

# 1 Konfigurace modelu Vltavské kaskády v prostředí AquaLog

---

## 1.1 Komponenty simulačního modelu

Stupeň povodňového ohrožení obvykle závisí na spolupůsobení dvou zdánlivě nezávislých procesů: neovlivněného odtoku z povodí včetně transformačního účinku říční sítě (neřízené systémy) a řízením odtoku hydrotechnickými objekty a nádržemi (řízené systémy). Nevhodnou manipulací vodních děl může dojít ke zhoršení povodňových odtoků. V katastrofických situacích, jako byl srpen 2002, hraje v povodňovém ohrožení převážnou roli neřízená složka hydrologických procesů. Vodní díla či vodohospodářská soustavy, i když navržena s kapacitou dostatečnou pro zvolenou periodicitu návrhové vlny a manipulované zkušeným dispečerským týmem, nemohou zcela tomuto ohrožení zabránit.

Přehledná situace Vltavské kaskády, jejích povodí a mezipovodí včetně kostry říční sítě je na Obr. 2–2. Na tomto povodí se závěrovým profilem Vltava Chuchle byl definován model vodohospodářské soustavy Vltavská kaskáda-dolní část, Obr. 2–3. Složky modelu jsou v přehledu uvedeny v Tab. 2-3 (povodí s odtokem do Vltavské kaskády) a Tab. 7-9 až Tab. 7-12 (povodí s odtokem do Berounky, Otavy, Vltavy nad nádrží Orlík, Lužnice a Sázavy).

### 1.1.1 Srážko-odtokové procesy

Potřeba kalibrace modelu vyžaduje vymezení jednotlivých povodí zavedených do modelu ze zásady existence operativních pozorování odtoku v dolních závěrových profilech, je proto identické s povodími HPS. Některé z nich tvoří okrajové podmínky modelu kaskády. Byl použit srážko-odtokový model SAC-SMA. Model SAC-SMA je založen na parametrisaci charakteristik půdní vlhkosti (Burnash, 1995). Model využívá soustavu zón se stanovitelnými kapacitami, které jsou spojeny procesy, jež umožňují systému approximovat průběh nasycení půdy, které ovlivňuje produkci odtoku. Zóny jsou naplněny, jestliže spadne dostatečně velká srážka a jejich obsah je vyprázdněn vertikální perkolací, evapotranspirací nebo laterálním odvodněním.

### 1.1.2 Odtok v říční síti

Záměrem druhé etapy studie je mimo jiné i variantní simulace průběhu povodně v srpnu 2002 při jiných výchozích podmírkách, včetně odhadu průběhu povodně při neexistenci Vltavské kaskády. S ohledem na hydraulický režim odtoku v říční síti před výstavbou vodních děl bude třeba sestavit hydraulický model neustáleného proudění v síti přirozených koryt, na základě dostupných topografických podkladů, odhadu drsností koryta a inundací a velmi omezených informací o dnes zatopených objektech.

Výsledky měřických prací z let 1926 až 1932, 1939 a 1940 byly hlavními podklady pro vypracování studií a projektů jednotlivých stupňů Vltavské kaskády. Výchozím podkladem pro koncepční studie nádrží byla doplňková měření z let 1939 a 1940 prováděná tehdejším ředitelstvím vodních cest ŘVC a Hydrologickým ústavem (dnešní VÚV TGM v Praze) Výsledkem bylo zaměření podélného profilu Vltavy v úseku České Budějovice (km 3,00) -Praha (km 190,5). Současně byla zaměřena výška hladiny za vyššího stavu (11.-13. října 1939) a při setrvalém nižším stavu (10. a 12. října 1940). Zaměřený podélný profil (Kol., 1940) obsahuje zákresy všech tehdejších přítoků, náhonů, odpadů, vodních děl, jezů, mostů, vodočetných stanic a limnigrafů, nadmořských výšek v ose toku, v nejhlubším místě, výšky obou břehů (Kol., 1940). Tento elaborát obsahuje rovněž významné příčné profily, seznam osazených výškových značek a „Přehledný podélný profil Vltavy od soutoku Teplé a Malé Vltavy až k ústí do Labe“

Základními podklady pro sestavení geometrie původní vltavské kynety byla historická studie výstavby vodní cesty České Budějovice – Mělník z roku 1902. Studie rovněž využívala podrobného podélného profilu střední Vltavy a pro sestavení modelů nádrží kaskády pak údolních profilů HDP Praha z roku 1972.

### 1.1.3 Přehradní nádrže a jezy

Povodí řeky Vltavy se na celkové rozloze povodí Labe podílí více než polovinou. Jeho převýšení (vodohospodářsky využitelný spád cca 500 m) jej původně předurčilo k postupnému budování kaskády vodních děl sloužících zvýšení hydro-energetického potenciálu. Přestože původní úmysl výstavby

jednotlivých stupňů na Vltavě původně sledovala spíše realizaci vodní cesty do Českých Budějovic, v padesátých letech byl tento záměr přehodnocen a splavnění toku prakticky uzavřeno vybudováním Slapské přehrady. Hlavní roli zde sehrály nejen finanční náklady ale i technicky (především geologicky) obtížné technické řešení. Energetické stupně byly postupně budovány od počátku třicátých let minulého století až do nedávné minulosti (Hněvkovice-Kořensko).

Ještě při budování vodního díla Štěchovice ve čtyřicátých letech 20-tého století byly požadavky splavnosti a energetiky téměř rovnocenné. V současné době je však využití dalších vodních děl převážně energetické, případně rekreační a těmto účelů jsou v současné době podřizovány i ostatní zájmy, protipovodňová ochrana především. Je nasnadě, že z pohledu mimořádné srpnové povodně 2002 by si řízení jednotlivých VD Vltavské kaskády mělo vyžádat jisté přehodnocení priorit svých funkcí.

Využití výstupů předpovědních modelů přítoků do nádrží kaskády může do jisté míry umožnit optimalizaci retenčního účinku. Současně je třeba poznamenat, že velikostí svých retenčních prostorů (např. Lipno 33/12 mil m<sup>3</sup>, Orlík 62 mil m<sup>3</sup>) nemůže Vltavská kaskáda v současném systému dispečerského řízení poskytnout Praze dostatečnou ochranu.

Vlivem nádrží nad Prahou dochází při plných retenčních prostorech podle zkušenosti k urychlení postupivosti vlny, např. v úseku Č. Budějovice-Praha o 8 až o 15 hodin (Malý, 1999). Touto problematikou se zabývala i studie Nováka a kol. (1966). Výsledky jeho experimentů na fyzikálním modelu instalovaném ve VÚV Praha poskytly na tehdejší dobu ojedinělé podklady pro posouzení účinku různých scénářů manipulace.

Přehledné schéma nádrží Vltavské kaskády včetně jezu Modřany a dnes již dokončené hráze Hněvkovice je na Obr. 1—1, definice topografie modelu je uvedena v druhé kapitole, Obr. 2—3. Kóty základních hladin kaskády a jezových zdrží ukazuje Tab. 1-1. (dle PVL).

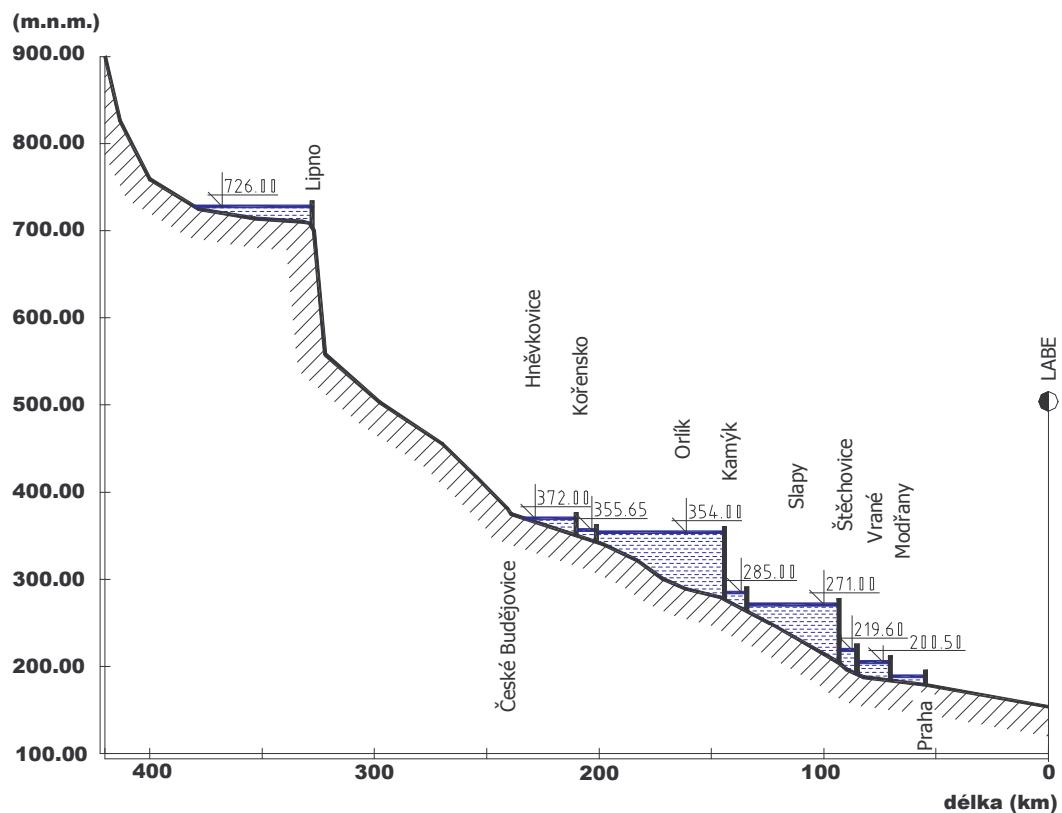
Vodní dílo	Hladina	Prostor stálého nadřzení (m n.m.)	Zásobní prostor (m n.m.)	Vyrovňávací prostor (m n.m.)	Ochranný ovladatelný prostor (m n.m.)	Celkový prostor (m n.m.)
Orlík	min	283.60	329.60	-	351.20	283.60
	max	329.60	351.20	-	353.60	353.60
Kamýk	min	269.60	-	282.10	-	269.60
	max	282.10	-	284.60	-	284.60
Slapy	min	212.60	246.60	269.10	-	212.60
	max	246.60	269.10	270.60	-	270.60
Štěchovice	min	198.60	-	214.60/215.60	-	198.60
	max	214.60/215.60	-	219.20	-	219.20
Vrané	min	190.40	-	199.10	-	190.40
	max	199.10	-	200.10	-	200.10

Tab. 1-1 Základní hladiny vodních děl na střední a dolní Vltavě dle PVL (B.p.v.)



Obr. 1—1 Schéma stávajících nádrží Vltavské kaskády

Přehledný podélný profil jednotlivých nádrží Vltavské kaskády je na Obr. 1-2.



