lze tedy konstatovat, že v Loučenském potoku se nenachází volné zdroje pro případné napouštění lomu Bílina**.

Další zpřesnění bilancí poskytují podklady zpracované ČHMÚ. Pro bilanci disponibilních průtoků byl dále zvolen vedlejší potenciální profil napouštění: Loučenský

potok pod ústím Radčického a Lomského potoka. **Podle údajů ČHMÚ** za období 1981 až 2010 vychází průměrný denní ovlivněný průtok v profilu Q_a = 0,330 m^3/s. Hodnota průtoku Q_{330} (uvažovaná jako minimální zůstatkový průtok) vychází pro ovlivněné průtoky na 0,081 m^3/s. Rozdíl Q_a a Q_{330} je uvažován jako možný potenciální disponibilní průtok a činí pro ovlivněné průtoky 0,249 m^3/s. Podle stejných údajů ČHMÚ vychází průměrný denní neovlivněný průtok v profilu Q_a = 0,228 m^3/s. Hodnota průtoku Q_{330} vychází pro neovlivněné průtoky na 0,037 m^3/s. Rozdíl Q_a a Q_{330} je uvažován jako možný potenciální disponibilní průtok a činí pro **neovlivněné průtoky 0,191 m^3/s**.

10.2.5. Hydrochemické podmínky

Základní hodnocení hydrochemických podmínek bylo provedeno v předchozí studii zpracované v rámci projektu VITA-MIN [12]. Hodnocení vychází z dat ročního monitoringu, který v rámci projektu VITA-MIN provedla společnost BIOANALYTIKA CZ, s. r. o., v průběhu roku 2017. Doplňkově jsou hodnoceny rovněž údaje shromážděné ve studii Hydroprojektu [4].

Kvalita vody v hlavním profilu nevyhověla u 7 ukazatelů limitům pro povrchové vody. Z hlediska využití pro napouštění jezer ve zbytkových jamách se ovšem nejedná o významný problém. Poněkud vyšší je míra překročení limitu u síranů a rozpuštěných látek žíhaných. Koncentrace síranů by mohla být problémem, pokud by se uvažovalo s jezerem jako zdrojem pitné vody. Dá se však předpokládat, že útlum těžby uhlí povede k poklesu jejich koncentrací. Rovněž nadlepšení průtoku v Bílině čerpanou vodou z Ohře by vedlo ke snížení jejich koncentrace. S ohledem na vyšší koncentrace fosforu a nerozpuštěných látek je žádoucí vedení vody z Bíliny přes sedimentační nádrž, která zabezpečí alespoň půlhodinové zdržení vody a bude z ní možno usazený kal průběžně odstraňovat. Následovat by měla kaskáda mělkých nádrží prorostlých makrovegetací. K tomu by se dala využít levobřežní niva Bíliny a dočasně etáže v čele lomu. Výsledkem by byl rozsáhlý mokřad u Bíliny atraktivní pro vodní ptáky a široké spektrum dalších vodních organismů. Obdobný charakter by měly nádrže na svahu lomu, dokud je voda v jezeře nezaplaví. Velká hloubka jezera Bílina umožní se i s takovou koncentrací fosforu srovnat a výsledný stav jezera bude výrazná oligotrofie až ultraoligotrofie. Voda z tohoto profilu je použitelná pro napouštění lomu Bílina i bez úpravy její kvality. Vhodnější je však u několika zmíněných ukazatelů různými opatřeními snížit jejich koncentraci ve srovnání se současným stavem.

Kvalita vody ve vedlejším profilu má dost nepříznivou kvalitu vody, 9 ukazatelů nevyhovuje limitům pro povrchové vody a další 3 ukazatele se limitům velmi blíží. Z hlediska napouštění jezera je však problémem pouze vysoká koncentrace nerozpuštěných látek a celkového fosforu. Pokud se tyto hodnoty nepodaří výrazně zlepšit u zdrojů znečištění, bylo by potřebné vést vodu z tohoto zdroje přes nádrž s alespoň půlhodinovým zdržením vody a následně nejlépe kaskádou mělkých nádrží prorostlých makrovegetací. Blízko limitům pro povrchové vody je také měď, rtuť a benzo/ghi/perylen. Snížení jejich koncentrací je však žádoucí řešit u zdroje znečištění. Voda z tohoto zdroje je využitelná pro napouštění jezera i bez úpravy. Přesto je u některých ukazatelů zlepšení stavu žádoucí.

10.3. Matematický model hydrologické bilance plnění zbytkové jámy

Za účelem matematického modelování hydrologické bilance bylo nejprve nutné provést nakalibrování modelů GR4J a TUW na charakteristiky odtoku z povodí zbytkové jámy, které uvádí Tabulka 7 na str. 23.

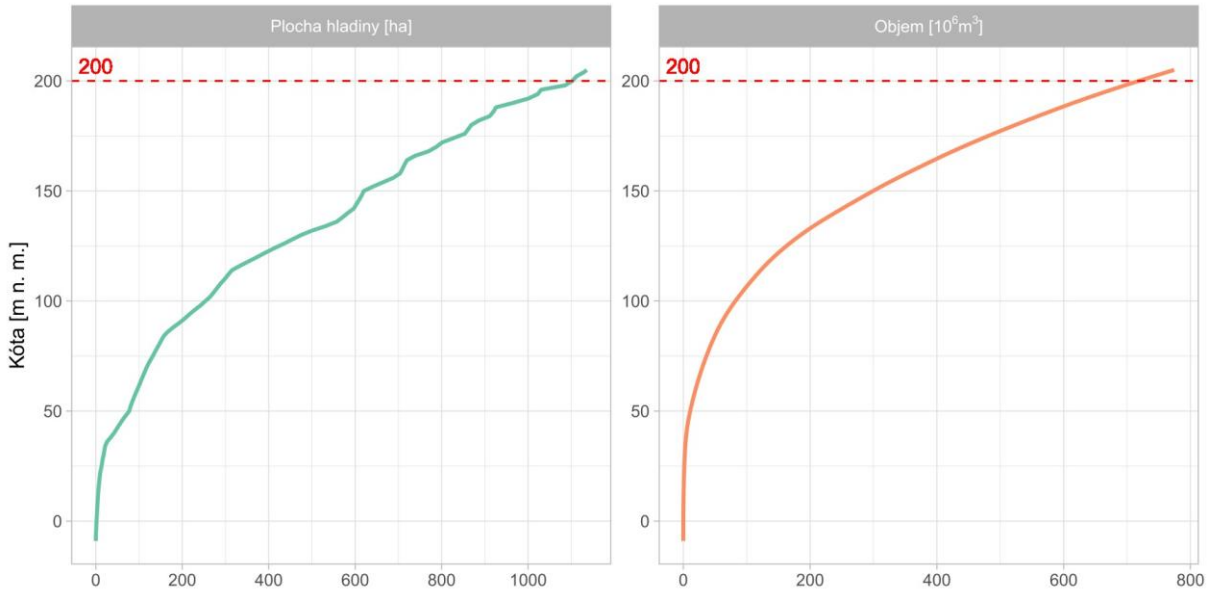
Následně byly modelovány simulace dle následujících požadavků:

- plnění zbytkové jámy a stanovení ustálené hladiny jen na základě celkového odtoku z povodí zbytkové jámy,
- plnění zbytkové jámy a stanovení ustálené hladiny na základě celkového odtoku z povodí zbytkové jámy a hydrogeologického přítoku (bude proveden odhad velikosti tohoto přítoku) v jeho plné výši a pak v poloviční hodnotě (z důvodu možného snižování tohoto přítoku v důsledku plnění jámy),
- plnění zbytkové jámy na základě celkového odtoku z povodí zbytkové jámy, hydrogeologického přítoku a externí dotace vodou z Bíliny – odhad disponibilního průtoku 1 000 l/s, což představuje předpokládaný odběr vody pro zatápění z hlavního profilu dle plánu rekultivace [6],
- plnění zbytkové jámy na základě celkového odtoku z povodí zbytkové jámy, hydrogeologického přítoku a externí dotace vodou z Bíliny a Loučenského potoka – odhad disponibilního průtoku 1 100 l/s, což představuje předpokládaný odběr vody pro zatápění z hlavního a vedlejšího profilu dle plánu rekultivace [6],
- výpočet nutné dotace pro udržení úrovně hladiny na kótě 200 m n. m., což je cílová kóta provozní hladiny jezera ve zbytkové jámě dle plánu rekultivace [6].

Simulace byly provedeny pro referenční resamplované časové řady (popis resamplovaných dat viz začátek kap. 6.4.3) a pro řady ovlivněné klimatickou změnou.

Celkový odtok z povodí zbytkové jámy byl pro všechna uvažovaná řešení navýšen o hodnotu 31 l/s kvůli zaústění zbytkových koryt Lomského a Radčického potoka do zbytkové jámy. V těchto korytech musí být dle vodoprávního rozhodnutí zachován minimální zůstatkový průtok o této hodnotě.

Batygrafické křivky budoucího jezera znázorňuje Obrázek 126 a hodnoty batymetrie uvádí Tabulka 30 v příloze B na str. 309. Požadovaná hladina v budoucím jezeře je 200,0 m n. m. [6].



Obrázek 126. Batygrafické křivky budoucího jezera ve zbytkové jámě lomu Bílina

10.3.1. Kalibrace modelu na charakteristikách odtoku

Kalibrace modelů GR4J a TUW byla provedena na základě charakteristik odtoku povodí (Tabulka 7 na str. 23). Tyto hodnoty však odpovídají současnému stavu. Pro budoucí stav, kdy dojde k výrazné změně velikosti povodí (z 43,2 na 28,2 km^2) nebyly základní hydrologické údaje k dispozici. Charakteristiky odtoku byly proto stanoveny z původních hodnot interpolací směrem k povodí nejbližšího jiného lomu s podobnou velikostí jako je cílová plocha povodí lomu Bílina. Jednalo se o povodí lomu Vršany. Výsledné charakteristiky odtoku uvádí Tabulka 27.

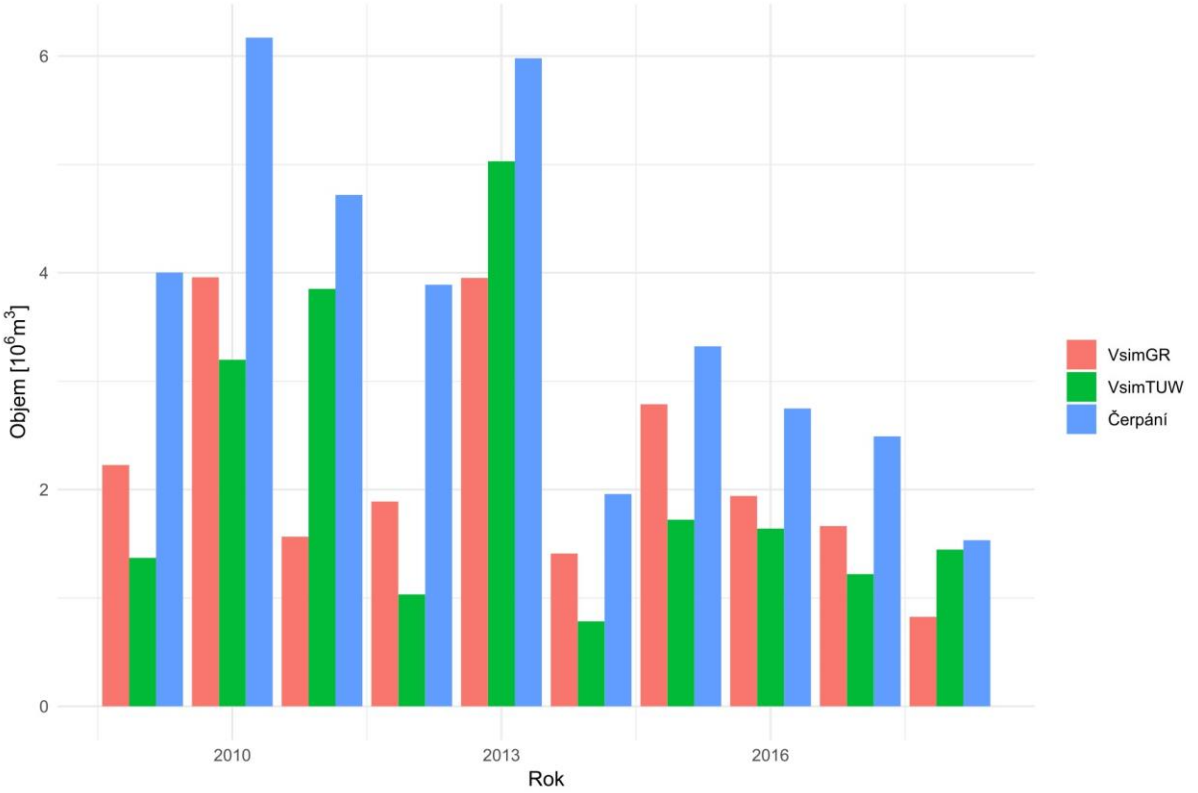
Vstupními daty pro kalibraci byly 30leté časové řady denních srážkových úhrnů a průměrné denní teploty ze stanice Kopisty a dále časová řada PET vypočtená metodou dle Oudina.

Tabulka 27. Základní hydrologické charakteristiky budoucího povodí lomu Bílina (Q_a je dlouhodobý průměrný průtok a Q_{30d} až Q_{364d} jsou M-denní průtoky, vše v $l \cdot s^{-1}$)

Q_a	Q_{30d}	Q_{60d}	Q_{90d}	Q_{120d}	Q_{150d}	Q_{180d}
40	112	71	51	38	17	22
Q_{210d}	Q_{240d}	Q_{270d}	Q_{300d}	Q_{330d}	Q_{355d}	Q_{364d}
16	12	9,4	7,9	6,6	4,7	2,6

Simulace na základě optimálních parametrických sad modelů GR4J a TUW vedly k hodnotám *RMSE*, kterým odpovídají mediány absolutních odchylek mezi zaznamenanými M-denními vodami a těmi stanovenými na základě simulací obou modelů 9,9 % pro model GR4J a 15,3 % pro model TUW. Vyšší absolutní procentické odchylky od zaznamenaných M-denních vod byly zjištěny u Q_{210d} až Q_{300d} pro modelu GR4J a u Q_{270d} až Q_{364d} pro model TUW. Procentické odchylky pro Q_a byly minimální.

Ověření simulací přítoku do lomové jámy založených na modelech GR4J a TUW bylo provedeno na základě údajů o čerpání z let 2009 až 2018 poskytnutých Severočeskými doly, a. s. Výsledné porovnání zobrazuje Obrázek 127 (VsimGR4J a VsimTUW jsou objemy přiteklé vody dle simulací na základě GR4J a TUW). Rozdíl mezi celkovým simulovaným přítokem a hodnotou čerpání je brán jako přítok, který má původ z podzemních hydrogeologických kolektorů. Stanovené průměrné hodnoty hydrogeologického přítoku jsou 85,6 l/s (GR4J) a 88,8 l/s (TUW). Pro další výpočty byla zvolena hodnota 90 l/s, která se blíží odhadům budoucího přítoku stařinových vod. Pro pokrytí případného snižování tohoto přítoku v důsledku plnění lomu byly počítány i varianty s hodnotou o polovinu nižší, tj. 45 l/s, což je hodnota odpovídající odhadům stávajícího přítoku podzemních vod na dno lomu.



Obrázek 127. Porovnání simulovaného přítoku a čerpaného množství pro lom Bílina

10.3.2. Plnění a bilance nádrže

V této kapitole jsou uvedeny výsledky teoretického plnění zbytkové jámy lomu Bílina na základě dvou uvažovaných řešení (bez externí dotace, s externí dotací) a výsledky stanovení externí dotace nutné k udržení požadované kóty hladiny. V rámci externí dotace při plnění byl uvažován jednak pouze hydrogeologický přítok (dále v textu a obrázcích jen jako HG přítok) s odhady 45 l/s a 90 l/s (jak bylo stanoveno v kapitole 10.3.1), a dále kombinace HG přítoku (oba odhady) a dotace vodou z vybraných vodních toků (Bílina a Loučenský potok). Všechny uvedené alternativy byly řešeny na základě resamplovaných časových řad. Počátek plnění nádrže byl účelově stanoven na 1. 1. 2020, toto datum bylo následně použito jako počátek simulací spojených s teoretickým vývojem hladiny v nádrži.

V rámci řešení plnění a bilance nádrže byly uvažovány jednak ztráty výparem z volné hladiny (metoda dle VÚV1) a dále ostatní ztráty, které byly kvantifikovány pro jezero Most (0,3 mm/den). Jak bylo uvedeno v kapitole 10.3, simulace obou modelů byly pro všechny níže řešené varianty zvýšeny o hodnotu 31 l/s. Plocha povodí Bíliny, která byla použita v dalších výpočtech je 28,2 km^2 a odpovídá budoucímu stavu po ukončení těžby. Výsledky jsou prezentovány formou grafů ročních hodnot. Každý obrázek obsahuje

grafy, které zobrazují kótu hladiny [m n. m.], objem vody v nádrži [m^3] a plochu hladiny [m^2] v závislosti na čase a graf bilance nádrže v $m^3 rok^{-1}$ (rozdíl přítoku do nádrže ve formě celkového odtoku z povodí a srážky na hladinu nádrže a ztrát z nádrže ne formě výparu z hladiny a ostatních ztrát). Ve všech níže uvedených grafech jsou červeně zobrazeny simulace spojené s modelem GR4J, modře jsou výsledky modelu TUW, černá přerušovaná čára je požadovaná hladina 200 m n. m. (v grafech, kde je to vhodné). U grafu bilance nádrže je černou spojitou horizontální čárou zdůrazněna úroveň odpovídající nulové změně.

10.3.2.1.Plnění nádrže bez externí dotace

Obrázek 128 ukazuje plnění zbytkové jámy lomu Bílina ze simulací na resamplovaných datech. Hodnoty batymetrických veličin při plnění nádrže bez externí dotace uvádí Tabulka 36 v příloze C na str. 315. Plnění nádrže začíná na kótě -9,0 m n. m. Na konci 300leté řady je v průměru dosaženo kóty 130,2 m n. m. pro simulaci spojenou s modelem GR4J a 128,4 m n. m. pro model TUW. Průměrný rozdíl v kótě na konci časové řady činí 1,8 m. Při plnění nádrže celkovým odtokem z povodí zbytkové jámy nebylo dosaženo požadované kóty hladiny 200,0 m n. m.

Pomocí stanovení přímek trendů bylo zjištěno, že ustálené hladiny v nádrži je dosaženo v průměru na kótě 131,6 m n. m. pro model GR4J a 129,9 m n. m. pro model TUW za více než 300 let od začátku napouštění zbytkové jámy. Přímky trendů se při této metodě stanovují iteračně pro rozpětí hladin, kde se pravděpodobně nachází ustálená hladina. Identifikace pak probíhá na základě nalezení globálního minima hodnot směrnic přímek trendu v řešeném rozpětí.

Graf bilance nádrže (viz Obrázek 128 vpravo dole) ukazuje výrazně pozitivní bilanci v počáteční fázi plnění (prvních cca 80 let) pro většinu resamplovaných časových řad (celý obalový polygon je v kladné části grafu).

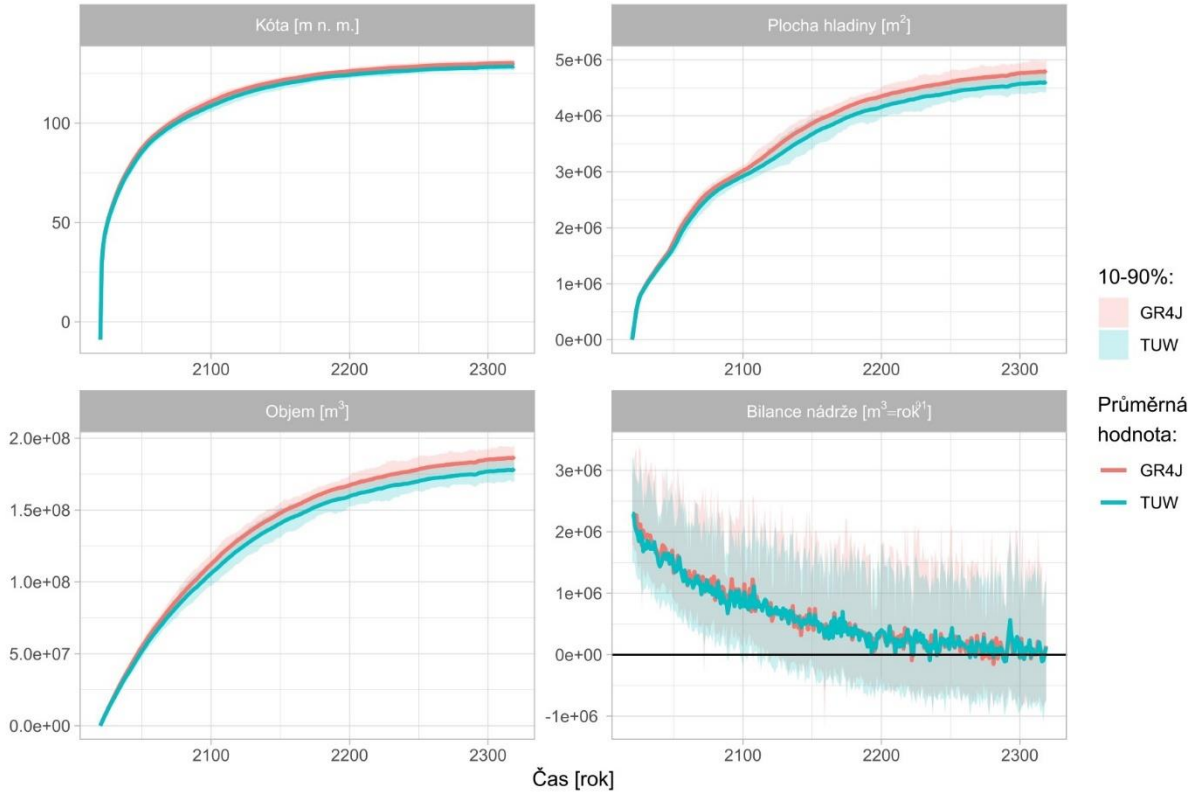
10.3.2.2.Plnění nádrže s hydrogeologickým přítokem

Obrázek 129 a Obrázek 130 ukazují plnění zbytkové jámy lomu Bílina celkovým odtokem z jejího povodí simulovaným na resamplovaných datech a HG přítokem 45 l/s a 90 l/s. Hodnoty batymetrických veličin při plnění nádrže pro tyto varianty řešení uvádí Tabulka 37 a Tabulka 38 v příloze C na str. 316.

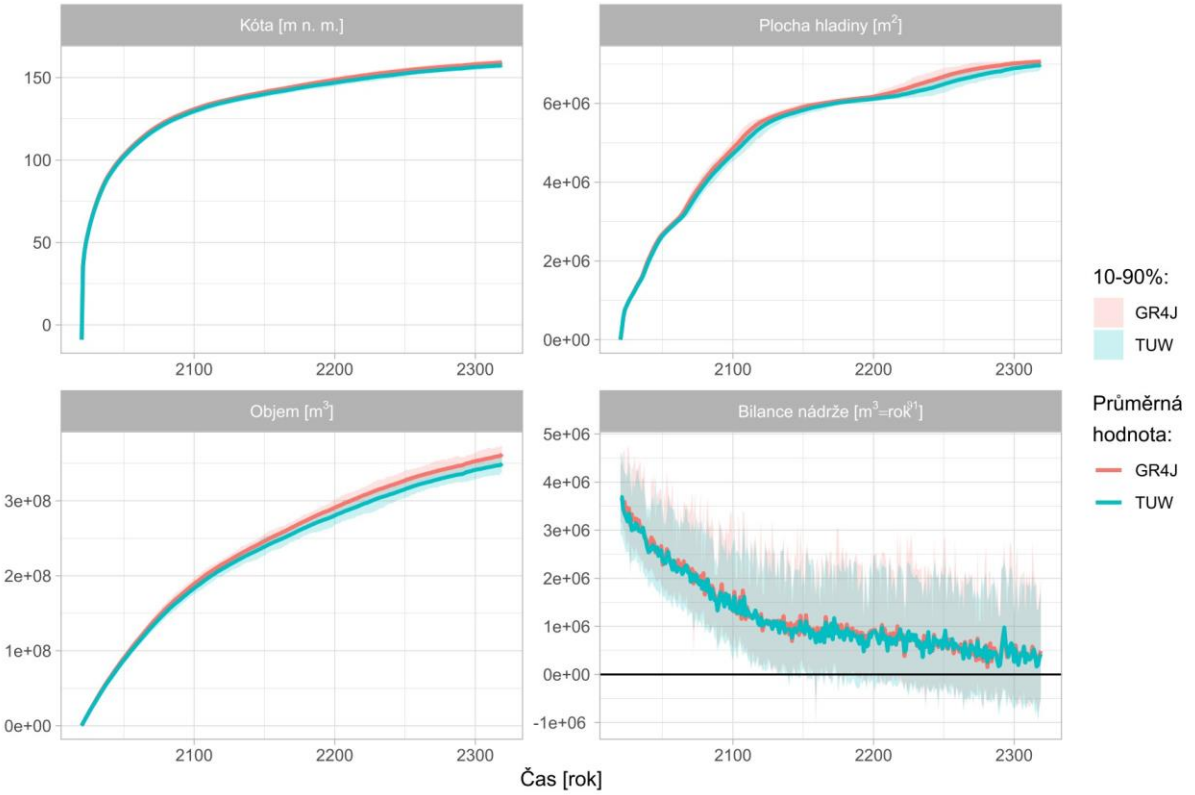
Plnění nádrže začíná na kótě -9,0 m n. m. Na konci 300leté řady je v průměru dosaženo kót 159,1 m n. m. (dotace 45 l/s), resp. 185,9 m n. m. (dotace 90 l/s) pro simulace spojené s modelem GR4J a kót 157,3 m n. m. (dotace 45 l/s), resp. 184,4 m n. m. (dotace 90 l/s) pro simulace spojené s modelem TUW. Průměrné rozdíly v kótách hladiny činí 1,8 m (dotace 45 l/s), resp. 1,5 m (dotace 90 l/s). Při těchto dotacích nedosáhla za 300 let žádná simulace požadované kóty hladiny.

Grafy bilance nádrže (viz Obrázek 129 a Obrázek 130 vpravo dole) ukazují pozitivní bilanci v řešeném období (cca 140 let pro dotaci 45 l/s a cca 220 let pro dotaci 90 l/s) pro většinu resamplovaných časových řad (celý obalový polygon je v kladné části grafu).

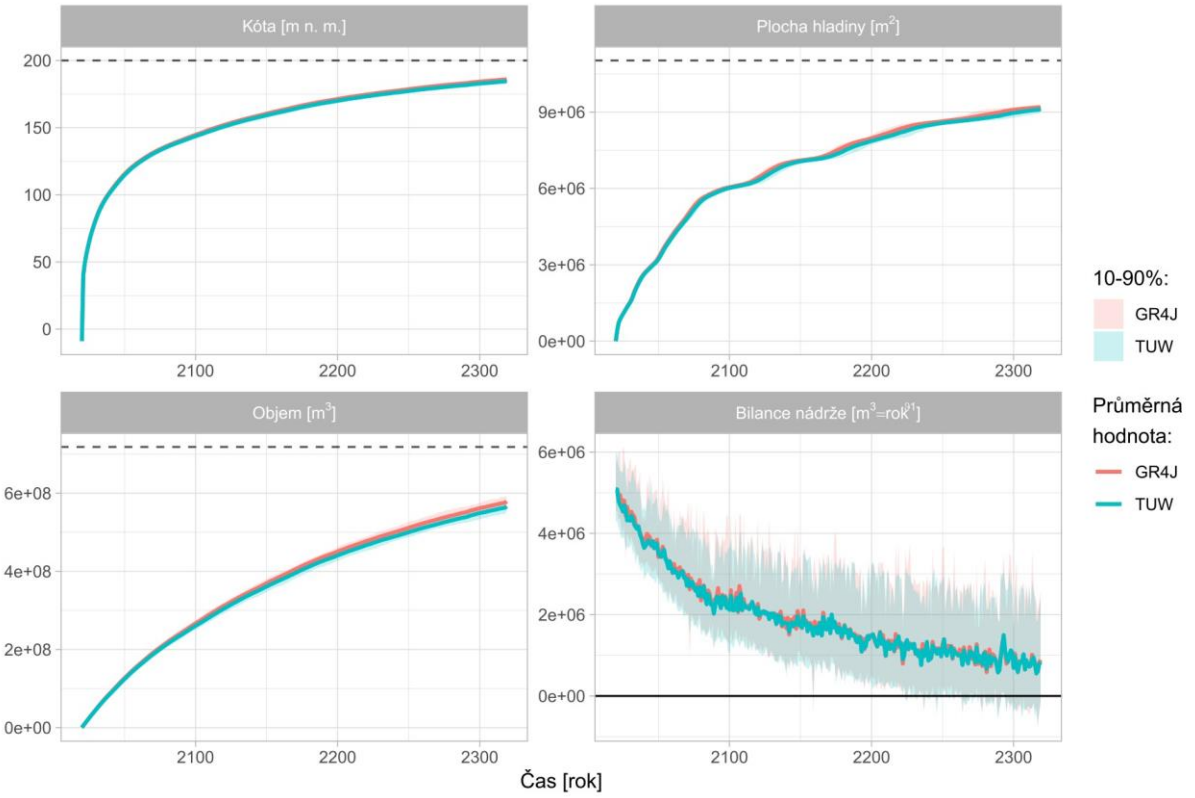
Pomocí stanovení přímek trendů byly zjištěny ustálené hladiny. Při přítoku 45 l/s byla ustálená hladina identifikována v průměru na kótě 170,9 m n. m. pro model GR4J a 168,9 m n. m. pro model TUW. Při přítoku 90 l/s bylo dosaženo ustálené hladiny v průměru na kótě 198,9 m n. m. (GR4J) a 197,9 m n. m. (TUW). Požadovaná hladina pro budoucí jezero Bílina je cca o 1–2 m výše, a to na kótě 200 m n. m. Ustálené hladiny je pro obě varianty dotací dosaženo za více než 300 let.



Obrázek 128. Simulace plnění zbytkové jámy lomu Bílina



Obrázek 129. Simulace plnění zbytkové jámy lomu Bílina s HG přítokem 45 l/s

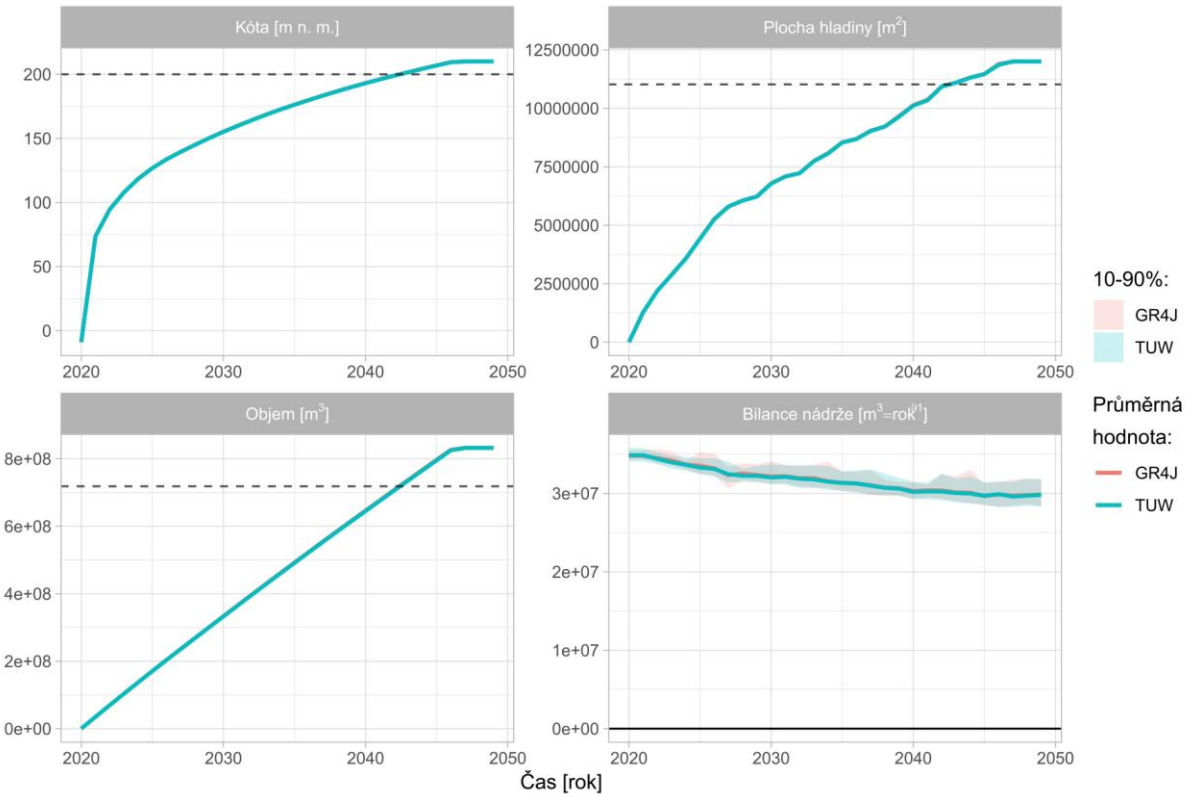


Obrázek 130. Simulace plnění zbytkové jámy lomu Bílina s HG přítokem 90 l/s

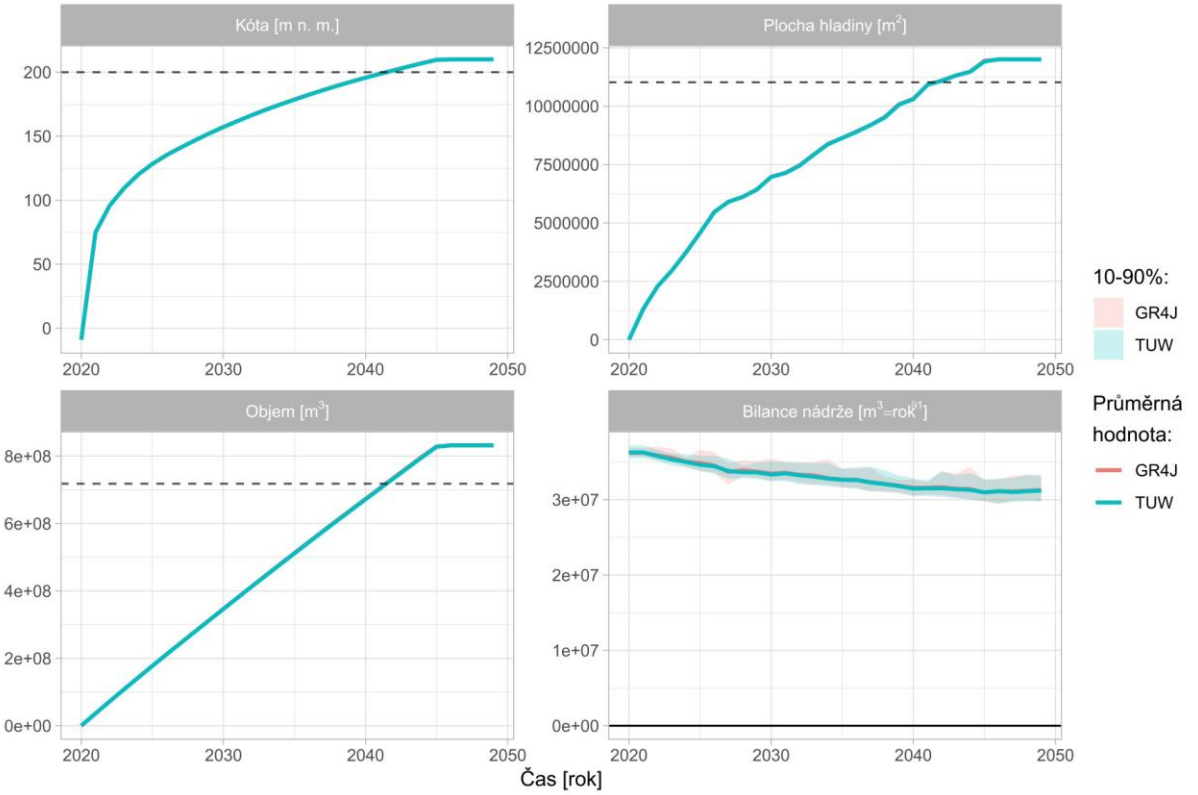
10.3.2.3.Plnění nádrže s hydrogeologickým přítokem a dotací z vybraných vodních toků

Obrázek 131 až Obrázek 134 ukazují plnění zbytkové jámy lomu Bílina celkovým odtokem z povodí, HG přítokem (45 l/s a 90 l/s) a dotací z vybraných vodních toků (Bílina 1000 l/s a Loučenský potok 100 l/s). Z použitých 300letých resamplovaných dat je prezentováno pouze prvních 30 let. Hodnoty batymetrických veličin při plnění nádrže pro tyto varianty řešení uvádí Tabulka 39 až Tabulka 42 v příloze C na str. 317 až 319. Plnění nádrže začíná na kótě -9,0 m n. m. Z obrázků je patrné, že s navrženými dotacemi bylo požadované kóty hladiny, tj. 200,0 m n. m., dosaženo cca za 20–21 let (Obrázek 133 a Obrázek 134), 22 let (Obrázek 132) a 23 let (Obrázek 131) od začátku plnění nádrže. Horizontální linie na konci prezentovaného období nad kótou 210,0 m n. m. znamená, že se kóta hladiny dostala nad použitý rozsah batymetrie nádrže.

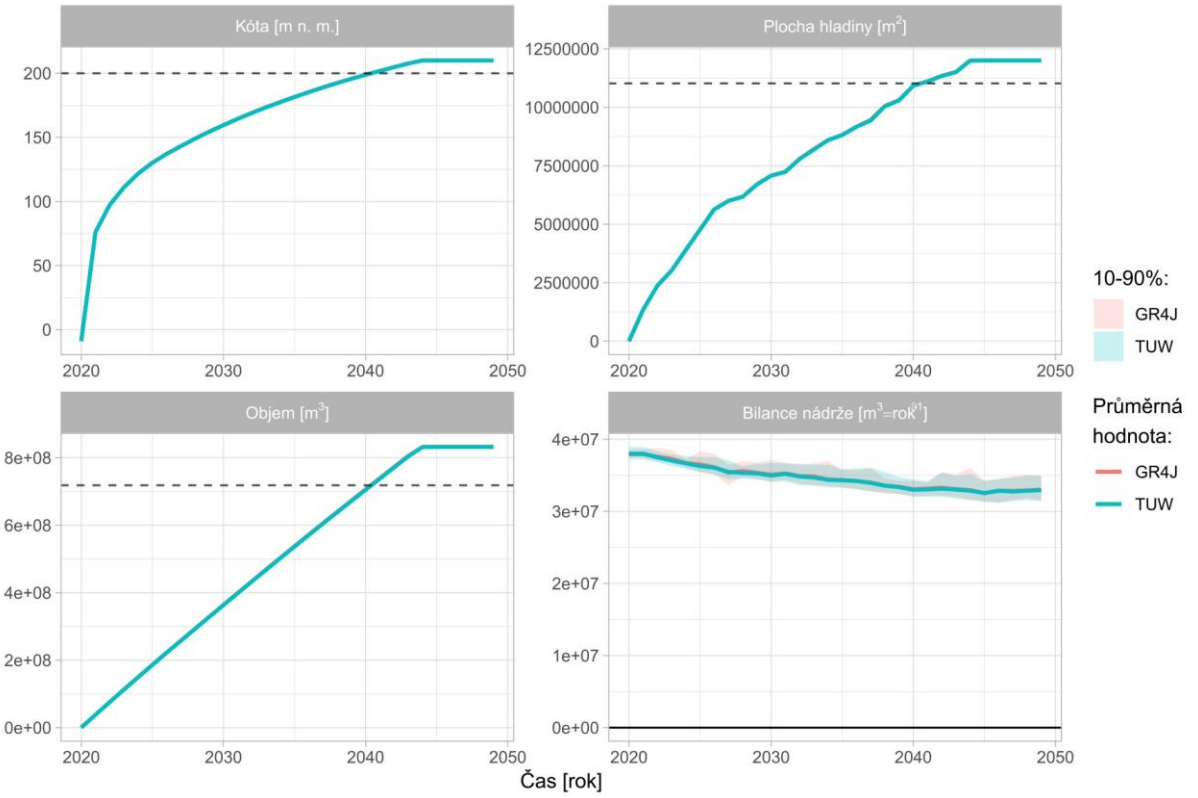
Grafy bilance nádrže (viz Obrázek 131 až Obrázek 134 vpravo dole) ukazují velmi výraznou pozitivní bilanci v rámci plnění nádrže (sumy externích dotací výrazně převyšují přítok z povodí zbytkové jámy).



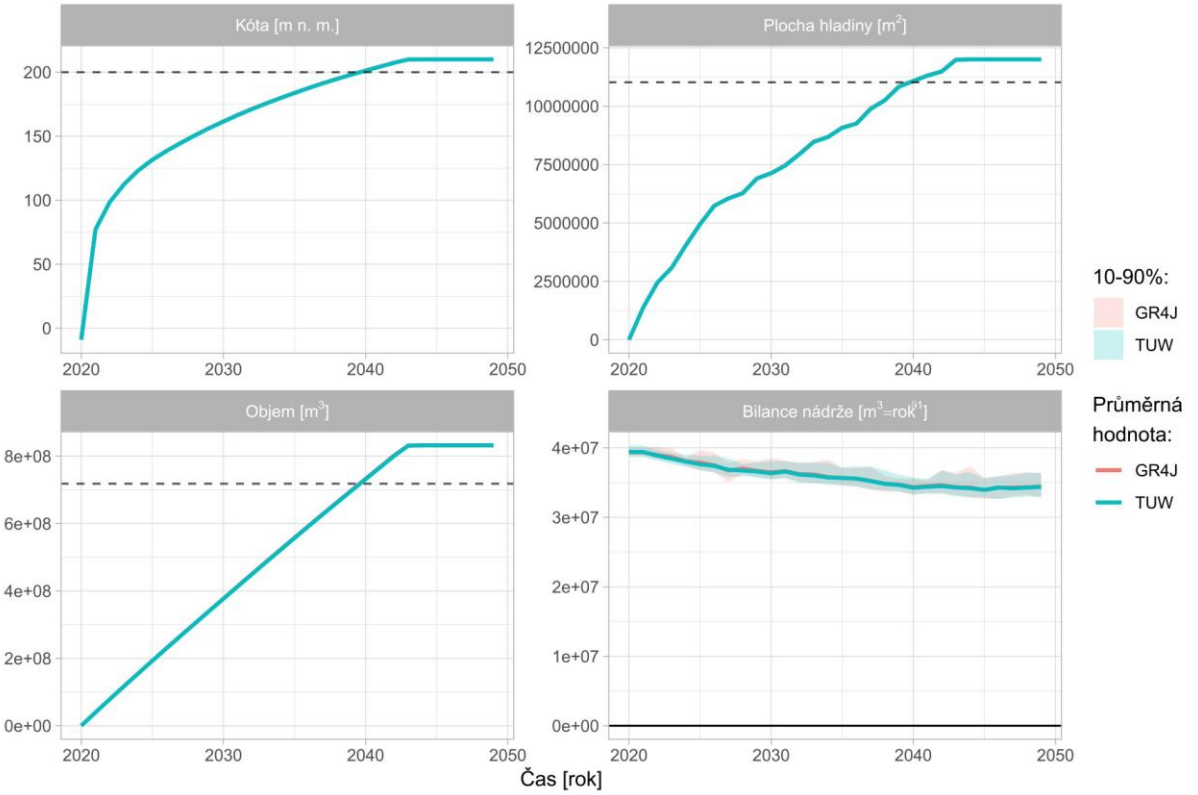
Obrázek 131. Simulace plnění zbytkové jámy lomu Bílina (30letý úsek z 300leté řady) s HG přítokem 45 l/s a dotacemi 1000 l/s z řeky Bíliny



Obrázek 132. Simulace plnění zbytkové jámy lomu Bílina (30letý úsek z 300leté řady) s HG přítokem 90 l/s a dotacemi 1000 l/s z řeky Bíliny



Obrázek 133. Simulace plnění zbytkové jámy lomu Bílina (30letý úsek z 300leté řady) s HG přítokem 45 l/s a dotacemi 1000 l/s z řeky Bíliny a 100 l/s z Loučenského potoka

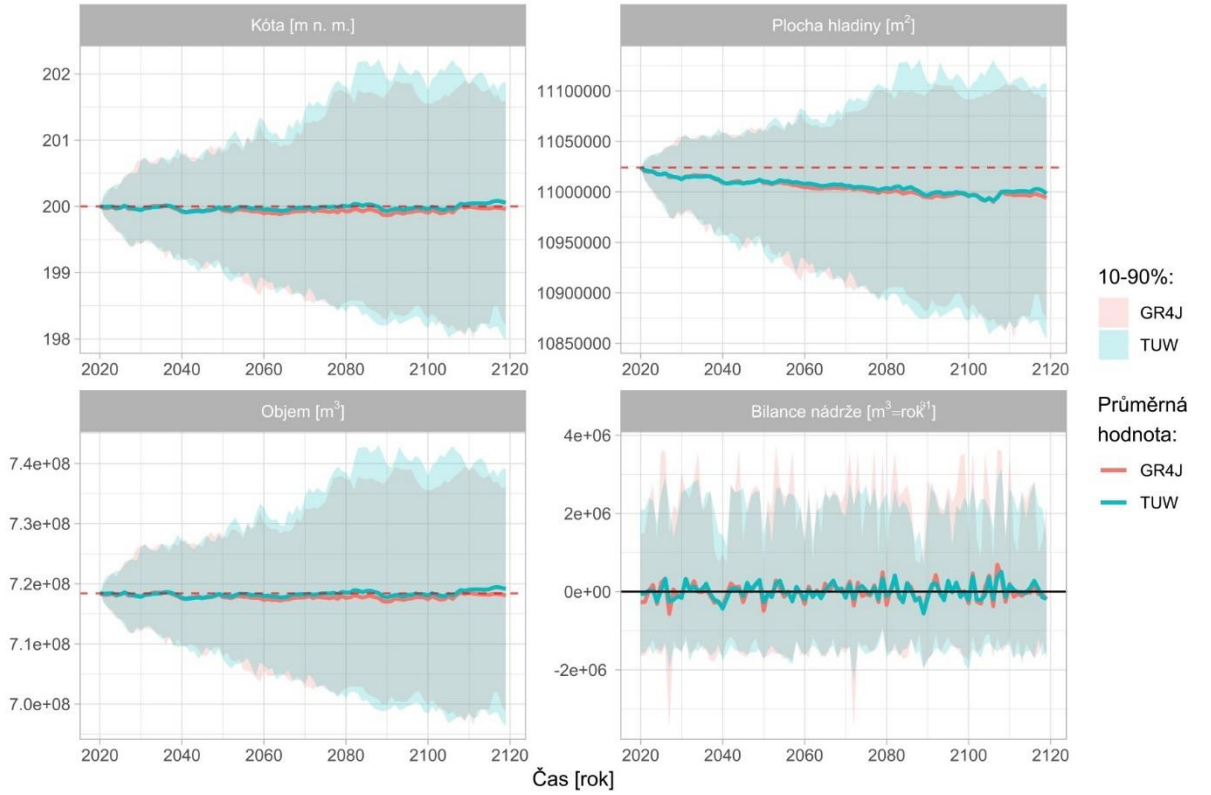


Obrázek 134. Simulace plnění zbytkové jámy lomu Bílina (30letý úsek z 300leté řady) s HG přítokem 90 l/s a dotacemi 1000 l/s z řeky Bíliny a 100 l/s z Loučenského potoka

10.3.2.4.Stanovení externí dotace pro udržení hladiny na požadované úrovni

Obrázek 135 ukazuje teoretický vývoj nadmořské výšky hladiny zatopené zbytkové jámy lomu Bílina od počáteční kóty 200,0 m n. m. (požadovaná hladina) na resamplovaných datech při externí dotaci 91,4 l/s (model GR4J), resp. 93,8 l/s (model TUW). V těchto údajích není zahrnut stálý přítok 31 l/s ze zbytkových koryt zaústěných do prostoru lomu (viz úvod této kapitoly). Z použitých 300letých resamplovaných dat je prezentováno pouze prvních 100 let. Externí dotace pro modely byly stanoveny iteračně.

Obrázek 135 ukazuje, že zvolené hodnoty externího napouštění zbytkové jámy jsou dostatečné. Aritmetický průměr kóty hladiny kolísal v rozmezí hodnot 199,9 m n. m. až 200,1 m n. m. pro simulace spojené s oběma modely.



Obrázek 135. Simulace vývoje hladiny ve zbytkové jámě lomu Bílina (100letý úsek z 300leté řady) od počáteční kóty 200,0 m n. m. s externím napouštěním 91,4 l/s (GR4J) a 93,8 l/s (TUW)

10.3.3. Plnění a bilance nádrže v rámci klimatické změny

V této kapitole jsou uvedeny výsledky teoretického plnění zbytkové jámy lomu Bílina v rámci klimatické změny na základě dvou uvažovaných řešení (bez externí dotace, s externí dotací) a dále teoretický vývoj hladiny v nádrži s externí dotací. V rámci externí dotace při plnění byl uvažován pouze hydrogeologický přítok (dále v textu a obrázcích jen jako HG přítok) s odhady 45 l/s a 90 l/s (jak bylo stanoveno v kapitole 10.3.1), a dále kombinace HG přítoku (oba odhady) a dotace vodou z vybraných vodních toků (Bílina a Loučenský potok). Všechny uvedené alternativy byly řešeny na základě vybrané resamplované časové řady ovlivněné klimatickou změnou (celkově 44 scénářových simulací, viz Tabulka 9 na str. 39) uvažovanou pro období blízké (2020–2050) i vzdálené budoucnosti (2070–2100).

Vybraná resamplovaná řada (jeden sample – S), která byla ovlivněna klimatickou změnou uvažovanou v blízké a vzdálené budoucnosti, je dále v textu i obrázcích nazývána S^{xl}_{20-50}, resp. S^{xl}_{70-100},, kde *x* je délka prezentovaného období (30, 100 a 300 let).

Počátek plnění nádrže byl účelově stanoven na 1. 1. 2020, toto datum bylo následně použito jako počátek simulací spojených s teoretickým vývojem hladiny ve zbytkové jámě.

V rámci řešení plnění a bilance nádrže byly uvažovány jednak ztráty výparem z volné hladiny (metoda dle VÚV1) a dále ostatní ztráty, které byly kvantifikovány pro jezero Most (0,3 mm/den). Jak bylo uvedeno v kapitole 10.3, simulace obou modelů byly pro všechny níže řešené bilance zvýšeny o hodnotu 31 l/s. Výsledky jsou prezentovány graficky, a to pouze v podobě vývoje úrovně hladiny v nádrži a jejich struktura je stejná jako v kapitole 6.4.5. Barevný polygon v obrázcích zobrazuje rozsah minima a maxima ze simulací všech klimatických modelů, spojitá čára pak aritmetický průměr z těchto simulací. Simulace spojené s neovlivněnou časovou řadou (dále jako referenční simulace) jsou vykresleny přerušovanou čárou. Ve všech níže uvedených grafech jsou červeně zobrazeny simulace spojené s modelem GR4J, modře jsou výsledky modelu TUW, černá přerušovaná čára je požadovaná hladina 200 m n. m. (pouze v grafech, kde je to vhodné).

10.3.3.1.Plnění nádrže bez externí dotace

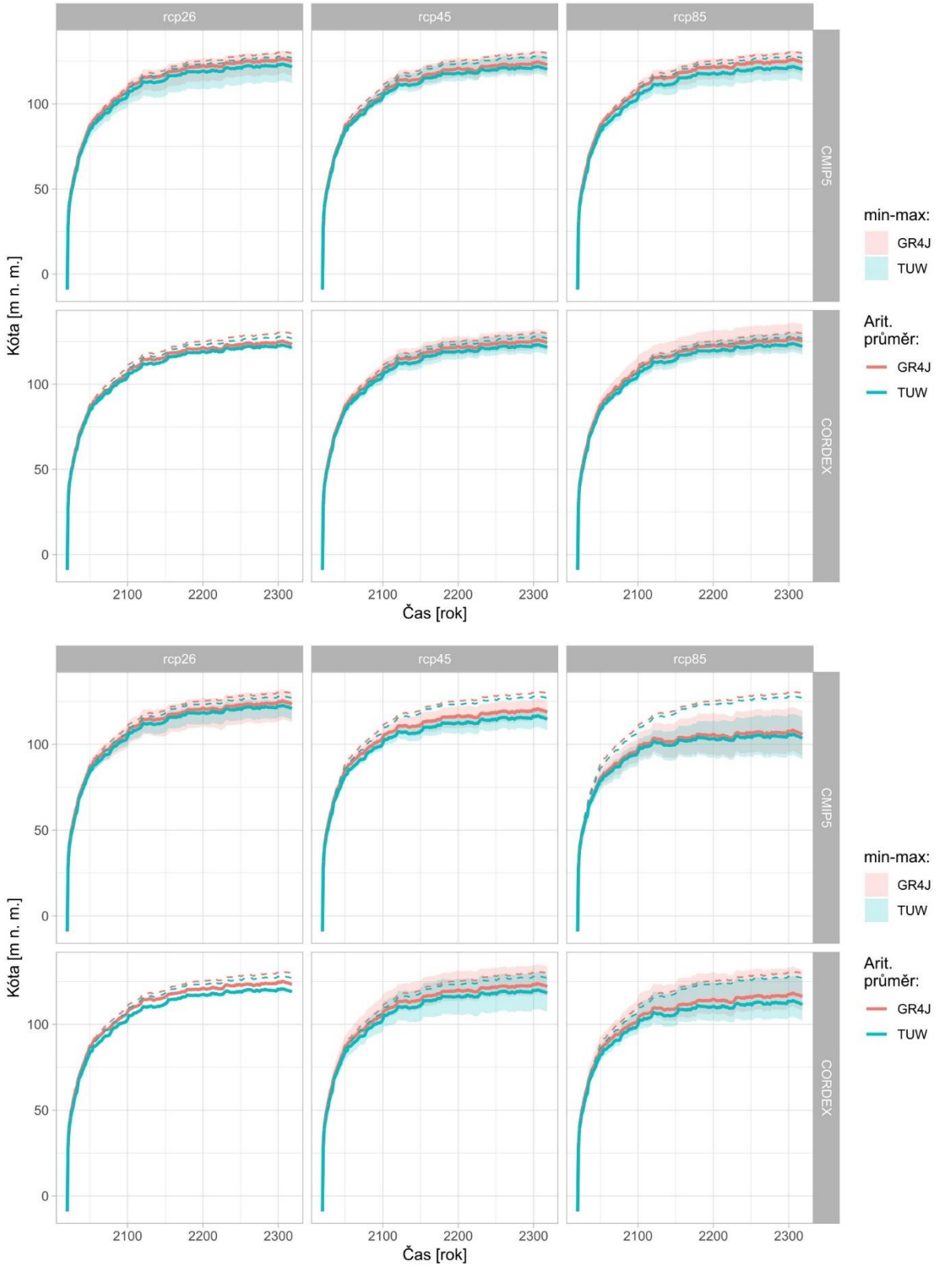
Obrázek 136 ukazuje plnění zbytkové jámy lomu Bílina ze simulací na S_{20-50}^{300l}, resp. S_{70-100}^{300l}. Plnění nádrže začíná na kótě -9,0 m n. m. Pro S_{20-50}^{300l} a simulace spojené s modelem GR4J je na konci prezentovaného období dosaženo v průměru kóty hladiny 122,8 m n. m. (CMIP5 s RCP4.5) až 125,3 m n. m. (CORDEX s RCP8.5). U simulací s TUW je to 120,1 m n. m. (CMIP5 s RCP8.5) až 122,2 m n. m. (CORDEX s RCP8.5). V porovnání s referenční simulací byl na konci 300letého období zaznamenán pokles u simulací s GR4J v průměru o 4,5–7,0 m a o 4,7–6,8 m u simulací s TUW.

Pro S_{70-100}^{300l} bylo na konci prezentovaného období dosaženo v průměru kóty hladiny 105,7 m n. m. (CMIP5 s RCP8.5) až 123,5 m n. m. (CMIP5 s RCP2.6) u simulací spojených s modelem GR4J. Simulace s TUW dosáhly kóty 103,5 m n. m. (CMIP5 s RCP8.5) až 120,9 m n. m. (CMIP5 s RCP2.6).

V porovnání s referenční simulací byl na konci 300letého období zaznamenán pokles v průměru o 6,3–24,1 m u simulací spojených s modelem GR4J, resp. o 6,0–23,4 m u simulací s TUW.

Při plnění zbytkové jámy celkovým odtokem z jejího povodí simulovaným na základě řady S_{20-50}^{300l}, resp. S_{70-100}^{300l} a přímou srážkou na hladinu nebylo dosaženo požadované kóty hladiny, tj. 200,0 m n. m. Pomocí stanovení přímek trendů byly zjištěny

ustálené hladiny v nádrži pro jednotlivé varianty scénářů a modelů. Ustálené hladiny uvádí Tabulka 62 v příloze D na str. 331.



Obrázek 136. Plnění zbytkové jámy lomu Bílina na základě $\mathbf{S}_{\mathbf{20-50}}^{\mathbf{300}\boldsymbol{l}}$ (nahoře) a $\mathbf{S}_{\mathbf{70-100}}^{\mathbf{300}\boldsymbol{l}}$ (dole), referenční simulace jsou přerušovanou čárou

10.3.3.2.Plnění nádrže s hydrogeologickým přítokem

Obrázek 137 Obrázek 138 ukazují plnění zbytkové jámy lomu Bílina ze simulací pro S_{20-50}^{300l}, resp. S_{70-100}^{300l} a s HG přítokem 45 l/s a 95 l/s. Plnění nádrže začíná na kótě -9,0 m n. m.

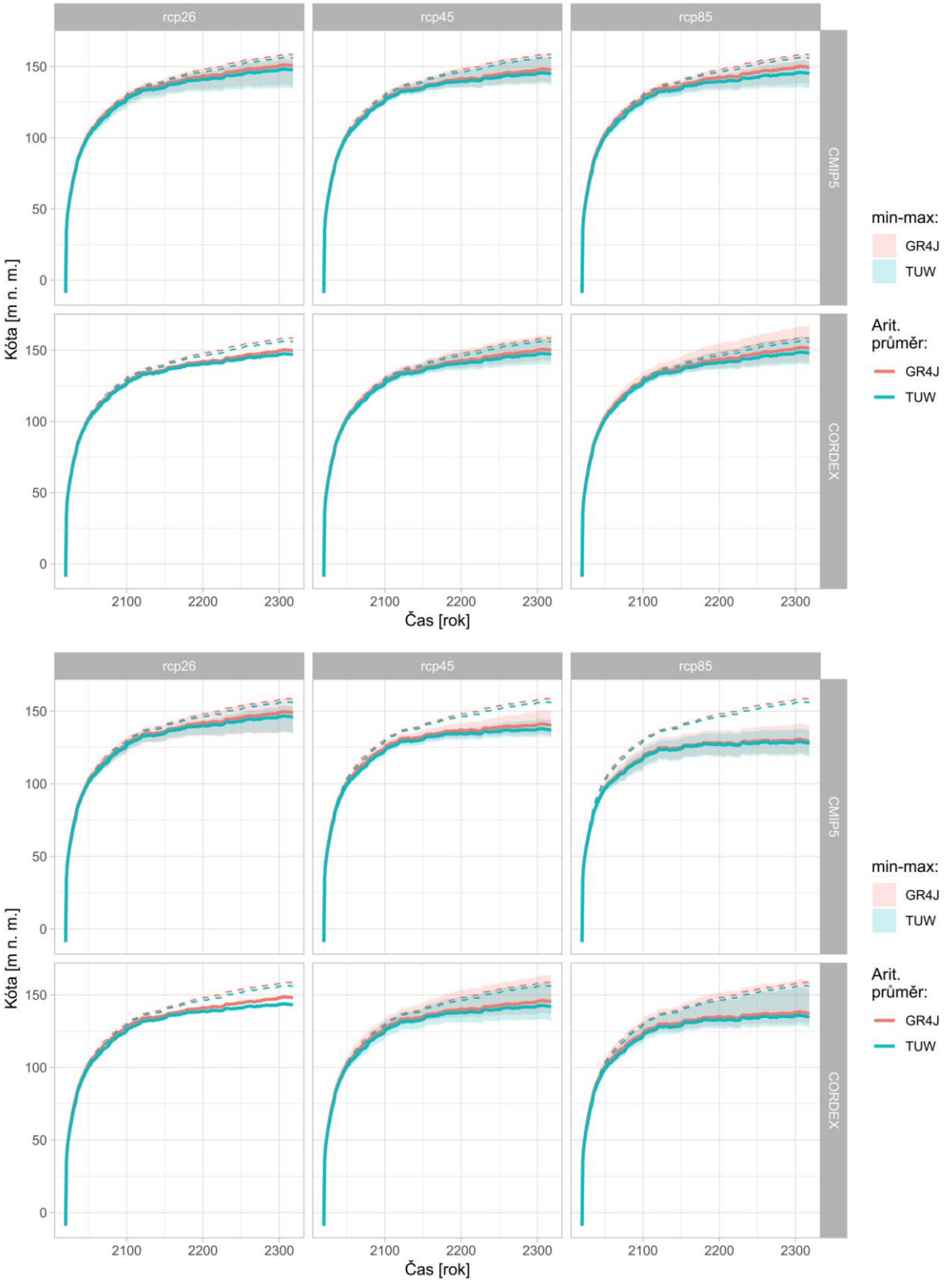
Pro S_{20-50}^{300l} a dotaci 45 l/s je na konci prezentovaného období dosaženo v průměru kóty hladiny 147,5 m n. m. (CMIP5 s RCP4.5) až 151,4 m n. m. (CORDEX s RCP8.5) pro simulace spojené s modelem GR4J. Simulace s TUW dosáhly kóty 144,9 m n. m. (CMIP5 s RCP4.5) až 148,0 m n. m. (CORDEX s RCP8.5). V porovnání s referenční simulací byl na konci 300letého období zaznamenán pokles v průměru o 7,0–10,9 m u simulací spojených s modelem GR4J, resp. o 8,0–11,1 m u simulací s TUW.

Pro S_{20-50}^{300l} a dotaci 90 l/s je na konci prezentovaného období dosaženo v průměru kóty hladiny 175,0 m n. m. (CMIP5 s RCP4.5) až 178,1 m n. m. (CORDEX s RCP8.5) pro simulace spojené s modelem GR4J. Simulace s TUW se dostaly na kótu 172,8 m n. m. (CMIP5 s RCP8.5) až 175,8 m n. m. (CORDEX s RCP8.5). V porovnání s referenční simulací byl na konci 300letého období zaznamenán pokles v průměru o 7,1–10,2 m u simulací spojených s modelem GR4J, resp. o 7,5–10,5 m u simulací s TUW.

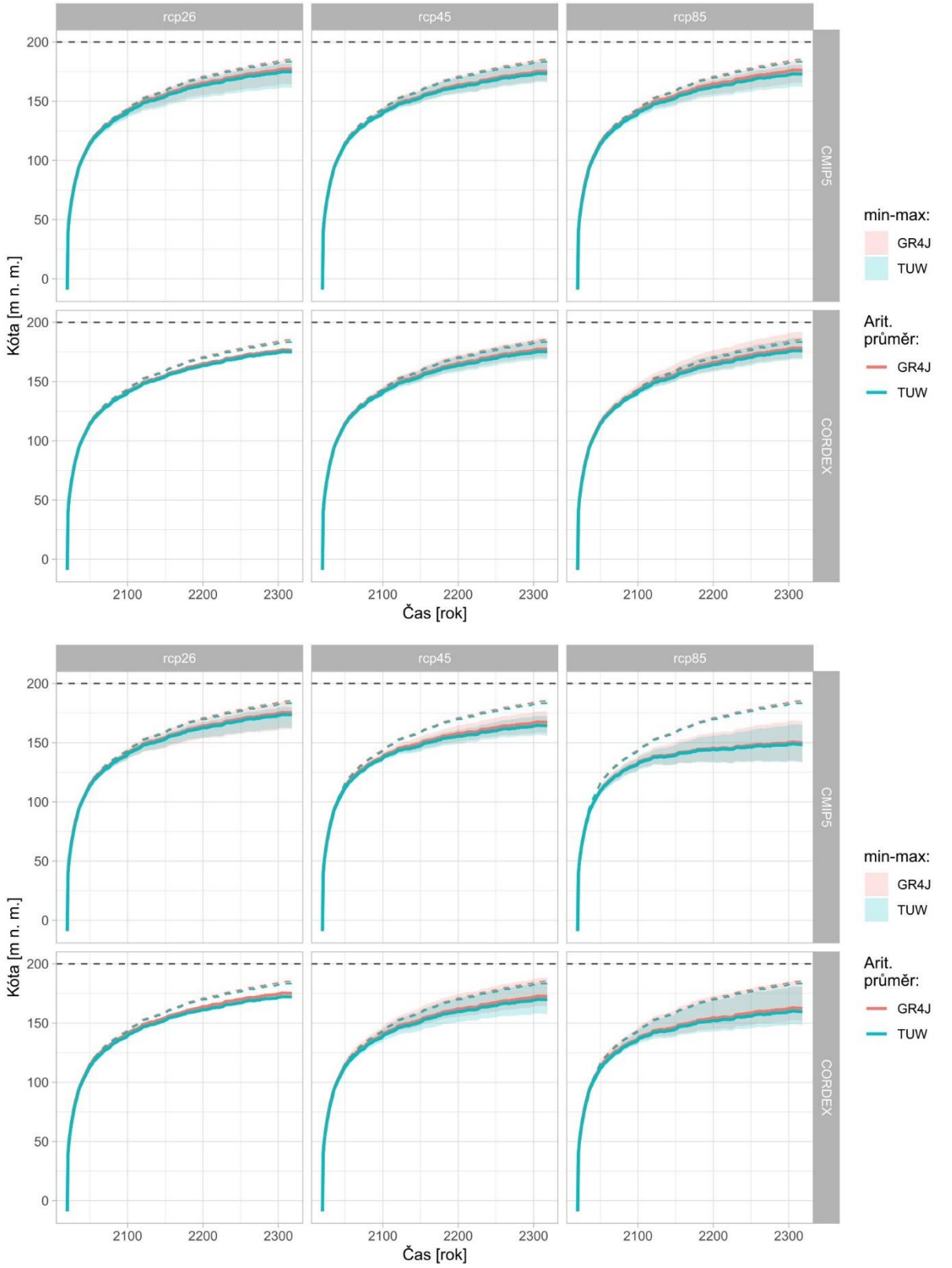
Pro řadu S_{70-100}^{300l} a dotaci 45 l/s je na konci 300leté řady dosaženo v průměru kóty hladiny 129,2 m n. m. (CMIP5 s RCP8.5) až 148,9 m n. m. (CMIP5 s RCP2.6) pro simulace spojené s modelem GR4J. Simulace s TUW se dostaly na kótu 127,7 m n. m. (CMIP5 s RCP8.5) až 145,9 m n. m. (CMIP5 s RCP2.6). V porovnání s referenční simulací byl na konci 300letého období zaznamenán pokles v průměru o 9,5–29,2 m u simulací spojených s modelem GR4J, resp. o 10,1–28,3 m u simulací s TUW.

Pro řadu S_{70-100}^{300l} a dotaci 90 l/s je na konci 300leté řady dosaženo v průměru kóty hladiny 149,7 m n.m. (CMIP5 s RCP8.5) až 175,3 m n. m. (CMIP5 s RCP2.6) pro simulace spojené s modelem GR4J. Simulace s TUW se dostaly na kótu 148,2 m n. m. (CMIP5 s RCP8.5) až 173,4 m n. m. (CMIP5 s RCP2.6). V porovnání s referenční simulací byl na konci 300letého období zaznamenán pokles v průměru o 9,9–35,5 m u simulací spojených s modelem GR4J, resp. o 9,9–35,1 m u simulací s TUW.

Při plnění zbytkové jámy celkovým odtokem z jejího povodí simulovaným na základě řady S_{20-50}^{300l}, resp. S_{70-100}^{300l}, obou variant přítoku podzemní vody a přímou srážkou na hladinu nebylo dosaženo požadované kóty hladiny, tj. 200,0 m n. m. Pomocí stanovení přímek trendů byly zjištěny ustálené hladiny v nádrži pro jednotlivé varianty scénářů a modelů. Ustálené hladiny uvádí Tabulka 63 a Tabulka 64 v příloze D na str. 332 a 333.



Obrázek 137. Plnění zbytkové jámy lomu Bílina na základě $\mathbf{S}_{\mathbf{20-50}}^{\mathbf{300}\boldsymbol{l}}$ (nahoře) a $\mathbf{S}_{\mathbf{70-100}}^{\mathbf{300}\boldsymbol{l}}$ (dole) s HG přítokem 45 l/s, referenční simulace jsou přerušovanou čárou

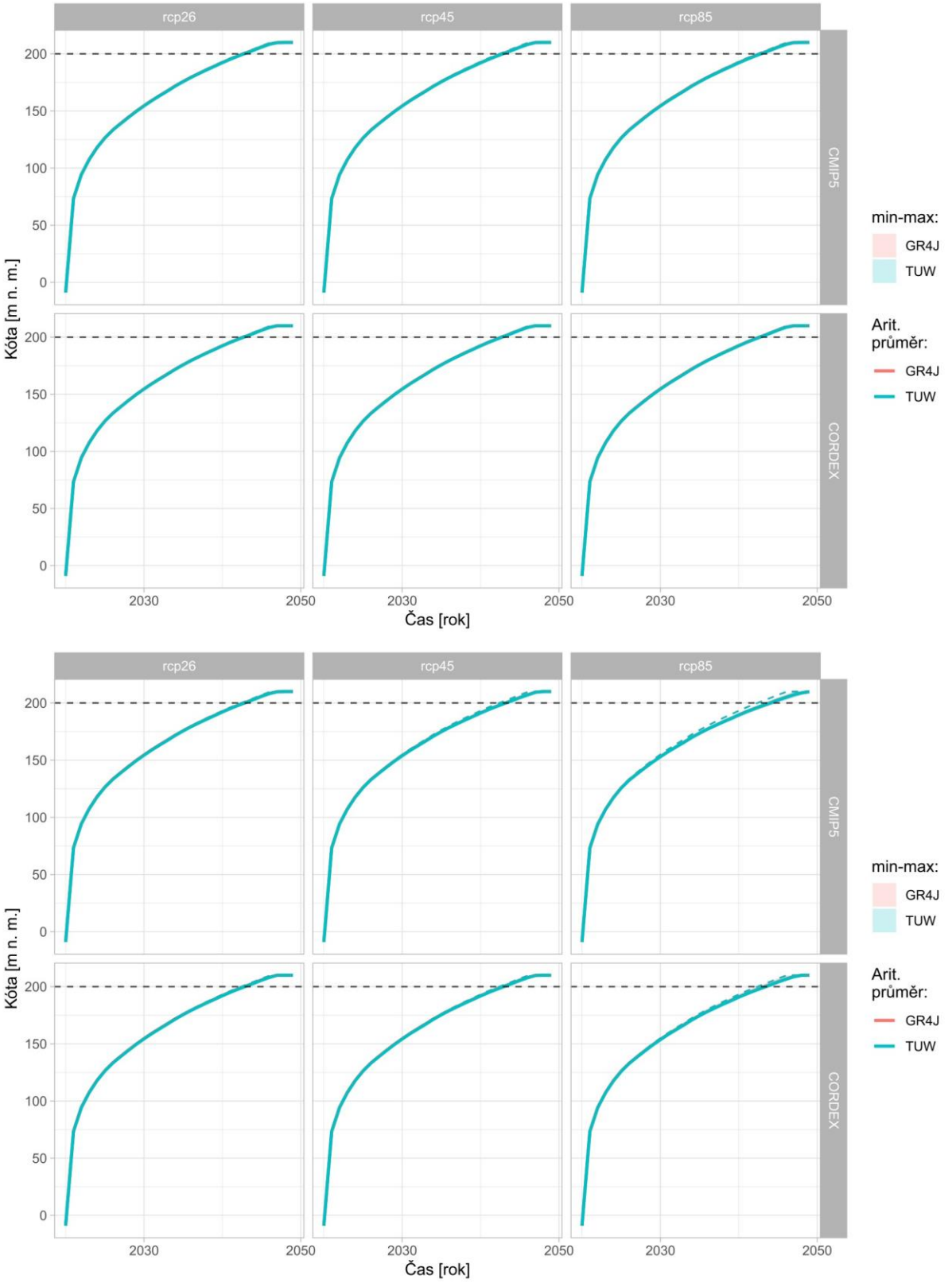


Obrázek 138. Plnění zbytkové jámy lomu Bílina na základě $\mathbf{S}_{\mathbf{20-50}}^{\mathbf{300}\boldsymbol{l}}$ (nahoře) a $\mathbf{S}_{\mathbf{70-100}}^{\mathbf{300}\boldsymbol{l}}$ (dole) s HG přítokem 90 l/s, referenční simulace jsou přerušovanou čárou

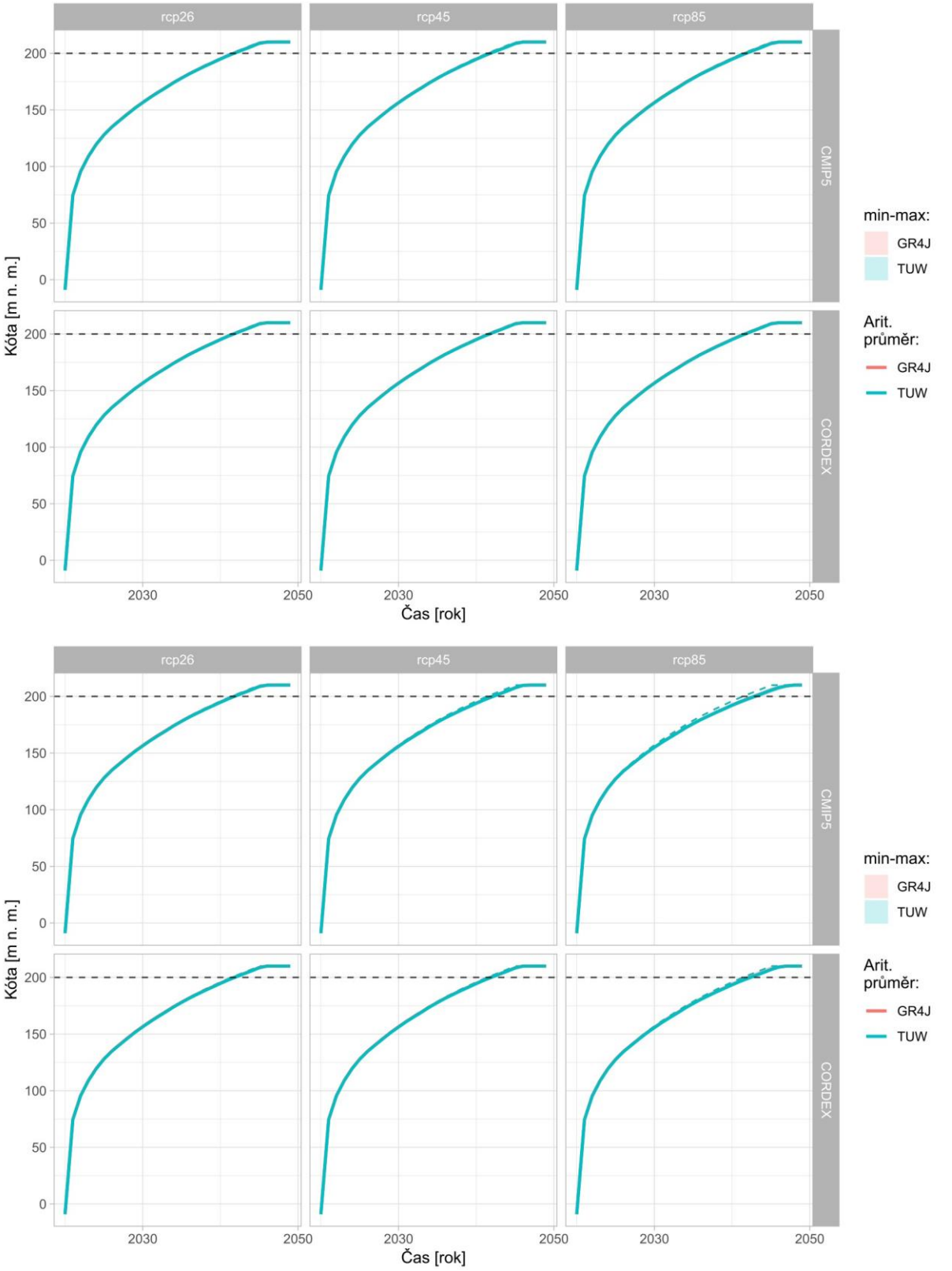
10.3.3.3. Plnění nádrže s hydrogeologickým přítokem a dotací z vybraných vodních toků

Obrázek 139 až Obrázek 142 ukazují plnění zbytkové jámy lomu Bílina ze simulací na řadách S_{20-50}^{30l} a S_{70-100}^{30l}, s HG přítokem 45 l/s a 95 l/s a dotací z vybraných vodních toků (Bílina 1000 l/s a Loučenský potok 100 l/s). Plnění nádrže začíná na kótě -9,0 m n. m.

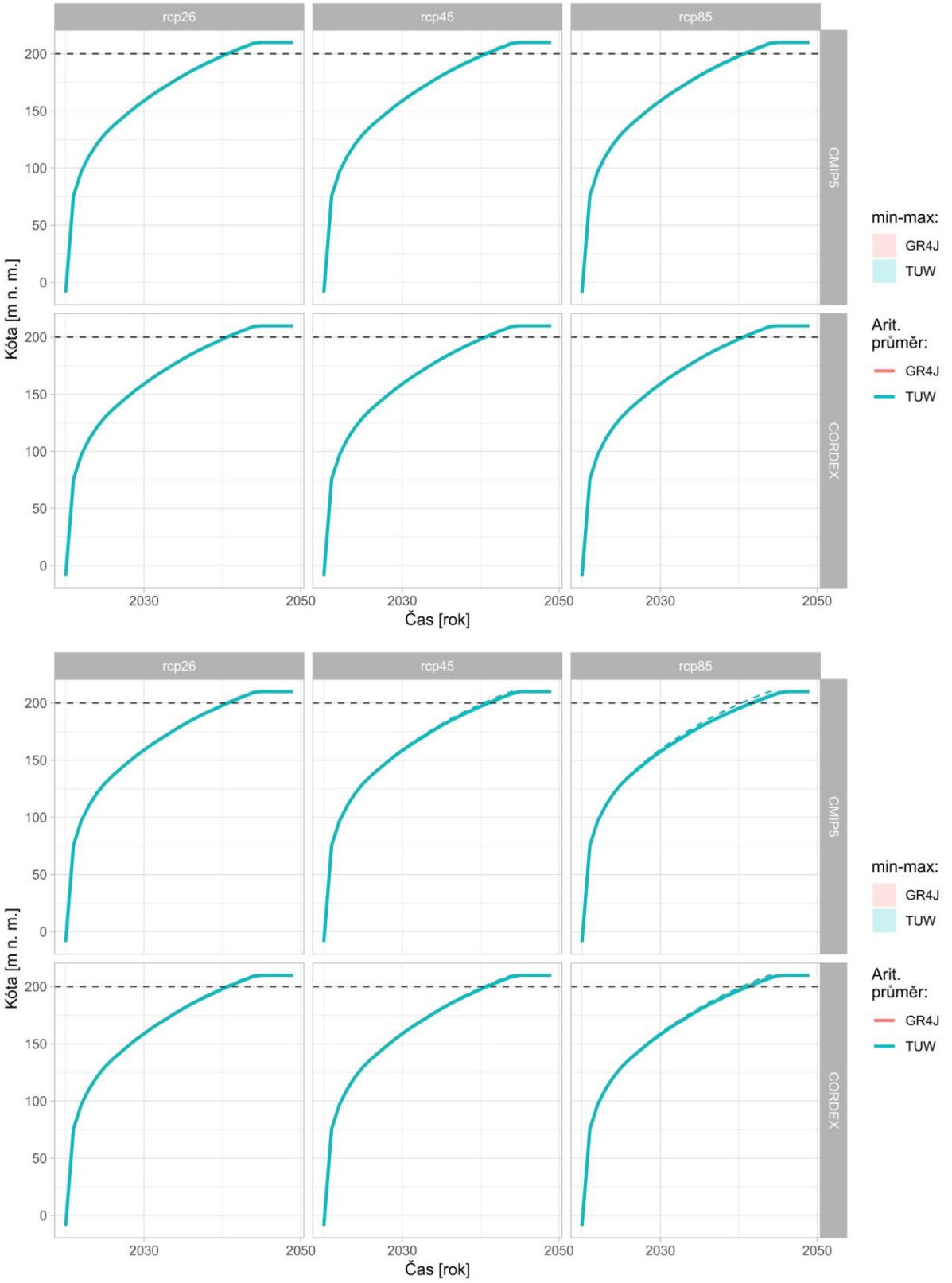
S navrženými externími dotacemi bylo požadované kóty hladiny 200,0 m n. m. dosaženo cca za 20 (viz Obrázek 142) až 23 let (viz Obrázek 139) od začátku plnění nádrže pro všechny simulace scénářů z regionálních i globálních modelů. Horizontální linie na konci prezentovaného období nad kótou 210,0 m n. m. znamená, že se kóta hladiny dostala nad použitou batymetrii nádrže.