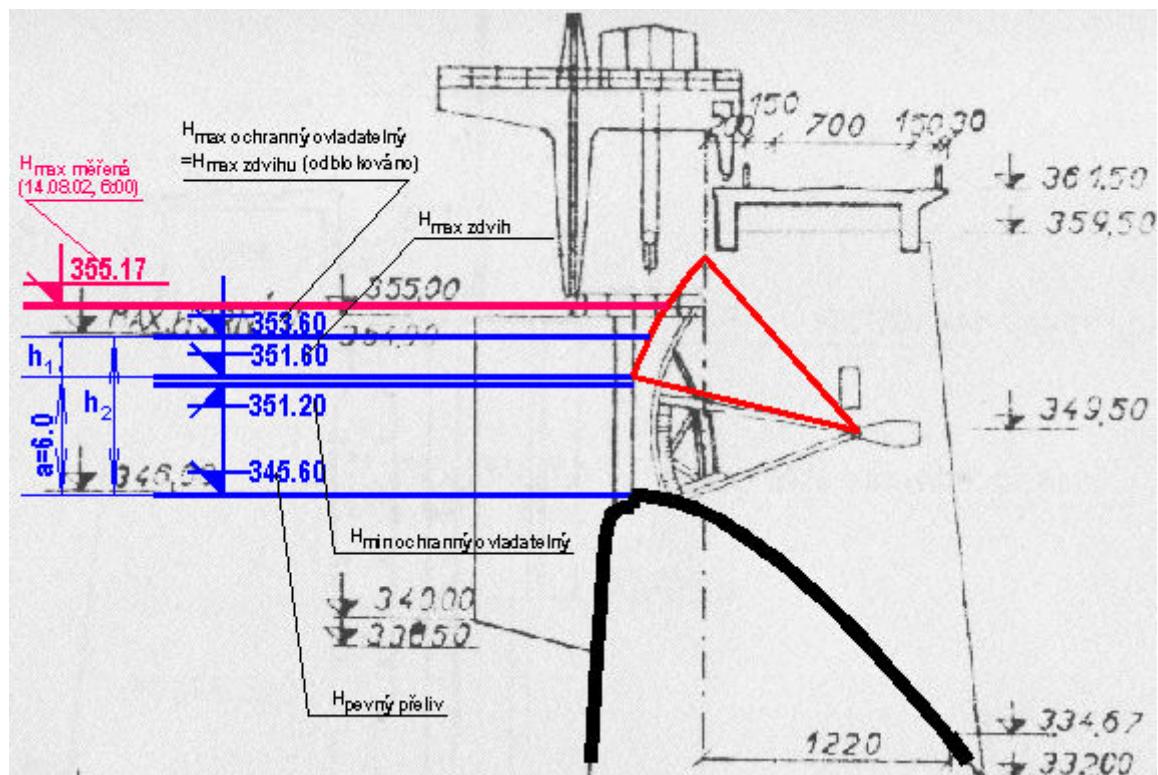
Obr. 1—2 Přehledný podélní profil nádrží Vltavské kaskády dle PVL (výškový systém Jadran)

### 1.1.3.1 Nádrž Orlík

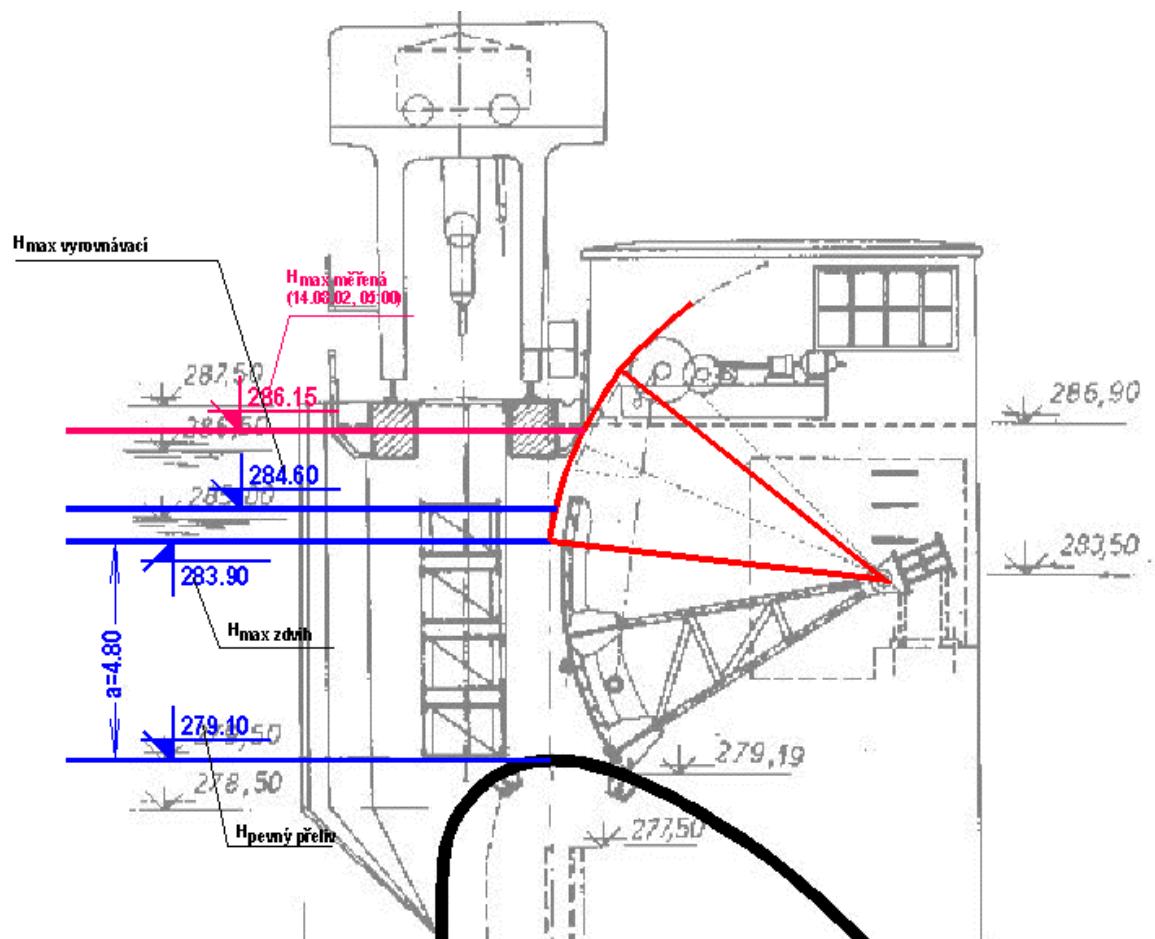
Vodní dílo Orlík (ŘKM 144.650) je nejvýznamnější nádrží Vltavské kaskády. Její hlavní funkcí je dotace průtoku a nádrž se též využívá pro výrobu elektrické energie. Schéma bloků bezpečnostního přelivu je ukázáno na Obr. 1—3. Výškopis podkladového výkresu je v systému Jadran, modře vyznačené kóty jsou v systému B.p.v. Na výkresu je naznačeno definiční schéma výpočtu měrných křivek bezpečnostního přelivu, který při velkých povodních dominuje odtoku z nádrže. Tři přelivné bloky operují v několika typech hydraulického režimu. Segmenty jsou zdvižné, maximální návrhová velikost otvoru výtoku pod stavidlem je 6.0 m. Celková plocha přelivů činí  $3 \times 15 \times 6$  m.

### 1.1.3.2 Nádrž Kamýk

Kamýk slouží jako vyrovnávací nádrž pro Orlík a nemá retenční kapacitu. Maximální vzdutí VD Kamýk (ŘKM 134.730) vyplývá z výškové disposice VD Orlík a je na kótě 284.60, jeho vzdutí tvoří dolní hladinu elektrárny Orlík. Objekty bezpečnostních přelivů i výpustí jsou hydraulicky obdobné jako v případě nádrže Orlík a Slapy. Z tohoto důvodu bylo možno využít obdobné metodiky pro potřebnou extrapolaci měrných křivek u všech dalších objektů. Úroveň hrany tří bloků korunového přelivu hrazenými zdvižnými segmenty je na kótě 279.10 m n.m. Maximální otevření segmentů je 4.80 m. Celková plocha přelivů činí  $4 \times 18 \times 4.8$  m. Schéma bloků bezpečnostního přelivu je na Obr. 1—4. Výškopis podkladového výkresu je opět v systému Jadran, modře vyznačené kóty jsou v systému B.p.v.



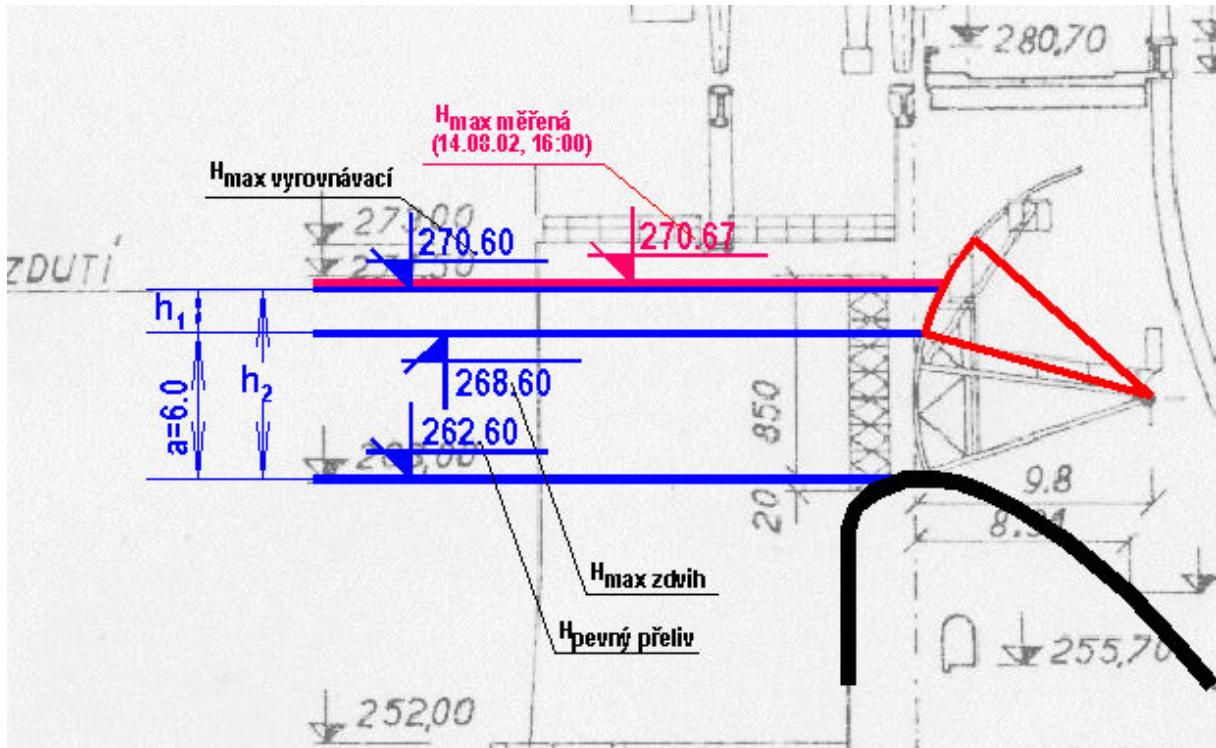
Obr. 1—3 Příčný řez blokem bezpečnostního přelivu VD Orlík.