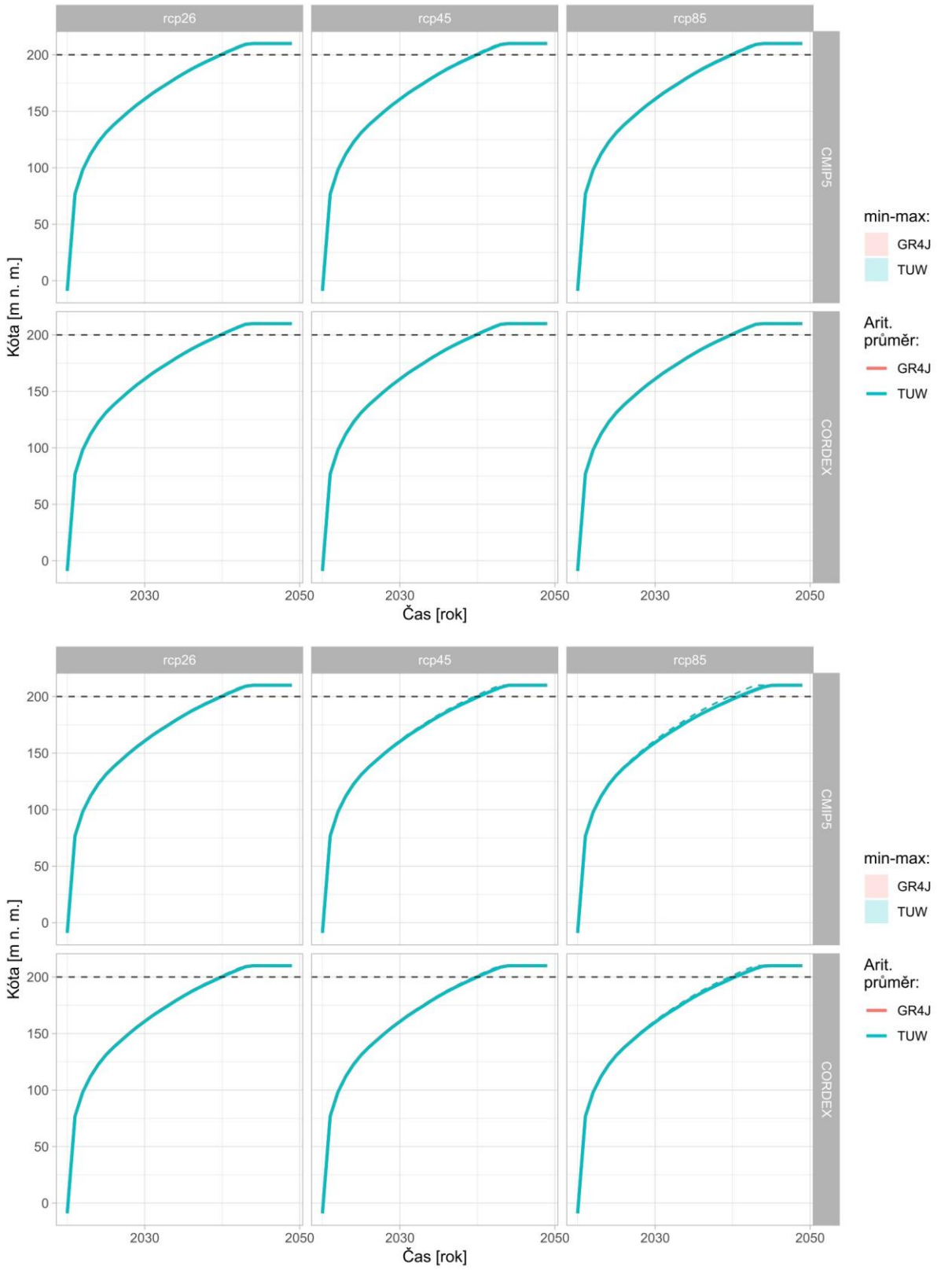
Obrázek 139. Plnění zbytkové jámy lomu Bílina na základě $\mathbf{S}_{\mathbf{20-50}}^{\mathbf{30}l}$ (nahoře) a $\mathbf{S}_{\mathbf{70-100}}^{\mathbf{30}l}$ (dole) s HG přítokem 45 l/s a dotacemi 1 000 l/s z řeky Bíliny, referenční simulace jsou přerušovanou čárou



Obrázek 140. Plnění zbytkové jámy lomu Bílina na základě $\mathbf{S}_{\mathbf{20-50}}^{\mathbf{30}l}$ (nahoře) a $\mathbf{S}_{\mathbf{70-100}}^{\mathbf{30}l}$ (dole) s HG přítokem 90 l/s a dotacemi 1 000 l/s z řeky Bíliny, referenční simulace jsou přerušovanou čárou



Obrázek 141. Plnění zbytkové jámy lomu Bílina na základě $\mathbf{S}_{\mathbf{20-50}}^{\mathbf{30}l}$ (nahoře) a $\mathbf{S}_{\mathbf{70-100}}^{\mathbf{30}l}$ (dole) s HG přítokem 45 l/s a dotacemi 1 000 l/s z řeky Bíliny a 100 l/s z Loučenského potoka, referenční simulace jsou přerušovanou čárou



Obrázek 142. Plnění zbytkové jámy lomu Bílina na základě $\mathbf{S}_{\mathbf{20-50}}^{\mathbf{30}l}$ (nahoře) a $\mathbf{S}_{\mathbf{70-100}}^{\mathbf{30}l}$ (dole) s HG přítokem 90 l/s a dotacemi 1 000 l/s z řeky Bíliny a 100 l/s z Loučenského potoka, referenční simulace jsou přerušovanou čárou

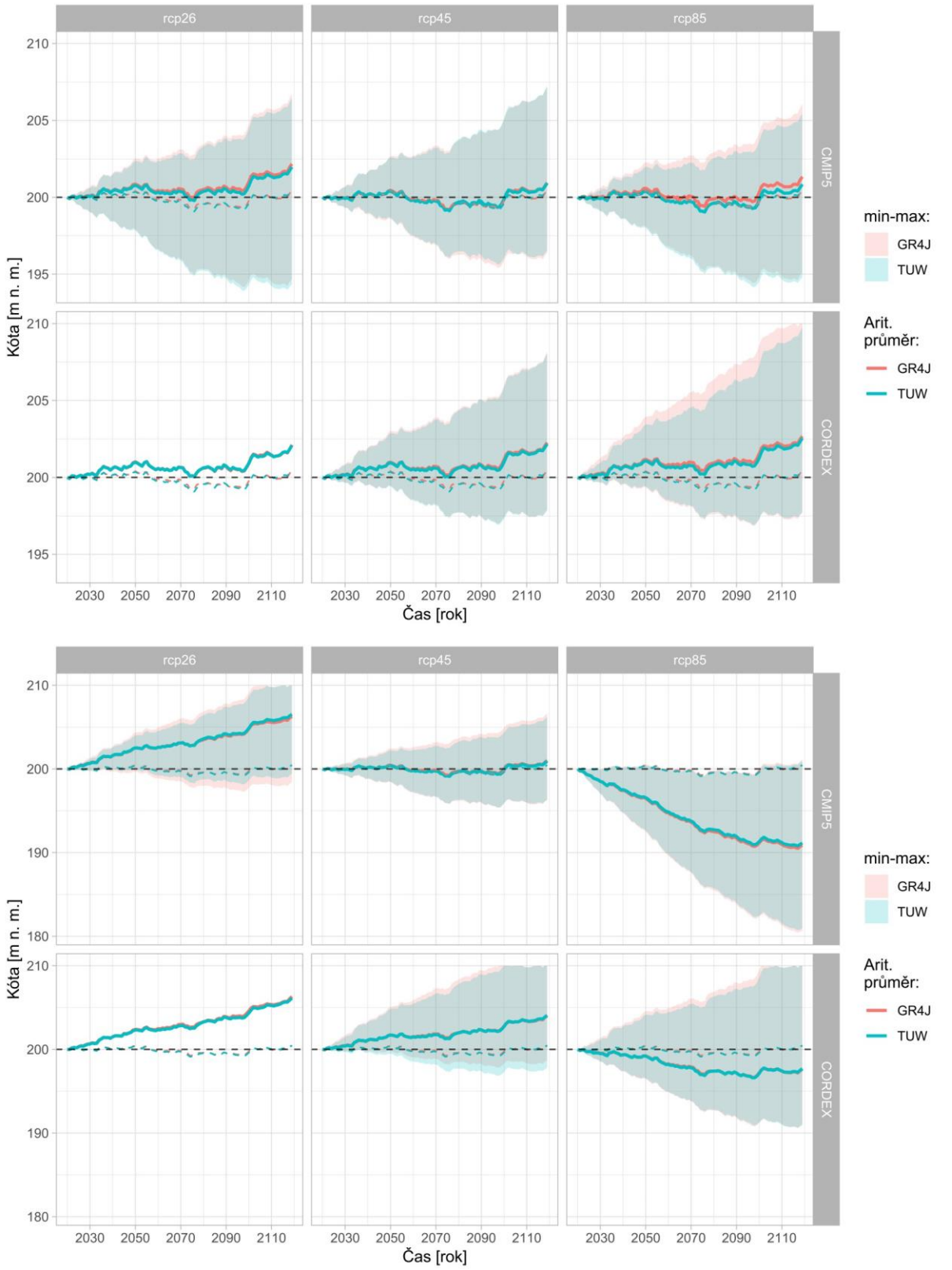
10.3.3.4.Stanovení externí dotace pro udržení hladiny na požadované úrovni

Obrázek 143 ukazuje teoretický vývoj nadmořské výšky hladiny zatopené zbytkové jámy lomu Bílina od počáteční kóty 200,0 m n. m. (požadovaná hladina) ze simulací na řadě S_{20-50}^{100l} při externích dotacích 151,4 l/s (model GR4J) a 153,7 l/s (model TUW). V případě S_{70-100}^{100l} jsou nutné externí dotace 175,7 l/s (model GR4J) a 179,1 l/s (model TUW).

Hodnoty potřebných dotací byly stanoveny iteračně se zaměřením na scénář RCP4.5 z projektu CMIP5. V simulacích pro blízkou budoucnost pokrývají takto stanovené hodnoty všechny prezentované varianty scénářů. V simulacích pro vzdálenou budoucnost jsou hodnoty externích dotací dostatečné v případě RCP2.6 i RCP4.5 u regionálních i globálních modelů. Nedostatečné jsou hodnoty dotací ve variantě se scénářem RCP8.5.

V případě S_{20-50}^{100l} je externí dotace dostatečná pro simulace globálních modelů se scénáři RCP4.5 a RCP8.5, kdy aritmetický průměr kóty hladiny kolísal v rozmezí 199,2–201,3 m n. m. (GR4J) a v rozmezí 199,0–200,9 m n. m. (TUW). Simulace u ostatních kombinací scénářů a klimatických modelů jsou v důsledku stanovené externí dotace mírně nadhodnoceny. Aritmetický průměr kóty hladiny na konci prezentovaného období kolísal v rozmezí 202,0–202,8 m n. m. u simulací spojených s modelem GR4J, resp. v rozmezí 202,1–202,6 m n. m. u simulací s modelem TUW.

Pro S_{70-100}^{100l} je externí dotace dostatečná pro scénář RCP4.5 z globálního modelu (CMIP5), kdy aritmetický průměr kóty hladiny kolísal v rozmezí 199,2–201,0 m n. m. (GR4J) a v rozmezí 199,1– 200,9 m n. m. (TUW). Simulace modelů CMIP5 a CORDEX se scénářem RCP2.6 a CORDEX modelů se scénářem RCP4.5 jsou v důsledku externí dotace nadhodnoceny. Aritmetický průměr kóty hladiny na konci prezentovaného období kolísal v rozmezí 204,0–206,3 m n. m. (GR4J) a v rozmezí 204,1–206,5 m n. m. (TUW). Pro simulace regionálních i globálních modelů se scénářem RCP8.5 je externí dotace nedostatečná. Aritmetický průměr kóty hladiny na konci 100leté řady poklesl v případě RCP8.5 na 190,5–196,7 m n. m. (GR4J) a na 190,8–196,6 m n. m. (TUW).



Obrázek 143. Vývoj hladiny ve zbytkové jámě lomu Bílina pro $\mathbf{S}_{20-50}^{100l}$ s externí dotací 151,4 l/s – GR4J a 153,7 l/s – TUW (nahoře) a pro $\mathbf{S}_{70-100}^{100l}$ s externí dotací 175,7 l/s – GR4J a 179,1 l/s – TUW (dole). Referenční simulace jsou přerušovanou čárou

10.4. Návrh optimálního způsobu zatápění zbytkové jámy na základě technicko-ekonomického posouzení variantních možností

Cílem této kapitoly je doporučit optimální způsob zatápění zbytkové jámy, a to na základě posouzení základních parametrů zatápění zbytkové jámy lomu Bílina, které jsou navrženy v souhrnném plánu sanací a rekultivací. V případě lomu Bílina nebyl však předmětem posouzení aktuálně platný souhrnný plán sanace a rekultivace, který řeší postup lomu do hranic územně ekologických limitů upravených dle usnesení vlády č. 1176 z roku 2008, ale souhrnný plán sanace a rekultivace zpracovaný pro účely postupu lomu do aktuálně platných hranic územně ekologických limitů stanovených ve vládním usnesením č. 827/2015. Tento plán rekultivace je přílohou dokumentace EIA, která v současnosti probíhá. Pro účely této studie byla zvolena tato maximální varianta budoucí těžby lomu Bílina, neboť z hydrologického hlediska se jedná o méně příznivou variantu z důvodu zmenšení rozlohy povodí zbytkové jámy. Toto řešení je tedy bráno jako výchozí varianta. Předmětem posouzení je prověřit, zda vodohospodářské řešení navrhované ve výchozí variantě je tím nejlepším řešením v kontextu závěrů a zjištění uvedených v předchozích kapitolách. Prověřována není jen vlastní technická proveditelnost jednotlivých opatření, ale rovněž existence jiných, alternativních řešení. V případě identifikace alternativního řešení je takové řešení technicky a ekonomicky vyhodnoceno ve vztahu k původnímu, výchozímu řešení. Prověřovány jsou dva klíčové aspekty vodohospodářského řešení zatápění zbytkové jámy:

- disponibilita zdrojů vody pro zatápění, a to na základě rešerše vstupních podmínek a dále pak předchozích studií zpracovaných v rámci projektu VITA-MIN [4][10],
- cílová hladina jezera ve zbytkové jámě, a to zejména na základě matematického modelování hydrologické bilance provedené v rámci této studie (viz kapitola 10.3).

Základní parametry jezera ve zbytkové jámě lomu Bílina podle souhrnného plánu sanace a rekultivace hranic pro postup lomu Bílina do územně ekologických limitů stanovených ve vládním usnesením č. 827/2015 [6] uvádí následující tabulka.

Tabulka 28. Základní parametry jezera ve zbytkové jámě lomu Bílina [6]

plocha vodní hladiny	1 104,10 ha
kóta vodní hladiny	200,0 m n. m.
objem vody v jezeru	718,769 mil. m^3
délka břehové linie	15 010 m
průměrná hloubka	65,5 m
maximální hloubka	208,0 m
charakter jezera	průtočné
odtok vody z jezera	otevřeným korytem do řeky Bíliny
způsob napouštění	gravitační voda, část. nadlepšována čerpanou
hlavní zdroj napouštěcí vody	řeka Bílina
předpokládaný objem napouštěcí vody z hlavního zdroje	1 m^3/s
doplňkový zdroj napouštěcí vody	• krušnohorské potoky (Radčický, Lomský, Loučenský) • podzemní vody a povrchové přítoky z vlastního povodí
předpokládaný objem napouštěcí vody z doplňkového zdroje	• potoky: 0,1 m^3/s • podzemní vody: 0,1 m^3/s
způsob přívodu napouštěcí vody	podzemní štola z řeky Bíliny a vedlejší napouštěcí koryto z přeložky Radčického potoka
očekávaná doba zatápění	21 let
předpokládaný termín zatápění	2057–2078

10.4.1. Disponibilita zdrojů vody pro zatápění

Z hlediska zdrojů napouštěcí vody uvažuje výchozí varianta s všemi gravitačně dostupnými vodami z okolních vodotečí. Z důvodu zajištění trvalé odběru pro napuštění se uvažuje po určitou část hydrologického roku s nadlepšováním průtoků v řece Bílině čerpanými vodami z Ohře.

Výchozí varianta počítá s tím, že zbytková jáma bude zatopena povrchovou vodou z řeky Bíliny s doplňkovým odběrem z přeložky Radčického potoka. Uvažovaná výše průměrného odběru z hlavního zdroje je 1 m^3/s, z doplňkového zdroje pak 0,1 m^3/s. Odebraná voda z řeky Bíliny by do zbytkové jámy byla převedena prostřednictvím

podzemní štoly v délce cca 2,6 km, která by měla počátek nad obcí Želenice v říčním kilometru 42,2. Zde by se vybudoval sklopný jez, který by udržoval výšku hladiny na kótě 206 m n. m. a tím zvýšil hydraulický spád mezi řekou a vyústěním štoly do zbytkové jámy. Odebraná voda z přeložky Radčického potoka by do zbytkové jámy byla převedena prostřednictvím otevřeného napouštěcího příkopu. Trasa příkopu by vedla od přeložky jihovýchodním směrem k západnímu okraji výsypky Pokrok, kde by se stočila na jih a přes závěrný svah lomu Bílina pokračovala přes etáže vnitřní výsypky až k břehové linii jezera Bílina. Gravitační odtok vody z jezera by byl umožněn odtokovým korytem. Trasa odtokového koryta má začátek úpravy v místě zaústění zbytkového Radčického potoka do řeky Bíliny. Trasa od místa zaústění dále pokračuje přibližně západním směrem podél průmyslového areálu, u Pitrlinku se obloukem lomí směrem jihozápadním a pokračuje současným koridorem (plošinou) uhelných odtahů k dalšímu oblouku, odkud dále pokračuje směrem západním do budoucího jezera. Cílová kóta hladina jezera 200 m n. m. je tak jedinou možností, jak vytvořit za této konfigurace průtočné jezero s gravitačním přítokem z řeky Bíliny v ř. km 42,2 a gravitačním odtokem do řeky Bíliny v ř. km 34,1.

Disponibilita zdrojů vody pro napouštění byla podrobně analyzována v kapitole 10.2.4, a to na základě závěrů předchozí studie [4].

Pro hlavní napouštěcí profil (řeka Bílina) byl disponibilní průtok stanoven ve výši 1,235 m^3/s (dle měřených průtoků) až 1,709 m^3/s (dle ČHMÚ). Tyto disponibilní průtoky počítají se zachováním minimálního zůstatkového průtoku na úrovni Q_{330}, a to ve výši 0,218 m^3/s, resp. 0,421 m^3/s. Obě stanovené hodnoty disponibilních průtoků jsou vyšší, než je hodnota uvažovaná ve výchozí variantě (1,0 m^3/s).

Pro vedlejší napouštěcí profil (přeložka Radčického potoka) byl disponibilní průtok stanoven ve výši -0,012 m^3/s (dle měřených průtoků) až 0,191 m^3/s (dle ČHMÚ). Záporná hodnota vypočtená na základě měřených průtoků je nelogická, neboť by znamenala, že průtok je zde tvořen pouze vypouštěním, a navíc je vypočtený průtok menší, než odpovídá objemu vypouštěných vod. K těmto výsledkům proto není dále přihlíženo. Disponibilní průtok podle ČHMÚ počítá se zachováním minimálního zůstatkového průtoku na úrovni Q_{330}, a to ve výši 0,081 m^3/s. Stanovená hodnota disponibilního průtoku je vyšší, než je hodnota uvažovaná ve výchozí variantě (0,1 m^3/s).

Výchozí varianta uvažuje s průměrným odběrem 1,100 m^3/s (řeka Bílina + přeložka Radčického potoka), což je méně, než jsou vypočtené disponibilní odběry na obou profilech. Oba uvažované profily jsou pro zatápění použitelné po stránce

kvality vody, ale žádoucí je realizovat doporučená opatření na přítoku napouštěcích vod ke zlepšení některých ukazatelů (fosfor, nerozpuštěné látky).

Výchozí varianta uvažuje s hydrogeologickým přítokem ve výši 100 l/s, který vychází z hydrogeologických studií. Při porovnávání simulovaných přítoků vod s údaji o čerpaných vodách byl HG přítok stanoven na úrovni 90 l/s. Z hydrogeologických studií však není jasné, zda HG přítok bude do bilance vstupovat jen po dobu zatápění jezera, či by mohl být trvalým fenoménem. Hydrogeologická situace je významně ovlivněna čerpáním stařinových vod na ČS MR 1. Další vývoj stařinových systémů bude závislý na tom, zda po definitivním ukončení těžby uhlí bude čerpání vod z tohoto hydrogeologického kolektoru rovněž ukončeno nebo bude muset být z nějakého důvodu trvale zachováno. Zůstává rovněž otázkou, jakým způsobem se bude ustalovat rovnováha mezi stařinovým systémem a jezerním systémem. Z důvodu těchto nejasností byly simulace provedeny nejen pro variantu HG přítoku 90 l/s, ale i pro HG přítok 45 l/s.

V rámci simulací zatápění zbytkové jámy celkovým odtokem z jejího povodí, přímou srážkou na hladinu, HG přítokem (45 l/s a 90 l/s) a dotací z vybraných vodních toků (Bílina 1000 l/s a Loučenský potok 100 l/s) bylo dosaženo požadované kóty hladiny 200,0 m n. m. za 20 až 23 let od začátku napouštění. To odpovídá výchozí variantě.

Z hlediska délky zatápění je možné konstatovat, že stanovený disponibilní odběr z řeky Bíliny a z přeložky Radčického potoka v kombinaci s HG přítokem umožňují jezero s hladinou na kótě 200 m n. m. napustit nejdříve za 20 let. To je s ohledem na objem jezera přijatelná doba. Pokud by se však zatápělo na nižší úroveň (viz další kapitola), doba zatápění by se výrazně zkrátila.

Alternativně k výchozí variantě je možno z hlediska zdrojů vody pro zatápění uvažovat s **čerpanou vodou z Ohře**, a to prostřednictvím PVN. PVN převádí čerpanou vodu přes Hutní potok do řeky Bíliny, čímž umožňuje nadlepšovat její průtoky. S tím počítá i výchozí varianta, avšak je po nezbytně nutnou dobu, kdy v řece Bílině klesá průtok vody a snižuje se disponibilní průtok pro zatápění pod uvažovanou výši odběru (cca 90 dní), či odběr musí být zcela zastaven (cca 35 dní). Je potřeba si uvědomit, že odběr čerpané vody z PVN je zpoplatněný. Výchozí varianta počítá s ročním objemem čerpané vody pro nadlepšování průtoku v řece Bílině ve výši 5 mil. m^3 po dobu 21 let. Při ceně vody 3,34 Kč/m^3 (cena pro rok 2019 a za stávajících legislativních podmínek) a délce zatápění 21 let by se celkově jednalo o náklady ve výši cca 350 mil. Kč. Pokud by se však mělo jezero napouštět pouze čerpanou vodou z Ohře, znamenalo by to dramatický nárůst

nákladů na nákup vody. Podle výchozí varianty by podíl čerpané vody tvořil přibližně jednu šestinu z ročního objemu odebrané vody z řeky Bíliny. Z toho lze hrubě odvodit, že při odběru pouze čerpané vody by náklady byly 5x vyšší, tj. 1,75 mld. Kč. Z hlediska tvorby finanční rezervy měrným zatíženy tuny uhlí je tato varianta ekonomicky nereálná. S ohledem na vypočtené disponibilní průtoky v řece Bílině však neexistuje žádný důvod o této variantě vůbec uvažovat.

Další **alternativou** k výchozí variantě je, při zachování stejného zdroje vody (řeka Bílina), **změna umístění hlavního odběrného profilu**. V rámci jiné studie [9] byla prověřována možnost zřídit odběrné místo v ř. km 50,6, tj. za vyústěním řeky Bíliny zpod silničního a železničního koridoru u bývalé úpravny důlních vod bývalého lomu Ležáky západně od jezera Most. Na řece Bílině by se vybudoval rozdělovací objekt a za ním retenční nádrž pro účely vyrovnávání průtoků. Z retenční nádrže by nátokovým objektem voda vstupovala do trubního přivaděče, který by byl veden na povrchu terénu po západních a severozápadních svazích jezera Most tak, aby nivelita potrubí umožňovala gravitační převod vody. Přivaděč by byl dočasnou stavbou. Po napuštění jezera Bílina by se odstranil. Konec úseku přivaděče by byl severovýchodně od jezera Most na úrovni cca 205 m n. m. Odtud by se do zbytkové jámy voda převáděla podzemní štolou v délce cca 750 m. Teoreticky by bylo možné nahradit podzemní štolu propojovacím otevřeným kanálem, který by propojil obě budoucí jezera. Výhodou propojení jezer by byla stabilizace vodního režimu obou jezera, kdy do jezera Bílina by byly zaústěny krušnohorské potoky a do jezera Most řeka Bílina (část průtoků), čímž by se vyrovnávaly hladiny obou jezer. Propojovací kanál mezi oběma jezery by mohl být realizován jako plavební kanál, což by přineslo další výhody takového řešení. Po ekonomické stránce by změna umístění hlavního odběrného profilu z ř.km 42,2 na ř. km 50,6 neměla žádné dopady na nákladovou náročnost výchozí varianty. Prostředky ušetřené za budování podzemní štoly v délce 2,6 km by byly vynaloženy na trubní přivaděč kolem jezera a propojení obou jezera kratší podzemní štolou nebo plavebním kanálem. Tato změna by tak byla nákladově neutrální.

10.4.2. Cílová hladina jezera ve zbytkové jámě

Výchozí varianta navrhuje jezero s provozní hladinou na **úrovni 200,0 m n. m.** Návrh této hladiny vychází z potřeby zajistit potřebný gravitační spád mezi řekou Bílinou

v ř. km 42,2 a jezerem Bílina (přívod vody), a zároveň mezi jezerem Bílina a řekou Bílinou v ř. km 31,1 (odtok vody). Nejedná se tedy o ustálenou hladinu.

V rámci matematického modelování hydrologické bilance bylo zjištěno, že při plnění zbytkové jámy celkovým odtokem z jejího povodí a přímou srážkou na hladinu není možné za stávajících klimatických podmínek dosáhnout navrhované kóty hladiny 200,0 m n. m. Hladina by se ustálila na nižší kótě, a to v průměru na kótě 131,6 m n. m. pro model GR4J a 129,9 m n. m. pro model TUW. Ustálené hladiny bylo dosaženo za více než 300 let od začátku napouštění zbytkové jámy. V případě zatopení zbytkové jámy na kótu 200 m n m. by jezero bylo udržitelné jen externí dotací vodou. Průměrné externí dotace nutné k udržení požadované hladiny na kótě 200,0 m n. m. byly spočítány na 91,4 l/s (model GR4J) a 93,8 l/s (model TUW).

Jelikož při porovnávání simulovaného přítoku do prostoru lomové jámy s objemy čerpaných vod z jámy byl potvrzen hydrogeologický přítok prognózovaný hydrogeologickými studiemi, byly dále provedeny i simulace kalkulující s tímto přítokem. Simulace byly provedeny ve dvou variantách HG přítoku – 90 l/s a 45 l/s. Pro variantu s HG přítokem 45 l/s by ustálené hladiny bylo dosaženo za více než 300 let od začátku napouštění zbytkové jámy v průměru na kótě 170,9 m n. m. pro model GR4J a 168,9 m n. m. pro model TUW. Pro variantu s HG přítokem 90 l/s by ustálené hladiny bylo dosaženo za více než 300 let od začátku napouštění zbytkové jámy v průměru na kótě 198,9 m n. m. pro model GR4J a 197,9 m n. m. pro model TUW.

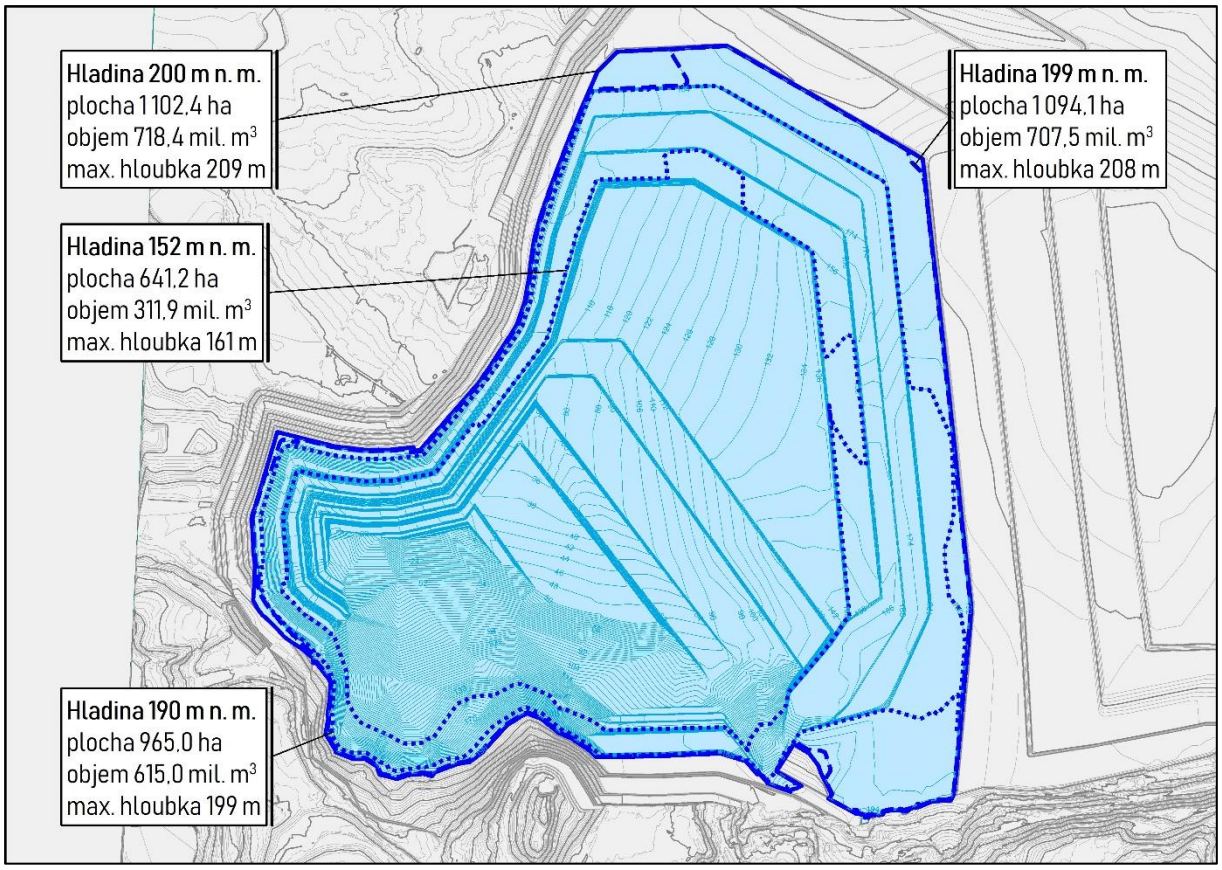
V případě simulací zohledňující scénáře klimatické změny vychází ustálená hladina v jezeře na úrovni 122,5 až 126,8 m n. m. (blízká budoucnost), resp. 105,5 až 124,8 m n. m. (vzdálená budoucnost), a to v závislosti na použitém modelu a scénáři nárůstu koncentrace skleníkových plynů. Naopak, pokud by se jezero napustilo na kótu 200 m n. m., pak by průměrné externí dotace nutné k udržení požadované hladiny 200,0 m n. m. v rámci klimatické změny na úrovni blízké budoucnosti pro RCP4.5 a globální modely CMIP5 byly 151,4 l/s (GR4J) a 153,7 l/s (TUW). Průměrné externí dotace by byly dostatečné až nadhodnocené pro všechny scénáře regionálních i globálních klimatických modelů. Průměrné externí dotace nutné k udržení požadované hladiny 200,0 m n. m. v rámci klimatické změny na úrovni vzdálené budoucnosti pro RCP4.5 a globální modely CMIP5 byly 175,7 l/s (GR4J) a 179,1 l/s (TUW). Průměrné externí dotace by byly dostatečné až nadhodnocené pro scénáře RCP2.6 a RCP4.5 regionálních i

globálních klimatických modelů, ale pro scénář RCP8.5 obou typů klimatických modelů byla nedostatečná.

Pro variantu simulací zohledňující scénáře klimatické změny kalkulující navíc s HG přítokem 45 l/s vychází ustálená hladina na úrovni 152,6 až 159,0 m n. m. (blízká budoucnost), resp. 128,9 až 154,9 m n. m. (vzdálená budoucnost). A konečně pro variantu s HG přítokem 90 l/s vychází ustálená hladina na úrovni 184,4 až 190,3 m n. m. (blízká budoucnost), resp. 152,1 až 187,1 m n. m. (vzdálená budoucnost).

Na základě výsledků matematických simulací lze konstatovat, že z hlediska cílové úrovně hladiny jezera ve zbytkové jámě je výchozí varianta realizovatelná jen za předpokladu, že do jezera bude zajištěn externí přítok ve výši 91,4 l/s až 93,8 l/s za stávajících klimatických podmínek. V případě naplnění klimatických scénářů by se však potřeba externího přítoku mohla zvýšit na 151,4 l/s až 179,1 l/s. Převážnou část externího přítoku by měl zajistit trvalý hydrogeologický přítok podzemních vod ze stařin, jehož odhady se pohybují až na úrovni 90 l/s. Z hlediska disponibilních zdrojů povrchové vody v okolí budoucího jezera by chybějící část externí dotace na úrovni několika desítek sekundových litrů měla být zajištěna naprosto bez problému.

Obrázek 144 rekapituluje v grafické podobě možné scénáře ustálené hladiny v jezeře Bílina ve srovnání s výchozí variantou dle plánu rekultivace. Pro stávající klimatické podmínky a uvažovaný HG přítok je vynesena hladina na úrovni 199 m n. m. Pro simulace založené na klimatických scénářích a HG přítoku jsou vyneseny maximální (190 m n. m.) a minimální (152 m n. m.), které představují rozpětí všech použitých modelů a scénářů klimatické změny. Pro každou zobrazenou hladinu jsou uvedeny základní parametry – plocha hladiny, objem zadržené vody a maximální hloubka.



Obrázek 144. Scénáře ustálené hladiny jezera Bílina ve srovnání s výchozí variantou

10.5. Závěrečné shrnutí a doporučení optimalizace stávajících koncepcí

Uvolnění území pro těžbu lomu Bílina bylo podmíněno odkloněním krušnohorských potoků. To bylo zajištěno vybudováním přeložky Radčického potoka, která uměle odvádí povrchové vody severovýchodním směrem. Ve zbytkových korytech Radčického a Lomského potoka pod přeložkou jsou zachovány pouze minimální zůstatkové průtoky. Dno lomu Bílina se při postupu porubní fronty lomu západním směrem k hranici upravených územně ekologických limitů dostane až na úroveň nadmořské výšky moře. Hluboká jáma lomu se díky tomu do budoucna stane hlavním drenážním místem stařinových vod z celé centrální části pánve, obzvláště dojde-li zároveň s ukončením těžby k ukončení umělého snižování úrovně maximální hladiny stařinových zvodní. Odhady přítoků stařinových vod se blíží až 100 l/s, přičemž současný přítok podzemních vod do jámy lomu byl na základě rozdílu objemu čerpaných vod a simulovaného přítoku stanoven až na 90 l/s. Lom Bílina se ve své závěrečné figuře významně přiblíží k jezeru Most. To nepochybně vybízí zvažovat možnost obě jezera propojit, neboť přínos propojení jezer by byl nejen ve stabilizaci vodního režimu obou jezer, ale i v oblasti jejich širokého rekreačního využití.

Po ukončení těžby se podle souhrnného plánu sanace a rekultivace lomu Bílina počítá se zatopením zbytkové jámy na kótu 200,0 m n. m., což je úroveň, která umožňuje vytvoření průtočného

jezera gravitačně propojeného na přítoku i odtoku s řekou Bílinou. Vzniklé jezero by mělo mít rozlohu přibližně 1100 ha a objem vody 718 mil. m^3. Voda pro zatápění v množství 1,1 m^3/s by měla být gravitačně odebírána z okolních povrchových toků. Pro odběr vody se uvažuje s hlavním odběrným profilem na řece Bílině, odkud by se voda v průměrném množství 1 m^3/s převáděla do jezera prostřednictvím podzemní štoly v délce asi 2,6 km. Vedlejší profil se nachází na přeložce Radčického potoka a slouží pro doplňkový odběr povrchové vody ve výši 0,1 m^3/s. Z důvodu zajištění kontinuálního odběru vody z řeky Bíliny se uvažuje s částečným nadlepšováním průtoku v průběhu hydrologicky chudšího období roku, a to čerpáním vody z Ohře přes PVN.

Simulace plnění zbytkové jámy lomu Bílina celkovým odtokem z povodí jámy a přímou srážkou na hladinu na 300leté řadě prokázala, že požadované kóty 200,0 m n. m. není možné dosáhnout z vlastních zdrojů. Bylo zjištěno, že ustálené hladiny ve zbytkové jámě by bylo dosaženo v průměru na kótě **131,6 m n. m.** (model GR4J), resp. **129,9 m n. m.** (model TUW) za více než 300 let od začátku napouštění zbytkové jámy. Nicméně při zohlednění dotace ve formě hydrogeologického přítoku do jámy ve výši 90 l/s by ustálené hladiny bylo dosaženo v průměru na kótě **198,9 m n. m.** (model GR4J), resp. **197,9 m n. m.** (model TUW) za více než 300 let od začátku napouštění zbytkové jámy, což už se velice blíží uvažované úrovni.

Pokud by se jezero napouštělo s externí dotací vody v plánované výši 1,1 m^3/s a hydrogeologickým přítokem, pak by požadované kóty hladiny 200,0 m n. m. bylo dosaženo za **20 let** od začátku plnění.

Při simulaci plnění zbytkové jámy lomu Bílina celkovým odtokem z povodí a přímou srážkou na hladinu založené na klimatických scénářích by se hladina jezera ustálila na úrovni **122,5 až 126,8 m n. m.** (blízká budoucnost), resp. **105,5 až 124,8 m n. m.** (vzdálená budoucnost), a to v závislosti na použitém modelu a scénáři nárůstu koncentrace skleníkových plynů. Průměrná externí dotace nutná k udržení požadované hladiny na kótě 200,0 m n. m. v rámci klimatické změny pak vychází na **151,4 až 153,7 l/s** pro blízkou budoucnost, resp. na **175,7 až 179,1 l/s** pro vzdálenou budoucnost. Předpokládaný hydrogeologický přítok ve výši 100 l/s by tuto externí dotaci již sám o sobě nedokázal pokrýt. Chybějící dotace by tak musela být zajištěna přítokem z povrchových toků, tj. řeky Bíliny či přeložky Radčického potoka, což by kapacitně mělo být bez problému proveditelné.

Z hlediska **disponibility zdrojů povrchové vody** pro zatápění se prokázalo, že v obou uvažovaných povrchových tocích je dostatečně disponibilní průtok, který je navíc v řece Bílině pojištěn nadlepšováním průtoku čerpanou vodou z řeky Ohře. Kvalita vody na obou zdrojích je

akceptovatelná pro zatápění, ale pro snížení některých zhoršených ukazatelů se doporučuje se na přítoku realizovat opatření, která by jejich hodnoty snížila.

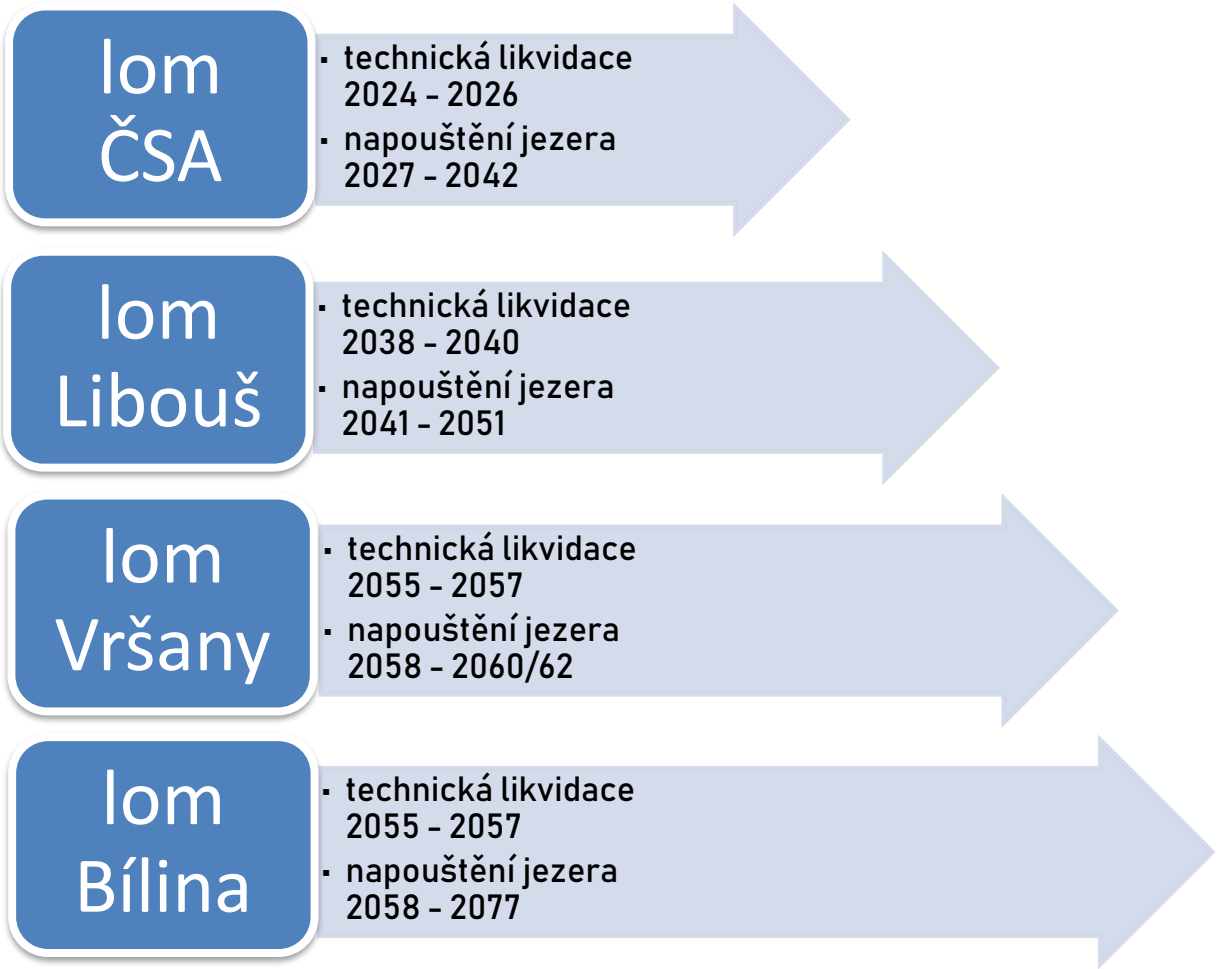
Z hlediska **cílové hladiny jezera** je nutno na základě výsledků matematických simulací plnění zbytkové jámy konstatovat, že požadovaná kóta 200 m n. m. sice neodpovídá ustálené hladině, obzvláště při naplnění klimatických scénářů, avšak po započtení hydrogeologického přítoku je tato hladina udržitelná zachováním trvalého přítoku z obou zdrojů napouštěcí vody v řádu několika desítek sekundových litrů. Zachování určitého trvalého přítoku z obou zdrojů i po napuštění jezera na cílovou provozní hladinu je žádoucí za účelem vyrovnávání dočasných bilančních ztrát jezera.

Doporučujeme proto realizovat variantu průtočného jezera v souladu s výchozí variantou. Varianta průtočného jezera může být kdykoli opuštěna, pokud by se objevily nové skutečnosti, které by jí technicky či ekonomicky znemožňovaly. Případná změna koncepce k neprůtočnému jezeru s hladinou odpovídající ustálené hladině by byla ve srovnání s výchozí variantou nákladově neutrální. Nicméně za současných podmínek je výhodnější upřednostňovat průtočné jezero. Jedním z důvodů je i zachování možnosti jezero Bílina propojit s jezerem Most, což by bylo proveditelné za předpokladu, že lom Bílina postoupí až do hranic územně ekologických limitů.

11. CELKOVÁ KONCEPCE VODOHOSPODÁŘSKÉHO ŘEŠENÍ

11.1. Časový harmonogram zatápění jednotlivých zbytkových jam

Zahájení zatápění budoucích zbytkových jam se bude odvíjet od skutečného ukončení těžby uhlí na jednotlivých povrchových dolech. Po ukončení těžby bude zahájena technická likvidace lomu, která bude zahrnovat nejen likvidaci veškerých nepotřebných technologických zařízení a důlních objektů, ale rovněž sanační práce ve zbytkové jámě lomu. Zároveň budou prováděny práce na stavebních objektech potřebných pro zatápění zbytkové jámy v souladu s projektovaným vodohospodářským řešením. Lze předpokládat, že k zahájení odběru napouštěcí vody tak nedojde dříve než za dva roky po ukončení těžby uhlí. Na základě předpokládaných termínů ukončení těžby uhlí na jednotlivých lokalitách a v souladu s upřesněnými dobami zatápění doporučovaných variant hydrických rekultivací byl sestaven orientační harmonogram zatápění budoucích jezer.



Obrázek 145. Harmonogram zatápění budoucích zbytkových jezer

11.2. Disponibilita zdrojů napouštěcí vody

Disponibilita uvažovaných zdrojů napouštěcí vody je podrobně popsána u každé ze čtyř těžebních lokalit. Tam je však posuzována pouze disponibilita konkrétního zdroje vody ve vztahu k zatápění konkrétní zbytkové jámy. Předmětem této kapitoly je posoudit disponibilitu uvažovaných zdrojů z pohledu celkového harmonogramu zatápění všech těžebních lokalit, tj. zda odběrem vody pro zatápění jedné zbytkové jámy nedojde k omezení disponibility zdroje pro zatápění jiné zbytkové jámy, a jakým způsobem bude disponibilita zdrojů ovlivněna po zatopení jednotlivých jezer.

Z celkového **harmonogramu zatápění** (Obrázek 145) je zřejmé, že zatápění zbytkové jámy lomu ČSA bude ukončeno přibližně v době, kdy by mělo být zahájeno zatápění lomu Libouš. Zatápění zbytkové jámy lomu Libouš by pak mělo být dokončeno v dostatečném předstihu před zatápěním zbývajících dvou lomů. Jelikož u lomů Vršany a Bílina se zatím předpokládá ukončení těžby uhlí přibližně ve stejný rok, dochází až u těchto dvou lomů k souběhu zatápění. Lom Vršany bude zatápěn pouze čerpanou vodou z PVN, a to ve výši 0,350 m^3/s. Kapacita ČS Stranná je přitom 2,0 m^3/s. Navíc je potřeba počítat s odběrem ostatních uživatelů. Ten v ročním průměru dosahuje 4,3 mil. m^3, tj. asi 0,137 m^3/s. Je tedy zřejmé, že z maximální kapacity čerpací stanice by pro zatápění lomu Bílina byla volná kapacita asi 1,5 m^3/s. Jelikož zatápění lomu Bílina uvažuje s povrchovou vodou z řeky Bíliny a čerpaná voda z PVN by měly být využívána pouze k dočasnému nadlepšováním průtoků v řece Bílina, volná kapacita by měla být více než dostačující.

Dále je potřeba zohlednit skutečnost, že některá jezera po svém napuštění budou vyžadovat **trvalou externí dotaci**, tj. zachování určitého stálého převodu povrchové vody ze zdrojů použitých pro jejich zatopení.

U jezera ČSA na kótě 180 m n. m. je možné za předpokladu zachování HG přítoku 42 l/s tento trvalý převod vody z řeky Bíliny v ročním průměru odhadovat na 7,2 až 41,9 l/s v závislosti na naplnění klimatických scénářů. O tento převod by se tak snížil disponibilní průtok v řece Bílině. S řekou Bílinou se uvažuje pro zatápění lomu Bílina. Uvažovaný odběr z řeky Bíliny je 1 m^3/s. Vypočtený disponibilní průtok v odběrném profilu na řece Bílina je 1,235 až 1,709 m^3/s, což poskytuje dostatečnou rezervu. Snížení disponibilního průtoků o několik desítek litrů by se mohlo projevit maximálně v hydrologicky slabší části roku, kdy se ale počítá s nadlepšováním průtoku řeky Bíliny z PVN.

U jezera Libouš se po jeho napuštění počítá s trvalým převodem Prunéřovského potoka do budoucího jezera. To by znamenalo, že průtoky v PPV budou oslabeny o objem vody odebíraný z Prunéřovského potoka. Ročně se jedná o asi 4,2 mil. m^3 vody, což odpovídá přibližně 0,130 m^3/s. Tento objem vody se podílí na celkovém nadlepšování průtoků v řece Bílině a musel by tedy být kompenzován z jiného zdroje, avšak pouze za předpokladu, že by po roce 2050 byla zachována současná výše odběrů povrchové vody, což lze těžko v současnosti odhadovat. Je jisté, že s ukončením těžby dojde i k ukončení provozu elektrárenských provozů, které patří k nejvýznamnějším odběratelům povrchové vody. S výjimkou Unipetrolu RPA však využívají jako zdroj povrchové vody řeku Ohři, u které lze reálně očekávat uvolnění disponibility v důsledku postupného ukončení odběrů povrchových vod pro nevodárenské účely. S ukončením provozu elektrárny provozované Unipetrolem RPA pak dojde k částečnému uvolnění kapacity na vodním toku Loupnice, potažmo řeky Bíliny, z níž jsou odběry nadlepšovány.

Další potřeba trvalého převodu vody vznikne po zatopení jezera Bílina. Za předpokladu zachování HG přítoku 90 l/s lze potřebu v ročním průměru odhadovat na 2,6 až 87,4 l/s v závislosti na naplnění klimatických scénářů. Potřeba by měla být pokryta kombinací odběru z přeložky Radčického potoka a řeky Bíliny.

V souvislosti s disponibilitou zdrojů povrchových vod není možné vyhnout se úvahám o možnostech **obnovy vodního režimu post-těžební krajiny**. Současná těžební krajina je charakteristická výskytem mnoha plošně rozsáhlých, hydrologicky deficitních oblastí. Jejich vznik byl dán potřebou uvolnit území pro budoucí hornickou činnost. Povrchové vody byly za tím účelem uměle odkloněny nejrůznějšími přeložkami, štolami či přivaděči, vždy nejrychlejší cestou mimo oblast budoucí těžby. Nevyhnutelně vyvstává otázka, jakým způsobem bude tento nepřirozený stav napraven, až těžba uhlí definitivně skončí. Rekultivační plány jednotlivých těžebních lokalit dle zákona řeší obnovu krajiny v rámci svých zájmových územích dotčených těžbou, avšak potřeba obnovy vodního režimu krajiny sahá daleko za hranice jednotlivých aktivních lomů a výsypek. Snahu zachovat určitý trvalý odběr povrchových vod i po zatopení zbytkové jámy není možné vnímat jen z titulu dosažení vyrovnané hydrologické bilance budoucího jezera. To by bylo velmi krátkozraké a nekoncepční. I když se určitý vodní tok může jevit jako momentálně nevhodný pro odběr vody, disponibilita jeho průtoku se do budoucna může změnit. Celá řada odběrů povrchových vod souvisí se stávajícím hospodářským zaměřením regionu, který je založen na těžbě uhlí a energetice. Bylo by nešťastné vnímat hydrickou rekultivaci

jen jako snahu o rychlé zatopení zbytkové jámy. Hydrické rekultivace představují jedinečnou příležitost pro širokou a trvale udržitelnou obnovu vodních složek krajiny, které byly deformovány hornickou činností. Přestože rekultivační plány mají jen omezené územní a finanční možnosti, mohou takovému cíli vyjít naproti a usnadnit jeho dosažení. Ovšem jen za předpokladu, že budou v duchu této vize od samého počátku koncipovány a připravovány. V opačném případě vědomě zakonzervujeme krajinu v současném nevyhovujícím stavu, jehož případná náprava *ex post* bude buď prakticky nemožná nebo obrovsky nákladná. Ať se nám to líbí nebo ne, jezera ve zbytkových jámách, jako nevyhnutelný pozůstatek povrchové těžby, se stanou trvalou a nedílnou součástí budoucí podkrušnohorské krajiny.

12. CELKOVÉ SHRNUTÍ

Hlavním účelem této studie je vyhodnotit dopady aktualizovaných hydrologických a hydrochemických podmínek na stávající koncepce hydrických rekultivací budoucích zbytkových jam lomů ČSA, Vršany, Libouš a Bílina. Teprve s ukončením zatápění jezera Most v roce 2014 jsou získávány první praktické zkušenosti s vývojem hladiny jezera v podmínkách, kdy jezero nemá žádný trvalý externí přítok a je zcela závislé na ustálení bilance mezi dotací vody z vlastního povodí a ztrátou vody evaporací z volné hladiny. Objevují se rovněž obavy z prognózovaných klimatických změn, které by mohly stávající hydrologické podmínky výrazně pozměnit, zejména v důsledku nárůstu průměrné teploty. Určité změny lze pozorovat již ve vývoji teplot a srážek v posledních pěti letech na lokální úrovni jezera Most. A je pravděpodobné, že právě tyto změny mohou být zodpovědné za negativní bilanci jezera Most po jeho napuštění, kdy jezero vykazuje trvalou ztrátu vody.

Hydrologické a hydrochemické podmínky každé lokality byly podrobně analyzovány v rámci předchozích studií zpracovaných v rámci projektu VITA-MIN. V této studii byly podmínky doplněny o změny odtokových poměrů zájmových území a jejich hydrogeologické aspekty. Především ale došlo k posouzení koncepcí hydrických rekultivací s využitím matematických modelů hydrologické bilance. Použity byly celistvé konceptuální modely GR4J a TUW. Dále byla vybrána metoda stanovení potenciální evapotranspirace, která nejvěrohodněji simulovala referenční údaje z jezera Most. Pro výpar z vodní hladiny byla identifikována jako nejbližší metoda dle VÚV1. Pro výpar z povodí byla vybrána metoda dle Oudina. Oba modely hydrologické bilance byl otestovány a kalibrovány na jezeře Most s využitím provozních údajů z průběhu jeho napouštění. Přitom byla zjištěna ostatní (zřejmě nevýparová) ztráta v průměrné denní výši 0,3 mm, která byla do modelů zakomponována. Při aplikaci na budoucí jezera pak byly modely nakalibrovány na základní hydrologické údaje povodí každého jezera. Při výpočtech byly použity batymetrické hodnoty zbytkových jam odvozené z modelů konečného terénu při ukončení hornické činnosti.

Matematickým modelováním byla simulována kóta hladiny, na jaké by se jezero ustálilo pouze přítokem srážkových vod z povodí jezera. Simulace zatápění zbytkové jámy byla provedena pro 30letou řadu naměřených klimatických údajů ze stanice Kopisty (pro jezera Most, Bílina, Vršany a ČSA), resp. stanice Tušimice (pro jezero Libouš). Za účelem vyhodnocení nejistot byly simulace provedeny i pro resamplované časové řady v délce 300 let. Variantně byly simulace provedeny pro transformovaná data, která odpovídají změnám odvozeným ze simulací globálních a regionálních klimatických modelů. Využito bylo simulací scénářů RCP2.6, RCP4.5 a RCP8.5. Kromě stanovení ustálené hladiny sloužily simulace ke stanovení potřeby externí dotace jezera v případě, že provozní

hladina jezera byla požadována nad úrovní ustálené hladiny. V neposlední řadě byla simulována rychlost napouštění zbytkových jam při využití externích zdrojů vody, ať již ve formě hydrogeologického přítoku či odběru povrchových vod z vodních toků.

Získané výsledky byly na každé lokalitě porovnávány s koncepcí hydrické rekultivace tak, jak je navržena v aktuálně platném souhrnném plánu sanace (výchozí varianta). Ve všech případech se jedná o varianty těžby v rámci tzv. územně ekologických limitů. To však neznamená, že postup do hranic limitů na některých lokalitách již nevyžaduje žádná další povolení. Při porovnávání výsledků s výchozí variantou byly ověřovány alternativní možnosti řešení dílčích aspektů hydrické rekultivace, jejich technická proveditelnost a ekonomická náročnost ve srovnání s výchozí variantou.

Z hlediska stanovení ustálené hladiny jezer je možné konstatovat, že ustálené hladiny byly na všech lokalitách vypočteny vždy na nižší úroveň, než se uvažuje ve výchozích variantách rekultivačních plánů. Je potřeba však dodat, že pouze v případě jezera Most a budoucích jezer Vršany a ČSA se ve výchozích variantách počítá s ustálenou hladinou. V případě budoucích jezer Libouš a Bílina uvažovaná úroveň hladiny jezera sleduje možnost vytvoření průtočného jezera s gravitačním přítokem i odtokem vody, nikoli ustálenou hladinu jezera. Příčinou ustálení na nižší úrovni je s největší pravděpodobností výpar z volné hladiny, který prohlubuje bilanční ztráty všech jezer. S klimatickými změnami se bohužel jeho intenzita ještě zvyšuje, zejména v zimním období, což je způsobeno růstem teploty nad bod mrazu. K ustálení hladin jezer pak dochází ještě na mnohem nižší úrovni než za současných klimatických podmínek. Nejníže ustálené hladiny byly obvykle vypočteny pro vzdálenou budoucnost pro globální klimatický model CMIP5 a scénář RCP8.5. Porovnání vypočtených ustálených hladin s uvažovanými hladinami podle rekultivačních plánů zobrazuje následující přehled. Pro informaci je připojen údaj o minimální kótě umožňující gravitační odtok ze zbytkové jámy, i když s ní rekultivační plány nemusejí počítat.

	kóta hladiny [m n. m.]				
	uvažovaná ve výchozí variantě	*minimální pro gravitační odtok*	*vypočtená za stávajícího klima*	*vypočtená pro blízkou budoucnost*	*vypočtená pro vzdálenou budoucnost*
jezero Most	199,0	230,0	172,0–173,7	167,2–173,1	159,8–170,9
jezero ČSA	180,0	230,0	149,2–152,3	142,6–147,5	126,5–146,2
jezero Vršany	205,0	235,0	188,2–190,5	184,8–189,0	181,7–188,1
jezero Libouš	275,2	275,2	236,2–236,4	231,7–235,5	225,8–232,7
jezero Bílina	200,0	200,0	129,9– 131,6	122,5–126,8	105,5–124,8

Pokud by se měly jezera napustit až na uvažované kóty hladin, pak jen za podmínky, že budou trvale dotována z nějakého externího zdroje vody. Potřeby externí dotace pro různé varianty klimatických podmínek uvádí následující přehled. Navíc jsou uvedeny i hodnoty možné hydrogeologické dotace, pokud vyplývají z hydrogeologických studií.

	potřeba externí dotace [l/s]			*možnost hydrogeologické dotace*
	vypočtená za stávajícího klima	*vypočtená pro blízkou budoucnost*	*vypočtená pro vzdálenou budoucnost*	
jezero Most	30,1–31,3	38,2–39,9	45,1 –46,9	neznámá
jezero ČSA	46,9–51,5	67,1–70,6	82,2–85,6	až 42
jezero Vršany	12,2–14,2	17,9–21,4	24,9–27,8	minimální
jezero Libouš	138,9	171,3	199,1	minimální
jezero Bílina	91,4–93,8	151,4–153,7	175,7–179,1	až 100

Z přehledu je zjevné, že pouze na dvou lokalitách je odhadován hydrogeologický přítok ve výši, která by mohla posunout výslednou ustálenou hladinu směrem blíže k uvažované hladině. Je však zároveň jasné, že ani maximální výše hydrogeologických přítoků na těchto dvou lokalitách neudrží hladinu jezera na uvažované kótě, nastane-li klimatická změna. Potřeba externí dotace v jejím důsledku převyšuje i odhadované hydrogeologické přítoky. Jedinou možností je potom pokrýt potřebnou dotaci odběrem povrchové vody z vodních toků použitých k zatápění. Pokud taková možnost není, nezbývá než upravit uvažovanou hladinu na hodnotu ustálené hladiny. Ale ani rozhodnutí o úpravě uvažované provozní hladiny budoucích jezer tak, aby se blížily vypočteným ustáleným hladinám, není tak jednoduché, jak by se mohlo na první pohled zdát. Důvodem je poměrně široké rozpětí ustálených hladin vypočtených pro možné scénáře klimatických změn. Přitom návrh provozní hladiny jezera bude muset být proveden v poměrně úzkém rozpětí přípustného rozkyvu vodní hladiny, kterému budou přizpůsobeny rekultivační, sanační i vodohospodářské úpravy celé zbytkové jámy. Pokud bude vybrán scénář klimatické změny, který se nakonec nenaplní, vyžádá si to dodatečné náklady, např. na úpravu opevnění břehové linie. Z tohoto pohledu se zdá být nejvhodnějším postupem výběr takové hladiny, kterou do budoucna bude možné trvale udržovat určitým, nepříliš velkým, externím přítokem povrchových vod. Zachování trvalého, ale dostatečně kapacitního, přítoku z okolních vodních toků bude velkou výhodou i pro jezera bez gravitačního odtoku. I při správné volbě ustálené hladiny bude v budoucnu docházet k nadměrným výkyvům vodní hladiny, která se sice nakonec ustálí na původní úroveň, ale to může trvat i několik

let. Zatímco dočasný nárůst hladiny lze regulovat zastavením odběru vody a odčerpáním nadbilančních vod, zaklesávání hladiny není možné zastavit jinak než externím zdrojem vody.

Na základě vyhodnocení všech relevantních podmínek bylo po každé budoucí jezero doporučeno, jakou cílovou kótu hladiny zvolit, jaký způsob odběru vody pro zatápění zbytkové jámy upřednostnit, a jak nejlépe zabezpečit dlouhodobě udržitelný provoz jezera. Snaha byla upřednostnit vždy takové řešení, které bude reálně dosažitelné, ale zároveň bude vstřícné komplexní obnově krajiny a jeho vodních složek, která by měla být tím hlavním a konečným cílem.

Na lokalitě lomu ČSA se doporučuje realizovat výchozí variantu neprůtočného jezera s hladinou na úrovni 180 m n. m. Jezero s touto hladinou je dlouhodobě udržitelné prognózovaným hydrogeologickým přítokem, který by byl doplňován přítokem povrchových vod z řeky Bíliny, a do budoucna i z Loupnice. Jezero by bylo napouštěno odběrem z řeky Bíliny ve výši disponibilního průtoku (332 l/s), který by byl nadlepšován čerpanou vodou z PVN na celkový odběr 500 l/s. Doba zatápění by byla 16 let. V případě druhé posuzované varianty průtočného jezera s gravitační odtokem na úrovni 230 m n. m. vychází potřeba externí dotace extrémně vysoká (do budoucna přes 250 l/s) a není vůbec jisté, zda je možné takovou dotaci zajistit odběrem gravitační povrchové vody. Problematické je i samotné napuštění jezera z důvodu výrazného nárůstu objemu vody potřebné k naplnění zbytkové jámy na tuto kótu a s tím souvisejícího značného nárůstu nákladů.

U lomu Vršany byla potvrzena výchozí varianta jezera. Doporučuje se posoudit, zda s ukončením těžby skutečně ustane hydrogeologický přítok do zbytkové jámy. Pokud tomu tak bude, pak by bylo vhodnější upravit cílovou hladinu z uvažovaných 206 m n. m. na 189 m n. m., která odpovídá ustálené hladině za stávajících klimatických podmínek a bez hydrogeologického přítoku. Zatápění zbytkové jámy odběrem čerpané vody z PVN ve výši 350 l/s je bezproblémové a trvalo by maximálně 3 až 5 let. Jelikož zde neexistuje žádná možnost trvalého přivedení povrchové vody z okolních vodotečí, jezero bude odkázáno na přítok z vlastního povodí. S ohledem na předpokládanou životnost těžby lomu Vršany však bude ještě dostatek času cílovou hladinu jezera dodatečně upravit v případě, že vývoj skutečných klimatických podmínek bude směřovat k prognózovaným scénářům, které by vedly k ještě nižší ustálené hladině.

Na lokalitě lomu Libouš byly posuzovány dvě varianty – výchozí varianta průtočného jezera a varianta neprůtočného jezera. Doporučena byla varianta výchozí s hladinou na úrovni 275,2 m n. m., která umožňuje zajistit trvalý odtok do potoka Hutná II. Ten je potřebný zejména pro ředění vyčištěných komunálních odpadních vod, které jsou do toku vypouštěny níže na toku. Kromě toho by byl trvalý přítok vody do zbytkové jámy přes vnitřní výsypku významným revitalizačním

přínosem pro celou výsypku. Jezero by bylo napuštěno po dobu 11 let odběrem vody z PPV ve výši 1 m^3/s, který by byl z větší části dotován čerpáním z Ohře (0,720 m^3/s), z menší části by byl tvořen vodami Prunéřovského potoka či vodami PPV. Po ukončení zatápění by čerpání z Ohře bylo zastaveno, ale trvalý převod disponibilních průtoků Prunéřovského potoka by byl zachován. Díky tomu by se jezero udržovalo na požadované průtočné kótě. Za účelem dalšího posílení přítoku vody do jezera je možné prověřit možnost zaústění i dalších krušnohorských potoků. Uvažovaný odběr vody z Hačky se však již dále nedoporučuje z důvodu technické náročnosti.

V případě lomu Bílina se prozatím doporučuje preferovat výchozí variantu průtočného jezera s kótou hladiny 200 m n. m. Tato varianta je sice podmíněna přítokem vody cca 90 l/s, do budoucna případně až 180 l/s, ale existuje zde předpoklad hydrogeologického přítoku stařinových vod ve výši až 100 l/s. V kombinaci s trvalým přítokem povrchových vod z řeky Bíliny a krušnohorských potoků (Radčický, Lomský, Loučenský) by jezero mělo být na této úrovni bez problému udržitelné. Jeho napuštění se předpokládá odběrem disponibilních průtoků z řeky Bíliny ve výši 1 m^3/s, zčásti nadlepšené čerpanou vodou z PVN, a z přeložky Radčického potoka ve výši 0,1 m^3/s. Doba zatápění by byla 20 let. Prozatímní upřednostnění výchozí varianty hydrické rekultivace je účelné i ve vztahu k jezeru Most. Postupem lomu Bílina do hranic územně ekologických limitů se nabízí možnost obě jezera propojit, což by přineslo další vodohospodářské možnosti stabilizace vodního režimu obou jezer i s využitím řeky Bíliny. Do doby vyjasnění skutečného postupu lomu Bílina by bylo žádoucí důkladně analyzovat hydrogeologické podmínky komunikace mezi zbytkovou jámou a stařinovými systémy a verifikovat tak předpokládanou výši hydrogeologického přítoku.

Za předpokladu platnosti avizovaných termínů ukončení těžby uhlí na jednotlivých lomech by zatápění jejich zbytkových jam mělo být odstartováno jezerem ČSA (2026–2042), následované jezerem Libouš (2041–2052), a na něj by navázala jezera Vršany (2058–2060/62) a Bílina (2058–2077). Disponibilita uvažovaných zdrojů vody pro jejich napouštění je dostatečná, avšak s ukončováním zatápění jednotlivých jezer bude postupně docházet k určitému snížení disponibilních průtoků v souvislosti s trvalými převody části průtoků do napuštěných jezer.

13. CHARAKTERISTIKA TECHNICKÝCH NEDOSTATKŮ A HLAVNÍCH NEJISTOT A MOŽNOSTI JEJICH ELIMINACE

Cílem této kapitoly je charakterizovat možné technické nedostatky a nejistoty, které byly zjištěny v průběhu zpracování této studie, a posoudit možnosti jejich eliminace tak, aby se v budoucnu dalo dosáhnout přesnějších výsledků.

Vstupní meteorologická data (teploty, srážky)

Zvolená délka časové řady (30 let) je dostatečná. Za účelem vyhodnocení nejistoty simulací byly navíc časové řady resamplovány na 300leté časové řady.

Možnosti výběru klimatických stanic, ze kterých lze měřená data získat, jsou omezené. Ideální by bylo měřit data přímo v prostoru každého lomu, což je víceméně nerealizovatelné s ohledem na potřebnou časovou délku datových řad.

Vstupní data potenciální evapotranspirace

Hodnoty potenciální evapotranspirace byly odvozeny výpočtem z měřených teplotních údajů. Použito bylo celkem 8 různých výpočtových metod, které využívají jako vstupní data průměrnou denní teplotu, případně zeměpisnou šířku těžiště povodí.

Teoreticky by bylo možné použít i výpočtové metody, které využívají větší spektrum vstupních dat, ale očekávatelná míra zpřesnění výpočtu by nebyla adekvátní finanční náročnosti nákupu těchto dat v potřebné délce časových řad a potřebném počtu klimatických stanic.

Je však žádoucí věnovat se blíže metodice výpočtu výparu z volné hladiny přímo na jezeře Most. Zde je možné výpočtové simulace porovnávat se skutečností, což by mohlo v průběhu let přinést určité zpřesnění odhadů tohoto klíčového vstupu hydrologické bilance.

Vstupní geografická data

K ustálení hladiny v jezeře dochází v okamžiku, kdy se dotace jezera (přítok ze srážek) vyrovná se ztrátou jezera (výpar z volné hladiny). Tomuto stavu odpovídá určitý objem vody v jezeře (rovnající se simulovanému přítoku) a určitá plocha vodní hladiny (rovnající se výši simulovaného výparu). Přesnost simulace ustálení hladiny v jezeře je tedy přímo závislá na dvou parametrech, hladině a objemu jezera. Ty vycházejí z batymetrických charakteristik jednotlivých jezer.

Batymetrie jezer byla v této studii odvozena z 3D modelů budoucího terénu po ukončení těžby. V některých případech se jedná už o velice přesný model, který je z větší části tvořen skutečným geodetickým zaměřením současné jámy (lom ČSA). Většinou se ale jedná o zjednodušený báňský model, který se v průběhu další těžby bude ještě měnit či upřesňovat. Bude proto nezbytné simulace provádět znovu s každým dalším modelem konečného stavu lomu, aby byly k dispozici vždy aktuální údaje.

Vstupní hydrologické údaje

Základní hydrologické údaje současných jam dolů a jezera Most byly poskytnuty Českým hydrometeorologickým ústavem. Údaje reprezentují období hydrologických let 1981 až 2010 a jejich platnost je 5 let od vydání. V nejbližších letech je možné očekávat jejich aktualizaci, neboť budou zpracována data za referenční období 1991 až 2020.

V případě povodí povrchových dolů je určitou komplikací kontinuální proměna morfologie terénu v daném povodí, změna velikosti povodí a jeho základních charakteristik (sklony svahů, vegetační pokryv apod.). Z těchto důvodů bylo u každé lokality porovnáno povodí evidované ČHMÚ, ke kterému jsou vztažené hydrologické údaje, a budoucí povodí zbytkové jámy při ukončení těžby. S výjimkou lomu Bílina nebyly zjištěny takové rozdíly, které by se mohly projevit v hydrologických charakteristikách. Na lomu Bílina byl zjištěn významnější rozdíl, a to při postupu lomu až do hranic územně ekologických limitů, kdy se výrazně zmenšuje povodí zbytkové jámy. Proto byla u jezera Bílina provedena úprava vstupních dat. Charakteristiky odtoku byly stanoveny z původních hodnot interpolací směrem k povodí nejbližšího jiného lomu s podobnou velikostí jako je cílová plocha povodí lomu Bílina.

Základní hydrologické údaje pro fiktivní povodí (budoucí zbytkové jámy) by bylo možné upřesnit samostatnou hydrologickou studií, kterou by zpracovalo odborné pracoviště, avšak míra zpřesnění hydrologických dat by pravděpodobně nebyla adekvátní finanční náročnosti těchto studií.

Použité hydrologické modely

Pro účel této studie byly zvoleny tři celistvé konceptuální hydrologické modely – BILAN, GR4J a TUW. V průběhu testování modelů na referenční lokalitě muselo být od použití modelu BILAN upuštěno, neboť v průběhu kalibrace bylo zjištěno, že model generoval fyzikálně nesprávnou odezvu v podobě kontinuálního růstu základního odtoku

v simulované řadě odtoků. U obou zbývajících modelů však bylo potvrzeno, že poskytují velmi podobné simulace změny objemu v jezeru Most a jsou tedy dobře použitelné i pro simulace na ostatních lokalitách.

Kalibrace hydrologických modelů probíhala ve dvou fázích. V první fázi byly modely nakalibrovány na přítoky do nádrže odvozené z měřené řady napouštění jezera Most. Ve druhé fázi proběhla kalibrace modelu na hydrologické charakteristiky povodí. Kalibrace modelu na hydrologické charakteristiky je specifickou kalibrační metodou, neboť nevyužívá měřené časové řady odtoku z povodí. Povodí jam povrchových dolů je na rozdíl od povodí vodních toků specifickým druhem povodím, pro které takové časové řady nikdy nebudou k dispozici.

Při simulaci v první kalibrační fázi byla zjištěna určitá ztráta, která ovlivňovala bilanci objemu v jezeře. Tato ztráta byla odhadnuta na 0,3 mm za den. Ztráta byla označena jako nevýparová. Může být způsobena ztrátami vody při infiltrací břehových partií, ale může se jednat i o určité podhodnocení výparu v rámci použité výpočtové metody. Další zpřesnění v příštích letech by mohlo přinést ověřování výpočtových metodik pro stanovení PET na jezeře Most, jak je naznačeno výše. Pro simulace provedené v této studii se však s touto ostatní ztrátou počítalo, aby nedocházelo k podhodnocení provedených výpočtů.

Hydrogeologický přítok

V rámci kalibrace modelů pro každou lokalitu bylo provedeno porovnání simulovaného přítoku do lomu s hodnotami ročního čerpání vod z lomu, zpravidla za období posledních 10 let. Rozdíl mezi celkovým simulovaným přítokem a hodnotou čerpání byl zprůměrován a označen jako hydrogeologický přítok. Jedná se totiž o přítok vody nad rámec běžných přítoků majících původ ve srážkových vodách spadlých na plochu povodí. Jeho zdrojem mohou být obnažené hydrogeologické kolektory, ze kterých je podzemní voda drénována do lomu.

Přepokládaná existence hydrogeologického přítoku vyplynula již z provedené rešerše hydrogeologických podkladů u každé lokality. Smyslem výše popsaného ověření bylo tyto předpoklady ověřit a kvantifikovat. Vypočtené výše hydrogeologického přítoku většinou poměrně dobře korespondovaly s odbornými odhady vodohospodářů. Pouze na dvou lomech, ČSA a Bílina, byl však předpoklad zachování hydrogeologického přítoku i po ukončení těžby.

Zatímco na lomu ČSA tyto prognózy vyplývají z aktuálních hydrogeologických studií, na lomu Bílina se jedná o starší studii. V obou případech je žádoucí i nadále se hydrogeologickou situací zabývat, aby bylo možné případná nová zjištění zapracovávat do hydrologických modelů.

Disponibilní průtoky vodních toků

Disponibilní průtok byl pro předem stanovená odběrná místa na vodních tocích stanoven jako rozdíl mezi neovlivněným průměrným dlouhodobým průtokem Q_a a minimálním zůstatkovým průtokem. Za minimální zůstatkový průtok byl brán Q_{330}.

Minimální zůstatkový průtok (MZP) se v současnosti stanovuje podle metodického pokynu MŽP z roku 1998, a to následujícím způsobem:

průtok Q_{355d}	*minimální zůstatkový průtok*
< 0,05 $m^3.s^{-1}$	Q_{330d}
0,05 - 0,5 $m^3.s^{-1}$	$(Q_{330d} + Q_{355d}) . 0,5$
0,51 - 5,0 $m^3.s^{-1}$	Q_{355d}
> 5,0 $m^3.s^{-1}$	$(Q_{355d} + Q_{364d}) . 0,5$

Průtok na úrovni Q_{330} je podle této metodiky tím nevyšším minimálním zůstatkovým průtokem, který může být stanoven. Měl by být využit u vodních toků s nízkou vodností, jejichž Q_{355} je nižší než 50 l/s. Tomuto kritériu odpovídají krušnohorské potoky, ale řeka Bílina spadá do druhé kategorie ($0,05<Q_{355}<0,5$ m^3/s). Vypočtený MZP je pak o něco nižší než hodnota Q_{330} (viz dále).

Z pohledu metodického pokynu jsou tedy disponibilní průtoky u krušnohorských potoků stanoveny správně, disponibilní průtoky na řece Bílina jsou mírně podhodnoceny, neboť pro jejich výpočet byl použit vyšší MZP, než uvádí metodika.

Před několika lety připravilo MŽP nařízení vlády o způsobu a kritériích stanovení minimálního zůstatkového průtoku, které na začátku roku 2018 prošlo meziresortním připomínkovým řízením[4]. Podle nařízení vlády stanoví hodnoty MZP vodoprávní úřad v povolení k nakládání s povrchovými vodami. Místo odběru se nejprve zatřídí do jedné ze čtyř oblastí podle přílohy č. 1 nařízení (odběrná místa na řece Bílině se nachází

[4] https://apps.odok.cz/veklep-detail?

v oblasti 4) a následně se stanoví dvě hodnoty MZP podle vzorců uvedených v příloze č. 2 nařízení. Jednu hodnotu pro hlavní sezónu (květen až leden) a druhou hodnotu pro vedlejší sezónu (únor až duben). Vzorce pro výpočet jsou následující:

Oblast	*Hlavní sezóna*		*Koeficient K*	*Jarní sezóna*	
1	květen–leden	$(1-Q_{355d}/Q_a)xQ_{330d}x\ K$	1,2	únor–duben	Q_{330d}
2	květen–leden	$(1-Q_{355d}/Q_a)xQ_{330d}x\ K$	1,1	únor–duben	Q_{330d}
3	květen–leden	$(1-Q_{355d}/Q_a)xQ_{330d}x\ K$	1,05	únor–duben	Q_{330d}
4	květen–leden	$(1-Q_{355d}/Q_a)xQ_{330d}x\ K$	1,07	únor–duben	Q_{330d}

V případě, že hodnota MZP pro hlavní sezónu stanovená podle vzorců uvedených v příloze č. 2 nařízení je nižší než Q_{355}, stanoví vodoprávní úřad příslušnou hodnotu minimálního zůstatkového průtoku na úrovni Q_{355}. A v případě, že hodnota MZP pro jarní sezónu, stanovená podle vzorců uvedených v příloze č. 2 nařízení, je nižší než hodnota MZP pro hlavní sezónu, stanoví vodoprávní úřad hodnotu MZP na úrovni hlavní sezóny.

Dopady nového nařízení vlády na disponibilní průtoky, resp. výši MZP, lze ilustrovat na příkladu odběrného profilu na řece Bílině pod Ervěnickým koridorem (hlavní profil pro zatápění jezera ČSA). Hodnoty Q_a, Q_{355d} a Q_{330d} pro neovlivněné průtoky činí 0,832; 0,097 a 0,130 m^3/s.

Podle metodického pokynu z roku 1998 by byl výpočet MZP následující:

$MZP = (Q_{330d} + Q_{355d}) \cdot 0,5 = (0,130 + 0,097) \cdot 0,5 = 0,114\ m^3/s$

Podle nařízení vlády by byl výpočet pro hlavní sezónu následující:

$MZP = (1 - \frac{Q355d}{Qa}) \cdot Q_{330d} \cdot K = (1 - \frac{0,097}{0,832}) \cdot 0,130 \cdot 1,07 = 0,883 \cdot 0,130 \cdot 1,07 = 0,123\ m^3/s$

MZP pro vedlejší sezónu je roven Q_{330d}, tj. 0,130 m^3/s.

Pokud by navrhované nařízení vlády v předloženém znění vstoupilo v platnost, výpočet disponibilních průtoků by to žádným způsobem neovlivnilo, neboť vypočtené hodnoty MZP jsou minimálně rovny hodnotě Q_{330}, která byla použita ve studii, nebo jsou dokonce nižší.

15. REFERENCE

Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D., Smith, M. (1998) Crop evapotranspiration – Guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and drainage paper 56. *Rome: FAO – Food; Agriculture Organization of the United Nations*.

Beran, A., Vizina, A. (2013) Odvození regresních vztahů pro výpočet výparu z volné hladiny a identifikace trendů ve vývoji měřených veličin ve výparoměrné stanici Hlasivo. *Vodohospodářské technicko-ekonomické informace*, 55(4), 4–8.

Bergström, J. (1992) The HBV model – its structure and applications. *Report No. 4, Swedish Meteorological and Hydrological Institute*, 21, 435–446.

Blaney, H. F., Criddle, W. D. (1950) Determining Water Requirements in Irrigated Areas from Climatological Irrigation Data. *Technical Paper No. 96, US Department of Agriculture, Soil Conservation Service, Washington, D.C.*

Everitt, B. S., Landau, S., Leese, M. (2009) *Cluster Analysis*. Wiley Publishing, 4th edition, ISBN 0340761199, 9780340761199.

Hammon, W. R. (1961) Estimating potential evapotranspiration. *Journal of Hydraulics Division, Proceedings of the American Society of Civil Engineers*, 871, 107–120.

Hanel, M., Mrkvičková, M., Máca, P., Vizina, A., Pech, P. (2013) Evaluation of Simple Statistical Downscaling Methods for Monthly Regional Climate Model Simulations with Respect to the Estimated Changes in Runoff in the Czech Republic. *Water Resources Management*, 27(15), 5261–5279.

Jacob, D., Petersen, J., Eggert, B., et al. (2014) EURO-CORDEX: new high-resolution climate change projections for European impact research. *Regional Environmental Change*, 14(2), 563–578.

Jensen, M. E., Haise, H. R. (1963) Estimating evapotranspiration from solar radiation. *Journal of Irrigation and Drainage Division*, ASCE 89 (LR4), 15–41.

Kašpárek, L., Hanel, M., Horáček, S., Máca, P., Vizina, A. (2016) *bilan: Bilan water balance model*. VÚV T.G.M. v.v.i., R balík verze 2016-10-20.

McGuinness, J. L., Bordne, E. F. (1972) A comparison of lysimeter-derived potential evapotranspiration with computed values. *Technical Bulletin 1452, Agricultural Research Service, US Department of Agriculture, Washington, DC.*

Meinshausen, M., Smith, S. J., Calvin, K., et al. (2011) The RCP greenhouse gas concentrations and their extensions from 1765 to 2300. *Climatic Change*, 109 (1-2), 213–241.

Moss, R., Babiker, M., Brinkman, S., et al. (2008) *Towards New Scenarios for Analysis of Emissions, Climate Change, Impacts, and Response Strategies*. Intergovernmental Panel on Climate Change, Geneva, technical summary.