Obr. 1—4 Příčný řez blokem bezpečnostního přelivu VD Kamýk

### 1.1.3.3 Nádrž Slapy

Vodní dílo Slapy (ŘKM 91.694) je z hlediska hydraulického výpočtu objektů obdobné konstrukce jako VD Orlík a VD Kamýk. Je umístěno na konci vzdutí Štěchovické zdrži. Jeho korunový přeliv má čtyři bloky, hrazené zdvižnými ocelovými segmenty. Celková plocha přelivu činí  $4 \times 15 \times 8$  m. Zdvih segmentů je 8.00 m, úroveň koruny přelivů je 262,60 m n. m., měrné křivky byly extrapolovány z původní kóty 270,60 na úroveň 271,00 m n.m. Schéma bloků bezpečnostního přelivu je na Obr. 1—5. Výškopis podkladového výkresu je opět v systému Jadran, modře vyznačené kóty jsou v systému B.p.v.



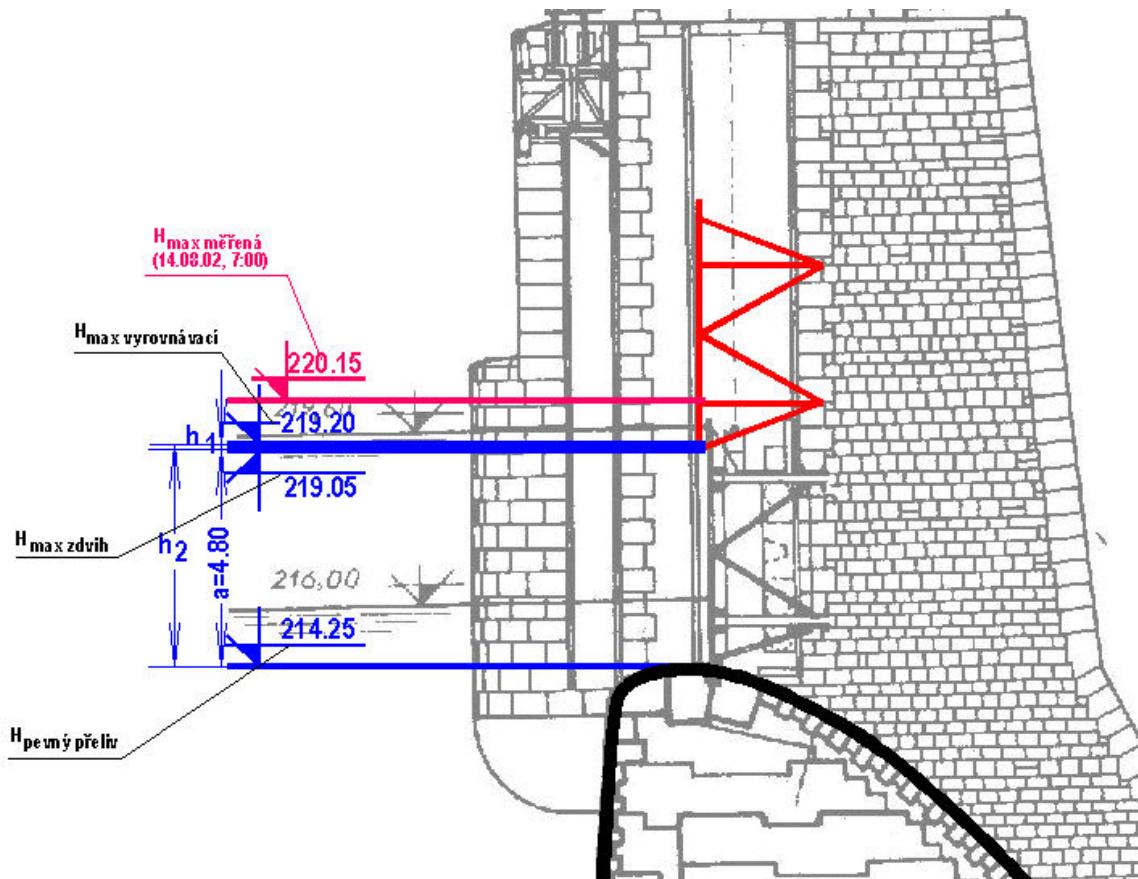
Obr. 1—5 Příčný řez blokem bezpečnostního přelivu VD Slapy

### 1.1.3.4 Nádrž Štěchovice

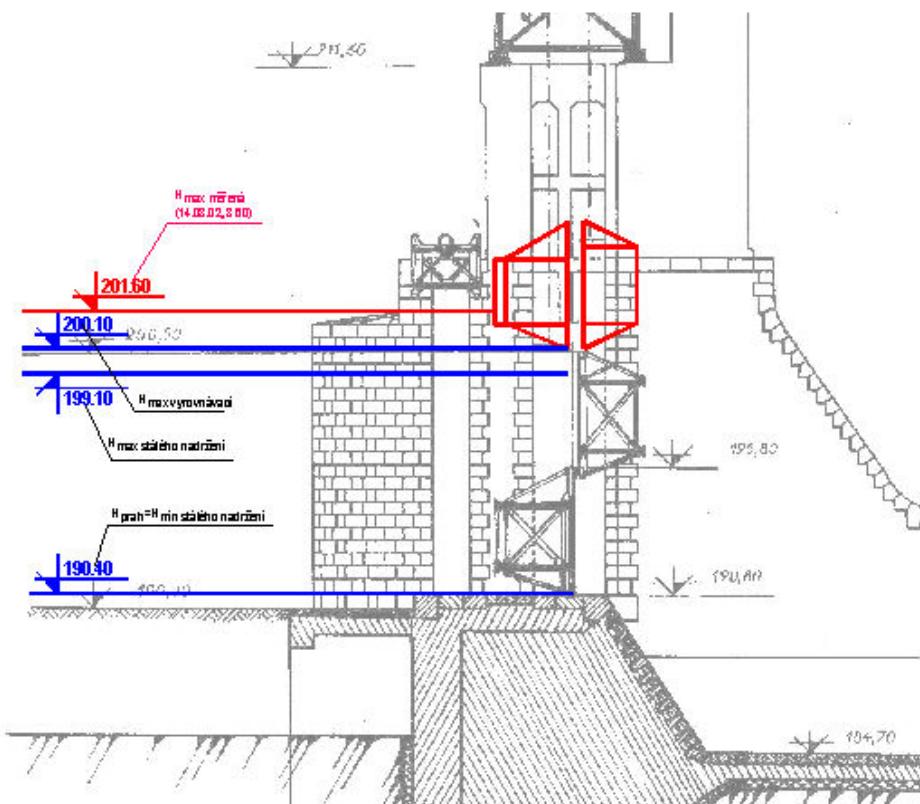
Vodní dílo Štěchovice (ŘKM 84.318) plní pouze funkci vyrovnávací nádrže hydro-elektrárny Slapy. Jeho pět bloků bezpečnostních přelivů je hrazeno Stoneyho tabulemi, výšky 5.20 m. Celková plocha přelivu činí  $5 \times 20 \times 5$  m. Kóta hrany pevného přelivu je 214.25. Měrné křivky byly oproti MŘ extrapolovány na úroveň 221.00 z původních 219.00 m n.m. Schéma hrazeného bezpečnostního přelivu je na Obr. 1—6.

### 1.1.3.5 VD Vrané

Vodní dílo Vrané (ŘKM 71.300) pozůstává ze tří hlavních objektů: jezu, hrazeného ocelovými stavidly, nízkotlakou elektrárnou a dvěma plavebními komorami. Spodní stavba konstrukce jezu je tvořena betonovým prahem. Její čtyři bloky jsou opatřeny dvojitými tabulemi nad sebou, umožňující manipulaci přelivem i výtokem pod stavidlem. Celková plocha otvorů bezpečnostních objektů činí  $4 \times 20 \times 10$  m při plném vyhrazení všech tabulí. Kóta prahu spodní jezové stavby je 190.40 m.n.m., maximální návrhová hladina je na 200.10 m n.m.. Při mimořádných povodních je vodní dílo prakticky průtočné, jeho retenční účinek je zanedbatelný. Schéma bloků bezpečnostního přelivu je na Obr. 1—7. Výškopis podkladového výkresu je opět v systému Jadran, modře vyznačené kóty jsou v systému B.p.v.



Obr. 1—6 Příčný řez blokem bezpečnostního přelivu VD Štěchovice



Obr. 1—7 Příčný řez blokem jezu VD Vrané

### 1.1.3.6 Nádrž Hněvkovice

Vodní dílo Hněvkovice (ŘKM 212.600) bylo navrženo především ke krytí potřeby chladící vody pro jadernou elektrárnu Temelín. Součástí VD je proto čerpací stanice na levém břehu Vltavy. VD je vybaveno třemi přelivnými bloky. Odpadní potrubí chladící vody od JE Temelín je vyústěno zpět do Vltavy pod jezem Kořensko, který částečně slouží pro vyrovnání odtoku z VD Hněvkovice. Maximální vzdutí VD Orlík dosahuje k jezu Kořensko, po jeho sklopení při vysokých stavech až k profilu VD Hněvkovice.

### 1.2 Modelovací technika AquaLog - MANs.

Modelovací technika MANs je určena pro hydrotechnické výpočty vodních nádrží. Byla odvozena z původní verze MAN a upravena pro operativní výpočty. Formát vstupů a výstupů je identický s původní verzí. Pro výpočty používá knihovnu modelů, ze kterých je vytvářen výpočetní systém. Pro označení prvků modelu jsou použity následující zkratky:

Označení (sub) modelu	Typ výpočtu
<b>RES</b>	Bilance v nádrži
<b>MS3</b>	Přepad
<b>MB3</b>	Výtok
<b>ELN</b>	Elektrárna
<b>DMY</b>	Model pro převod průtoků větví schématu
<b>QVH</b>	Měrná křivka přelivů, výpustí

Popis jednotlivých prvků modelu je uveden dále.