Oudin, L., Hervieu, F., Michel, C., et al. (2005) Which potential evapotranspiration input for a lumped rainfall–runoff model? Part 2 – Towards a simple and efficient potential evapotranspiration model for rainfall–runoff modelling. *Journal of Hydrology*, 303, 290–306.

Parajka, J., Merz, R., Blöschl, G. (2007) Uncertainty and multiple objective calibration in regional water balance modelling: case study in 320 Austrian catchments. *Hydrological processes*, 21, 435–446.

Perrin, C., Michel, C., Andréassian, V. (2003) Improvement of a parsimonious model for streamflow simulation. *Journal of hydrology*, 279, 275–289.

Quitt, E. (1971) Klimatické oblasti Československa. *GÚ ČSAV Brno*, 73 pp.

R Core Team (2018) *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.

Romesburg, C. (2004) *Cluster Analysis for Researchers*. Lulu.com, ISBN 9781411606173.

Stocker, T., Qin, D., Plattner, G., et al. (2013) *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge Univ. Press, Cambridge, UK, and New York.

Taylor, K. E., Stouffer, R. J., Meehl, G. A. (2012) An overview of CMIP5 and the experiment design. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 93(4), 485–498.

Thornthwaite, C. W. (1948) An approach towards a rational classification of climate. *Geographical Review*, 38, 55–94.

Valéry, A., Andréassian, V., Perrin, C. (2010) Regionalization of precipitation and air temperature over high-altitude catchments – learning from outliers. *Hydrological Sciences Journal – Journal des Sciences Hydrologiques*, 55, 928–940.

Valéry, A., Andréassian, V., Perrin, C. (2014) As simple as possible but not simpler': What is useful in a temperature-based snow-accounting routine? Part 2 – Sensitivity analysis of the Cemaneige snow accounting routine on 380 catchments. *Journal of hydrology*, 517, 1176–1187.

van Pelt, S. J., Beersma, J., Buishand, T. A. (2012) Future changes in extreme precipitation in the Rhine basin based on global and regional climate model simulations. *Hydrology and Earth System Sciences*, 16, 4517–4530.

Van Vuuren, D. P., Edmonds, J., Kainuma, M., et al. (2011) The representative concentration pathways: an overview. *Climatic change*, 109(1-2), 5.

Vizina, A., Hanel, M., Trnka, M., et al. (2018) HAMR: online systém pro zvládání sucha – operativní řízení během suché epizody. *Vodohospodářské technicko-ekonomické informace*, 60(5), 22–28.

Westerberg, I. K., Guerrero, J. L., Younger, P. M., et al. (2011) Calibration of hydrological models using flow-duration curves. *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 15, 2205–2227.

Yu, P. S., Yang, T. C. (2000) Using synthetic flow duration curves for rainfall-runoff model calibration at ungauged sites. *Hydrological processes*, 14, 117–133.

Šermer, A. (1961) Experimentálne vzorce pre stanovenie strát vody výparom z vodných nádrží. *Vodní hospodářství*, 12.

16. SHRNUTÍ V NĚMECKÉM JAZYCE

Der Hauptzweck der Erarbeitung der nachstehenden Studie mit dem Titel „Beurteilung der bestehenden Konzepte bezüglich der hydrischen Rekultivierung“ ist die Auswertung der Auswirkungen aktualisierter hydrologischer und hydrochemischer Bedingungen auf die bestehenden Konzepte der künftigen hydrischen Rekultivierungen der Restgruben ČSA, Vršany, Libouš und Bílina. Zuerst mit der Beendigung der Flutungsarbeiten des Sees Most im Jahr 2014 wurden wichtige praktische Erkenntnisse bezüglich der Entwicklung der Seewasseroberfläche eines solchen Wasserkörpers, das über keinen externen dauerhaften Zufluss verfügt und das gänzlich von der Bilanzeinpendelung zwischen der Wasserdotation aus dem eigenen Gewässer und dem Wasserverlust durch die Verdunstung aus der freien Wasserfläche abhängig ist, gewonnen. Es gibt ebenfalls Befürchtungen infolge des prognostizierten Klimawandels, der die jetzigen hydrologischen Bedingungen beträchtlich verändern könnte, vor allem im Zuge des fortschreitenden Temperaturanstieges. Gewisse Änderungen bei den Temperaturen und der Niederschläge und deren Einflüsse auf die Entwicklung der Wasserfläche des in 2014 angelegten Sees Most konnte man bereits in den vergangenen 5 Jahren beobachten. Es ist sehr wahrscheinlich, dass gerade diese Einflüsse für den Wasserverlust bei dem See Most nach dessen Flutung mitverantwortlich sind. In den Jahren nach der Flutung des Sees weist dieser einen dauerhaften Wasserverlust auf.

Die hydrologischen und hydrochemischen Bedingungen jeder Lokalität wurden ausführlich im Rahmen der vorherigen Studien im Zuge des Projektes VITA-MIN analysiert. In dieser Studie wurden die Bedingungen um die Änderungen der Abflussverhältnisse der betroffenen Gebiete und deren hydrogeologischen Aspekte ausgeweitet. Vorrangig kam es dabei zur Beurteilung der Konzepte der hydrischen Rekultivierungen unter Heranziehung der mathematischen Modelle für die hydrologische Bilanz. Hierbei angewendet wurden die vollständigen konzeptuellen Modelle GR4J und TUW. Weiterhin wurde die Methode für die potenzielle Verdunstung basierend auf den ermittelten Erkenntnissen von dem See Most festgelegt. Für die Verdunstung von der Wasserfläche wurde als die geeigneteste die Methode nach VÚV1 gewählt. Für die Verdunstung von dem gesamten Gewässer wurde dann das Verfahren nach Oudin gewählt. Diese beiden Modelle der hydrologischen Bilanz wurden bereits während der Flutung des Sees Most getestet und kalibriert. Dabei wurde ein Wasserverlust, der nicht infolge der Verdunstung geschah, im durchschnittlichen Tageswert von 0,3 mm in die Studie eingearbeitet. Bei der Anwendung für die künftigen Restlochseen wurden die Modelle an die jeweils hydrologischen Werte dieser Seen angepasst und einkalibriert. Bei den Berechnungen wurden die batymethrischen Werte der Restlöcher herangezogen, die von den Modellen des Endterrains nach der Beendigung der Abbautätigkeit hierorts abgeleitet wurden.

Durch die mathematische Modellierung wurde die Höhenlinie der Wasseroberfläche simuliert, auf der sich die Wasseroberfläche nur durch den Zufluss des Niederschlagswassers von dem Seeeinzugsgebiet einpendeln würde. Für die Simulierung der Restlochflutung wurden die innerhalb der letzten 30 Jahre gemessenen klimatischen Werte von der Messstation Kopisty (für die Seen Most, Bílina, Vršany und ČSA) und von der Messstation Tušimice (für den See Libouš) herangezogen. Zum Zweck der Bewertung der möglichen Unsicherheiten wurden die Simulierungen auch für die resamplingierten Zeitreihen in der Länge von 300 Jahren durchgeführt. Als Variante wurden auch Simulierungen für die transformierten Daten durchgeführt, die den Änderungen entsprechen, die von den Simulierungen der globalen und regionalen klimatischen Modelle abgeleitet wurden. Genutzt wurden hierfür die Verfahren RCP 2.6, RCP 4.5 und

RCP 8.5. Außer der Festlegung des beständigen Wasserpegels der betroffenen Seen dienten die Simulierungen auch zu der Festlegung des Wassebedarfes der externen Dotierung des Sees für den Fall, dass der Betriebswasserpegel sich wie gefordert über dem Niveau des beständigen Wasserpegels befände.

Die ermittelten Ergebnisse wurden folglich bei jeder der betroffenen Lokalitäten mit dem Konzept der hierorts vorgesehenen hydrischen Rekultivierung verglichen, wie sie in dem aktuell gültigen Sanierungsplan vorgesehen ist. Bei allen Fällen handelt es sich um künftige Restlöcher, die nach dem Kohleabbau zurückbleiben, bis die durch die Regierung festgelegten Abbaumengen der vorhandenen Kohlen abgebaut werden. Das heißt allerdings nicht, dass das Anlegen der künftigen Seen hierorts keine notwendigen Genehmigungen mehr erfordert. Beim Vergleich der ermittelten Ergebnisse mit der Ausgansvariante wurden alle Aspekte der technischen Durchfürbarkeit sowie ihrer Wirtschaftlichkeit überprüft.

Hinsichtlich der Festlegung der beständigen Wasserpegel bei den jeweils anzulegenden Seen ist festzuhalten, dass diese bei allen Lokalitäten durchweg auf deren niedriges Niveau errechnet wurden, als sie in den ursprünglichen Projekten vorgesehen sind. Dennoch ist hier zu bemerken, dass nur bei dem bereits errichteten See Most und den künftig zu errichtenden Seen Vršany und ČSA mit einem beständigen Wasserpegel gerechnet wird. Bei den anderen künftig anzulegenden Seen Libouš und Bílina wird die Eventualität der Schaffung von Durchflussseen mit dem Gravitationzufluss sowie -abfluss erwogen, also Seen ohne einen beständigen Wasserpegel. Die Ursache für die Einpendelung des Nieveaus auf dessen niegdrigerem Stand ist wahrscheinlich bei der zunehmenden Verdunstung von der freien Wasserfläche zu suchen, die die Bilanzverluste aller Seen derzeit vertieft. Durch den Klimawandel nimmt diese allerdings weiterhin zu, vor Allem dann in den Wintermonaten, in denen die Temperatur sehr oft über dem Gefrierpunkt liegt. Dies hat mitunter zur Folge, dass der Wasserpegel der Seen sich auf ein noch niedrigeres Niveau als bei den derzeitigen Klimabedingungen einpendelt. Die niedrigst eingependelten Wasserpegel wurden gewöhnlich für die weitere Zukunft für das globale Klimamodell CMIP5 und das Verfahren RCP8 berechnet. Der Vergleich der berechneten Wasserpegel mit den in den Projekten vorgesehenen Wasserpegeln brachten die in der nachstehenden Tabelle aufgeführten Werte zum Ergebnis. Zur Info wurde hierbei auch die Angabe über die minimale Höhenlinie hinzugefügt, die einen Gravitationsabfluss aus dem Retsloch ermöglicht, auch wenn sie die Rekultivierungsprojekte nicht vorsehen.

	Höhenlinie [m.ü. m.]				
	Angedacht in der Ursprungsvariante	*Mindesthöhe für den Gravitationsabfluss*	*Errechnet aus dem gegenwärtigen Klima*	*Errechnet für die nahe Zukunft*	*Errechnet für die weite Zukunft*
See Most	199,0	230,0	172,0–173,7	167,2–173,1	159,8–170,9
See ČSA	180,0	230,0	149,2–152,3	142,6–147,5	126,5–146,2
See Vršany	205,0	235,0	188,2–190,5	184,8–189,0	181,7–188,1
See Libouš	275,2	275,2	236,2–236,4	231,7–235,5	225,8–232,7
See Bílina	200,0	200,0	129,9– 131,6	122,5–126,8	105,5–124,8

Sollten die geplanten Seen doch auf die geplanten Höhenlinien der Seen mit Wasser gespeist werden, dann nur unter der Voraussetzung, dass diese dauerhaft aus einer externen Wasserquelle dotiert werden. Die gewünschten Bedarfe der oben angesprochenen externen Dotierung für die unterschiedlichen Varianten der

Klimabedingungen sind in der nachstehenden Tabelle aufgeführt. Darüber hinaus sind in dieser ebenfalls die Werte der infragekommenden hydrogeologischen Dotierung aufgeführt, sofern sie aus den hydrogeologischen Studien hervorgehen.

	Bedarf der externen Dotierung [l/s]			*Option der hydrogeologischen Dotierung*
	Errechnet aus dem gegenwärtigen Klima	*Errechnet für die nahe Zukunft*	*Errechnet für die weite Zukunft*	
See Most	30,1–31,3	38,2–39,9	45,1 –46,9	unbekannt
See ČSA	46,9–51,5	67,1–70,6	82,2–85,6	bis 42
See Vršany	12,2–14,2	17,9–21,4	24,9–27,8	minimal
See Libouš	138,9	171,3	199,1	minimal
See Bílina	91,4–93,8	151,4–153,7	175,7–179,1	bis 100

Aus der tabellarischen Übersicht geht offensichtlich hervor, dass lediglich bei zwei Lokalitäten mit der hydrogeologischen Dotierung gerechnet wird und zwar in der Höhe, die den beständigen Zielwasserpegel näher zu dem vorgesehenen Wasserpegel verschieben könnte. Es ist jedoch auch ersichtlich, dass nicht einmal die höchst mögliche Dotierung aus der hydrogeologischen Wasserquelle bei diesen zwei Lokalitäten den Seewasserpegel auf der beabsichtigten Höhenlinie halten könnte, wenn es zu starken Änderungen infolge des Klimawechsels käme. Als die einzige Lösung hierfalls erscheint dann die notwendige Wasserdotierung durch die Abnahme aus den Wasseroberflächen der Gewässer abzudecken, die für die Flutung benutzt wurden. Wenn es jedoch diese Möglichkeit nicht gibt, bleibt es dann übrig, den Wert des beabsichtigten Wasserpegels auf den Wert des aktuell beständigen Wasserpegels zu korrigieren. Diese Korrektur bezüglich der Wasserpegel der anzulegenden Seen ist jedoch auch nicht so einfach durchführbar. Der Grund dafür ist die weite Bandbreite der beständigen Wasserpegel, die für alle möglichen Szenarien des Verlaufs der Klimabedingungen berechnet wurden. Der Entwurf des Betriebswasserpegels des Sees wird in einer ziemlich engen Spanne der zulässigen Amplitude des Wasserpegels durchgeführt werden, an die alle notwendigen Rekultivierungs-, Sanierungs- und wasserwirtschaftlichen Gewerke in der betroffenen Restgrube angepasst werden müssen. Wenn gerade das Szenario des jeweiligen Klimawechsels ausgewählt wird, das später nicht eintrifft, wird es weitere Mehrkosten mit der notwendigen Anpassung im Sinne der Verfestigung der Uferlinie mit sich bringen. Vor diesem Hintergrund erscheint es am sinnvollsten einen solchen Stand des Wasserpegels auszuwählen, den man künftighin durch einen kleineren externen Zufluss aus den Oberflächenwässern wird regulieren können. Die Sicherstellung eines solchen dauerhaften und kapazitätsausreichenden Zuflusses aus den umliegenden Gewässern wird ein großer Vorteil auch für die Seen ohne den Gravitationsabfluss. Auch bei einer richtigen Wahl des beständigen Wasserpegels wird es hierfalls zu größeren Schwankungen dessen Standes kommen, der sich schließlich auf sein ursprüngliches Niveau einpendelt, was allerdings auch mehrere Jahre dauern könnte. Den Anstieg des Wasserpegels kann man derzeit durch das komplette Einstellen der Wasserabnahme oder das Abpumpen der überbilanzierten Wässer regulieren. Die Sinkung des Wasserpegels kann man jedoch nur über eine externe Wasserquelle steuern.

Aufgrund der Auswertung aller erlangten Ergebnisse und Erkenntnisse wurde folglich für jeden zukünftigen Restlochsee die optimale Höhelinie des Wasserpegels bestimmt. Weiterhin wurde auch die Weise der Wasserabnahme zwecks der anstehenden Flutungsarbeiten für jeden See einzeln bestimmt. Es wird eine Schaffung solcher Restlochseen angestrebt, deren Betrieb langfristig nachhaltig wird. Die Bestrebungen

gingen in die Richtung, jedes Mal die beste und möglichst durchführbare Lösung zu finden, die mit der kompletten Landschaftsrekultivierung einhergehen.

Bei der Lokalität des Restloches ČSA wird die Ausgangsvariante der Entstehung eines unpassierbaren Sees mit der Wasserflächenhöhe von 180 Metern über dem Meer empfohlen. Der See mit der oben genannten Wasserflächenhöhe ist über den prognostozierten hydrogeologischen Zufluss, der durch den Zufluss aus den Oberflächengewässern des Flusses Bílina ergänzt würde, dauerhaft nachhaltig zu steuern. Für die Zukunft wird für einen möglichen Zufluss auch der See Loupnice angedacht. Der See würde so durch die Wasserabnahme aus dem Fluss Bílina in der Höhe des disponierten Durchflusses (332 l/s) gespeist, die zusätzlich durch die Speisung aus der industriellen Wasserleitung Nechranice auf das vollständige Volumen von 500 l/s aufgebessert würde. Die Flutungsdauer würde dann schätzungsweise 16 Jahre betragen. Im Falle der zweiten angedachten Variante der Errichtung eines Durchflusssees mit einem Gravitationsabfluss mit der Wasserflächenhöhe von 230 Metern über dem Meer benötigte dann eine sehr voluminöse externe Dotierung über 250 l/s und somit nicht sicher ist, ob man solch eine hohe Dotierung nur durch die Abnahme der Gravitationsoberflächenwässer gewährleisten kann. Auch die Flutungsdauer sowie die damit einhergehenden Mehrkosten würden ein großes Problem darstellen.

Bei der Lokalität des Restloches Vršany wurde die ursprüngliche Variante bestätigt. Es empfiehlt sich dennoch zusätzlich zu überprüfen, ob mit der Beendigung des Kohleabbaus hierorts auch der Zufluss in das Restloch aus dem hydrogeologischen Zufluss komplett eingestellt wird. Wenn es dem so wird, wäre dann empfehlenswerter den angezielten Wasserpegel von den ursprünglichen 206 Metern über dem Meer auf die 189 Meter über dem Meer herabzusetzen, der dem aktuellen Stand der Klimabedingungen und ebenfalls dem Nichtvorhandensein des hydrogeologischen Zuflusses entspricht. Die Flutungsdauer mittels der Wasserabnahme aus der industriellen Wasserleitung Nechranice in der Höhe von 350 l/s würde maximal 3 bis 5 Jahre betragen. Da es hier keine Option der dauerhaften Zuführung der Oberflächenwässer aus den umliegenden Wasserkörpern gibt, wird der See auf den Zufluss aus dem eigenen Entwässerungsgebiet angewiesen sein. Mit Rücksicht auf die noch etwas länger dauernden Abbautätigkeit hierorts wird es noch genügend Zeit geben, den Zielwasserpegel im Laufe der Zeit unter Rücksichtnahme der aktuell herrschenden Klimabedingungen anzupassen.

Bei der Lokalität des Restloches Libouš wurden insgesamt zwei Varianten in Erwägung gezogen und zwar die Schaffung eines Durchflusssees oder eines unpassierbaren Sees. Empfohlen wurde die Variante mit der Wasserflächenhöhe von 272,5 Metern über dem Meer, die einen dauerhaften Abfluss in den Bach Hutná II. garantiert. Dieser ist vor Allem für die Verdünnung der geklärten Komunalabwässern erforderlich, die in den Bach an seinem unteren Lauf geleitet werden. Außerdem wäre der dauerhaft wasserzuführende Zufluss in das Restloch über den inneren Abraumhalden einen wichtigen Revitalisierungsbeitrag für das ganze Abraumhaldengebiet leisten. Der See würde dann durch die Wasserabnahme aus der industriellen Wasserleitung PPV (Bílina und Eger) in der Höhe von $1 m^3/s$ und in der angenommenen Flutungsdauer von etwa 11 Jahren gespeist. Die Wasserabnahme aus der vorstehend genannten industriellen Wasserleitung PPV würde zum größten Teil aus dem Fluss Eger im Volumen von 0,720 m^3/s und zu etwas kleinerem Teil aus dem Prunéřov Bach dotiert. Nach der Flutungsbeendigung würde die Wasserzuführung aus dem Fluss Eger erstmal eingestellt, die Wasserzuführung aus dem Prunéřover Bach dennoch dauerhaft beibehalten. Dank dieser Maßnahmen würde der See auch künftighin dessen gewünschte

Durchflusshöhenlinie halten. Im Sinne einer Verstärkung der Zuflussquellen in diesen See wird die Option einer möglichen Einmündung aus anderen Erzgebirgsbächern zusätzlich erwogen. Die ursprünglich angedachte Möglichkeit, das Wasser hierher auch aus dem Bach Hačka zuzuführen wird aus den Gründen der nur bedingten technischen Durchführbarkeit nicht empfohlen.

Bei der Lokalität des Restloches Bílina wird vorerst die ursprüngliche Variante der Schaffung eines Durchflussees mit der Höhenlinie dessen Wasseroberfläche in der Höhe von 200 Metern über dem Meer bevorzugt. Diese Variante ist zwar durch die Wasserzuführung im Volumen anfangs von etwa 90 l/s, später jedoch von 180 l/s bedingt. Hierbei wird dennoch mit dem hydrogeologischen Zufluss in Form der Zuführung des hier vorhandenen Altgrubenwassers im Volumen von bis zu 100 l/s gerechnet. In der Kombination der beiden Zuflussoptionen, also aus den Oberflächenwässern des Flußes Bílina und den Erzgebirgsbächern (Radčický,Lomský, Loučenský), sollte der ursprünglich angedachte Wasserpegel auf diesem See problemlos zu halten sein. Dessen Flutung sollte aus den verfügbaren Zuflüssen des Flusses Bílina in der Höhe von etwa 1 m^3/s, die zum Teil durch die Zuspeisung des Wassers aus der industriellen Wasserleitung Nechranice aufgebessert sein sollte, und weiterhin aus dem Überleiter des Radčický Baches in der Höhe von 0,1 m^3/s erfolgen. Die Flutungszeit sollte etwa 20 Jahre betragen. Die einstweilige Bevorzugung der Ausgangsvariante, also der hydrischen Rekultivierung, ist zweckmäßig auch in Bezug auf den neu enstandenen See Most. Durch die anhaltende Abbautätigkeit in der Grube Bílina in der Richtung des Moster Sees bietet sich die Möglichkeit an, beide Seen in der Zukunft zu verbinden, was der wasserwirtschaftlichen Stabilisierung des Wasserregimes beider Seen auch mit der Einbeziehung des Flusses Bílina nutzen würde. Bis zu dieser erwogenen Verbindung wäre es wünschenswert, die hydrogeologischen Bedingungen der Kommunikation zwischen der Restgrube und den Altgrubenwassersystemen eingehend zu erforschen und die Höhe des infragekommenden hydrogeologischen Zuflusses zu verifizieren.

Unter der Voraussetzung der Gültigkeit der avisierten Termine der geplanten Beendigung der Kohleabbautätigkeit in den jeweiligen Tagebauen sollte die Flutung deren Restgruben zunächst einmal mit dem See ČSA (2026-2042) beginnen, gefolgt von dem See Libouš (2041-2052), und weiter dann von den beiden Seen Vršany (2058-206/62) und Bílina (2058-2077). Die Disponibilität der angedachten Wasserquellen für die Flutungsarbeiten ist ausreichend, jedoch wird sich nach der Beendigung der Flutung der einzelnen Seen die Disponibilität dieser Quellen gewißermaßen verringern.

17. SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1. Řešená povodí **12**
Obrázek 2. Digitální model terénu **13**
Obrázek 3. Roční srážkové úhrny, stanice Kopisty **16**
Obrázek 4. Roční průměry teplot, stanice Kopisty **16**
Obrázek 5. Roční srážkové úhrny, stanice Tušimice **17**
Obrázek 6. Roční průměry teplot, stanice Tušimice **17**
Obrázek 7. Povodí jezera Most **19**
Obrázek 8. Povodí současné jámy lomu ČSA **20**
Obrázek 9. Povodí současné jámy lomu Vršany **21**
Obrázek 10. Povodí současné jámy lomu Libouš **22**
Obrázek 11. Povodí současné jámy lomu Bílina **23**
Obrázek 12. Struktura modelu GR4J **30**
Obrázek 13. Struktura modelu TUW ve variantě celistvého modelu **32**
Obrázek 14. Struktura modelu Bilan **33**
Obrázek 15. Batygrafické křivky jezera Most **42**
Obrázek 16. Porovnání hodnot PET jednotlivých metod s řadou od ČHMÚ **44**
Obrázek 17. Porovnání hodnot PET jednotlivých metod s řadou měření z výparoměru **45**
Obrázek 18. Stromový graf shlukové analýzy metod PET **46**
Obrázek 19. Porovnání vzdáleností řad hodnot PET stanovených jednotlivými metodami s řadou od ČHMÚ **47**
Obrázek 20. Porovnání pozorované bilance (ΔV_{obs}) a bilance založené na simulaci modelem GR4J (ΔV_{sim}) pro jezero Most v období 2010 až 2018. Kalibrace na pozorovaných datech. **52**
Obrázek 21. Porovnání pozorované bilance (ΔV_{obs}) a bilance založené na simulaci modelem TUW (ΔV_{sim}) pro jezero Most v období 2010 až 2018. Kalibrace na pozorovaných datech. **52**
Obrázek 22. Porovnání pozorované bilance (ΔV_{obs}) a bilance založené na simulaci modelem GR4J (ΔV_{sim}) pro jezero Most v období 2010 až 2018. Kalibrace na charakteristikách odtoku. Šedá oblast značí simulace ze všech kombinací PET pro povodí a výpar z hladiny jezera. **54**
Obrázek 23. Porovnání pozorované bilance (ΔV_{obs}) a bilance založené na simulaci modelem TUW (ΔV_{sim}) pro jezero Most v období 2010 až 2018. Kalibrace na charakteristikách odtoku. Šedá oblast značí simulace ze všech kombinací PET pro povodí a výpar z hladiny jezera. **54**
Obrázek 24. Simulace plnění jezera Most se vstupy v podobě 30leté řady měřených dat **57**
Obrázek 25. Simulace plnění jezera Most se vstupy v podobě 50 x 300 let resamplovaných dat **58**
Obrázek 26. Vývoj hladiny jezera Most se vstupy v podobě 30leté řady měřených dat **59**
Obrázek 27. Vývoj hladiny jezera Most se vstupy v podobě 50 x 300 let resamplovaných dat **59**
Obrázek 28. Simulace vývoje hladiny jezera Most (30letý úsek) od počáteční kóty 199,0 m n. m. s externím napouštěním 30,1 l/s pro GR4J 31,3 l/s pro TUW **61**
Obrázek 29. Simulace vývoje hladiny jezera Most (100letý úsek z 300leté řady) od počáteční kóty 199,0 m n. m. s externím napouštěním 30,1 l/s pro GR4J 31,3 l/s pro TUW **61**

Obrázek 30. Změna teploty pro období 2020–2050 (nahoře) a 2070–2100 (dole) pro povodí jezera Most **64**
Obrázek 31. Změna srážek pro období 2020–2050 (nahoře) a 2070–2100 (dole) pro povodí jezera Most **65**
Obrázek 32. Změna potenciální evapotranspirace (dle Oudina) pro období 2020–2050 (nahoře) a 2070–2100 (dole) pro povodí jezera Most **66**
Obrázek 33. Změna potenciální evapotranspirace (VÚV1) pro období 2020–2050 (nahoře) a 2070–2100 (dole) pro povodí jezera Most **67**
Obrázek 34. Vývoj hladiny v jezeře Most pro S20-50100l (nahoře) a S70-100100l (dole). **70**
Obrázek 35. Vývoj hladiny v jezeře Most pro S20-50100l s externí dotací 38,2 l/s – model GR4J, resp. 39,9 l/s – model TUW (nahoře) a pro S70-100100l s externí dotací 45,1 l/s – model GR4J a 46,9 l/s – model TUW (dole). Referenční simulace jsou přerušovanou čárou. **71**
Obrázek 36. Situace bývalé těžby a stařinových zvodní, zpracováno dle [7] **78**
Obrázek 37. Hydrogeologická rozvodnice a směry proudění v kvartérních sedimentech [9] **80**
Obrázek 38. Zájmové území lomu ČSA v období kolem roku 1850 ..... **82**
Obrázek 39. Zájmové území lomu ČSA v období kolem roku 1954 ..... **83**
Obrázek 40. Zájmové území lomu ČSA v období kolem roku 1975 ..... **84**
Obrázek 41. Zájmové území lomu ČSA v období kolem roku 1989 ..... **86**
Obrázek 42. Situace čerpacích stanic lomu ČSA **88**
Obrázek 43. Vodohospodářské schéma povodí dolu ČSA [4] **89**
Obrázek 44. Odběrná místa vody pro zatápění dolu ČSA [5] **92**
Obrázek 45. Odběrná místa vody pro jezero ČSA v průtokovém schématu VS NOD dle [10] **95**
Obrázek 46. Batygrafické křivky budoucího jezera ve zbytkové jámě lomu ČSA **97**
Obrázek 47. Porovnání simulovaného přítoku a čerpaného množství pro lom ČSA **99**
Obrázek 48. Simulace plnění zbytkové jámy lomu ČSA **101**
Obrázek 49. Simulace plnění zbytkové jámy lomu ČSA s HG přítokem 21 l/s **102**
Obrázek 50. Simulace plnění zbytkové jámy lomu ČSA s HG přítokem 42 l/s **103**
Obrázek 51. Simulace plnění zbytkové jámy lomu ČSA (50letý úsek z 300leté řady) s dotacemi 332 l/s z řeky Bíliny **104**
Obrázek 52. Simulace plnění zbytkové jámy lomu ČSA (30letý úsek z 300leté řady) s dotacemi 500 l/s z řeky Bíliny a krušnohorských potoků **104**
Obrázek 53. Simulace plnění zbytkové jámy lomu ČSA (30letý úsek z 300leté řady) s dotacemi 1000 l/s z řeky Ohře **105**
Obrázek 54. Simulace plnění zbytkové jámy lomu ČSA (50letý úsek z 300leté řady) s HG přítokem 21 l/s a dotacemi 332 l/s z řeky Bíliny **106**
Obrázek 55. Simulace plnění zbytkové jámy lomu ČSA (50letý úsek z 300leté řady) s HG přítokem 42 l/s a dotacemi 332 l/s z řeky Bíliny **106**
Obrázek 56. Simulace plnění zbytkové jámy lomu ČSA (30letý úsek z 300leté řady) s HG přítokem 21 l/s a dotacemi 500 l/s z řeky Bíliny a krušnohorských potoků **107**

Obrázek 57. Simulace plnění zbytkové jámy lomu ČSA (30letý úsek z 300leté řady) s HG přítokem 42 l/s a dotacemi 500 l/s z řeky Bíliny a krušnohorských potoků **107**

Obrázek 58. Simulace plnění zbytkové jámy lomu ČSA (30letý úsek z 300leté řady) s HG přítokem 21 l/s a dotacemi 1 000 l/s z řeky Ohře **108**

Obrázek 59. Simulace plnění zbytkové jámy lomu ČSA (30letý úsek z 300leté řady) s HG přítokem 42 l/s a dotacemi 1 000 l/s z řeky Ohře **108**

Obrázek 60. Simulace vývoje hladiny ve zbytkové jámě lomu ČSA (100letý úsek z 300leté řady) od počáteční kóty 180,0 m n. m. s externím napouštěním 46,9 l/s (GR4J) a 51,5 l/s (TUW) **109**

Obrázek 61. Simulace vývoje hladiny ve zbytkové jámě lomu ČSA (100letý úsek z 300leté řady) od počáteční kóty 230,0 m n. m. s externím napouštěním 181,7 l/s (GR4J) a 184,0 l/s (TUW) **110**

Obrázek 62. Plnění zbytkové jámy lomu ČSA na základě S20-50300l (nahoře) a S70-100300l (dole), referenční simulace jsou přerušovanou čárou **112**

Obrázek 63. Plnění zbytkové jámy lomu ČSA na základě S20-50300l (nahoře) a S70-100300l (dole) s HG přítokem 21 l/s, referenční simulace jsou přerušovanou čárou **114**

Obrázek 64. Plnění zbytkové jámy lomu ČSA na základě S20-50300l (nahoře) a S70-100300l (dole) s HG přítokem 42 l/s, referenční simulace jsou přerušovanou čárou **115**

Obrázek 65. Plnění zbytkové jámy lomu ČSA na základě S20-5050l (nahoře) a S70-10050l (dole) s dotací 332 l/s z řeky Bíliny, referenční simulace jsou přerušovanou čárou **117**

Obrázek 66. Plnění zbytkové jámy lomu ČSA na základě S20-5030l (nahoře) a S70-10030l (dole) s dotacemi 500 l/s z řeky Bíliny a krušnohorských potoků, referenční simulace jsou přerušovanou čárou **118**

Obrázek 67. Plnění zbytkové jámy lomu ČSA na základě S20-5030l (nahoře) a S70-10030l (dole) s dotací 1000 l/s z řeky Ohře, referenční simulace jsou přerušovanou čárou **119**

Obrázek 68. Plnění zbytkové jámy lomu ČSA na základě S20-5050l (nahoře) a S70-10050l (dole) s HG přítokem (odhad 21 l/s) a s dotací 332 l/s z řeky Bíliny, referenční simulace jsou přerušovanou čárou **120**

Obrázek 69. Plnění zbytkové jámy lomu ČSA na základě S20-5050l (nahoře) a S70-10050l (dole) s HG přítokem (odhad 42 l/s) a s dotací 332 l/s z řeky Bíliny, referenční simulace jsou přerušovanou čárou **121**

Obrázek 70. Plnění zbytkové jámy lomu ČSA na základě S20-5030l (nahoře) a S70-10030l (dole) s HG přítokem (odhad 21 l/s) a s dotací 500 l/s z řeky Bíliny a krušnohorských potoků, referenční simulace jsou přerušovanou čárou **122**

Obrázek 71. Plnění zbytkové jámy lomu ČSA na základě S20-5030l (nahoře) a S70-10030l (dole) s HG přítokem (odhad 42 l/s) a s dotací 500 l/s z řeky Bíliny a krušnohorských potoků, referenční simulace jsou přerušovanou čárou **123**

Obrázek 72. Plnění zbytkové jámy lomu ČSA na základě S20-5030l (nahoře) a S70-10030l (dole) s HG přítokem (odhad 21 l/s) a s dotací 1 000 l/s z řeky Ohře, referenční simulace jsou přerušovanou čárou **124**

Obrázek 73. Plnění zbytkové jámy lomu ČSA na základě S20-5030l (nahoře) a S70-10030l (dole) s HG přítokem (odhad 42 l/s) a s dotací 1000 l/s z řeky Ohře, referenční simulace jsou přerušovanou čárou **125**
Obrázek 74. Vývoj hladiny ve zbytkové jámě lomu ČSA pro S20-50100l s externí dotací 67,1 l/s – GR4J a 70,6 l/s – TUW (nahoře) a pro S70-100100l s externí dotací 82,2 l/s – GR4J a 85,6 l/s – TUW (dole). **128**
Obrázek 75. Vývoj hladiny ve zbytkové jámě lomu ČSA pro S20-50100l s externí dotací 225,7 l/s – GR4J a TUW (nahoře) a pro S70-100100l s externí dotací 254,6 l/s – GR4J a TUW (dole). Výchozí a požadovaná hladina je 230 m n. m. Referenční simulace jsou přerušovanou čárou **129**
Obrázek 76. Možná trasa přivaděče z PVN do jezera ČSA **134**
Obrázek 77. Scénáře ustálené hladiny jezera ČSA ve srovnání s výchozí variantou **138**
Obrázek 78. Situace bývalé těžby a stařinových zvodní, zpracováno dle [7] **144**
Obrázek 79. Zájmové území lomu Vršany v období kolem roku 1954 ..... **148**
Obrázek 80. Zájmové území lomu Libouš v období kolem roku 1975 ..... **148**
Obrázek 81. Zájmové území lomu Libouš v období kolem roku 1989 ..... **149**
Obrázek 82. Zájmové území lomu Libouš v období kolem roku 2015 ..... **149**
Obrázek 83. Situace čerpacích stanic lomu Vršany **151**
Obrázek 84. Celková situace PVN [8] **152**
Obrázek 85. Jezero ve zbytkové jámě lomu Vršany [5] **153**
Obrázek 86. Batygrafické křivky budoucího jezera ve zbytkové jámě lomu Vršany **155**
Obrázek 87. Porovnání simulovaného přítoku a čerpaného množství pro lom Vršany **156**
Obrázek 88. Simulace plnění zbytkové jámy lomu Vršany **158**
Obrázek 89. Simulace plnění zbytkové jámy lomu Vršany s HG přítokem 12 l/s **159**
Obrázek 90. Simulace plnění zbytkové jámy lomu Vršany s HG přítokem 24 l/s **160**
Obrázek 91. Simulace plnění zbytkové jámy lomu Vršany (10letý úsek z 300leté řady) s dotací 350 l/s z řeky Ohře **161**
Obrázek 92. Simulace vývoje hladiny ve zbytkové jámě lomu Vršany (100letý úsek z 300leté řady) od počáteční kóty 205,0 m n. m. s externím napouštěním 12,2 l/s pro GR4J a 14,2 l/s pro TUW **162**
Obrázek 93. Plnění zbytkové jámy lomu Vršany na základě S20-50300l (nahoře) a S70-100300l (dole), referenční simulace jsou přerušovanou čárou **164**
Obrázek 94. Plnění zbytkové jámy lomu Vršany na základě S20-50300l (nahoře) a S70-100300l (dole) s HG přítokem 12 l/s, referenční simulace jsou přerušovanou čárou **167**
Obrázek 95. Plnění zbytkové jámy lomu Vršany na základě S20-50300l (nahoře) a S70-100300l (dole) s HG přítokem 24 l/s, referenční simulace jsou přerušovanou čárou **168**
Obrázek 96. Plnění zbytkové jámy lomu Vršany na základě S20-5010l (nahoře) a S70-10010l (dole) s dotacemi 350 l/s z řeky Ohře, referenční simulace jsou přerušovanou čárou **171**
Obrázek 97. Vývoj hladiny ve zbytkové jámě lomu Vršany pro S20-50100l při externích dotacích 17,9 l/s – GR4J a 21,4 l/s – TUW (nahoře) a pro S70-100100l při externích dotacích 24,9 l/s – GR4J a 27,8 l/s – TUW (dole). Referenční simulace jsou přerušovanou čárou **172**
Obrázek 98. Scénáře ustálené hladiny jezera Vršany ve srovnání s výchozí variantou **177**

Obrázek 99. Situace bývalé těžby a stařinových zvodní, zpracováno dle [7] **182**
Obrázek 100. Zájmové území lomu Libouš v období kolem roku 1850 ..... **183**
Obrázek 101. Zájmové území lomu Libouš v období kolem roku 1954 ..... **185**
Obrázek 102. Zájmové území lomu Libouš v období kolem roku 1975 ..... **186**
Obrázek 103. Zájmové území lomu Libouš v období kolem roku 1989 ..... **186**
Obrázek 104. Zájmové území lomu Libouš v období kolem roku 2005 ..... **187**
Obrázek 105. Situace čerpacích stanic lomu Libouš **189**
Obrázek 106. Vodohospodářské schéma povodí dolu Libouš [4] **190**
Obrázek 107. Odběrná místa vody pro zatápění dolu Libouš [6] **195**
Obrázek 108. Odběrná místa vody pro jezero Libouš v průtokovém schématu VS NOD dle [9] **196**
Obrázek 109. Batygrafické křivky budoucího jezera ve zbytkové jámě lomu Libouš **197**
Obrázek 110. Porovnání simulovaného přítoku a čerpaného množství pro lom Libouš **198**
Obrázek 111. Simulace plnění zbytkové jámy lomu Libouš **200**
Obrázek 112. Simulace plnění zbytkové jámy lomu Libouš (20letý úsek z 300leté řady) s dotací 1 000 l/s z PPV **201**
Obrázek 113. Simulace vývoje hladiny ve zbytkové jámě lomu Libouš (100letý úsek z 300leté řady) od počáteční kóty 276,0 m n. m. s externím napouštěním 151,9 l/s pro modely GR4J i TUW **202**
Obrázek 114. Plnění zbytkové jámy lomu Libouš na základě S20-50300l (nahoře) a S70-100300l (dole), referenční simulace jsou přerušovanou čárou **205**
Obrázek 115. Plnění zbytkové jámy lomu Libouš na základě S20-5020l (nahoře) a S70-10020l (dole) s dotacemi 1 000 l/s z PPV, referenční simulace jsou přerušovanou čárou **206**
Obrázek 116. Vývoj hladiny ve zbytkové jámě lomu Libouš pro S20-50100l s externí dotací 184,3 l/s pro modely GR4J i TUW (nahoře) a pro S70-100100l s externí dotací 212,1 l/s pro modely GR4J i TUW (dole), referenční simulace jsou přerušovanou čárou **209**
Obrázek 117. Scénáře ustálené hladiny jezera Libouš ve srovnání s výchozí variantou **215**
Obrázek 118. Situace bývalé těžby a stařinových zvodní, zpracováno dle [7] **223**
Obrázek 119. Směry proudění podzemních vod ve stařinovém systému [7] **224**
Obrázek 120. Zájmové území lomu Bílina v období kolem roku 1954 ..... **225**
Obrázek 121. Zájmové území lomu Bílina v období kolem roku 1975 ..... **226**
Obrázek 122. Zájmové území lomu Bílina v období kolem roku 1989 ..... **227**
Obrázek 123. Situace čerpacích stanic lomu Bílina **229**
Obrázek 124. Vodohospodářské schéma povodí dolu Bílina [4] **230**
Obrázek 125. Odběrná místa vody pro zatápění dolu Bílina [6] **233**
Obrázek 126. Batygrafické křivky budoucího jezera ve zbytkové jámě lomu Bílina **237**
Obrázek 127. Porovnání simulovaného přítoku a čerpaného množství pro lom Bílina **239**
Obrázek 128. Simulace plnění zbytkové jámy lomu Bílina **241**
Obrázek 129. Simulace plnění zbytkové jámy lomu Bílina s HG přítokem 45 l/s **242**
Obrázek 130. Simulace plnění zbytkové jámy lomu Bílina s HG přítokem 90 l/s **242**
Obrázek 131. Simulace plnění zbytkové jámy lomu Bílina (30letý úsek z 300leté řady) s HG přítokem 45 l/s a dotacemi 1000 l/s z řeky Bíliny **243**