#### 1.2.1 Hydrologický systém

Schéma na Obr. 1—8 ukazuje inženýrské chápání schematizace VD ve stupni potřebném pro formulaci modelu prostředky modelovacího systému **AquaLog**. Schéma zahrnuje: nádrž (Orlík), dva navazující říční úseky (Vltava-označ. **LP5** a Otava- označ. **L64**) a dva přítoky z horních neměřených meziopovodí (označ. **WP0** a **W65**). Systém sběru dat na VD zahrnuje celkem 5 čidel snímajících nastavení poloh výpustí a přelivů, informaci o přítoku (vyjádřených šípkami včetně názvů stanic) a vodní hladině. V případě schématu na Obr. 1—8 k tomu přistupuje ještě měření srážek, teploty, což spolu s hladinou reprezentuje okrajové a počáteční podmínky hydrologických procesů. S ohledem na skutečnost, že přenosy dat operativního informačního systému často selhávají v důsledku poruch, je třeba aby model byl dostatečně odolný k těmto změnám zadání. Změny v konfiguraci okrajových podmínek jsou typické pro operativně řízené systémy a jejich modely musí tyto změny umožňovat.

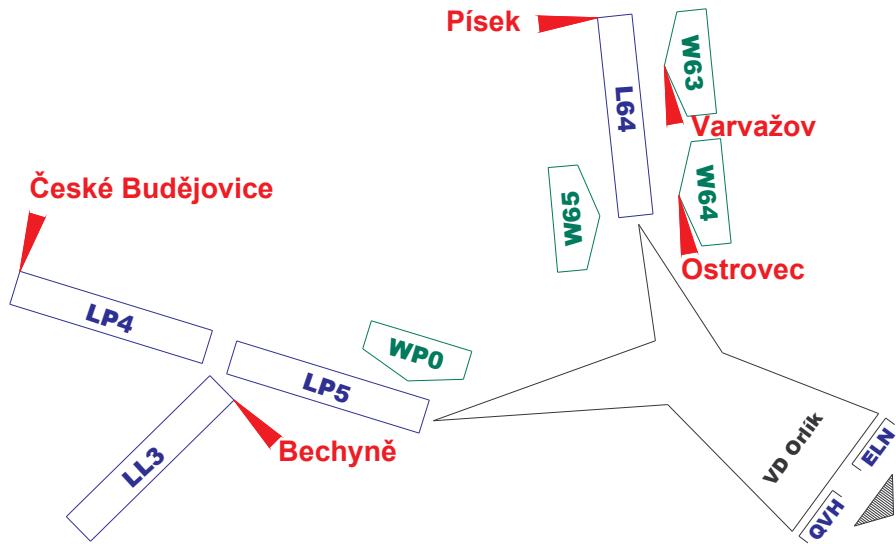
#### 1.2.2 Dekompozice systému

Topologie nádrže z Obr. 1—8 byla dekomponována na jednotlivé prvky. Vazby mezi jednotlivými prvky jsou na Obr. 1—9, který ukazuje, že model nádrže byl rozložen na osm prvků, někdy označovaných submodely: na (sub)-model bilance nádrže **AA-RES** a na něj navazující modely pěti regulátorů odtoku (v tomto případě dvě základové výpusti **BB-QVH** a **CC-QVH** a tři přelivy **DD-QVH**, **EE-QVH**, **FF-QVH**). Součástí modelu je současně i vodní elektrárna, zde reprezentovaná jediným blokem **GG-ELN**. Celkový odtok je reprezentován větví **HH-DMY**. Existence větve **HH-DMY** není pro výpočet nezbytně nutná. Průtok touto větví je identický odtoku z větve **AA-RES**.

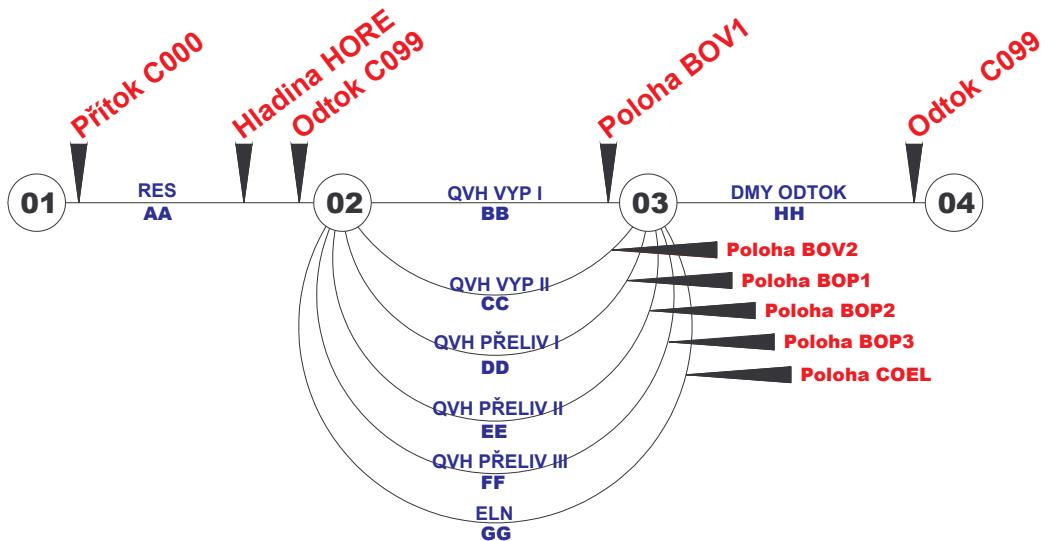
Zdánlivě jednoduché schéma je komplikováno zavedením měřících míst hydraulických veličin a měření poloh regulačních uzávěrů. Obr. 1—9 ukazuje topologický popis modelů objektů vodního díla a je současně i první approximací Petriho sítě. Schéma horní části obrázku je zde rozšířeno o jednu pomocnou hranu **HH-DMY**, zajišťující potřebná rozhraní a vazby na dolní říční síť.

Každá z hran grafu symbolizuje jediný deterministický proces, který může být hydraulicky formulován. Přitom je brán zřetel na alternativní formulace, vyvolané potřebou zohlednění změn v dostupnosti pozorování. Vrcholy grafu představují tzv. podmínky kompatibility hmoty a energie sousedních hran. V porovnání se schématem z Obr. 1—8, je monitorování rozšířeno o sledování poloh uzávěrů, hladin v nádrži a průtoku turbínami. Algoritmus umožňuje provést výpočty těchto modelů (hran

grafu), ihned, jakmile model získá všechna potřebná pozorování, pro výpočet nezbytná (matematická určitost).



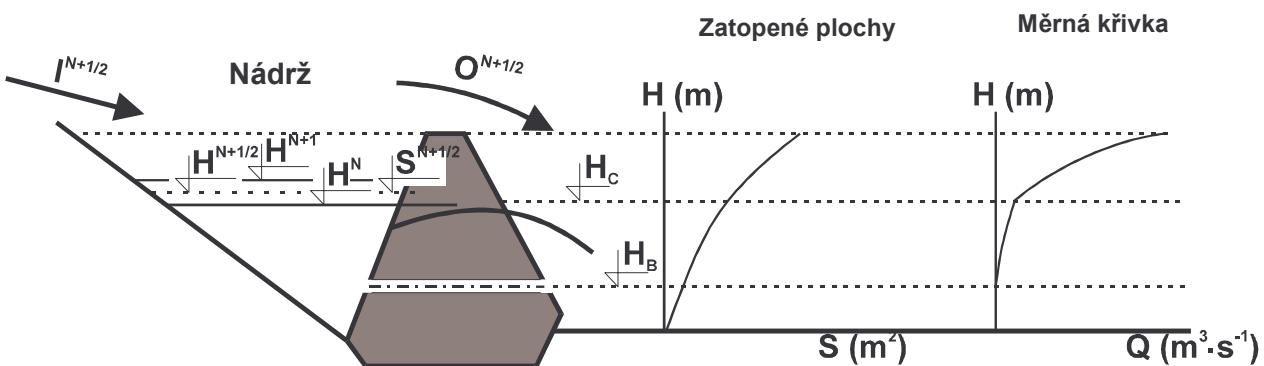
Obr. 1—8 Definiční schéma nádrže (VD Orlík) a navazujících hydrologických systémů



Obr. 1—9 Definiční schéma vodního díla Orlík, zahrnující 6 objektů regulace odtoku

### 1.2.2.1 RES (bilance nádrže)

Model bilance na Obr. 1—10 může být zapsán obvyklou diferenciální formou, zahrnující 4 stavové veličiny: hladinu ve zdrži H, přítok do nádrže I, celkový odtok z nádrže O a zatopené plochy S(H). Pravdivostní tabulka uvedená v Tab. 1-2 ukazuje celkem 7 variant řešení. Složitost řešení a množství variant se samozřejmě zvyšuje, pokud zahrneme do bilanční rovnice nastavení poloh uzávěrů a výpustí.

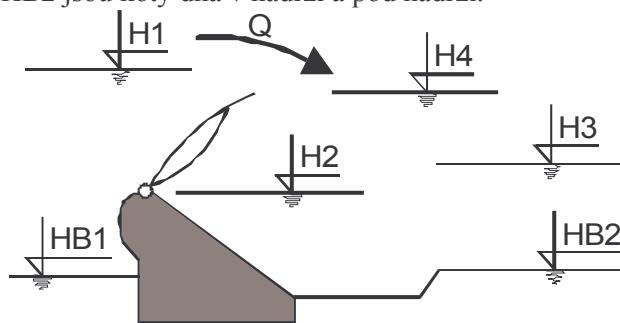


Obr. 1—10 Stavové veličiny modelu nádrže. Definiční schéma modelu RES

Modelovací technika RES obsahuje jednoduché numerické schéma. Indexy N a N+1 označují veličiny ve známé a následné časové hladině, N+1/2 v mezilehlé výpočtové časové hladině.

### 1.2.2.2 MS3 (rovnice řízeného přelivu)

Přepadová rovnice zahrnuje 4 stavové veličiny: horní hladinu  $H_1$  (korespondující s hladinou v nádrži), úroveň koruny pevného přelivu  $H_2$ .  $H_3$  reprezentuje hladinu dolní hladiny pod přelivem. Nastavení přelivu určuje  $H_3$ .  $HB_1$  a  $HB_2$  jsou kóty dna v nádrži a pod nádrží.



Obr. 1—11 Stavové veličiny ostrohranného přelivu MS3. Definiční schéma modelu

### 1.2.2.3 MB3 (rovnice odtoku výpustí)

Výpočetní struktury modelů MB3 a MS3 jsou obdobné. V případě MS3 je výpočet ve všech 4 alternativách iterativní. Výpočet vychází z energetické podmínky, vyjádřené pro 4 kontrolní profily.

### 1.2.2.4 QVH (měrná křivka objektu)

Pro objekt odtoku z nádrže lze určit závislost mezi vodní hladinou a příslušným průtokem. Průtok objektem může být závislý pouze na vodní hladině, nebo také na stupni jeho otevření. Obecně lze vztah průtoku, hladiny a stupně nastavení odvodit pro většinu běžných regulačních objektů. Modelovací technika QVH nezohledňuje vodní hladinu pod objektem a je tedy primárně určena pro volný odtok.

### 1.2.2.5 DMY

Tato modelovací technika je pomocná. Její hlavním smyslem je propojování objektů. Na Obr. 1—9 je použita ve větví HH, kde reprezentuje odtok z nádrže, který je výsledkem součtu průtoků ve větvích BB - GG. V této verzi programu modelovací technika DMY přenáší pouze průtoky, v rozšířené verzi přenáší i vodní stavy.

## 1.2.3 Návrh modelu

Hydraulické formulace oddělených regulačních objektů **MS3**, **MB3**, **QVH** a rovněž tak i bilance nádrže **RES** jsou jednoduché. Obtíže nastanou až při jejich propojování. K obecným obtížím s modelováním zpětných vazeb v okružních systémech, jako např. v Obr. 1—9, přistupují v operativních podmírkách další aspekty:

- Zprostředkování hodnot stavových veličin výpočtu závisí na funkci systému sběru dat
- Nestacionarita konfigurace modelu v důsledku změn hydraulického režimu a způsobu řízení vodního díla
- Potřeba okamžité reakce na změny vyvolané předpisy manipulačního rádu

Za předpokladu determinovaného zadání všech svých objektů model dopočítá chybějící stavové veličiny včetně potřebných poloh uzávěrů pro zadané žádané průtoky, nebo pro další kombinace zadání hladina/průtok/poloha.

#### 1.2.4 Možné varianty výpočtu nádrží modelem MAN

Z hlediska matematické formulace modelu a dostupnosti měření tří základních stavových veličin modelu nádrže může nastat 6 variant výpočtu, viz. Tab. 1-2. Tyto varianty mohou být dále členěny na základě dostupnosti dalších stavových proměnných např. poloh objektů.

Označení varianty výpočtu	Stav stavových proměnných (měření existuje/neexistuje)		
	Q <sub>přítok</sub>	Q <sub>odtok</sub>	H <sub>nádrže</sub>
SETQI	ano	Ano	ne (pouze poč.p.)
SETHI	ano	Ne	ano
SETHQ	ne	Ano	ano
SETHQI	ano	Ano	ano
SETI	ano	Ne	ne (pouze poč.p.)
SETQ	ne	Ano	ne (pouze poč.p.)
SETH	ne	Ne	ano

Tab. 1-2 Varianty výpočtu z pohledu základních stavových veličin

Program rovněž umožňuje změnu výpočtové varianty během výpočtu na základě změny typu dostupných časových řad.

#### 1.2.5 Základní prvky modelů nádrží Vltavské kaskády.

V Tab. 1-4 jsou uvedeny komponenty jednotlivých modelů nádrží Vltavské kaskády. Modely jednotlivých nádrží, uvedené v tabulce využívají pro výpočet přelivů a výpustí příslušné měrné křivky.

Označení časových řad (**ID EXTernálů**) je následující:

<b>C</b>	průtok (přítok, odtok)
<b>H</b>	hladina
<b>B</b>	nastavení
<b>P</b>	srážky
<b>T</b>	teplota

Jednotlivé identifikátory pro Vltavskou kaskádu jsou založeny na následujících pravidlech:

C?00	přítok
C?99	odtok
C?P!	přeliv
C?V!	výpust
C?EL	elektrárna
B?P!	nastavení přelivu
B?V!	nastavení výpusti

kde	? = O	pro	VD Orlík
	? = K		VD Kamýk
	? = S		VD Slapy
	? = T		VD Štěchovice
	? = V		VD Vrané
	!=1,2,3....		pořadí přelivu, výpusti

### 1.3 Charakteristiky nádrží stanovené manipulačním řádem

Tabulka Tab. 1-3 uvádí ve stručném přehledu základní charakteristiky potřebné pro modelování vodních děl, především v souvislosti s jejich funkcí během mimořádné srpnové povodně 2002. Z uvedených hodnot je zřejmé, že platný MŘ nepředpokládal dosažení, případně překročení hladin v jednotlivých zdržích Vltavské kaskády do té míry, jak se skutečně stalo. V rámci této studie bylo proto nezbytné extrapolovat měrné a bathygrafické křivky jednotlivých nádrží.

Vodní dílo	Vodní stav srpen 2002	Původní zatopené plochy (MŘ)	Extrapol. zatopené plochy	Objekty	Původní měrné křivky (MŘ)		Extrapol. měrné křivky
	Maximum (m.n.m.)	Maximum (m.n.m.)	Maximum (m.n.m.)		Minimum (m.n.m.)	Maximum (m.n.m.)	Maximum (m.n.m.)
Orlík	355.17	353.60	356.00 GEFOS	Přepad 1 - 3	345.60	353.60	356.00 AqL
				Výpust 1 - 2	290.00	353.60	356.00 AqL
Kamýk	286.15	284.50	287.00 AqL	Přepad 1 - 4	279.10	284.60	287.00 AqL
Slapy	270.67	270.60	271.00 AqL	Přepad 1 - 4	262.60	270.60	271.00 AqL
				Výpust 1 - 2	233.00	270.60	271.00 AqL
Štěchovice	220.15	219.20	221.00 AqL	Přepad 1 - 5	214.25	219.20	221.00 AqL
Vrané	200.6	200.10	201.00 AqL	Přepad 1 - 4	190.40	200.10	201.00 AqL

Tab. 1-3 Rekapitulace charakteristik VD Vltavské kaskády uvedených v manipulačních řádech jednotlivých VD a skutečnosti, které nastaly během srpnové povodně 2002.

### 1.4 Přehled hlavních komponent modelů nádrží

Pro potřeby modelu **AquaLog MAN** bylo třeba jednotlivé objekty výše uvedených nádrží schematizovat. Přehled jednotlivých komponent modelu je na Tab. 1-4. Každá nádrž je popsána systémem větví, kterým je přiřazen příslušný typ modelu. Tzn. každý objekt je reprezentován jednou větví. Např. pro VD Orlík se jedná o 9 větví označených A-I. Schematizace uvedená v tabulce reprezentuje jednu z možných variant výpočtu VD a může být snadno modifikována. Např. pokud je známý průtok větví systému, lze model **QVH** nahradit modelem **DMY**.

ID kód AQL	Vodní tok	Název VD	Model				jméno souboru
			větev modelu	typ modelu	popis	ID EXT	
M56	Vltava	VD Orlík	A01	DMY	přítok	CO00	
			B02	RES	nádrž	HORE	m56ploch.res
			C03	ELN	elektrárna	COEL	
			D04	DMY	odtok	CO99	
			E05	QVH	přeliv I poloha I	COP1 BOP1	m56pre1.qvh
			F06	QVH	přeliv II poloha II	COP2 BOP2	m56pre2.qvh
			G07	QVH	přeliv III poloha III	COP3 BOP3	m56pre3.qvh

ID kód AQL	Vodní tok	Název VD	Model				jméno souboru
			větev modelu	typ modelu	popis	ID EXT	
			H08	QVH	výpust I poloha I	COV1 BOV1	m56vyp1.qvh
			I09	QVH	výpust II poloha II	COV2 BOV2	m56vyp2.qvh
M10	Vltava	VD Kamýk	A01	DMY	přítok	CK00	
			B02	RES	nádrž	HKRE	m10ploch.res
			C03	DMY	odtok	CK99	
			D04	QVH	přeliv I poloha I	CKP1 BKP1	m10pre1.qvh
			E05	QVH	přeliv II poloha II	CKP2 BKP2	m10pre2.qvh
			F06	QVH	přeliv III poloha III	CKP3 BKP3	m10pre3.qvh
			G07	QVH	přeliv IV poloha IV	CKP4 BKP4	m10pre4.qvh
M11	Vltava	VD Slapy	A01	DMY	přítok	CS00	
			B02	RES	nádrž	HSRE	m11ploch.res
			C03	ELN	elektrárna	CSEL	
			D04	DMY	odtok	CS99	
			E05	QVH	přeliv I poloha I	CSP1 BSP1	m11pre1.qvh
			F06	QVH	přeliv II poloha II	CSP2 BSP2	m11pre2.qvh
			G07	QVH	přeliv III poloha III	CSP3 BSP3	m11pre3.qvh
			H08	QVH	přeliv IV poloha IV	CSP4 BSP4	m11pre4.qvh
			I09	QVH	výpust I poloha I	CSV1 BSV1	m11vyp1.qvh
			J10	QVH	výpust II poloha II	CSV2 BSV2	m11vyp2.qvh
M12	Vltava	VD Štěchovice	A01	DMY	přítok	CT00	
			B02	RES	nádrž	HTRE	m12ploch.res
			C03	DMY	odtok	CT99	
			D04	QVH	přeliv I poloha I	CTP1 BTP1	m12pre1.qvh
			E05	QVH	přeliv II poloha II	CTP2 BTP2	m12pre2.qvh
			F06	QVH	přeliv III poloha III	CTP3 BTP3	m12pre3.qvh
			G07	QVH	přeliv IV poloha IV	CTP4 BTP4	m12pre4.qvh
			H08	QVH	přeliv V poloha V	CTP5 BTP5	m12pre5.qvh
M13	Vltava	VD Vrané	A01	DMY	přítok	CV00	
			B02	RES	nádrž	HVRE	m13ploch.res
			C03	DMY	odtok	CV99	

ID kód AQL	Vodní tok	Název VD	Model				jméno souboru
			větev modelu	typ modelu	popis	ID EXT	
			D04	QVH	přeliv I poloha I	CVP1 BVP1	m13pre1.qvh
			E05	QVH	přeliv II poloha II	CVP2 BVP2	m13pre2.qvh
			F06	QVH	přeliv III poloha III	CVP3 BVP3	m13pre3.qvh
			G07	QVH	přeliv IV poloha IV	CVP4 BVP4	m13pre4.qvh

Tab. 1-4 Popis základních schémat sestavení jednotlivých nádrží Vltavské kaskády

## 1.5 Okrajové podmínky modelu Vltavské kaskády

Model Vltavské kaskády lze provozovat buď samostatně, nebo ve vazbě na srážko-odtokové modely. V případě samostatného provozu je nutné mít k dispozici měření průtoků pro následující měrné profily:

Vltava	České Budějovice (alternativně Hněvkovice)
Otava	Písek
Lužnice	Bechyně
Skalice	Varvažov
Lomnice	Ostrovec
Brzina	Hrachov
Mastník	Radič
Kocába	Štěchovice
Sázava	Nespeky

V případě výpočtu až po závěrový profil Chuchle jsou potřebná další pozorování:

Berounka	Beroun
Loděnický p.	Loděnice

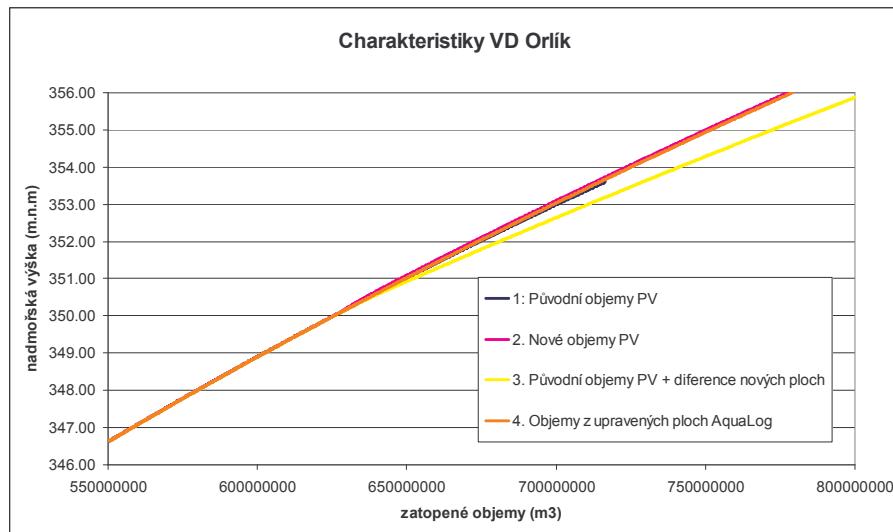
Kromě měření přítoků bylo třeba odvodit přítoky z mezipovodí, a to především mezipovodí VD Orlík, VD Slapy a VD Vrané. Základní charakteristiky povodí jsou uvedeny v Tab. 2-3.