Obrázek 132. Simulace plnění zbytkové jámy lomu Bílina (30letý úsek z 300leté řady) s HG přítokem 90 l/s a dotacemi 1000 l/s z řeky Bíliny **244**
Obrázek 133. Simulace plnění zbytkové jámy lomu Bílina (30letý úsek z 300leté řady) s HG přítokem 45 l/s a dotacemi 1000 l/s z řeky Bíliny a 100 l/s z Loučenského potoka **244**
Obrázek 134. Simulace plnění zbytkové jámy lomu Bílina (30letý úsek z 300leté řady) s HG přítokem 90 l/s a dotacemi 1000 l/s z řeky Bíliny a 100 l/s z Loučenského potoka **245**
Obrázek 135. Simulace vývoje hladiny ve zbytkové jámě lomu Bílina (100letý úsek z 300leté řady) od počáteční kóty 200,0 m n. m. s externím napouštěním 91,4 l/s (GR4J) a 93,8 l/s (TUW) **246**
Obrázek 136. Plnění zbytkové jámy lomu Bílina na základě S20-50300l (nahoře) a S70-100300l (dole), referenční simulace jsou přerušovanou čárou **248**
Obrázek 137. Plnění zbytkové jámy lomu Bílina na základě S20-50300l (nahoře) a S70-100300l (dole) s HG přítokem 45 l/s, referenční simulace jsou přerušovanou čárou **250**
Obrázek 138. Plnění zbytkové jámy lomu Bílina na základě S20-50300l (nahoře) a S70-100300l (dole) s HG přítokem 90 l/s, referenční simulace jsou přerušovanou čárou **251**
Obrázek 139. Plnění zbytkové jámy lomu Bílina na základě S20-5030l (nahoře) a S70-10030l (dole) s HG přítokem 45 l/s a dotacemi 1 000 l/s z řeky Bíliny, referenční simulace jsou přerušovanou čárou **253**
Obrázek 140. Plnění zbytkové jámy lomu Bílina na základě S20-5030l (nahoře) a S70-10030l (dole) s HG přítokem 90 l/s a dotacemi 1 000 l/s z řeky Bíliny, referenční simulace jsou přerušovanou čárou **254**
Obrázek 141. Plnění zbytkové jámy lomu Bílina na základě S20-5030l (nahoře) a S70-10030l (dole) s HG přítokem 45 l/s a dotacemi 1 000 l/s z řeky Bíliny a 100 l/s z Loučenského potoka, referenční simulace jsou přerušovanou čárou **255**
Obrázek 142. Plnění zbytkové jámy lomu Bílina na základě S20-5030l (nahoře) a S70-10030l (dole) s HG přítokem 90 l/s a dotacemi 1 000 l/s z řeky Bíliny a 100 l/s z Loučenského potoka, referenční simulace jsou přerušovanou čárou **256**
Obrázek 143. Vývoj hladiny ve zbytkové jámě lomu Bílina pro S20-50100l s externí dotací 151,4 l/s – GR4J a 153,7 l/s – TUW (nahoře) a pro S70-100100l s externí dotací 175,7 l/s – GR4J a 179,1 l/s – TUW (dole). Referenční simulace jsou přerušovanou čárou **258**
Obrázek 144. Scénáře ustálené hladiny jezera Bílina ve srovnání s výchozí variantou **266**
Obrázek 145. Harmonogram zatápění budoucích zbytkových jezer **269**
Obrázek 146. Změna potenciální evapotranspirace (dle Oudina) pro období 2020–2050 (nahoře) a 2070–2100 (dole) pro povodí lomu Bílina (meteo. stanice Kopisty) **301**
Obrázek 147. Změna potenciální evapotranspirace (dle Oudina) pro období 2020–2050 (nahoře) a 2070–2100 (dole) pro povodí lomu ČSA (meteo. stanice Kopisty) **302**
Obrázek 148. Změna teploty pro období 2020–2050 (nahoře) a 2070–2100 (dole) pro povodí lomu Libouš (meteo. stanice Tušimice) **303**
Obrázek 149. Změna srážek pro období 2020–2050 (nahoře) a 2070–2100 (dole) pro povodí lomu Libouš (meteo. stanice Tušimice) **304**
Obrázek 150. Změna potenciální evapotranspirace (dle Oudina) pro období 2020–2050 (nahoře) a 2070–2100 (dole) pro povodí lomu Libouš (meteo. stanice Tušimice) **305**

Obrázek 151. Změna potenciální evapotranspirace (VÚV1) pro období 2020–2050 (nahoře) a 2070–2100 (dole) pro povodí lomu Libouš (meteo. stanice Tušimice)**.....306**

Obrázek 152. Změna potenciální evapotranspirace (dle Oudina) pro období 2020–2050 (nahoře) a 2070–2100 (dole) pro povodí lomu Vršany (meteo. stanice Kopisty) **.....307**

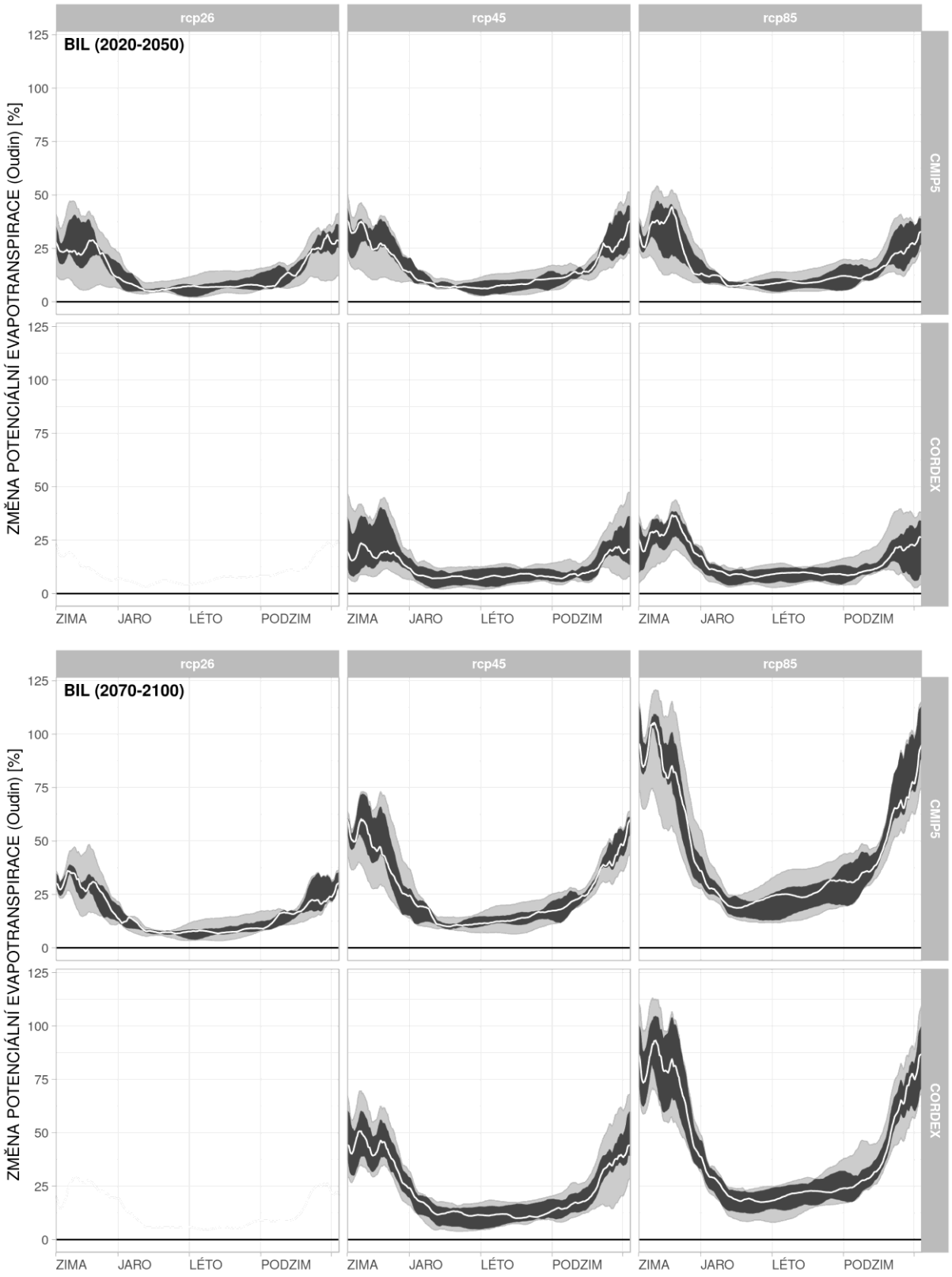
18. SEZNAM TABULEK

Tabulka 1. Geografické charakteristiky povodí (Q1 je dolní kvartil, Q2 medián a Q3 horní kvartil) **13**
Tabulka 2. Základní statistické charakteristiky použitých meteorologických časových řad (Q1 je dolní kvartil, Q2 medián a Q3 horní kvartil) **15**
Tabulka 3. Základní hydrologické údaje pro povodí jezera Most **19**
Tabulka 4. Základní hydrologické údaje pro povodí současné jámy lomu ČSA **20**
Tabulka 5. Základní hydrologické údaje pro povodí současné jámy lomu Vršany **21**
Tabulka 6. Základní hydrologické údaje pro povodí současné jámy lomu Libouš **22**
Tabulka 7. Základní hydrologické údaje pro povodí současné jámy lomu Bílina **23**
Tabulka 8. Akumulace vody ve zbytkové jámě lomu Ležáky-Most **26**
Tabulka 9. Přehled uvažovaných sad simulací klimatických modelů, tj. sady globálních klimatických modelů z projektu CMIP5 a sady regionálních klimatických modelů z projektu CORDEX **39**
Tabulka 10. Základní hydrologické údaje pro Vesnický potok [11] **90**
Tabulka 11. Základní hydrologické údaje pro Šramnický potok [11] **90**
Tabulka 12. Základní hydrologické údaje pro Jiřetínský potok [11] **90**
Tabulka 13. Základní hydrologické údaje pro Loupnici [11] **90**
Tabulka 14. Základní hydrologické údaje pro Bílinu [11] **91**
Tabulka 15. Základní parametry jezera ve zbytkové jámě lomu ČSA [5] **130**
Tabulka 16. Základní parametry jezera ve zbytkové jámě lomu Vršany [5] **173**
Tabulka 17. Základní hydrologické údaje pro Prunéřovský potok [8] **191**
Tabulka 18. Základní hydrologické údaje pro Lužničku [8] **192**
Tabulka 19. Základní hydrologické údaje pro Lideňský potok [8] **192**
Tabulka 20. Základní hydrologické údaje pro Hutnou II [8] **193**
Tabulka 21. Základní hydrologické údaje pro Hačku [8] **193**
Tabulka 22. Základní parametry jezera ve zbytkové jámě lomu Libouš [6] **210**
Tabulka 23. Základní hydrologické údaje pro Radčický potok [9] **231**
Tabulka 24. Základní hydrologické údaje pro Lomský potok [9] **231**
Tabulka 25. Základní hydrologické údaje pro Loučenský potok [9] **231**
Tabulka 26. Základní hydrologické údaje pro Bílinu [9] **232**
Tabulka 27. Základní hydrologické charakteristiky budoucího povodí lomu Bílina (Q_a je dlouhodobý průměrný průtok a Q_{30d} až Q_{364d} jsou M-denní průtoky, vše v $l \cdot s^{-1}$) **238**
Tabulka 28. Základní parametry jezera ve zbytkové jámě lomu Bílina [6] **260**
Tabulka 29. Batymetrické hodnoty jezera Most (K – kóta hladiny [m n. m.], A – plocha hladiny [ha] a V – objem [10^6 m^3] **308**
Tabulka 30. Batymetrické hodnoty budoucího jezera ve zbytkové jámě lomu Bílina (K – kóta hladiny [m n. m.], A – plocha hladiny [ha] a V – objem [10^6 m^3] **309**
Tabulka 31. Batymetrické hodnoty budoucího jezera ve zbytkové jámě lomu ČSA (K – kóta hladiny [m n. m.], A – plocha hladiny [ha] a V – objem [10^6 m^3] **310**

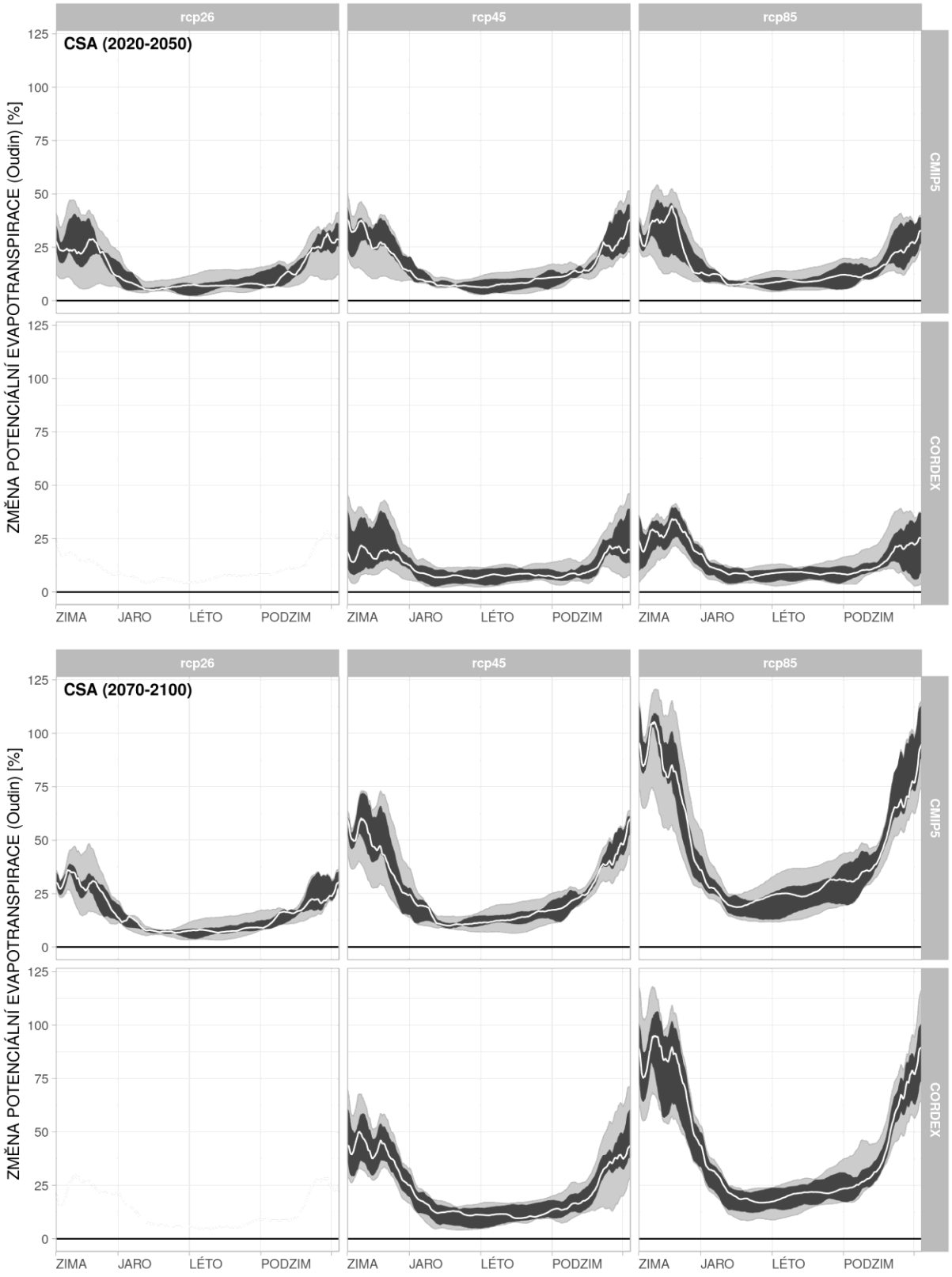
Tabulka 32. Batymetrické hodnoty budoucího jezera ve zbytkové jámě lomu Libouš (K – kóta hladiny [m n. m.], A – plocha hladiny [ha] a V – objem [10^6 m^3] **311**
Tabulka 33. Batymetrické hodnoty budoucího jezera ve zbytkové jámě lomu Vršany (K – kóta hladiny [m n. m.], A – plocha hladiny [ha] a V – objem [10^6 m^3] **312**
Tabulka 34. Průběh plnění jezera Most **314**
Tabulka 35. Vývoj hladiny jezera Most v případě nulových externích dotací **314**
Tabulka 36. Průběh plnění lomové jámy Bílina **315**
Tabulka 37. Průběh plnění lomové jámy Bílina s hydrogeologickým přítokem 45 l/s **316**
Tabulka 38. Průběh plnění lomové jámy Bílina s hydrogeologickým přítokem 90 l/s **316**
Tabulka 39. Průběh plnění lomové jámy Bílina s externí dotací z Bíliny (1000 l/s) a s hydrogeologickým přítokem 45 l/s (průběh končí rokem s hodnotou kóty hladiny vyšší než 200 m n. m.) **317**
Tabulka 40. Průběh plnění lomové jámy Bílina s externí dotací z Bíliny (1000 l/s) a s hydrogeologickým přítokem 90 l/s (průběh končí rokem s hodnotou kóty hladiny vyšší než 200 m n. m.) **318**
Tabulka 41. Průběh plnění lomové jámy Bílina s externí dotací z Bíliny (1000 l/s), z Loučenského potoka (100 l/s) a s hydrogeologickým přítokem 45 l/s (průběh končí rokem s hodnotou kóty hladiny vyšší než 200 m n. m.) **318**
Tabulka 42. Průběh plnění lomové jámy Bílina s externí dotací z Bíliny (1000 l/s), z Loučenského potoka (100 l/s) a s hydrogeologickým přítokem 90 l/s (průběh končí rokem s hodnotou kóty hladiny vyšší než 200 m n. m.) **319**
Tabulka 43. Průběh plnění lomové jámy ČSA **319**
Tabulka 44. Průběh plnění lomové jámy ČSA s hydrogeologickým přítokem 21 l/s **320**
Tabulka 45. Průběh plnění lomové jámy ČSA s hydrogeologickým přítokem 42 l/s **321**
Tabulka 46. Průběh plnění lomové jámy ČSA s externí dotací 332 l/s z Bíliny (průběh končí rokem s hodnotou kóty hladiny vyšší než 180 m n. m.) **321**
Tabulka 47. Průběh plnění lomové jámy ČSA s externí dotací 500 l/s z Bíliny a krušnohorských potoků (průběh končí rokem s hodnotou kóty hladiny vyšší než 180 m n. m.) **322**
Tabulka 48. Průběh plnění lomové jámy ČSA s externí dotací 1000 l/s z Ohře (průběh končí rokem s hodnotou kóty hladiny vyšší než 180 m n. m.) **323**
Tabulka 49. Průběh plnění lomové jámy ČSA s externí dotací 332 l/s z Bíliny a s hydrogeologickým přítokem 21 l/s (průběh končí rokem s hodnotou kóty hladiny vyšší než 180 m n. m.) **323**
Tabulka 50. Průběh plnění lomové jámy ČSA s externí dotací 332 l/s z Bíliny a s hydrogeologickým přítokem 42 l/s (průběh končí rokem s hodnotou kóty hladiny vyšší než 180 m n. m.) **324**
Tabulka 51. Průběh plnění lomové jámy ČSA s externí dotací 500 l/s z Bíliny a krušnohorských potoků a s hydrogeologickým přítokem 21 l/s (průběh končí rokem s hodnotou kóty hladiny vyšší než 180 m n. m.) **324**
Tabulka 52. Průběh plnění lomové jámy ČSA s externí dotací 500 l/s z Bíliny a krušnohorských potoků a s hydrogeologickým přítokem 42 l/s (průběh končí rokem s hodnotou kóty hladiny vyšší než 180 m n. m.) **325**
Tabulka 53. Průběh plnění lomové jámy ČSA s externí dotací 1000 l/s z Ohře a s hydrogeologickým přítokem 21 l/s (průběh končí rokem s hodnotou kóty hladiny vyšší než 180 m n. m.) **325**

Tabulka 54. Průběh plnění lomové jámy ČSA s externí dotací 1000 l/s z Ohře a s hydrogeologickým přítokem 42 l/s (průběh končí rokem s hodnotou kóty hladiny vyšší než 180 m n. m.) **325**
Tabulka 55. Průběh plnění lomové jámy Libouš **326**
Tabulka 56. Průběh plnění lomové jámy Libouš s externí dotací 1000 l/s z Ohře (průběh končí rokem s hodnotou kóty hladiny vyšší než 276 m n. m.) **326**
Tabulka 57. Průběh plnění lomové jámy Vršany **327**
Tabulka 58. Průběh plnění lomové jámy Vršany s hydrogeologickým přítokem 12 l/s **327**
Tabulka 59. Průběh plnění lomové jámy Vršany s hydrogeologickým přítokem 24 l/s **328**
Tabulka 60. Průběh plnění lomové jámy Vršany s externí dotací 350 l/s z Bíliny (průběh končí rokem s hodnotou kóty hladiny vyšší než 205 m n. m.) **329**
Tabulka 61. Ustálené hladiny v jezeře Most určené pro klimatické scénáře **330**
Tabulka 62. Ustálené hladiny v budoucím jezeře Bílina určené pro klimatické scénáře **331**
Tabulka 63. Ustálené hladiny v budoucím jezeře Bílina určené pro klimatické scénáře a HG přítok 45 l/s **332**
Tabulka 64. Ustálené hladiny v budoucím jezeře Bílina určené pro klimatické scénáře a HG přítok 90 l/s **333**
Tabulka 65. Ustálené hladiny v budoucím jezeře ČSA určené pro klimatické scénáře **334**
Tabulka 66. Ustálené hladiny v budoucím jezeře ČSA určené pro klimatické scénáře a HG přítok 21 l/s **335**
Tabulka 67. Ustálené hladiny v budoucím jezeře ČSA určené pro klimatické scénáře a HG přítok 42 l/s **336**
Tabulka 68. Ustálené hladiny v budoucím jezeře Libouš určené pro klimatické scénáře **337**
Tabulka 69. Ustálené hladiny v budoucím jezeře Vršany určené pro klimatické scénáře **338**
Tabulka 70. Ustálené hladiny v budoucím jezeře Vršany určené pro klimatické scénáře a HG přítok 12 l/s **339**

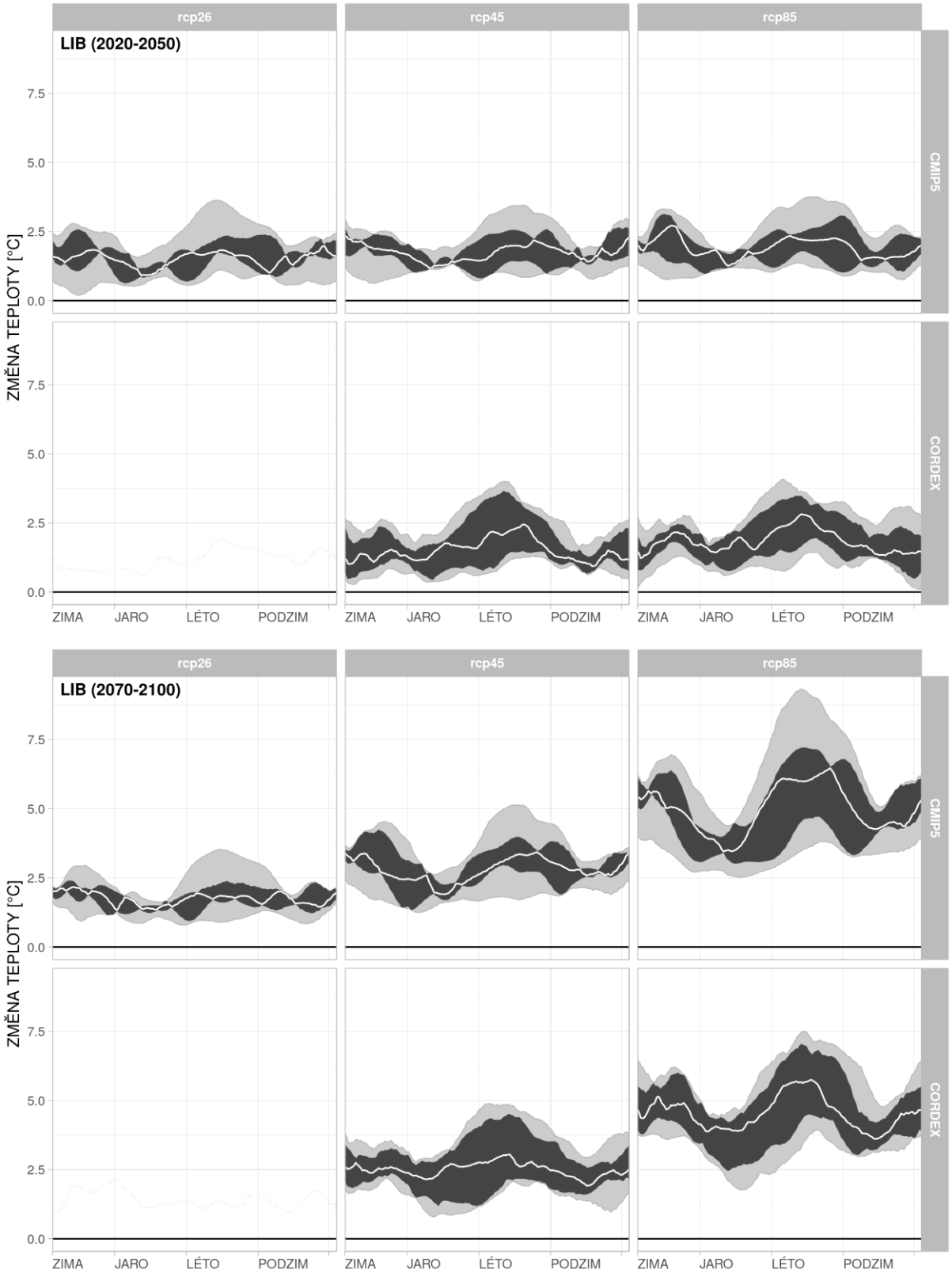
19. PŘÍLOHA A – GRAFY ZMĚNY VYBRANÝCH VELIČIN V DŮSLEDKU KLIMATICKÉ ZMĚNY



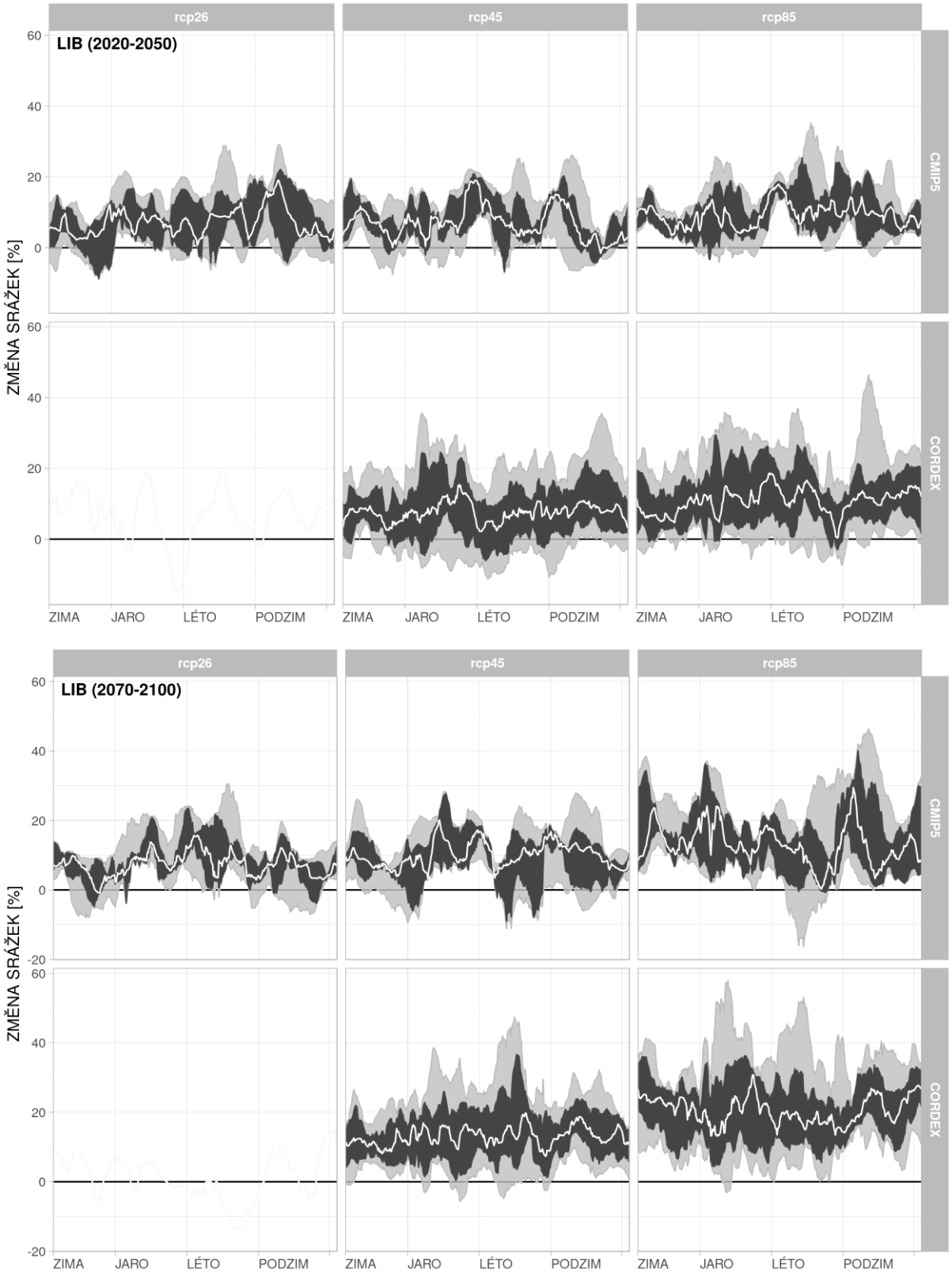
Obrázek 146. Změna potenciální evapotranspirace (dle Oudina) pro období 2020–2050 (nahoře) a 2070–2100 (dole) pro povodí lomu Bílina (meteo. stanice Kopisty)



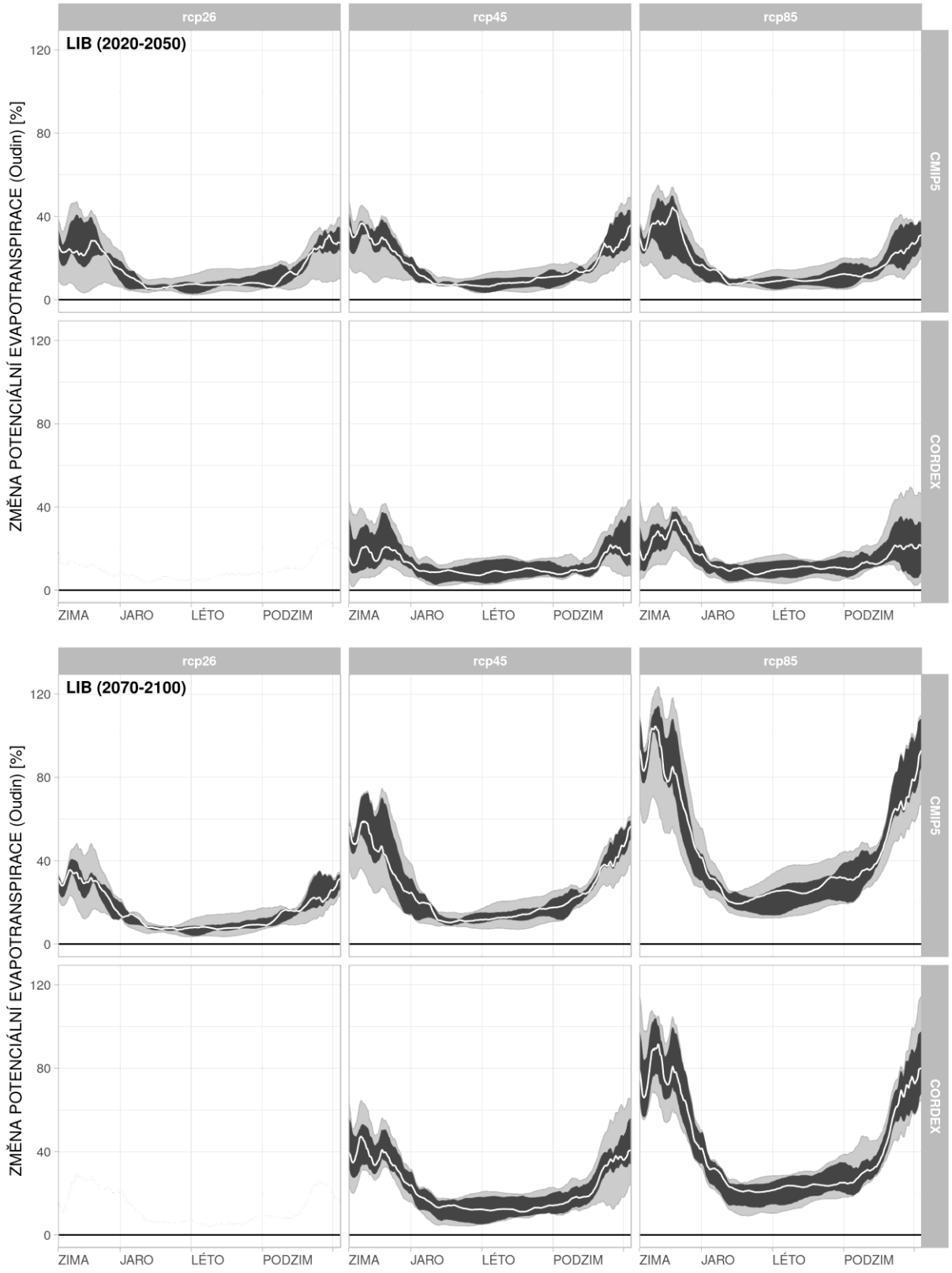
Obrázek 147. Změna potenciální evapotranspirace (dle Oudina) pro období 2020–2050 (nahoře) a 2070–2100 (dole) pro povodí lomu ČSA (meteo. stanice Kopisty)



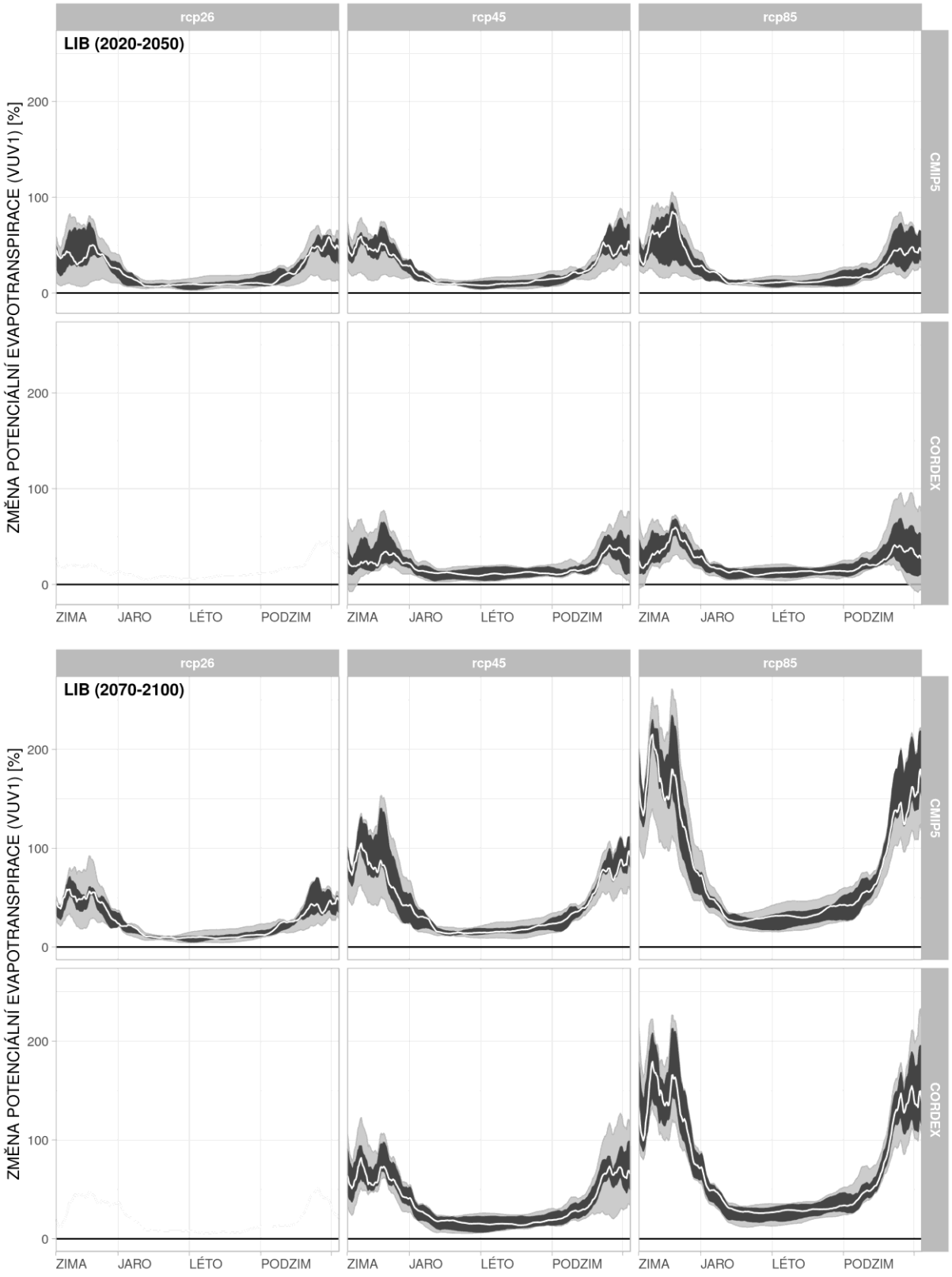
Obrázek 148. Změna teploty pro období 2020–2050 (nahoře) a 2070–2100 (dole) pro povodí lomu Libouš (meteo. stanice Tušimice)



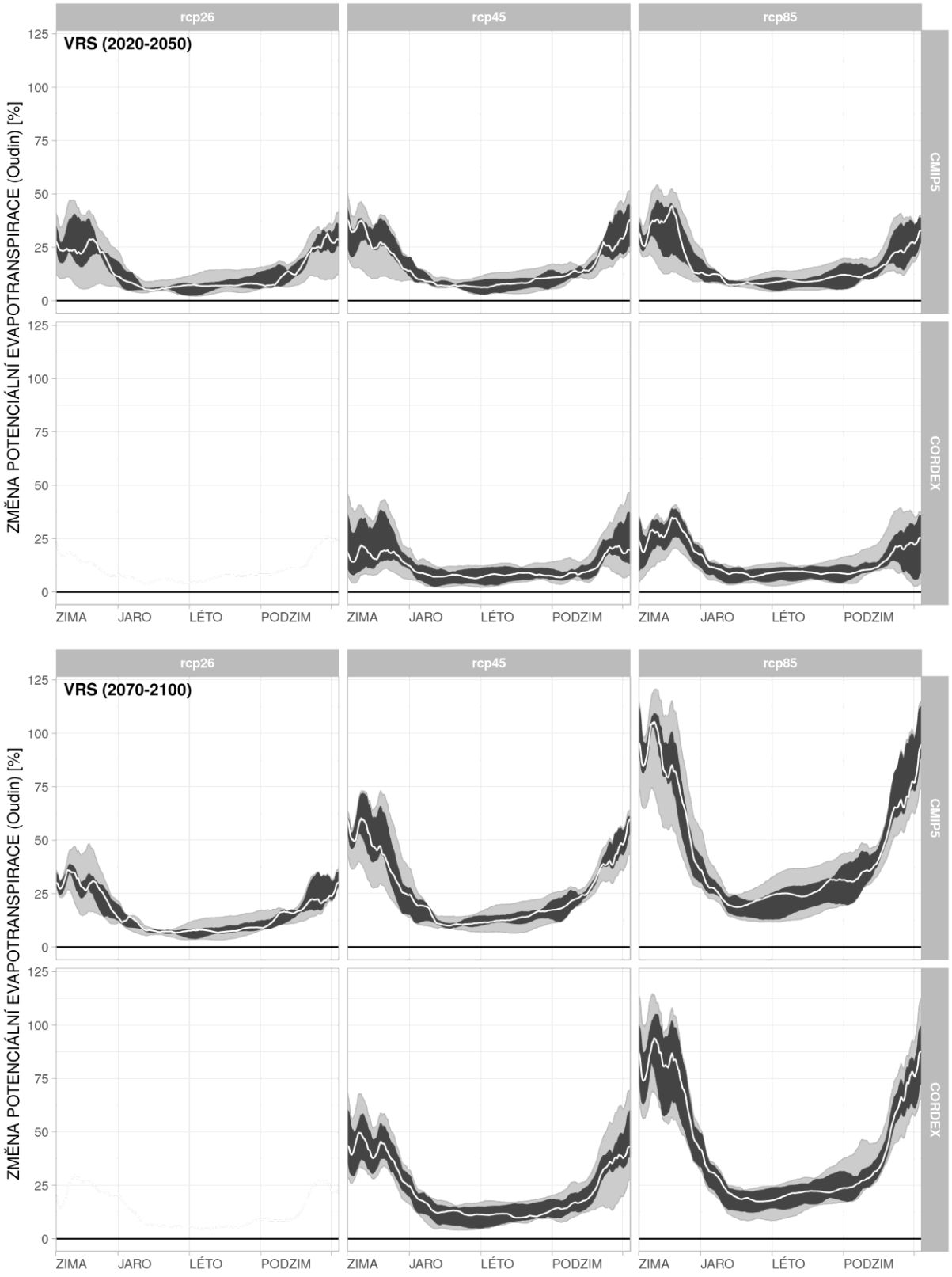
Obrázek 149. Změna srážek pro období 2020–2050 (nahoře) a 2070–2100 (dole) pro povodí lomu Libouš (meteo. stanice Tušimice)



Obrázek 150. Změna potenciální evapotranspirace (dle Oudina) pro období 2020–2050 (nahoře) a 2070–2100 (dole) pro povodí lomu Libouš (meteo. stanice Tušimice)



Obrázek 151. Změna potenciální evapotranspirace (VÚV1) pro období 2020–2050 (nahoře) a 2070–2100 (dole) pro povodí lomu Libouš (meteo. stanice Tušimice)



Obrázek 152. Změna potenciální evapotranspirace (dle Oudina) pro období 2020–2050 (nahoře) a 2070–2100 (dole) pro povodí lomu Vršany (meteo. stanice Kopisty)

20. PŘÍLOHA B – TABULKY HODNOT BATYMETRIE

Tabulka 29. Batymetrické hodnoty jezera Most[5] (K – kóta hladiny [m n. m.], A – plocha hladiny [ha] a V – objem [10^6 m^3]

K	A	V	K	A	V
140	15,86	0,00	171	96,45	17,53
141	19,12	0,21	172	101,75	18,57
142	21,89	0,43	173	107,51	19,67
143	24,03	0,69	174	112,88	20,83
144	26,10	0,96	175	118,04	22,04
145	28,24	1,25	176	123,63	23,32
146	30,07	1,56	177	132,87	24,70
147	31,73	1,88	178	142,80	26,17
148	33,38	2,23	179	150,99	27,72
149	35,02	2,59	180	159,04	29,34
150	37,54	2,98	181	165,70	31,03
151	40,68	3,39	182	171,89	32,78
152	42,33	3,83	183	178,64	34,60
153	43,88	4,27	184	185,81	36,49
154	45,63	4,74	185	192,09	38,47
155	47,84	5,24	186	203,06	40,55
156	51,46	5,78	187	212,35	42,71
157	56,84	6,37	188	221,34	44,97
158	61,15	6,99	189	230,79	47,32
159	64,01	7,64	190	238,18	49,74
160	66,10	8,32	191	246,31	52,24
161	68,12	9,01	192	254,22	54,84
162	70,35	9,72	193	263,85	57,53
163	72,67	10,46	194	274,84	60,33
164	75,37	11,23	195	285,40	63,22
165	78,39	12,04	196	292,83	66,18
166	82,83	12,88	197	299,49	69,21
167	85,90	13,76	198	306,40	72,31
168	88,88	14,66	199	312,46	75,46
169	91,36	15,58	200	318,63	78,68
170	93,87	16,53	201	324,86	81,97

[5] Batymetrie byla odvozena z bodového pole zaměření lomu Ležáky-Most, který byl podkladem Plánu likvidace lomu Ležáky-Most z roku 2005 (archivní podklad zpracovatele). Batymetrické hodnoty na úrovni současné hladiny 199 m n. m. se odlišují od oficiálních údajů jezera Most. Na základě tohoto zjištění se zpracovatel obrátil na Palivový kombinát Ústí, s. p., s žádostí o poskytnutí zaměření dna jezera, pokud taková data existují, avšak jiný model terénu se v daném čase získat nepodařilo. Bohužel nebylo v možnostech zpracovatele této studie objasnit příčiny odlišnosti v batymetrických hodnotách.