## 1.6 Příprava dat a výpočty jednotlivých nádrží

### 1.6.1 VD Orlík

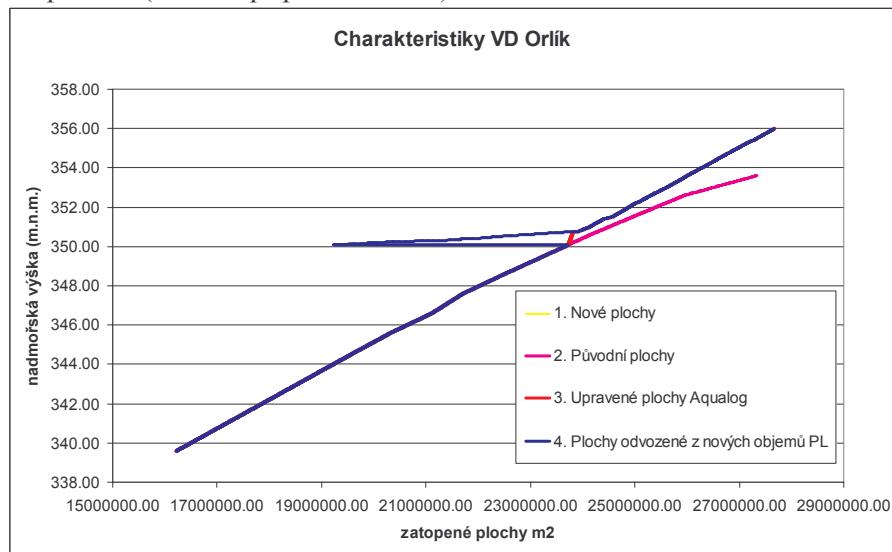
#### 1.6.1.1 Podklady výpočtu VD Orlík

Jak uvádí Tab. 1-3, jsou z MŘ VD Orlík k dispozici charakteristiky nádrže pouze do maximální úrovně 353.6 m.n.m.. Zatopené plochy v rozsahu 350.08 – 356.00 m.n.m. byly zpracovány firmou GEFOS. Je třeba upozornit na skutečnost, že zatopená plocha dle původního MŘ na úrovni 350.08 m.n.m. činila 23719.52 tis. m<sup>2</sup>, nově vygenerovaná kóta firmou GEFOS však 19 252.54 tis. m<sup>2</sup>, což představuje rozdíl 18.8 %. Na Obr. 1—12 jsou uvedeny čtyři křivky zatopených objemů:



Obr. 1—12 Čára objemů pro VD Orlík.

1. Původní čára objemů z MŘ (původní objemy dle PVL).
2. Nová čára objemů odvozených ze zatopených ploch firmy GEFOS (nové objemy dle PVL).
3. Čára objemů získaná z čáry objemů z původního MŘ a od kótu 350.08 z přírůstku ploch od firmy GEFOS.
4. Čára objemů získaná z křivky původního MŘ po kótu 350.08 m.n.m. a od kótu 350.75 m.n.m. pak z přírůstku ploch od firmy GEFOS. Mezi těmito kótami bylo třeba čáru objemů interpolovat (v tomto případě lineárně).



Obr. 1—13 Čára zatopených ploch pro VD Orlík.

Na Obr. 1—13 jsou uvedeny čtyři čáry zatopených ploch:

1. Čára zatopených ploch od firmy GEFOS.
2. Čára zatopených ploch z původního MŘ až do úrovně 353.6 m.n.m.
3. Čára zatopených ploch získaná z původního MŘ po kótu 350.08 m.n.m. a od kótu 350.75 m.n.m. z přírůstku ploch od firmy GEFOS. Mezi uvedenými kótami byla rovněž čára zatopených ploch doplněna lineární interpolací.
4. Čára zatopených ploch odvozená z čáry objemů z původního MŘ a od kótu 350.08 z přírůstku objemů získaných z diferencí ploch od firmy GEFOS.

Pro výpočet přítoku, odtoku a vodního stavu pro VD Orlík byla v následujících simulacích použita čára zatopených ploch označená v Obr. 1—13 jako „3. Upravené plochy AquaLog“, pokud není uvedeno jinak.

Vzhledem k tomu, že MŘ obsahoval křivky pouze do kóty 353.6 m.n.m., bylo třeba extrapolovat i měrné křivky objektů. Zpracovatel studie použil pro tyto extrapolace obdobné metody jako (Broža, 2003). Nejprve vypočetl závislost odtokového součinitele na úrovni hladiny a velikosti průtoku a pak pro extrapolaci této závislosti využil polynomu 5. stupně pro hladiny v intervalu původní maximální hladiny na kótě 353.60 m n.m a předpokládané  $H_{\max\max}$  hladiny na kótě 354.60 m n.m. Koruna bezpečnostního přelivu je při tom na kótě 345.60 m n.m. Obdobný postup byl uplatněn i v případě dalších objektů. Extrapolované úseky měrné křivky přepadu a výpustí VD Orlík jsou v Tab. 1-5 a Tab. 1-6.

H	h	Q - 1 pole	Q - 2 pole	Q - 3 pole	$h^{3/2}$	m
(m n.m.)	(m)	( $m^3 \cdot s^{-1}$ )	( $m^3 \cdot s^{-1}$ )	( $m^3 \cdot s^{-1}$ )		
353.70	8.10	742.79	1486	2228	23.05	0.48495
353.80	8.20	757.99	1516	2274	23.48	0.48585
353.90	8.30	773.33	1547	2320	23.91	0.48675
354.00	8.40	788.80	1578	2366	24.35	0.48765
354.10	8.50	804.41	1609	2413	24.78	0.48855
354.20	8.60	820.07	1640	2460	25.22	0.48940
354.30	8.70	835.95	1672	2508	25.66	0.49030
354.40	8.80	851.97	1704	2556	26.11	0.49120
354.50	8.90	867.94	1736	2604	26.55	0.49200
354.60	9.00	884.23	1768	2653	27.00	0.49290
354.70	9.10	900.55	1801	2702	27.45	0.49375
354.80	9.20	917.02	1834	2751	27.90	0.49460
354.90	9.30	933.51	1867	2801	28.36	0.49540
355.00	9.40	950.14	1900	2850	28.82	0.49620
355.10	9.50	967.00	1934	2901	29.28	0.49705
355.20	9.60	983.89	1968	2952	29.74	0.49785
355.30	9.70	1001.01	2002	3003	30.21	0.49870
355.40	9.80	1018.16	2036	3054	30.68	0.49950
355.50	9.90	1035.44	2071	3106	31.15	0.50030
355.60	10.00	1052.85	2106	3159	31.62	0.50110
355.70	10.10	1070.28	2141	3211	32.10	0.50185
355.80	10.20	1087.94	2176	3264	32.58	0.50265
355.90	10.30	1105.63	2211	3317	33.06	0.50340
356.00	10.40	1123.55	2247	3371	33.54	0.50420

Tab. 1-5 Extrapolovaná konzumční křivka volného přepadu VD Orlík

H	h	Q - výpust	Q - 2 výpusti	$h^{0.5}$	m
(m n.m.)	(m)	( $m^3 \cdot s^{-1}$ )	( $m^3 \cdot s^{-1}$ )		
354.00	65.00	187.36	374.72	8.06	0.41
355.00	66.00	188.79	377.59	8.12	0.41
356.00	67.00	190.22	380.44	8.19	0.41

Tab. 1-6 Extrapolovaná konzumční křivka spodní výpusti VD Orlík

Měrné křivky zde uvedené přísluší volnému odtoku neovlivněné manipulací segmentů přelivů a základových výpustí. Pro simulaci skutečných manipulací bylo třeba extrapolovat i měrné křivky pro různé polohy uzávěrů.

Měrné křivky jednotlivých poloh segmentů byly oproti MŘ upřesněny a vypočteny pro interval zdvihu segmentu a interval úrovní hladin 0.10 m. Při postupném otvírání segmentu nad korunu pevného přelivu postupně prochází hydraulický režim proudění režimem výtoku malým otvorem, výtokem velkým otvorem a při plně vyhrazeném uzávěru pak režimem volného neovlivněného přelivu, např. (Kolář a kol.

1966). Získané výsledky, dále použité při simulačních výpočtech, jsou uvedeny v grafu v Příloze Obr. 7–1 a jsou k disposici v tabelární formě.

Vzhledem k tomu, že pracovníci dispečinku odečítají v současné době polohy uzávěrů pouze s cílem stanovení odtekajícího množství aniž by je (na rozdíl od průtoků) archivovali, bylo třeba v modelu nádrže využít inverzního výpočtu poloh uzávěrů ze známých průběhů hladin a odtoků. Tomuto účelu sloužilo výše zmíněné upřesnění měrných křivek pohyblivých segmentů a základových výpustí.

### 1.6.1.2 Scénáře výpočtu VD Orlík

Scénáře jednotlivých simulací pro VD Orlík jsou uvedeny v Tab. 1-7 a podrobněji dále popsány. Bylo řešeno celkem 6 kombinací zadání vstupních časových řad. Ve všech těchto scénářích jsou v případě pozorovaných průtoků použita data od PVL. Jedná se především o bilanční přítok do VD Orlík (Broža, 2003), vyhodnocený odtok z nádrže (Broža, 2003) a průtoky jednotlivými objekty (elektrárna, přelivy a výpusti). Proti původnímu záznamu v deníku hrázdného PVL byly použity upravené vodní stavy pro období kulminace (Broža, 2003).

Z hlediska závěrů provedených na základě vyhodnocení jednotlivých scénářů je třeba pozornost věnovat především scénářům 1-3, které ověřují přítok, odtok a hladinu ve vztahu k hmotové bilanci. Při tom je třeba konstatovat, že každý jednotlivý test je pro učinění závěru ve vztahu k bilanci dostatečný. Scénáře 4.a-c jsou pouze demonstrativní, prezentující možnosti a varianty výpočtu i s ohledem na možné operativní nasazení modelů. Nejvíce je realitě přiblížen scénář č.6, kde jsou použity průběhy nastavení přelivů a výpustí. Tento scénář představuje ideální stav, kdy jsou k dispozici veškerá vstupní data pro model nádrže.