Tabulka 30. Batymetrické hodnoty budoucího jezera ve zbytkové jámě lomu Bílina[6] (K – kóta hladiny [m n. m.], A – plocha hladiny [ha] a V – objem [10^6 m^3]

K	A	V	K	A	V	K	A	V	K	A	V	K	A	V
-9	0,00	0,00	35	23,57	3,38	79	142,83	41,94	123	402,72	154,37	167	754,01	417,27
-8	0,05	0,00	36	25,60	3,61	80	145,65	43,37	124	412,88	158,40	168	769,26	424,81
-7	0,19	0,00	37	29,85	3,91	81	148,40	44,85	125	423,78	162,64	169	778,36	432,59
-6	0,33	0,00	38	34,09	4,21	82	151,15	46,34	126	434,67	166,87	170	787,46	440,38
-5	0,53	0,01	39	38,17	4,59	83	153,95	47,87	127	444,60	171,32	171	794,01	448,32
-4	0,72	0,01	40	42,24	4,97	84	156,76	49,41	128	454,53	175,77	172	800,55	456,26
-3	0,95	0,02	41	45,43	5,43	85	161,47	51,03	129	464,78	180,41	173	813,82	464,39
-2	1,17	0,03	42	48,61	5,88	86	166,18	52,64	130	475,04	185,06	174	827,10	472,53
-1	1,44	0,05	43	51,84	6,40	87	172,48	54,37	131	487,63	189,94	175	840,32	480,94
0	1,70	0,06	44	55,07	6,92	88	178,78	56,09	132	500,21	194,81	176	853,54	489,34
1	1,99	0,08	45	58,48	7,50	89	185,78	57,95	133	515,63	199,97	177	857,39	497,91
2	2,27	0,10	46	61,89	8,09	90	192,78	59,81	134	531,04	205,13	178	861,23	506,49
3	2,55	0,13	47	65,70	8,74	91	199,01	61,80	135	543,93	210,57	179	864,99	515,14
4	2,83	0,15	48	69,50	9,40	92	205,25	63,79	136	556,81	216,01	180	868,74	523,79
5	3,12	0,18	49	73,36	10,13	93	210,97	65,90	137	563,69	221,64	181	877,30	532,56
6	3,40	0,22	50	77,21	10,87	94	216,69	68,01	138	570,57	227,28	182	885,87	541,33
7	3,69	0,25	51	78,68	11,65	95	222,84	70,24	139	576,80	233,05	183	898,51	550,32
8	3,99	0,29	52	80,15	12,44	96	228,99	72,47	140	583,02	238,82	184	911,16	559,30
9	4,30	0,33	53	81,97	13,26	97	235,56	74,82	141	589,79	244,71	185	915,40	568,46
10	4,61	0,38	54	83,78	14,08	98	242,14	77,18	142	596,57	250,61	186	919,64	577,61
11	4,94	0,42	55	85,82	14,94	99	247,85	79,66	143	599,70	256,61	187	922,71	586,84
12	5,26	0,47	56	87,86	15,80	100	253,56	82,13	144	602,84	262,61	188	925,77	596,07
13	5,63	0,53	57	89,99	16,70	101	259,21	84,73	145	605,99	268,67	189	945,40	605,52
14	6,00	0,59	58	92,11	17,60	102	264,87	87,32	146	609,14	274,72	190	965,03	614,97
15	6,47	0,65	59	94,37	18,54	103	268,98	90,01	147	612,10	280,85	191	982,77	624,80
16	6,95	0,72	60	96,62	19,48	104	273,10	92,70	148	615,07	286,97	192	1000,52	634,63
17	7,43	0,79	61	98,72	20,47	105	277,02	95,47	149	617,44	293,14	193	1011,33	644,74
18	7,91	0,86	62	100,81	21,46	106	280,94	98,24	150	619,81	299,32	194	1022,15	654,86
19	8,43	0,95	63	102,91	22,49	107	284,92	101,09	151	630,52	305,62	195	1026,18	665,12
20	8,96	1,03	64	105,01	23,52	108	288,90	103,94	152	641,24	311,93	196	1030,21	675,38
21	9,57	1,13	65	107,11	24,59	109	293,64	106,87	153	652,98	318,46	197	1057,98	685,96
22	10,17	1,22	66	109,21	25,66	110	298,38	109,81	154	664,71	324,99	198	1085,75	696,54
23	11,24	1,34	67	111,38	26,77	111	302,36	112,83	155	676,55	331,75	199	1094,08	707,48
24	12,30	1,45	68	113,54	27,89	112	306,33	115,86	156	688,39	338,52	200	1102,41	718,42
25	13,27	1,58	69	115,74	29,04	113	310,65	118,96	157	696,12	345,48	201	1106,76	729,49
26	14,24	1,71	70	117,94	30,20	114	314,96	122,07	158	703,85	352,44	202	1111,12	740,56
27	14,93	1,86	71	120,52	31,41	115	324,16	125,31	159	706,52	359,50	203	1120,22	751,76
28	15,62	2,01	72	123,09	32,61	116	333,35	128,55	160	709,18	366,57	204	1129,33	762,96
29	16,84	2,18	73	125,99	33,87	117	343,34	131,99	161	711,66	373,69	205	1135,56	774,32
30	18,06	2,35	74	128,89	35,13	118	353,34	135,42	162	714,15	380,80	206	1141,79	785,67
31	18,89	2,54	75	131,69	36,45	119	363,32	139,05	163	717,01	387,97	207	1146,85	797,14
32	19,73	2,73	76	134,50	37,77	120	373,30	142,69	164	719,86	395,14	208	1151,91	808,61
33	20,63	2,93	77	137,25	39,14	121	382,93	146,52	165	729,31	402,44	209	1176,12	820,37
34	21,53	3,14	78	140,01	40,51	122	392,55	150,34	166	738,76	409,73	210	1200,33	832,13

[6] Batymetrie jezera Bílina byla odvozena z vrstevnicové modelu konečného terénu po ukončení těžby lomu Bílina při postupu do hranic územně ekologických limitů dle vládního usnesení č. 827/2015. Přestože postup lomu v takovém rozsahu je podmíněný získáním příslušného povolení pokračování hornické činnosti (v současnosti se řeší povolení pokračování těžby jen v částečném rozsahu), byla pro účely této studie zvolena tato maximální varianta budoucí těžby lomu Bílina, neboť z hydrologického hlediska se jedná o méně příznivou variantu z důvodu zmenšení rozlohy povodí zbytkové jámy.

Tabulka 31. Batymetrické hodnoty budoucího jezera ve zbytkové jámě lomu ČSA[7] (K – kóta hladiny [m n. m.], A – plocha hladiny [ha] a V – objem [10^6 m^3]

K	A	V	K	A	V	K	A	V	K	A	V
56	0,00	0,00	103	93,09	19,66	149	357,16	115,12	195	847,77	385,41
57	2,27	0,01	104	95,74	20,60	150	366,80	118,74	196	861,66	393,96
58	4,04	0,04	105	98,53	21,57	151	377,52	122,46	197	874,30	402,64
59	5,29	0,09	106	101,69	22,58	152	388,44	126,29	198	887,08	411,45
60	6,62	0,15	107	105,18	23,61	153	399,53	130,23	199	899,81	420,38
61	8,00	0,22	108	109,11	24,68	154	408,99	134,27	200	912,41	429,44
62	9,28	0,31	109	114,85	25,80	155	417,31	138,40	201	924,93	438,63
63	10,59	0,41	110	119,57	26,97	156	425,41	142,62	202	938,38	447,95
64	11,93	0,52	111	126,51	28,20	157	433,42	146,91	203	950,94	457,39
65	13,30	0,65	112	132,89	29,50	158	441,51	151,29	204	963,48	466,96
66	14,70	0,79	113	139,19	30,86	159	450,09	155,74	205	976,14	476,66
67	16,07	0,94	114	143,83	32,28	160	458,78	160,29	206	989,24	486,49
68	17,45	1,11	115	148,46	33,74	161	467,91	164,92	207	1003,07	496,45
69	18,86	1,29	116	154,09	35,25	162	477,00	169,65	208	1016,71	506,55
70	20,33	1,49	117	159,26	36,82	163	487,30	174,47	209	1029,45	516,78
71	21,93	1,70	118	164,45	38,44	164	499,58	179,40	210	1041,39	527,13
72	23,49	1,92	119	169,21	40,10	165	509,25	184,45	211	1052,68	537,60
73	25,04	2,17	120	174,29	41,82	166	517,86	189,58	212	1065,28	548,19
74	26,58	2,42	121	179,45	43,59	167	527,60	194,81	213	1080,03	558,92
75	28,14	2,70	122	183,76	45,41	168	537,18	200,13	214	1097,26	569,81
76	29,75	2,99	123	188,30	47,27	169	547,02	205,55	215	1126,43	580,93
77	31,42	3,29	124	193,10	49,17	170	558,23	211,08	216	1147,50	592,30
78	33,30	3,62	125	197,75	51,13	171	570,10	216,72	217	1163,14	603,85
79	35,26	3,96	126	202,35	53,13	172	582,66	222,49	218	1179,37	615,56
80	37,33	4,32	127	207,16	55,18	173	596,46	228,38	219	1195,25	627,43
81	40,47	4,71	128	212,33	57,27	174	609,31	234,41	220	1211,97	639,47
82	44,16	5,14	129	217,20	59,42	175	621,53	240,56	221	1230,86	651,68
83	48,49	5,60	130	222,07	61,62	176	632,77	246,84	222	1250,18	664,09
84	51,15	6,10	131	227,03	63,86	177	642,81	253,21	223	1271,31	676,70
85	53,55	6,62	132	232,39	66,16	178	653,31	259,69	224	1292,25	689,52
86	55,66	7,17	133	238,22	68,51	179	663,02	266,28	225	1315,48	702,55
87	57,71	7,73	134	243,56	70,92	180	672,82	272,95	226	1341,70	715,84
88	59,69	8,32	135	248,94	73,38	181	682,26	279,73	227	1367,60	729,39
89	61,64	8,93	136	254,64	75,90	182	691,21	286,60	228	1391,29	743,18
90	63,61	9,55	137	260,69	78,48	183	700,08	293,55	229	1418,57	757,23
91	65,62	10,20	138	266,62	81,12	184	709,07	300,60	230	1468,81	771,67
92	67,67	10,87	139	273,37	83,82	185	718,28	307,74	231	1575,47	786,89
93	69,91	11,55	140	281,13	86,59	186	727,83	314,97	232	1638,66	802,96
94	72,04	12,26	141	289,15	89,44	187	738,06	322,30	233	1699,07	819,65
95	74,14	12,99	142	297,06	92,37	188	748,05	329,73	234	1756,66	836,93
96	76,28	13,75	143	304,57	95,38	189	760,49	337,27	235	1812,73	854,77
97	78,43	14,52	144	311,64	98,46	190	773,00	344,94	236	1867,44	873,17
98	80,62	15,31	145	319,37	101,61	191	785,63	352,73	237	1922,30	892,12
99	83,12	16,13	146	327,87	104,85	192	800,46	360,66	238	1980,03	911,63
100	85,68	16,98	147	337,19	108,18	193	818,04	368,75	239	2107,72	932,07
101	88,14	17,85	148	347,02	111,60	194	833,01	377,01	240	2144,35	953,33
102	90,56	18,74									

[7] Batymetrie jezera ČSA byla odvozena z bodového pole aktualizovaného modelu terénu, který vychází z aktuálního zaměření současné jámy lomu, do kterého byl domodelován budoucí konečný terén té části jámy, kde ještě probíhá těžby uhlí a zároveň byly do modelu zapracovány plánované úpravy terénu, které si vyžádá závěrečná sanace zbytkové jámy. Jedná se tedy o aktuálně nejpřesnější model budoucí zbytkové jámy lomu ČSA, který bude podkladem pro příští aktualizaci plánu rekultivace.

Tabulka 32. Batymetrické hodnoty budoucího jezera ve zbytkové jámě lomu Libouš[8] (K – kóta hladiny [m n. m.], A – plocha hladiny [ha] a V – objem [10^6 m^3]

K	A	V	K	A	V
207	0,00	0,00	245	394,91	60,83
208	1,83	0,01	246	414,32	64,87
209	4,88	0,04	247	426,94	69,08
210	6,71	0,10	248	441,29	73,42
211	8,21	0,18	249	456,39	77,91
212	10,33	0,27	250	470,59	82,54
213	12,47	0,38	251	485,41	87,32
214	15,85	0,52	252	502,85	92,26
215	19,51	0,70	253	526,70	97,41
216	23,35	0,91	254	559,53	102,84
217	30,17	1,18	255	596,88	108,62
218	48,89	1,58	256	625,76	114,74
219	61,56	2,13	257	648,57	121,11
220	73,66	2,81	258	673,69	127,72
221	85,54	3,60	259	696,22	134,57
222	97,33	4,52	260	719,54	141,65
223	109,20	5,55	261	748,55	148,99
224	136,13	6,78	262	782,86	156,65
225	149,08	8,20	263	820,75	164,66
226	160,14	9,75	264	858,95	173,06
227	172,31	11,41	265	893,74	181,83
228	183,62	13,19	266	928,08	190,94
229	193,25	15,07	267	957,84	200,36
230	201,98	17,05	268	986,26	210,09
231	210,79	19,11	269	1013,90	220,09
232	219,38	21,26	270	1038,20	230,35
233	227,48	23,50	271	1059,51	240,84
234	238,95	25,83	272	1079,39	251,53
235	249,30	28,27	273	1096,99	262,41
236	259,17	30,81	274	1115,10	273,47
237	277,61	33,50	275	1131,21	284,70
238	294,91	36,36	276	1149,26	296,11
239	313,40	39,40	277	1168,94	307,70
240	331,43	42,63	278	1186,79	319,48
241	345,17	46,01	279	1203,40	331,43
242	357,93	49,53	280	1219,05	343,54
243	370,55	53,17	281	1236,80	355,82
244	382,97	56,94	282	1268,19	368,34

[8] Batymetrie jezera byla odvozena z vrstevnicové modelu konečného terénu po ukončení těžby lomu Libouš, který je podkladem aktuálně platného souhrnného plánu sanace a rekultivace.

Tabulka 33. Batymetrické hodnoty budoucího jezera ve zbytkové jámě lomu Vršany[9] (K – kóta hladiny [m n. m.], A – plocha hladiny [ha] a V – objem [10^6 m^3]

K	A	V	K	A	V
165	0,00	0,00	191	179,40	22,21
166	0,02	0,00	192	184,89	24,03
167	0,64	0,00	193	190,43	25,91
168	2,36	0,02	194	196,19	27,84
169	15,85	0,11	195	201,98	29,83
170	23,73	0,31	196	207,69	31,88
171	31,15	0,58	197	213,29	33,98
172	37,55	0,93	198	218,96	36,15
173	44,05	1,33	199	224,67	38,36
174	50,74	1,81	200	230,33	40,64
175	57,72	2,35	201	236,01	42,97
176	65,42	2,97	202	241,69	45,36
177	73,89	3,66	203	247,37	47,80
178	83,54	4,45	204	253,12	50,31
179	93,29	5,33	205	258,95	52,87
180	101,85	6,31	206	264,85	55,49
181	110,22	7,37	207	271,01	58,17
182	118,74	8,51	208	278,32	60,91
183	126,91	9,74	209	287,06	63,74
184	136,27	11,06	210	297,87	66,66
185	144,47	12,46	211	415,25	70,23
186	150,97	13,94	212	587,20	75,24
187	156,87	15,48	213	729,23	81,82
188	162,65	17,08	214	840,39	89,67
189	168,37	18,73	215	914,56	98,45
190	173,91	20,44			

[9] Batymetrie jezera Vršany byla odvozena z bodového pole modelu konečného terénu po ukončení těžby lomu Vršany, který byl podkladem pro zpracování plánu rekultivace. Batymetrické hodnoty pro úroveň 206 m n. m. se v objemu vody poněkud liší od objemu jezera uváděném v aktuálně platném souhrnném plánu sanace a rekultivace lomu Vršany. Bohužel nebylo v možnostech zpracovatele této studie objasnit příčiny této odlišnosti.

21. PŘÍLOHA C – TABULKY VÝVOJE HLADINY

V následujících tabulkách jsou hodnoty vývoje hladiny různých variant řešení pro všechny lomy. Prezentované veličiny jsou kóta hladiny (K), plocha hladiny (A) a objem vody v nádrži (V). Výsledky jsou pro simulace modelu GR4J a TUW, model je uveden ve spodním indexu veličiny. Uvedena je vždy hodnota mediánu dané veličiny získaná z 50 simulací na resamplovaných datech a jedná se o stav na konci roku. Tabulky mají pravidelný krok, takže např. u 300letých řad nemusí být zobrazen úplně poslední rok. U kratších řad (varianty s vysokými dotacemi) je v tabulce prezentován jako poslední rok ten, kdy kóta hladiny v nádrži přesáhne požadovanou úroveň.

Tabulka 34. Průběh plnění jezera Most

Rok	K_{GR4J} [m n. m.]	A_{GR4J} [ha]	V_{GR4J} [10^6 m^3]	K_{TUW} [m n. m.]	A_{TUW} [ha]	V_{TUW} [10^6 m^3]
2009	141,97	21,79	0,43	141,63	20,86	0,35
2019	152,12	42,51	3,88	150,67	39,66	3,26
2029	157,23	57,85	6,52	156,26	52,87	5,93
2039	161,12	68,39	9,10	159,52	65,09	7,99
2049	163,20	73,20	10,62	161,58	69,41	9,42
2059	165,30	79,71	12,29	163,14	73,05	10,57
2069	166,71	85,02	13,51	164,94	78,20	11,99
2079	168,10	89,12	14,75	166,00	82,73	12,88
2089	168,95	91,25	15,54	167,33	86,87	14,05
2099	169,89	93,58	16,43	168,01	88,84	14,67
2109	170,80	95,95	17,33	168,62	90,42	15,23
2119	171,62	99,73	18,17	169,60	92,86	16,15
2129	171,91	101,30	18,48	169,39	92,34	15,95
2139	172,25	103,17	18,85	169,95	93,74	16,48
2149	172,51	104,69	19,13	170,67	95,60	17,20
2159	172,61	105,25	19,24	170,92	96,26	17,45
2169	173,05	107,75	19,73	171,35	98,29	17,89
2179	173,16	108,35	19,86	170,98	96,61	17,51
2189	173,00	107,52	19,68	170,92	96,25	17,45
2199	173,08	107,94	19,78	171,07	96,80	17,59
2209	173,22	108,68	19,93	171,20	97,52	17,74
2219	173,66	111,04	20,44	171,75	100,45	18,32
2229	173,21	108,64	19,92	171,15	97,24	17,68
2239	173,29	109,05	20,01	171,68	100,04	18,23
2249	173,38	109,56	20,12	171,87	101,08	18,44
2259	173,40	109,65	20,14	171,61	99,70	18,17
2269	173,26	108,92	19,98	171,72	100,27	18,28
2279	173,15	108,31	19,85	171,45	98,85	18,00
2289	173,38	109,54	20,11	171,64	99,85	18,20
2299	173,51	110,23	20,27	171,68	100,08	18,24

Tabulka 35. Vývoj hladiny jezera Most v případě nulových externích dotací

Rok	K_{GR4J} [m n. m.]	A_{GR4J} [ha]	V_{GR4J} [10^6 m^3]	K_{TUW} [m n. m.]	A_{TUW} [ha]	V_{TUW} [10^6 m^3]
2020	198,65	310,35	74,36	198,66	310,39	74,39
2030	195,70	290,57	65,29	195,51	289,17	64,72
2040	192,88	262,73	57,22	192,72	261,20	56,79
2050	190,45	241,84	50,87	190,15	239,38	50,11
2060	188,05	221,84	45,10	187,54	217,22	43,94
2070	185,85	201,41	40,24	185,26	194,91	39,00
2080	183,85	184,72	36,21	183,19	180,03	34,97
2090	182,12	172,68	32,99	181,44	168,44	31,80
2100	180,64	163,31	30,43	179,92	158,38	29,21
2110	179,40	154,24	28,38	178,46	146,53	26,87
2120	178,16	144,08	26,41	177,16	134,48	24,94
2130	177,53	138,15	25,48	176,33	126,69	23,78
2140	176,60	129,20	24,15	175,39	120,23	22,54

2150	176,01	123,71	23,33	174,71	116,53	21,68
2160	175,58	121,27	22,78	174,44	115,13	21,36
2170	175,20	119,15	22,31	173,75	111,55	20,54
2180	175,05	118,31	22,10	173,69	111,23	20,47
2190	174,87	117,35	21,88	173,06	107,81	19,74
2200	174,36	114,75	21,27	172,70	105,80	19,35
2210	174,12	113,51	20,98	172,49	104,57	19,11
2220	174,06	113,21	20,91	172,36	103,82	18,97
2230	174,32	114,52	21,21	172,59	105,15	19,23
2240	173,74	111,48	20,53	172,00	101,77	18,58
2250	173,76	111,58	20,55	172,33	103,62	18,93
2260	173,71	111,32	20,49	172,57	105,03	19,20
2270	173,68	111,17	20,46	172,04	101,98	18,62
2280	173,51	110,24	20,26	172,12	102,47	18,71
2290	173,32	109,25	20,05	171,72	100,25	18,27
2300	173,53	110,38	20,29	171,90	101,21	18,46
2310	173,64	110,96	20,42	171,93	101,41	18,51

Tabulka 36. Průběh plnění lomové jámy Bílina

Rok	K_{GR4J} [m n. m.]	A_{GR4J} [ha]	V_{GR4J} [10^6 m^3]	K_{TUW} [m n. m.]	A_{TUW} [ha]	V_{TUW} [10^6 m^3]
2020	28,51	16,24	2,10	29,03	16,87	2,19
2030	62,61	102,10	22,10	60,98	98,67	20,45
2040	77,60	138,90	39,96	75,82	133,99	37,53
2050	88,04	179,09	56,18	86,40	168,68	53,33
2060	94,69	220,92	69,54	93,05	211,27	66,01
2070	99,95	253,28	82,02	98,04	242,36	77,27
2080	103,78	272,19	92,11	102,17	265,57	87,78
2090	107,36	286,34	102,11	105,75	279,95	97,54
2100	111,07	302,63	113,05	108,94	293,34	106,68
2110	113,96	314,77	121,94	111,77	305,42	115,17
2120	116,53	338,63	130,37	114,02	315,37	122,15
2130	118,64	359,75	137,76	116,47	338,03	130,16
2140	120,12	374,46	143,16	117,69	350,27	134,37
2150	121,78	390,42	149,50	119,58	369,11	141,16
2160	122,93	402,03	154,10	121,30	385,79	147,66
2170	123,96	412,53	158,32	122,05	393,08	150,56
2180	124,90	422,72	162,23	123,21	404,90	155,24
2190	125,81	432,57	166,06	123,78	410,69	157,53
2200	126,14	436,04	167,50	124,13	414,35	158,98
2210	126,84	443,03	170,62	124,89	422,60	162,18
2220	127,51	449,63	173,57	125,56	429,87	165,01
2230	127,82	452,76	174,98	126,12	435,84	167,42
2240	128,16	456,17	176,52	126,21	436,71	167,81
2250	128,71	461,83	179,09	126,71	441,75	170,06
2260	128,95	464,28	180,19	127,06	445,20	171,60
2270	129,02	465,03	180,54	127,33	447,88	172,80
2280	129,35	468,38	182,05	127,56	450,19	173,83

2290	129,64	471,37	183,41	127,60	450,58	174,00
2300	130,04	475,49	185,24	128,13	455,82	176,35
2310	130,23	477,89	186,18	128,43	458,96	177,78

Tabulka 37. Průběh plnění lomové jámy Bílina s hydrogeologickým přítokem 45 l/s

Rok	K_{GR4J} [m n. m.]	A_{GR4J} [ha]	V_{GR4J} [10^6 m^3]	K_{TUW} [m n. m.]	A_{TUW} [ha]	V_{TUW} [10^6 m^3]
2020	35,51	24,61	3,51	35,87	25,34	3,59
2030	75,16	132,14	36,67	73,86	128,49	34,97
2040	93,21	212,20	66,36	92,13	205,97	64,06
2050	103,95	272,89	92,57	102,92	268,65	89,80
2060	111,99	306,30	115,83	110,83	301,68	112,33
2070	118,72	360,51	138,05	117,34	346,70	133,15
2080	123,57	408,51	156,67	122,51	397,70	152,39
2090	127,48	449,32	173,44	126,56	440,19	169,35
2100	131,04	488,09	190,13	129,87	473,67	184,45
2110	133,75	527,23	203,86	132,59	509,26	197,86
2120	136,07	557,28	216,40	134,72	540,33	209,05
2130	138,11	571,26	227,93	136,78	562,18	220,42
2140	139,85	582,06	237,93	138,30	572,47	229,04
2150	141,62	594,00	248,38	140,11	583,75	239,45
2160	143,10	600,03	257,23	141,94	596,16	250,26
2170	144,66	604,90	266,67	143,11	600,04	257,32
2180	146,15	609,57	275,63	144,65	604,90	266,57
2190	147,69	614,16	285,10	145,95	608,98	274,44
2200	148,80	616,98	291,95	147,00	612,11	280,88
2210	150,27	622,71	301,05	148,28	615,73	288,68
2220	151,85	639,66	311,00	149,92	620,11	298,85
2230	152,78	650,37	317,02	151,05	631,11	305,96
2240	153,59	659,95	322,35	151,94	640,55	311,53
2250	154,48	670,37	328,23	152,74	649,87	316,73
2260	155,16	678,42	332,83	153,58	659,75	322,23
2270	155,97	688,05	338,33	154,15	666,51	326,02
2280	156,72	693,93	343,52	155,04	677,02	332,02
2290	157,44	699,52	348,54	155,42	681,53	334,60
2300	158,13	704,19	353,34	156,36	691,17	341,04
2310	158,45	705,04	355,61	156,75	694,16	343,73

Tabulka 38. Průběh plnění lomové jámy Bílina s hydrogeologickým přítokem 90 l/s

Rok	K_{GR4J} [m n. m.]	A_{GR4J} [ha]	V_{GR4J} [10^6 m^3]	K_{TUW} [m n. m.]	A_{TUW} [ha]	V_{TUW} [10^6 m^3]
2020	39,79	41,39	4,91	40,00	42,22	4,99
2030	85,21	162,47	51,38	84,14	157,41	49,65
2040	103,93	272,80	92,52	103,09	269,37	90,27
2050	116,52	338,58	130,37	115,70	330,64	127,61
2060	125,14	425,28	163,23	124,35	416,65	159,87
2070	131,73	496,80	193,51	130,78	484,85	188,88
2080	136,59	560,87	219,34	135,81	554,31	214,96
2090	140,78	588,32	243,44	140,11	583,77	239,47

2100	144,97	605,89	268,48	143,86	602,41	261,80
2110	148,64	616,59	290,93	147,65	614,04	284,85
2120	152,20	643,55	313,23	151,03	630,84	305,82
2130	155,43	681,63	334,67	154,19	666,98	326,29
2140	158,03	703,89	352,63	156,70	693,80	343,39
2150	160,81	711,19	372,34	159,51	707,86	363,10
2160	163,30	717,86	390,13	162,16	714,60	381,94
2170	165,91	737,88	409,06	164,44	723,98	398,35
2180	168,04	769,62	425,13	166,73	749,91	415,25
2190	169,98	787,31	440,26	168,60	774,71	429,48
2200	171,59	797,85	453,00	170,27	789,19	442,50
2210	173,37	818,76	467,43	171,93	800,09	455,70
2220	175,10	841,69	481,81	173,86	825,27	471,42
2230	176,38	855,00	492,61	175,17	842,52	482,35
2240	177,41	858,97	501,46	176,18	854,22	490,87
2250	178,64	863,62	512,01	177,23	858,27	499,90
2260	179,82	868,07	522,27	178,52	863,19	511,01
2270	181,10	878,15	533,44	179,49	866,84	519,42
2280	182,14	887,65	542,62	180,68	874,52	529,72
2290	183,23	901,47	552,43	181,62	882,59	537,98
2300	184,31	912,48	562,18	182,86	896,72	549,06
2310	185,09	915,80	569,36	183,72	907,63	556,81

Tabulka 39. Průběh plnění lomové jámy Bílina s externí dotací z Bíliny (1000 l/s) a s hydrogeologickým přítokem 45 l/s (průběh končí rokem s hodnotou kóty hladiny vyšší než 200 m n. m.)

Rok	K_{GR4J} [m n. m.]	A_{GR4J} [ha]	V_{GR4J} [10^6 m^3]	K_{TUW} [m n. m.]	A_{TUW} [ha]	V_{TUW} [10^6 m^3]
2020	73,63	127,82	34,76	73,66	127,89	34,79
2021	94,52	219,88	69,26	94,42	219,30	69,05
2022	107,79	288,06	103,42	107,61	287,35	102,92
2023	118,46	357,90	137,17	118,25	355,88	136,44
2024	126,80	442,61	170,53	126,64	441,05	169,83
2025	133,74	527,02	203,88	133,59	524,74	203,11
2026	139,51	579,95	236,06	139,40	579,27	235,43
2027	145,00	606,00	268,78	144,87	605,57	267,96
2028	150,28	622,82	301,18	150,09	620,76	299,97
2029	155,18	678,64	333,04	154,98	676,27	331,68
2030	159,80	708,65	365,25	159,58	708,05	363,68
2031	164,29	722,60	397,36	164,07	720,50	395,73
2032	168,62	774,91	429,75	168,37	772,59	427,76
2033	172,62	808,76	461,38	172,35	805,24	459,23
2034	176,38	855,01	492,71	176,25	854,50	491,56
2035	179,97	868,63	523,61	179,86	868,21	522,67
2036	183,50	904,82	554,89	183,38	903,31	553,85
2037	186,85	922,24	585,53	186,74	921,90	584,51
2038	190,12	967,16	616,25	190,00	965,08	615,11
2039	193,17	1013,21	646,58	193,03	1011,62	645,09
2040	196,14	1033,98	676,91	195,96	1030,04	675,04

2041	199,05	1094,46	708,08	198,77	1092,19	705,09
2042	201,73	1109,93	737,62	201,56	1109,22	735,82

Tabulka 40. Průběh plnění lomové jámy Bílina s externí dotací z Bíliny (1000 l/s) a s hydrogeologickým přítokem 90 l/s (průběh končí rokem s hodnotou kóty hladiny vyšší než 200 m n. m.)

Rok	K_{GR4J} [m n. m.]	A_{GR4J} [ha]	V_{GR4J} [10^6 m^3]	K_{TUW} [m n. m.]	A_{TUW} [ha]	V_{TUW} [10^6 m^3]
2020	74,72	130,90	36,18	74,74	130,97	36,21
2021	95,77	227,60	72,06	95,68	227,01	71,85
2022	109,22	294,69	107,62	109,05	293,87	107,11
2023	119,98	373,11	142,71	119,78	371,13	141,99
2024	128,33	457,96	177,42	128,19	456,46	176,74
2025	135,26	547,31	212,09	135,13	545,60	211,37
2026	141,14	590,77	245,66	141,04	590,05	245,04
2027	146,81	611,52	279,75	146,68	611,15	278,97
2028	152,24	644,01	313,57	152,05	641,80	312,34
2029	157,16	697,39	346,72	156,97	695,89	345,36
2030	161,92	713,94	380,31	161,70	713,39	378,73
2031	166,53	746,76	413,79	166,31	743,50	412,17
2032	170,88	793,23	447,48	170,63	791,58	445,47
2033	174,92	839,33	480,40	174,67	836,02	478,30
2034	178,75	864,05	513,08	178,61	863,53	511,89
2035	182,43	891,36	545,33	182,33	890,08	544,42
2036	186,02	919,71	577,91	185,90	919,23	576,84
2037	189,45	954,28	609,90	189,34	952,16	608,87
2038	192,70	1008,10	641,81	192,59	1006,85	640,66
2039	195,79	1029,38	673,36	195,66	1028,86	672,02
2040	198,76	1092,10	704,98	198,60	1090,72	703,16
2041	201,71	1109,86	737,45	201,44	1108,69	734,46

Tabulka 41. Průběh plnění lomové jámy Bílina s externí dotací z Bíliny (1000 l/s), z Loučenského potoka (100 l/s) a s hydrogeologickým přítokem 45 l/s (průběh končí rokem s hodnotou kóty hladiny vyšší než 200 m n. m.)

Rok	K_{GR4J} [m n. m.]	A_{GR4J} [ha]	V_{GR4J} [10^6 m^3]	K_{TUW} [m n. m.]	A_{TUW} [ha]	V_{TUW} [10^6 m^3]
2020	76,03	134,58	37,91	76,05	134,63	37,94
2021	97,24	237,15	75,49	97,15	236,52	75,27
2022	110,94	302,11	112,75	110,77	301,44	112,24
2023	121,75	390,12	149,48	121,56	388,35	148,78
2024	130,14	476,78	185,84	130,00	475,11	185,18
2025	137,07	564,16	222,13	136,94	563,31	221,43
2026	143,11	600,06	257,39	143,01	599,74	256,78
2027	148,99	617,41	293,17	148,86	617,12	292,40
2028	154,53	670,94	328,65	154,34	668,78	327,42
2029	159,53	707,94	363,38	159,35	707,44	362,07
2030	164,48	724,36	398,72	164,26	722,29	397,12
2031	169,14	779,64	433,79	168,93	777,72	432,15
2032	173,57	821,40	469,16	173,32	818,07	467,11
2033	177,65	859,88	503,58	177,41	858,97	501,55

2034	181,60	882,48	537,97	181,47	881,29	536,74
2035	185,36	916,91	571,82	185,26	916,51	570,96
2036	189,05	946,33	606,07	188,93	944,07	605,00
2037	192,47	1005,62	639,51	192,38	1004,59	638,54
2038	195,76	1029,23	673,00	195,65	1028,79	671,87
2039	198,87	1092,96	706,10	198,74	1091,95	704,78
2040	201,87	1110,55	739,20	201,71	1109,88	737,50

Tabulka 42. Průběh plnění lomové jámy Bílina s externí dotací z Bíliny (1000 l/s), z Loučenského potoka (100 l/s) a s hydrogeologickým přítokem 90 l/s (průběh končí rokem s hodnotou kóty hladiny vyšší než 200 m n. m.)