Simulace číslo	Vstup modelu		Výstup modelu		Metoda výpočtu	
	ID kód AQL	Popis stavové proměnné	ID kód AQL	Popis stavové proměnné	nádrže	přelivů a výpustí
1.	HORE CO99	Hnádrže Qodtok Qelektrárna	CO00	Qpřítok	SETHQ	-
2.	HORE CO00 COEL	Hnádrže Qpřítok Qelektrárna	CO99	Qodtok	SETHI	-
3.	CO00 CO99 COEL	Qpřítok Qodtok Qelektrárna	HORE	Hnádrže	SETQI	-
4.a	HORE CO00 COEL	Hnádrže (poč.pod.) Qpřítok Qelektrárna	CO99	Qodtok	SETI	přelivy - QVH výpusti - QVH
4.b	HORE CO00 COEL	Hnádrže (poč.pod.) Qpřítok Qelektrárna	CO99	Qodtok	SETI	přelivy - QVH výpusti - DMY
4.c	HORE CO00 COEL	Hnádrže (poč.pod.) Qpřítok Qelektrárna	CO99	Qodtok	SETI	přelivy - DMY výpusti - DMY
5	<del>HORE</del> <del>CO00</del> <del>COEL</del>	<del>Hnádrže</del> <del>poč.podmínka</del> <del>Qelektrárna</del>	<del>CO00</del> <del>CO99</del>	<del>Qpřítok</del> <del>Qodtok</del>	SETH	<del>přelivy - QVH</del> <del>výpusti - QVH</del>
6	HORE CO00 COEL BOP1 BOP2 BOP3	Hnádrže (poč.pod.) Qpřítok Qelektrárna Poloha přelivu P1 Poloha přelivu P2 Poloha přelivu P3	CO99	Qodtok	SETI	přelivy - QVH výpusti - QVH

Simulace číslo	Vstup modelu		Výstup modelu		Metoda výpočtu	
	ID kód AQL	Popis stavové proměnné	ID kód AQL	Popis stavové proměnné	nádrže	přelivů a výpustí
	BOV1	Poloha výpusti V1				
	BOV2	Poloha výpusti V2				

Tab. 1-7 Výpočtové varianty pro VD Orlík

Přehled úrovní hladin VD Orlík v porovnání s dosaženými a překročenými hodnotami ukazuje Tab. 1-1, ze které vyplývá překročení  $H_{\max\text{-}\max}$  o 1.57 m (viz.Obr. 1-3).

VD Orlík	datum/čas	m.n.m/m	Poznámka
$H_{\max\text{-}\max}$		353.60	max hladina ochranného ovladatelného prostoru
$H_{\max\text{-zásobní}}$		351.20	max hladina zásobního prostoru
$H_{\min\text{-zásobní}}$		329.60	min hladina zásobního prostoru
$H_{\text{pevný}\text{-}\text{přeliv}}$		345.60	
$H_{\text{počáteční (výpočtu)}}$	05.08.2002-06:00	348.50	hladina v nádrži při spuštění výpočtu
$H_{\max\text{-měřená}}$	14.08.2002-06:00	355.17	
$H_{\text{počáteční}} - H_{\min\text{-zásobní}}$	05.08.2002-06:00	18.90	převýšení nad $H_{\min\text{-zásobní}}$
$H_{\max\text{-měřená}} - H_{\max\text{-}\max}$	14.08.2002-06:00	1.57	převýšení nad $H_{\max\text{-}\max}$
$V_{\text{retenční}}$			62 mil m <sup>3</sup>

Tab. 1-8 Úrovně vybraných hladin VD Orlík

### Simulace č.1 – SETHQ

Při této simulaci je vstupem do modelu nádrže časová řada měření hladiny v nádrži a měření odtoku z nádrže. Pro tuto simulaci byla použita vstupní data od PVL (Broža, 2003); odvozený odtok a měření hladiny v nádrži upravené v období kulminace. Tato simulace slouží především k základnímu ověření sestavení modelu a zachování bilance nádrže. Průběh časových řad ze simulace je na Obr. 1—15. Porovnání simulovaného přítoku je provedeno s bilančním přítokem do nádrže (Broža, 2003). Simulace prokázala shodu mezi výstupem modelu (přítok) a bilančním přítokem od PVL. Chyba v objemu mezi simulovaným a bilančním přítokem za časové období zobrazené v grafu je 1.0%.

### Simulace č.2 – SETHI

Při této simulaci je vstupem do modelu nádrže časová řada měření hladiny v nádrži a měření přítoku. Tato simulace je obdobou předchozího typu výpočtu, kdy známe měření hladiny v nádrži a měření odtoku z nádrže. Pro tuto simulaci byla použita vstupní data od PVL, bilanční přítok do nádrže a měření hladiny v nádrži, upravené v období kulminace. (Broža, 2003). Průběh simulace je uveden na Obr. 1—16. Porovnání simulovaného odtoku je provedeno s odtokem z nádrže od PVL (Broža, 2003). Simulace prokázala shodu mezi výstupem modelu (odtok) a odvozeným odtokem z nádrže od PVL (Broža, 2003). Chyba v objemu mezi simulovaným a odvozeným odtokem za časové období zobrazené v grafu je 1.0%.

### Simulace č.3 – SETQI

Při této simulaci je vstupem do modelu nádrže časová řada měření přítoku a odtoku z nádrže. Pro tuto simulaci byla použita vstupní data od PVL, bilanční přítok a odvozený odtok (Broža, 2003). Na Obr. 1—17 jsou uvedeny časové řady simulované a měřené vodní hladiny v nádrži. Simulace byla provedena pro dva počáteční stavy hladiny v nádrži. Výsledky simulace s počátkem výpočtu 5.8.2002 v 06 hodin neprokázaly shodu mezi simulovanou a měřenou hladinou v nádrži, což ukazuje na problémy s bilancí nádrže na počátku výpočtové periody. Simulace s počátkem výpočtu 8.8.2002 v 06 hodin tento problém s bilancí eliminovala. Pro další výpočty, které začínají 5.8.2002 v 06 hodin byla část přítoku mezi tímto časem a časem 8.8.2002 v 06 hodin upravena tak, aby odpovídala bilanci nádrže. Maximální simulovaná hladina v nádrži je 355.27 m.n.m., což je o 10 cm více než hladina měřená. Rozdíl hladin 10 cm při průměrné kótě 355.22 m.n.m. reprezentuje chybu 2711546 m<sup>3</sup>, tj. 0.2% z celkového množství proteklého

nádrží za simulované období. To odpovídá průměrné chybě průtoku  $2.52 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  pro výše uvedené období. Z hlediska bilance nádrže lze tuto chybu akceptovat.

### Simulace č.4.a-c – SETI

Při této simulaci je vstupem do modelu nádrže časová řada měření přítoku a počáteční hladina v nádrži. Rovněž jsou známy průtoky elektrárny. Přítok do nádrže je bilanční (Broža, 2003). Při této simulaci byly použity pro výpočet odtoku měrné křivky otevřených spodních výpustí a měrné křivky pro volné přepady. Alternativně je v simulaci č.4.b použita časová řada známých průtoků výpustmi. Tento typ výpočtu má platnost pouze pro časové období v oblasti kulminace povodňové vlny, kdy jsou splněny předpoklady pro měrné křivky pro volný přeliv. Tato simulace pouze demonstruje nutnost znalosti manipulace s objekty, aby bylo možné provést reálný výpočet průběhu hladin a odtoku z nádrže. Výsledky pro simulaci č.4.b jsou na Obr. 1–18. Na Obr. 1–19 jsou zobrazeny měřené průtoky jednotlivými objekty, elektrárny, dvěmi výpustmi a třemi přelivy. Přítok do nádrže je bilanční (Broža, 2003). Ostatní podklady jsou od PVL. Tato simulace tedy využívá zaznamenané průtoky při manipulacích na základě použití původních měrných křivek. Simulovaný odtok z nádrže na Obr. 1–19 je menší než odvozený odtok PVL. Je to dáno tím, že původní měrné křivky byly pouze do kóty 353.6 m.n.m. a rovněž nejsou zahrnuty živelné odtoky z nádrže.

### Simulace č.5 – SETH

Při této simulaci je vstupem do modelu nádrže pouze časová řada měřených vodních stavů a počáteční přítok a odtok. Na základě změny hladiny, měrných křivek výpustí a přelivů je počítán odtok a přítok tak, aby byla zachována bilance. Jak je označeno v tabulce, tato varianta simulace nebyla provedena.