Rok	K_{GR4J} [m n. m.]	A_{GR4J} [ha]	V_{GR4J} [10^6 m^3]	K_{TUW} [m n. m.]	A_{TUW} [ha]	V_{TUW} [10^6 m^3]
2020	77,06	137,41	39,32	77,07	137,46	39,35
2021	98,41	244,47	78,30	98,32	243,97	78,08
2022	112,32	307,71	116,95	112,15	307,00	116,44
2023	123,14	404,12	155,03	122,96	402,33	154,33
2024	131,55	494,57	192,74	131,42	492,90	192,09
2025	138,52	573,78	230,36	138,40	573,05	229,67
2026	144,71	605,07	267,00	144,61	604,76	266,41
2027	150,75	627,90	304,18	150,63	626,57	303,40
2028	156,34	691,02	341,00	156,16	689,63	339,75
2029	161,46	712,81	377,07	161,28	712,35	375,77
2030	166,53	746,80	413,81	166,31	743,53	412,20
2031	171,22	795,45	450,18	171,01	794,07	448,51
2032	175,69	849,44	486,86	175,45	846,23	484,80
2033	179,86	868,21	522,66	179,62	867,32	520,63
2034	183,88	909,67	558,35	183,75	907,97	557,15
2035	187,72	924,91	593,58	187,63	924,62	592,72
2036	191,42	990,28	629,06	191,31	988,33	627,98
2037	194,86	1025,60	663,76	194,76	1025,23	662,80
2038	198,17	1087,15	698,50	198,07	1086,31	697,39
2039	201,30	1108,07	732,90	201,18	1107,56	731,60

Tabulka 43. Průběh plnění lomové jámy ČSA

Rok	K_{GR4J} [m n. m.]	A_{GR4J} [ha]	V_{GR4J} [10^6 m^3]	K_{TUW} [m n. m.]	A_{TUW} [ha]	V_{TUW} [10^6 m^3]
2020	71,90	23,33	1,90	71,03	21,98	1,71
2030	102,43	91,66	19,14	99,72	84,98	16,76
2040	114,95	148,23	33,67	111,97	132,70	29,47
2050	122,09	184,16	45,58	119,27	170,56	40,56
2060	127,00	207,19	55,18	124,06	193,40	49,30
2070	131,36	228,98	64,70	127,94	212,04	57,16
2080	134,57	246,65	72,34	131,23	228,25	64,39
2090	137,21	261,95	79,05	134,13	244,27	71,25
2100	140,13	282,15	86,95	136,19	255,79	76,40
2110	142,23	298,81	93,08	138,18	267,83	81,60
2120	143,57	308,57	97,12	139,73	279,06	85,85
2130	145,07	319,99	101,88	141,20	290,70	90,04
2140	145,92	327,23	104,61	142,12	297,99	92,75

2150	147,04	337,62	108,33	143,29	306,64	96,28
2160	147,62	343,25	110,28	144,42	314,86	99,77
2170	148,55	352,56	113,57	144,79	317,73	100,98
2180	149,06	357,70	115,32	145,62	324,67	103,64
2190	149,82	365,10	118,10	145,98	327,71	104,80
2200	149,84	365,29	118,17	146,08	328,58	105,11
2210	150,22	369,16	119,57	146,77	335,01	107,40
2220	150,59	373,16	120,95	147,14	338,57	108,65
2230	150,93	376,82	122,22	147,61	343,15	110,25
2240	151,02	377,73	122,55	147,46	341,67	109,74
2250	151,29	380,68	123,57	147,76	344,70	110,79
2260	151,37	381,60	123,90	148,08	347,83	111,89
2270	151,37	381,60	123,90	148,06	347,67	111,83
2280	151,51	383,11	124,42	148,18	348,84	112,23
2290	151,60	384,12	124,79	147,99	346,90	111,56
2300	151,94	387,83	126,07	148,44	351,43	113,13
2310	152,00	388,43	126,28	148,58	352,90	113,64

Tabulka 44. Průběh plnění lomové jámy ČSA s hydrogeologickým přítokem 21 l/s

Rok	K_{GR4J} [m n. m.]	A_{GR4J} [ha]	V_{GR4J} [10_6 m_3]	K_{TUW} [m n. m.]	A_{TUW} [ha]	V_{TUW} [10_6 m_3]
2020	74,45	27,28	2,55	73,73	26,16	2,36
2030	108,96	114,64	25,77	106,80	104,49	23,42
2040	121,87	183,21	45,19	119,49	171,71	40,96
2050	130,06	222,36	61,75	127,66	210,60	56,57
2060	135,95	254,34	75,77	133,52	241,00	69,77
2070	140,86	288,05	89,05	138,15	267,62	81,52
2080	144,48	315,38	99,99	141,96	296,75	92,26
2090	147,32	340,36	109,29	145,13	320,44	102,02
2100	150,14	368,34	119,27	147,34	340,54	109,35
2110	152,28	391,60	127,41	149,43	361,34	116,70
2120	153,74	406,54	133,23	151,04	377,91	122,60
2130	155,23	419,15	139,37	152,54	394,42	128,42
2140	156,28	427,62	143,81	153,47	404,00	132,14
2150	157,35	436,26	148,44	154,57	413,72	136,63
2160	158,18	443,09	152,11	155,65	422,60	141,16
2170	159,19	451,79	156,69	156,18	426,81	143,38
2180	159,89	457,87	159,81	157,05	433,79	147,12
2190	160,74	465,58	163,74	157,60	438,24	149,52
2200	161,00	467,86	164,90	157,84	440,22	150,59
2210	161,67	473,97	168,07	158,67	447,29	154,29
2220	162,28	479,87	170,99	159,20	451,81	156,64
2230	162,56	482,82	172,37	159,58	455,14	158,39
2240	162,82	485,44	173,60	159,62	455,50	158,57
2250	163,24	490,30	175,68	160,07	459,41	160,61
2260	163,59	494,50	177,36	160,34	461,87	161,86
2270	163,57	494,25	177,26	160,50	463,33	162,60
2280	163,76	496,64	178,22	160,78	465,86	163,89
2290	164,05	500,10	179,68	160,74	465,56	163,73

2300	164,39	503,35	181,37	161,28	470,49	166,26
2310	164,45	503,94	181,70	161,38	471,37	166,73

Tabulka 45. Průběh plnění lomové jámy ČSA s hydrogeologickým přítokem 42 l/s

Rok	K_{GR4J} [m n. m.]	A_{GR4J} [ha]	V_{GR4J} [10^6 m^3]	K_{TUW} [m n. m.]	A_{TUW} [ha]	V_{TUW} [10^6 m^3]
2020	76,68	30,88	3,20	76,06	29,84	3,01
2030	114,02	143,95	32,32	112,38	135,26	30,02
2040	127,84	211,50	56,95	125,78	201,35	52,70
2050	136,95	260,39	78,36	134,93	248,57	73,22
2060	143,42	307,51	96,66	141,45	292,68	90,76
2070	148,53	352,38	113,46	146,37	331,28	106,08
2080	152,26	391,36	127,33	150,31	370,17	119,92
2090	155,15	418,52	139,04	153,47	404,00	132,14
2100	158,05	441,97	151,52	155,79	423,70	141,74
2110	160,52	463,53	162,70	158,05	441,97	151,54
2120	162,37	480,82	171,44	159,97	458,55	160,17
2130	164,11	500,62	179,99	161,67	474,01	168,14
2140	165,45	513,13	186,77	163,01	487,46	174,53
2150	166,77	525,38	193,62	164,35	503,01	181,20
2160	167,75	534,83	198,83	165,67	515,05	187,91
2170	168,97	546,75	205,41	166,42	521,97	191,79
2180	169,79	555,84	209,91	167,45	531,92	197,22
2190	170,75	567,14	215,32	168,21	539,23	201,26
2200	171,09	571,22	217,24	168,67	543,79	203,78
2210	171,86	580,91	221,69	169,46	552,23	208,12
2220	172,53	590,03	225,63	170,16	560,16	212,00
2230	172,83	594,12	227,38	170,54	564,59	214,13
2240	173,18	598,81	229,48	170,70	566,50	215,02
2250	173,66	604,99	232,38	171,27	573,49	218,28
2260	174,00	609,31	234,42	171,64	578,18	220,44
2270	174,10	610,57	235,05	171,83	580,54	221,52
2280	174,35	613,58	236,56	172,12	584,26	223,19
2290	174,63	617,03	238,30	172,08	583,74	222,95
2300	175,00	621,55	240,57	172,66	591,72	226,35
2310	175,10	622,60	241,18	172,79	593,57	227,17

Tabulka 46. Průběh plnění lomové jámy ČSA s externí dotací 332 l/s z Bíliny (průběh končí rokem s hodnotou kóty hladiny vyšší než 180 m n. m.)

Rok	K_{GR4J} [m n. m.]	A_{GR4J} [ha]	V_{GR4J} [10^6 m^3]	K_{TUW} [m n. m.]	A_{TUW} [ha]	V_{TUW} [10^6 m^3]
2020	93,88	71,79	12,21	93,65	71,31	12,05
2021	107,56	107,38	24,24	107,17	105,85	23,83
2022	116,56	156,96	36,15	116,09	154,57	35,43
2023	123,12	188,89	47,53	122,68	186,85	46,70
2024	128,82	216,35	59,08	128,31	213,83	57,96
2025	133,87	242,88	70,65	133,38	240,26	69,46
2026	138,20	267,97	81,69	137,71	264,88	80,37

2027	142,08	297,68	92,65	141,59	293,78	91,20
2028	145,60	324,43	103,57	145,07	319,97	101,87
2029	148,69	354,06	114,07	148,13	348,39	112,10
2030	151,64	384,48	124,93	151,04	377,98	122,65
2031	154,28	411,33	135,46	153,65	405,66	132,88
2032	156,87	432,35	146,37	156,21	427,10	143,56
2033	159,14	451,33	156,42	158,47	445,56	153,42
2034	161,32	470,78	166,44	160,77	465,79	163,88
2035	163,41	492,36	176,53	162,89	486,15	173,96
2036	165,34	512,15	186,21	164,85	507,76	183,70
2037	167,21	529,63	195,97	166,67	524,44	193,14
2038	168,97	546,72	205,41	168,47	541,80	202,71
2039	170,74	567,00	215,28	170,10	559,42	211,67
2040	172,33	587,25	224,48	171,73	579,22	220,94
2041	173,95	608,70	234,15	173,29	600,23	230,18
2042	175,43	626,41	243,31	174,84	619,56	239,60
2043	176,97	642,47	253,02	176,28	635,63	248,68
2044	178,29	656,16	261,66	177,61	649,23	257,21
2045	179,66	669,51	270,73	179,00	663,01	266,30
2046	180,99	682,12	279,66	180,31	675,76	275,10

Tabulka 47. Průběh plnění lomové jámy ČSA s externí dotací 500 l/s z Bíliny a krušnohorských potoků (průběh končí rokem s hodnotou kóty hladiny vyšší než 180 m n. m.)

Rok	K_{GR4J} [m n. m.]	A_{GR4J} [ha]	V_{GR4J} [10^6 m^3]	K_{TUW} [m n. m.]	A_{TUW} [ha]	V_{TUW} [10^6 m^3]
2020	100,50	86,91	17,46	100,33	86,49	17,31
2021	115,56	151,62	34,63	115,29	150,08	34,22
2022	125,22	198,74	51,60	124,87	197,14	50,92
2023	132,80	237,06	68,09	132,45	235,02	67,26
2024	139,29	275,63	84,67	138,88	272,60	83,55
2025	144,82	317,96	101,09	144,47	315,25	99,98
2026	149,53	362,25	117,08	149,17	358,77	115,77
2027	153,63	405,47	132,81	153,26	402,02	131,34
2028	157,34	436,14	148,42	156,96	433,07	146,77
2029	160,69	465,10	163,54	160,29	461,39	161,66
2030	163,91	498,52	179,02	163,49	493,30	176,93
2031	166,91	526,70	194,37	166,43	522,07	191,89
2032	169,78	555,80	209,93	169,30	550,38	207,25
2033	172,36	587,60	224,64	171,88	581,19	221,86
2034	174,79	618,97	239,32	174,38	613,94	236,79
2035	177,09	643,80	253,86	176,71	639,89	251,40
2036	179,25	665,44	267,97	178,88	661,85	265,59
2037	181,36	685,48	282,25	180,97	681,99	279,58

Tabulka 48. Průběh plnění lomové jámy ČSA s externí dotací 1000 l/s z Ohře (průběh končí rokem s hodnotou kóty hladiny vyšší než 180 m n. m.)

Rok	K_{GR4J} [m n. m.]	A_{GR4J} [ha]	V_{GR4J} [10^6 m^3]	K_{TUW} [m n. m.]	A_{TUW} [ha]	V_{TUW} [10^6 m^3]
2020	114,51	146,17	33,10	114,43	145,81	32,99
2021	131,75	231,04	65,67	131,56	230,04	65,24
2022	143,78	310,11	97,88	143,59	308,78	97,30
2023	152,77	396,97	129,41	152,58	394,82	128,64
2024	160,10	459,70	160,84	159,89	457,82	159,87
2025	166,46	522,30	192,05	166,26	520,40	191,03
2026	172,04	583,26	222,84	171,81	580,28	221,48
2027	176,97	642,55	253,14	176,73	640,06	251,55
2028	181,46	686,39	282,99	181,25	684,50	281,53

Tabulka 49. Průběh plnění lomové jámy ČSA s externí dotací 332 l/s z Bíliny a s hydrogeologickým přítokem 21 l/s (průběh končí rokem s hodnotou kóty hladiny vyšší než 180 m n. m.)

Rok	K_{GR4J} [m n. m.]	A_{GR4J} [ha]	V_{GR4J} [10^6 m^3]	K_{TUW} [m n. m.]	A_{TUW} [ha]	V_{TUW} [10^6 m^3]
2020	94,78	73,67	12,86	94,56	73,22	12,71
2021	108,74	113,36	25,54	108,37	111,22	25,13
2022	117,76	163,21	38,08	117,31	160,89	37,36
2023	124,45	195,21	50,09	124,03	193,24	49,27
2024	130,27	223,44	62,27	129,77	220,97	61,15
2025	135,41	251,27	74,45	134,94	248,62	73,27
2026	139,82	279,70	86,11	139,34	276,03	84,80
2027	143,73	309,75	97,67	143,26	306,39	96,22
2028	147,28	339,98	109,18	146,78	335,18	107,49
2029	150,40	371,05	120,24	149,87	365,50	118,28
2030	153,34	402,78	131,65	152,78	397,12	129,40
2031	156,03	425,67	142,79	155,42	420,73	140,21
2032	158,66	447,19	154,27	158,04	441,81	151,48
2033	160,99	467,81	164,90	160,35	461,95	161,93
2034	163,21	489,82	175,51	162,68	484,01	172,96
2035	165,33	512,07	186,16	164,82	507,54	183,59
2036	167,29	530,39	196,39	166,82	525,86	193,90
2037	169,20	549,31	206,71	168,69	543,97	203,90
2038	170,99	570,03	216,72	170,52	564,36	214,03
2039	172,78	593,36	227,09	172,17	585,02	223,52
2040	174,39	614,03	236,82	173,81	606,89	233,32
2041	176,03	633,07	247,05	175,40	626,02	243,10
2042	177,54	648,46	256,73	176,97	642,48	253,04
2043	179,10	664,01	266,98	178,44	657,60	262,64
2044	180,47	677,27	276,19	179,81	670,97	271,73
2045				181,24	684,39	281,40

Tabulka 50. Průběh plnění lomové jámy ČSA s externí dotací 332 l/s z Bíliny a s hydrogeologickým přítokem 42 l/s (průběh končí rokem s hodnotou kóty hladiny vyšší než 180 m n. m.)

Rok	K_{GR4J} [m n. m.]	A_{GR4J} [ha]	V_{GR4J} [10^6 m^3]	K_{TUW} [m n. m.]	A_{TUW} [ha]	V_{TUW} [10^6 m^3]
2020	95,66	75,54	13,52	95,44	75,09	13,36
2021	109,86	118,91	26,84	109,50	117,23	26,43
2022	118,92	168,84	40,01	118,49	166,80	39,29
2023	125,75	201,20	52,66	125,33	199,29	51,83
2024	131,68	230,68	65,46	131,20	228,08	64,35
2025	136,90	260,07	78,25	136,45	257,34	77,09
2026	141,36	292,00	90,53	140,91	288,44	89,22
2027	145,32	322,11	102,69	144,87	318,34	101,24
2028	148,89	356,09	114,78	148,42	351,26	113,10
2029	152,02	388,72	126,42	151,51	383,13	124,46
2030	154,99	417,19	138,38	154,45	412,72	136,16
2031	157,73	439,32	150,13	157,14	434,59	147,57
2032	160,40	462,46	162,19	159,80	457,05	159,41
2033	162,77	484,96	173,40	162,16	478,67	170,46
2034	165,02	509,44	184,59	164,52	504,58	182,05
2035	167,18	529,35	195,82	166,69	524,63	193,24
2036	169,18	549,06	206,59	168,73	544,39	204,14
2037	171,13	571,67	217,48	170,63	565,74	214,68
2038	172,93	595,51	228,01	172,48	589,29	225,35
2039	174,72	618,15	238,90	174,15	611,20	235,39
2040	176,36	636,39	249,17	175,81	630,66	245,70
2041	178,04	653,70	259,99	177,43	647,35	256,05
2042	179,58	668,73	270,20	179,03	663,34	266,52
2043	181,18	683,87	281,00	180,54	677,92	276,65

Tabulka 51. Průběh plnění lomové jámy ČSA s externí dotací 500 l/s z Bíliny a krušnohorských potoků a s hydrogeologickým přítokem 21 l/s (průběh končí rokem s hodnotou kóty hladiny vyšší než 180 m n. m.)

Rok	K_{GR4J} [m n. m.]	A_{GR4J} [ha]	V_{GR4J} [10^6 m^3]	K_{TUW} [m n. m.]	A_{TUW} [ha]	V_{TUW} [10^6 m^3]
2020	101,25	88,74	18,11	101,08	88,34	17,97
2021	116,40	156,17	35,93	116,14	154,81	35,52
2022	126,18	203,21	53,54	125,84	201,62	52,86
2023	133,87	242,89	70,66	133,53	241,06	69,84
2024	140,43	284,60	87,87	140,04	281,47	86,75
2025	146,00	327,88	104,90	145,66	324,97	103,79
2026	150,73	374,61	121,50	150,38	370,85	120,19
2027	154,85	416,07	137,84	154,49	413,08	136,35
2028	158,61	446,73	154,04	158,24	443,55	152,39
2029	162,01	477,13	169,75	161,62	473,52	167,88
2030	165,26	511,48	185,82	164,85	507,81	183,74
2031	168,29	540,06	201,77	167,83	535,57	199,28
2032	171,20	572,59	217,91	170,73	566,92	215,26
2033	173,79	606,62	233,19	173,34	600,78	230,45
2034	176,24	635,20	248,42	175,85	631,06	245,93

2035	178,58	658,94	263,55	178,21	655,36	261,13
2036	180,77	680,13	278,25	180,42	676,75	275,88

Tabulka 52. Průběh plnění lomové jámy ČSA s externí dotací 500 l/s z Bíliny a krušnohorských potoků a s hydrogeologickým přítokem 42 l/s (průběh končí rokem s hodnotou kóty hladiny vyšší než 180 m n. m.)

Rok	K_{GR4J} [m n. m.]	A_{GR4J} [ha]	V_{GR4J} [10_6 m_3]	K_{TUW} [m n. m.]	A_{TUW} [ha]	V_{TUW} [10_6 m_3]
2020	101,98	90,51	18,77	101,82	90,12	18,63
2021	117,22	160,41	37,23	116,97	159,09	36,82
2022	127,12	207,78	55,47	126,79	206,16	54,80
2023	134,92	248,51	73,24	134,59	246,72	72,41
2024	141,54	293,41	91,07	141,16	290,42	89,96
2025	147,14	338,60	108,72	146,82	335,47	107,61
2026	151,89	387,25	125,92	151,55	383,52	124,61
2027	156,05	425,79	142,87	155,69	422,92	141,37
2028	159,85	457,50	159,67	159,49	454,36	158,02
2029	163,30	490,93	175,98	162,92	486,45	174,12
2030	166,58	523,47	192,64	166,18	519,61	190,57
2031	169,65	554,27	209,17	169,20	549,22	206,69
2032	172,57	590,56	225,91	172,12	584,36	223,26
2033	175,18	623,59	241,76	174,75	618,42	239,05
2034	177,66	649,76	257,55	177,28	645,75	255,08
2035	180,04	673,19	273,27	179,68	669,69	270,87
2036				181,93	690,56	286,19

Tabulka 53. Průběh plnění lomové jámy ČSA s externí dotací 1000 l/s z Ohře a s hydrogeologickým přítokem 21 l/s (průběh končí rokem s hodnotou kóty hladiny vyšší než 180 m n. m.)

Rok	K_{GR4J} [m n. m.]	A_{GR4J} [ha]	V_{GR4J} [10_6 m_3]	K_{TUW} [m n. m.]	A_{TUW} [ha]	V_{TUW} [10_6 m_3]
2020	114,95	148,24	33,76	114,88	147,89	33,65
2021	132,31	234,18	66,97	132,13	233,13	66,55
2022	144,40	314,77	99,83	144,22	313,37	99,26
2023	153,41	403,41	131,98	153,22	401,63	131,22
2024	160,79	466,02	164,05	160,58	464,12	163,09
2025	167,18	529,37	195,88	166,99	527,55	194,87
2026	172,80	593,70	227,29	172,57	590,53	225,93
2027	177,76	650,76	258,21	177,51	648,19	256,62
2028	182,29	693,74	288,68	182,08	691,90	287,23

Tabulka 54. Průběh plnění lomové jámy ČSA s externí dotací 1000 l/s z Ohře a s hydrogeologickým přítokem 42 l/s (průběh končí rokem s hodnotou kóty hladiny vyšší než 180 m n. m.)

Rok	K_{GR4J} [m n. m.]	A_{GR4J} [ha]	V_{GR4J} [10_6 m_3]	K_{TUW} [m n. m.]	A_{TUW} [ha]	V_{TUW} [10_6 m_3]
2020	115,39	150,64	34,42	115,32	150,23	34,31
2021	132,86	237,42	68,28	132,68	236,37	67,86

2022	145,02	319,54	101,77	144,84	318,15	101,21
2023	154,04	409,35	134,55	153,86	407,65	133,79
2024	161,48	472,24	167,26	161,27	470,39	166,30
2025	167,90	536,26	199,71	167,72	534,47	198,72
2026	173,54	603,44	231,75	173,32	600,55	230,38
2027	178,53	658,47	263,29	178,29	656,12	261,69
2028	183,10	701,00	294,37	182,90	699,16	292,92

Tabulka 55. Průběh plnění lomové jámy Libouš

Rok	K_{GR4J} [m n. m.]	A_{GR4J} [ha]	V_{GR4J} [10^6 m^3]	K_{TUW} [m n. m.]	A_{TUW} [ha]	V_{TUW} [10^6 m^3]
2020	219,30	27,62	1,29	218,53	27,71	1,25
2030	226,26	151,24	9,58	226,02	147,49	8,69
2040	228,28	186,06	13,99	228,06	188,04	13,49
2050	229,85	209,05	17,89	229,34	208,07	16,84
2060	231,63	219,47	21,79	230,95	214,38	20,20
2070	232,31	222,85	23,36	231,92	221,32	22,32
2080	233,42	232,07	25,84	233,20	230,09	25,28
2090	234,15	238,11	27,49	234,00	237,19	27,05
2100	234,52	240,97	28,42	234,32	239,31	28,00
2110	235,10	245,61	29,68	234,80	243,45	29,03
2120	234,96	244,53	29,38	234,93	244,52	29,30
2130	235,56	248,24	30,97	235,46	247,38	30,74
2140	236,07	252,34	32,10	235,72	249,47	31,31
2150	236,20	258,97	32,60	236,17	253,51	32,43
2160	236,29	265,15	32,91	236,23	264,49	32,77
2170	236,07	252,34	32,11	235,83	250,41	31,58
2180	236,50	267,59	33,40	236,46	267,19	33,32
2190	236,46	266,94	33,27	236,19	258,71	32,52
2200	236,70	269,89	33,86	236,09	252,48	32,15
2210	237,12	274,74	34,85	236,46	267,14	33,31
2220	237,20	275,69	35,04	237,28	276,61	35,23
2230	236,79	270,94	34,08	236,78	270,89	34,07
2240	237,07	274,14	34,73	236,54	268,08	33,50
2250	237,61	278,90	35,99	236,71	270,03	33,89
2260	237,57	279,19	35,90	237,00	273,38	34,57
2270	236,76	270,56	34,01	236,44	266,91	33,26
2280	236,51	267,75	33,43	236,29	259,75	32,76
2290	236,54	268,14	33,52	236,28	265,03	32,88
2300	236,60	268,73	33,63	236,45	267,00	33,28
2310	237,26	276,31	35,17	236,74	270,41	33,97

Tabulka 56. Průběh plnění lomové jámy Libouš s externí dotací 1000 l/s z Ohře (průběh končí rokem s hodnotou kóty hladiny vyšší než 276 m n. m.)

Rok	K_{GR4J} [m n. m.]	A_{GR4J} [ha]	V_{GR4J} [10^6 m^3]	K_{TUW} [m n. m.]	A_{TUW} [ha]	V_{TUW} [10^6 m^3]
2020	236,06	252,23	32,16	236,03	252,02	32,10
2021	245,20	398,72	63,45	245,16	397,92	63,28
2022	251,97	502,37	93,96	251,96	502,24	93,92
2023	257,14	652,13	123,88	257,12	651,52	123,71

2024	261,34	760,20	153,42	261,32	759,56	153,28
2025	264,76	885,53	181,59	264,78	886,08	181,73
2026	267,77	979,84	209,71	267,77	979,60	209,65
2027	270,53	1049,54	237,82	270,52	1049,29	237,63
2028	273,16	1099,88	266,01	273,11	1099,05	265,53
2029	275,60	1142,05	293,39	275,51	1140,51	292,40
2030	277,86	1184,29	319,65	277,84	1183,95	319,42

Tabulka 57. Průběh plnění lomové jámy Vršany

Rok	K_{GR4J} [m n. m.]	A_{GR4J} [ha]	V_{GR4J} [10^6 m^3]	K_{TUW} [m n. m.]	A_{TUW} [ha]	V_{TUW} [10^6 m^3]
2020	171,05	31,45	0,60	170,81	29,77	0,53
2030	179,06	93,83	5,40	178,16	85,14	4,59
2040	181,77	116,75	8,25	180,96	109,87	7,33
2050	183,97	136,00	11,03	182,98	126,73	9,72
2060	184,88	143,51	12,30	183,72	133,61	10,69
2070	185,98	150,83	13,91	184,56	140,86	11,85
2080	186,57	154,35	14,82	185,09	145,07	12,60
2090	187,22	158,16	15,83	185,51	147,76	13,21
2100	187,68	160,79	16,56	186,18	152,05	14,22
2110	188,18	163,65	17,37	186,47	153,77	14,67
2120	188,60	166,06	18,06	186,98	156,78	15,46
2130	189,29	169,98	19,23	187,42	159,31	16,17
2140	189,25	169,78	19,17	186,81	155,77	15,20
2150	189,42	170,72	19,46	187,25	158,34	15,89
2160	189,44	170,81	19,48	187,51	159,82	16,29
2170	189,51	171,17	19,60	187,53	159,96	16,34
2180	189,90	173,38	20,28	187,73	161,12	16,65
2190	190,08	174,36	20,59	187,58	160,22	16,41
2200	189,73	172,42	19,98	187,32	158,74	16,00
2210	189,82	172,90	20,13	187,45	159,50	16,20
2220	190,02	174,02	20,48	187,54	160,00	16,34
2230	190,39	176,06	21,13	187,99	162,58	17,06
2240	189,64	171,91	19,82	187,32	158,72	15,99
2250	190,13	174,62	20,67	187,72	161,06	16,64
2260	190,30	175,57	20,97	187,97	162,48	17,03
2270	189,77	172,67	20,06	187,82	161,59	16,78
2280	190,06	174,25	20,55	187,76	161,24	16,69
2290	189,79	172,75	20,08	187,60	160,36	16,44
2300	190,50	176,64	21,32	187,82	161,62	16,79
2310	190,58	177,09	21,47	187,93	162,25	16,97

Tabulka 58. Průběh plnění lomové jámy Vršany s hydrogeologickým přítokem 12 l/s

Rok	K_{GR4J} [m n. m.]	A_{GR4J} [ha]	V_{GR4J} [10^6 m^3]	K_{TUW} [m n. m.]	A_{TUW} [ha]	V_{TUW} [10^6 m^3]
2020	172,08	38,09	0,96	171,88	36,78	0,89
2030	182,09	119,45	8,63	181,35	113,22	7,77
2040	185,95	150,66	13,87	185,30	146,42	12,91
2050	189,02	168,51	18,78	188,18	163,65	17,37

2060	190,98	179,32	22,19	189,93	173,50	20,32
2070	193,08	190,91	26,07	191,51	182,20	23,14
2080	194,48	198,97	28,80	193,00	190,42	25,92
2090	195,70	205,97	31,27	194,21	197,40	28,26
2100	196,79	212,11	33,56	195,20	203,12	30,24
2110	197,75	217,57	35,62	196,27	209,21	32,46
2120	198,53	221,99	37,33	196,78	212,08	33,53
2130	199,53	227,66	39,57	197,70	217,24	35,51
2140	199,92	229,86	40,45	197,77	217,65	35,65
2150	200,74	234,55	42,37	198,51	221,85	37,27
2160	201,13	236,73	43,27	199,37	226,79	39,22
2170	201,42	238,42	43,99	199,43	227,13	39,36
2180	201,97	241,49	45,28	200,14	231,12	40,97
2190	202,09	242,22	45,59	200,07	230,73	40,80
2200	202,07	242,10	45,54	200,04	230,56	40,73
2210	202,68	245,54	47,02	200,31	232,11	41,37
2220	203,09	247,90	48,04	200,74	234,56	42,37
2230	203,18	248,43	48,28	201,23	237,30	43,51
2240	202,88	246,67	47,50	200,84	235,10	42,60
2250	203,22	248,62	48,37	201,12	236,67	43,25
2260	203,34	249,33	48,66	201,23	237,31	43,52
2270	203,31	249,16	48,59	201,37	238,12	43,86
2280	203,44	249,91	48,91	201,58	239,30	44,36
2290	203,44	249,87	48,90	201,34	237,92	43,77
2300	204,06	253,48	50,47	201,65	239,69	44,52
2310	203,93	252,70	50,13	201,96	241,47	45,27

Tabulka 59. Průběh plnění lomové jámy Vršany s hydrogeologickým přítokem 24 l/s

Rok	K_{GR4J} [m n. m.]	A_{GR4J} [ha]	V_{GR4J} [10^6 m^3]	K_{TUW} [m n. m.]	A_{TUW} [ha]	V_{TUW} [10^6 m^3]
2020	172,97	43,88	1,33	172,78	42,61	1,25
2025	180,92	109,55	7,29	180,36	104,88	6,70
2030	184,67	141,75	12,00	184,06	136,77	11,15
2035	187,85	161,77	16,84	187,21	158,10	15,82
2040	189,78	172,70	20,07	189,17	169,30	19,02
2045	191,95	184,61	23,94	191,19	180,46	22,56
2050	193,87	195,42	27,59	193,09	190,95	26,08
2055	195,67	205,80	31,20	194,53	199,24	28,89
2060	196,80	212,15	33,56	195,80	206,55	31,47
2065	198,07	219,36	36,31	196,87	212,54	33,71
2070	199,44	227,17	39,37	198,10	219,52	36,37
2075	200,43	232,77	41,64	199,17	225,61	38,75
2080	201,48	238,72	44,13	200,14	231,15	40,98
2085	202,45	244,24	46,46	201,32	237,81	43,73
2090	203,24	248,78	48,42	201,98	241,59	45,32
2095	203,93	252,73	50,14	202,51	244,61	46,62
2100	204,85	258,06	52,50	203,48	250,14	49,01
2105	205,67	262,91	54,63	204,29	254,83	51,06

2110				204,98	258,82	52,82
2115				205,58	262,35	54,38

Tabulka 60. Průběh plnění lomové jámy Vršany s externí dotací 350 l/s z Bíliny (průběh končí rokem s hodnotou kóty hladiny vyšší než 205 m n. m.)

Rok	K_{GR4J} [m n. m.]	A_{GR4J} [ha]	V_{GR4J} [10^6 m^3]	K_{TUW} [m n. m.]	A_{TUW} [ha]	V_{TUW} [10^6 m^3]
2020	184,18	137,74	11,34	184,13	137,33	11,27
2021	191,04	179,63	22,32	191,01	179,45	22,26
2022	196,66	211,39	33,30	196,55	210,78	33,08
2023	201,40	238,31	43,97	201,31	237,76	43,74
2024	205,68	262,96	54,68	205,54	262,15	54,32

22. PŘÍLOHA D – TABULKY VÝŠEK USTÁLENÝCH HLADIN ZE SIMULACÍ PRO SCÉNÁŘE KLIMATICKÉ ZMĚNY

Tabulka 61. Ustálené hladiny v jezeře Most určené pro klimatické scénáře

Období	RCP	Klim. model	Hydro. model	Kóta hl. [m n. m.]
Blízká budoucnost	RCP2.6	CMIP5	GR4J	170,80
			TUW	167,80
		CORDEX	GR4J	171,70
			TUW	167,20
	RCP4.5	CMIP5	GR4J	171,00
			TUW	168,00
		CORDEX	GR4J	171,30
			TUW	168,90
	RCP8.5	CMIP5	GR4J	171,30
			TUW	168,80
		CORDEX	GR4J	173,10
			TUW	169,70
Vzdálená budoucnost	RCP2.6	CMIP5	GR4J	170,90
			TUW	167,20
		CORDEX	GR4J	170,20
			TUW	167,10
	RCP4.5	CMIP5	GR4J	167,70
			TUW	164,60
		CORDEX	GR4J	169,90
			TUW	167,10
	RCP8.5	CMIP5	GR4J	162,10
			TUW	159,80
		CORDEX	GR4J	165,70
			TUW	163,60

Tabulka 62. Ustálené hladiny v budoucím jezeře Bílina určené pro klimatické scénáře

Období	RCP	Klim. model	Hydro. model	Kóta hl. [m n. m.]
Blízká budoucnost	RCP2.6	CMIP5	GR4J	126,50
			TUW	124,10
		CORDEX	GR4J	125,50
			TUW	123,30
	RCP4.5	CMIP5	GR4J	124,30
			TUW	122,70
		CORDEX	GR4J	126,10
			TUW	123,90
	RCP8.5	CMIP5	GR4J	125,70
			TUW	122,50
		CORDEX	GR4J	126,80
			TUW	124,50
Vzdálená budoucnost	RCP2.6	CMIP5	GR4J	124,80
			TUW	123,10
		CORDEX	GR4J	124,70
			TUW	121,50
	RCP4.5	CMIP5	GR4J	120,20
			TUW	117,40
		CORDEX	GR4J	123,20
			TUW	120,60
	RCP8.5	CMIP5	GR4J	107,80
			TUW	105,50
		CORDEX	GR4J	117,90
			TUW	114,80

Tabulka 63. Ustálené hladiny v budoucím jezeře Bílina určené pro klimatické scénáře a HG přítok 45 l/s

Období	RCP	Klim. model	Hydro. model	Kóta hl. [m n. m.]
Blízká budoucnost	RCP2.6	CMIP5	GR4J	157,80
			TUW	154,60
		CORDEX	GR4J	156,00
			TUW	154,50
	RCP4.5	CMIP5	GR4J	154,70
			TUW	153,10
		CORDEX	GR4J	157,50
			TUW	155,10
	RCP8.5	CMIP5	GR4J	155,80
			TUW	152,60
		CORDEX	GR4J	159,00
			TUW	155,80
Vzdálená budoucnost	RCP2.6	CMIP5	GR4J	154,90
			TUW	153,20
		CORDEX	GR4J	154,60
			TUW	152,00
	RCP4.5	CMIP5	GR4J	142,80
			TUW	138,60
		CORDEX	GR4J	152,00
			TUW	148,10
	RCP8.5	CMIP5	GR4J	129,90
			TUW	128,90
		CORDEX	GR4J	146,50
			TUW	141,50

Tabulka 64. Ustálené hladiny v budoucím jezeře Bílina určené pro klimatické scénáře a HG přítok 90 l/s

Období	RCP	Klim. model	Hydro. model	Kóta hl. [m n. m.]
Blízká budoucnost	RCP2.6	CMIP5	GR4J	188,90
			TUW	187,40
		CORDEX	GR4J	189,30
			TUW	188,50
	RCP4.5	CMIP5	GR4J	186,30
			TUW	184,70
		CORDEX	GR4J	189,60
			TUW	188,10
	RCP8.5	CMIP5	GR4J	187,40
			TUW	184,40
		CORDEX	GR4J	190,30
			TUW	189,00
Vzdálená budoucnost	RCP2.6	CMIP5	GR4J	187,10
			TUW	185,20
		CORDEX	GR4J	187,10
			TUW	182,90
	RCP4.5	CMIP5	GR4J	173,80
			TUW	171,70
		CORDEX	GR4J	181,50
			TUW	178,40
	RCP8.5	CMIP5	GR4J	154,00
			TUW	152,10
		CORDEX	GR4J	178,50
			TUW	176,50

Tabulka 65. Ustálené hladiny v budoucím jezeře ČSA určené pro klimatické scénáře

Období	RCP	Klim. model	Hydro. model	Kóta hl. [m n. m.]
Blízká budoucnost	RCP2.6	CMIP5	GR4J	147,00
			TUW	144,30
		CORDEX	GR4J	147,50
			TUW	145,20
	RCP4.5	CMIP5	GR4J	146,10
			TUW	142,90
		CORDEX	GR4J	147,00
			TUW	144,40
	RCP8.5	CMIP5	GR4J	146,10
			TUW	142,60
		CORDEX	GR4J	147,50
			TUW	145,60
Vzdálená budoucnost	RCP2.6	CMIP5	GR4J	146,20
			TUW	143,30
		CORDEX	GR4J	143,80
			TUW	143,80
	RCP4.5	CMIP5	GR4J	140,50
			TUW	138,30
		CORDEX	GR4J	144,00
			TUW	141,60
	RCP8.5	CMIP5	GR4J	129,20
			TUW	126,50
		CORDEX	GR4J	139,10
			TUW	137,00

Tabulka 66. Ustálené hladiny v budoucím jezeře ČSA určené pro klimatické scénáře a HG přítok 21 l/s

Období	RCP	Klim. model	Hydro. model	Kóta hl. [m n. m.]
Blízká budoucnost	RCP2.6	CMIP5	GR4J	158,70
			TUW	156,30
		CORDEX	GR4J	157,80
			TUW	157,00
	RCP4.5	CMIP5	GR4J	157,50
			TUW	154,80
		CORDEX	GR4J	159,00
			TUW	156,40
	RCP8.5	CMIP5	GR4J	157,60
			TUW	154,60
		CORDEX	GR4J	159,50
			TUW	157,60
Vzdálená budoucnost	RCP2.6	CMIP5	GR4J	157,70
			TUW	155,20
		CORDEX	GR4J	155,20
			TUW	155,20
	RCP4.5	CMIP5	GR4J	151,70
			TUW	150,30
		CORDEX	GR4J	155,10
			TUW	153,30
	RCP8.5	CMIP5	GR4J	142,60
			TUW	140,80
		CORDEX	GR4J	151,50
			TUW	150,50

Tabulka 67. Ustálené hladiny v budoucím jezeře ČSA určené pro klimatické scénáře a HG přítok 42 l/s

Období	RCP	Klim. model	Hydro. model	Kóta hl. [m n. m.]
Blízká budoucnost	RCP2.6	CMIP5	GR4J	169,90
			TUW	168,10
		CORDEX	GR4J	169,50
			TUW	169,00
	RCP4.5	CMIP5	GR4J	168,80
			TUW	166,70
		CORDEX	GR4J	170,20
			TUW	168,40
	RCP8.5	CMIP5	GR4J	168,80
			TUW	166,40
		CORDEX	GR4J	170,80
			TUW	169,40
Vzdálená budoucnost	RCP2.6	CMIP5	GR4J	169,00
			TUW	167,00
		CORDEX	GR4J	167,00
			TUW	167,10
	RCP4.5	CMIP5	GR4J	162,30
			TUW	160,90
		CORDEX	GR4J	166,20
			TUW	164,60
	RCP8.5	CMIP5	GR4J	152,20
			TUW	150,70
		CORDEX	GR4J	162,50
			TUW	162,50

Tabulka 68. Ustálené hladiny v budoucím jezeře Libouš určené pro klimatické scénáře

Období	RCP	Klim. model	Hydro. model	Kóta hl. [m n. m.]
Blízká budoucnost	RCP2.6	CMIP5	GR4J	233,40
			TUW	232,70
		CORDEX	GR4J	234,50
			TUW	233,90
	RCP4.5	CMIP5	GR4J	232,00
			TUW	231,70
		CORDEX	GR4J	235,50
			TUW	233,50
	RCP8.5	CMIP5	GR4J	233,10
			TUW	232,90
		CORDEX	GR4J	234,20
			TUW	233,40
Vzdálená budoucnost	RCP2.6	CMIP5	GR4J	232,70
			TUW	232,70
		CORDEX	GR4J	231,50
			TUW	230,60
	RCP4.5	CMIP5	GR4J	228,80
			TUW	228,70
		CORDEX	GR4J	232,20
			TUW	231,70
	RCP8.5	CMIP5	GR4J	225,80
			TUW	225,80
		CORDEX	GR4J	228,10
			TUW	227,80

Tabulka 69. Ustálené hladiny v budoucím jezeře Vršany určené pro klimatické scénáře

Období	RCP	Klim. model	Hydro. model	Kóta hl. [m n. m.]
Blízká budoucnost	RCP2.6	CMIP5	GR4J	188,30
			TUW	185,60
		CORDEX	GR4J	187,50
			TUW	184,80
	RCP4.5	CMIP5	GR4J	188,10
			TUW	185,60
		CORDEX	GR4J	188,40
			TUW	185,80
	RCP8.5	CMIP5	GR4J	187,80
			TUW	185,60
		CORDEX	GR4J	189,00
			TUW	186,40
Vzdálená budoucnost	RCP2.6	CMIP5	GR4J	188,10
			TUW	185,80
		CORDEX	GR4J	184,70
			TUW	184,80
	RCP4.5	CMIP5	GR4J	184,90
			TUW	183,80
		CORDEX	GR4J	187,00
			TUW	184,80
	RCP8.5	CMIP5	GR4J	182,20
			TUW	181,70
		CORDEX	GR4J	185,30
			TUW	184,10

Tabulka 70. Ustálené hladiny v budoucím jezeře Vršany určené pro klimatické scénáře a HG přítok 12 l/s

Období	RCP	Klim. model	Hydro. model	Kóta hl. [m n. m.]
Blízká budoucnost	RCP2.6	CMIP5	GR4J	199,80
			TUW	196,30
		CORDEX	GR4J	198,60
			TUW	196,30
	RCP4.5	CMIP5	GR4J	199,60
			TUW	196,00
		CORDEX	GR4J	200,30
			TUW	197,00
	RCP8.5	CMIP5	GR4J	199,20
			TUW	196,10
		CORDEX	GR4J	201,20
			TUW	197,90
Vzdálená budoucnost	RCP2.6	CMIP5	GR4J	199,60
			TUW	196,20
		CORDEX	GR4J	196,10
			TUW	195,30
	RCP4.5	CMIP5	GR4J	193,80
			TUW	191,80
		CORDEX	GR4J	197,60
			TUW	194,30
	RCP8.5	CMIP5	GR4J	187,70
			TUW	186,70
		CORDEX	GR4J	194,50
			TUW	190,70