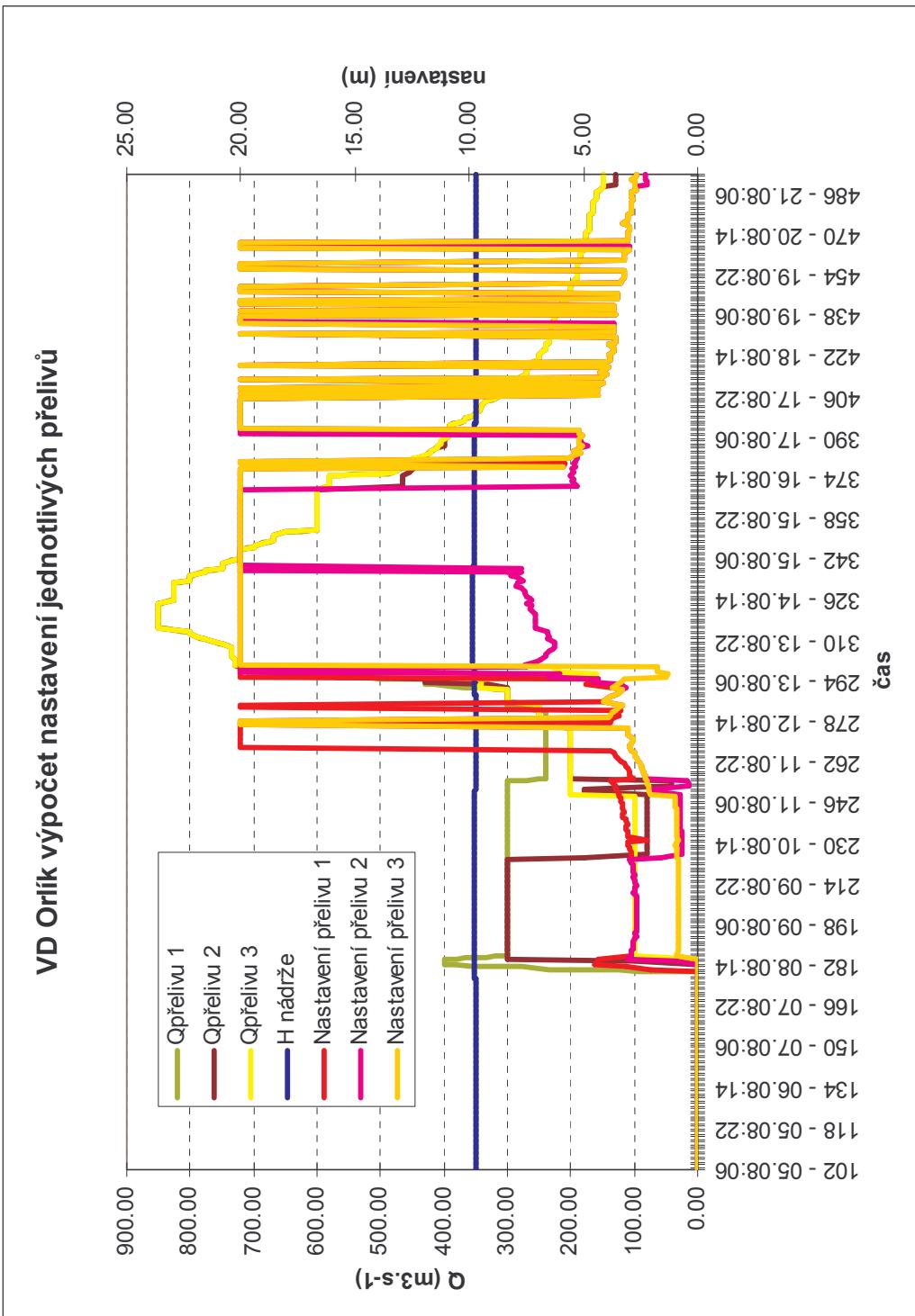
### Simulace č.6 – SETI + poloha

Při této simulaci je vstupem do modelu nádrže časová řada měřených přítoků, počáteční hladina v nádrži a průběh nastavení jednotlivých výpustí a přelivů. Tyto údaje o manipulacích nejsou k dispozici. Byly proto na základě známých průtoků a hladin v nádrži odvozeny. Příklad takto odvozených průběhů nastavení pro přelivy je zobrazen na Obr. 1–14. Průběh poloh na tomto obrázku přesahuje hodnotu šesti metrů, což je maximální běžný zdvih segmentu. Během povodně však došlo k jeho úplnému otevření (zdvih více než 6 m), aby nedošlo k přelití hráze. Tento stav je na obrázku indikován nastavením, které bylo arbitrárně stanoveno na 20, pouze z důvodu zobrazení. Tato hodnota nastavení je rovněž přiřazena hodnotám průtoků, které se pohybují pro danou hladinu mimo měrnou křivku. Tyto hodnoty nastavení byly v další fázi manuálně upraveny. Průběh simulace je uveden na Obr. 1–20.

VD Orlík	Měření PVL	Varianta č.6.
Max. dosažená hladina v nádrži (m.n.m)	355.17	355.30
Max. průtok ( $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ )	3100	3053
Objem odtoku pro danou periodu výpočtu ( $\text{m}^3$ )	1562205790 (100%)	1593439815 (98.0%)

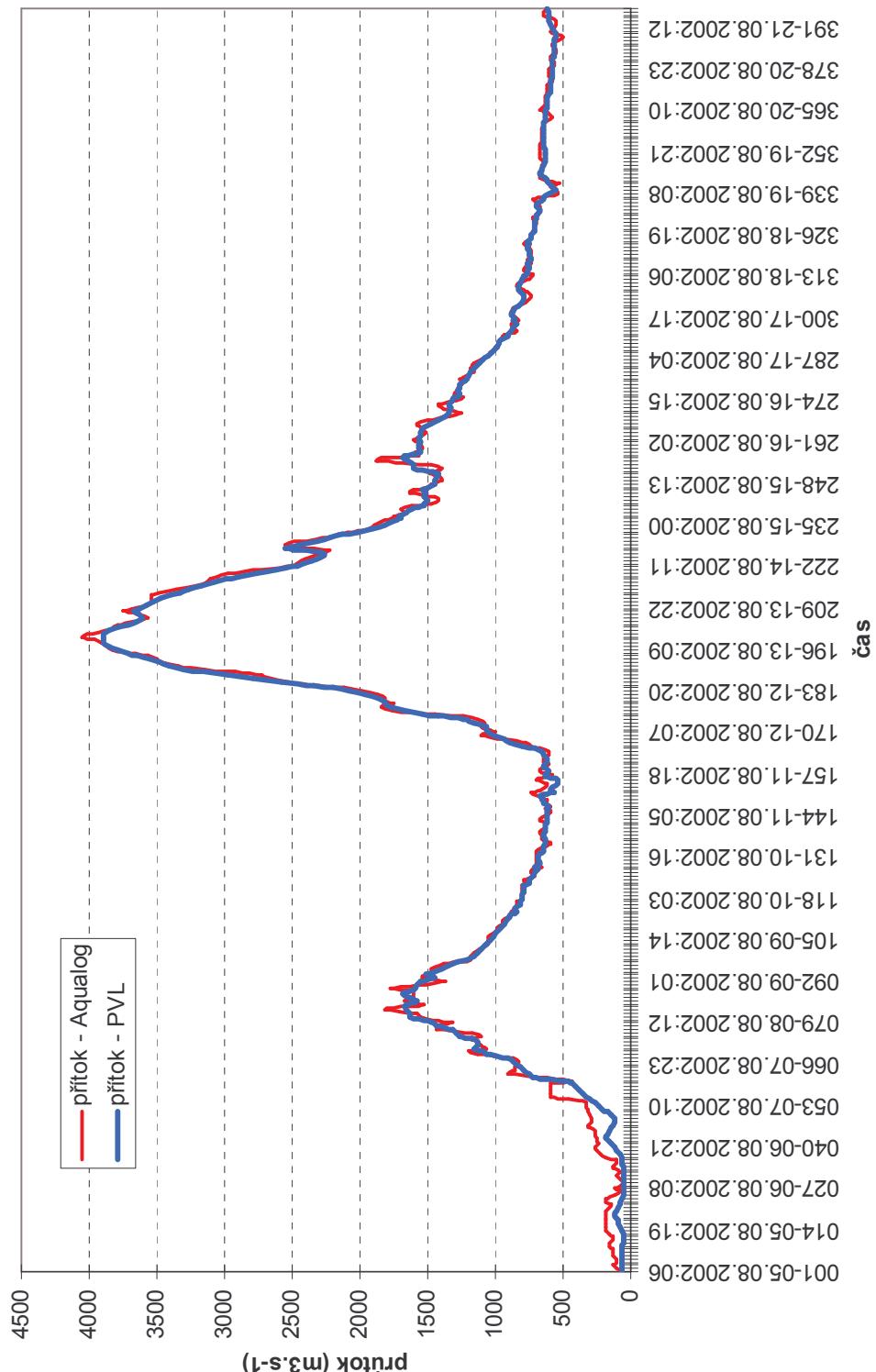
Tab. 1-9 Porovnání odtoku z VD Orlík pro variantu 6.





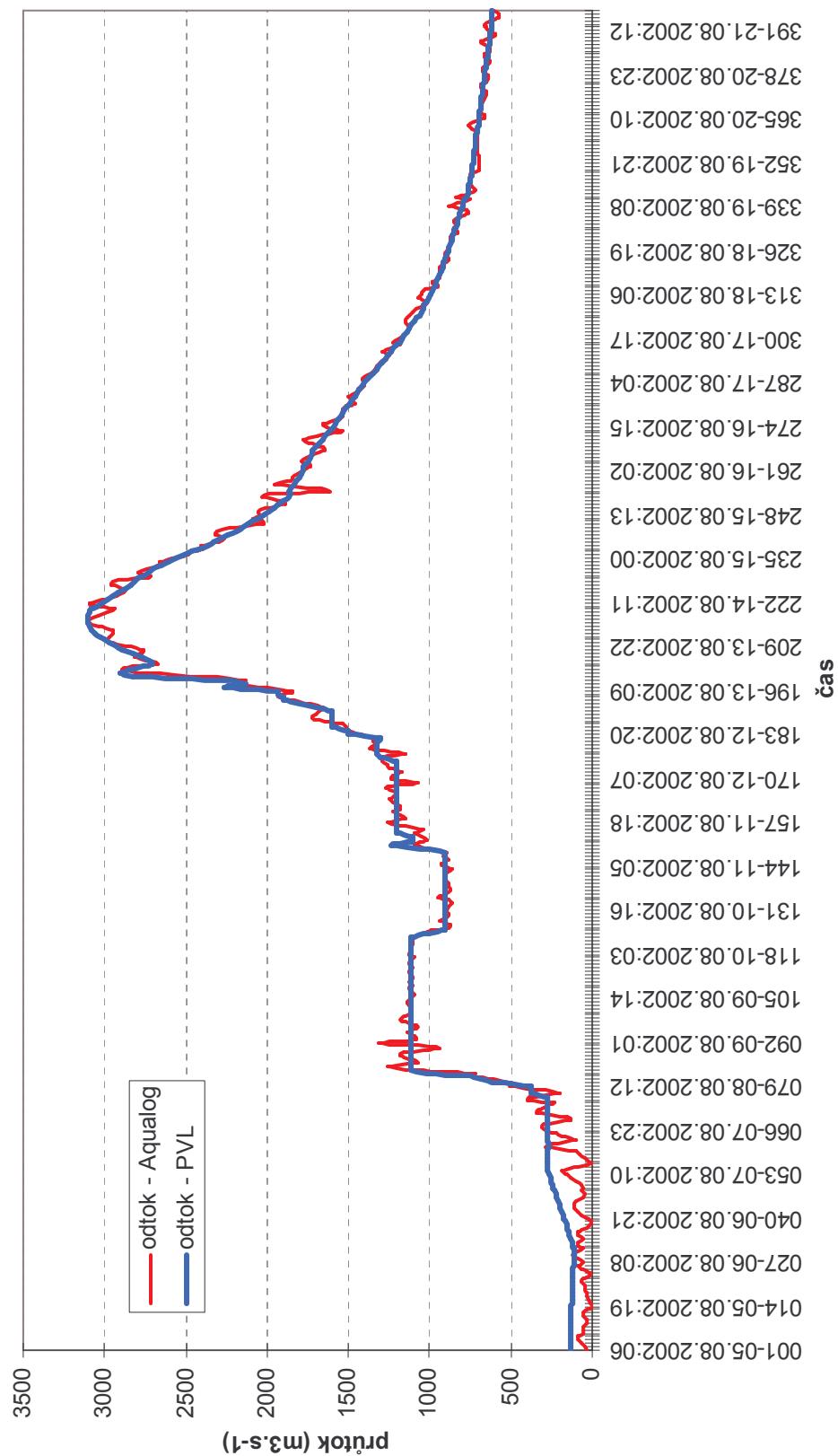
Obr. 1—14 Průběh nastavení přelivů VD Orlík odvozený ze známé hladiny v nádrži a průtoku objektem během povodně v srpnu 2002

### Simulace VD Orlik výpočet přítoku na základě známého odtoku a hladiny nádrže



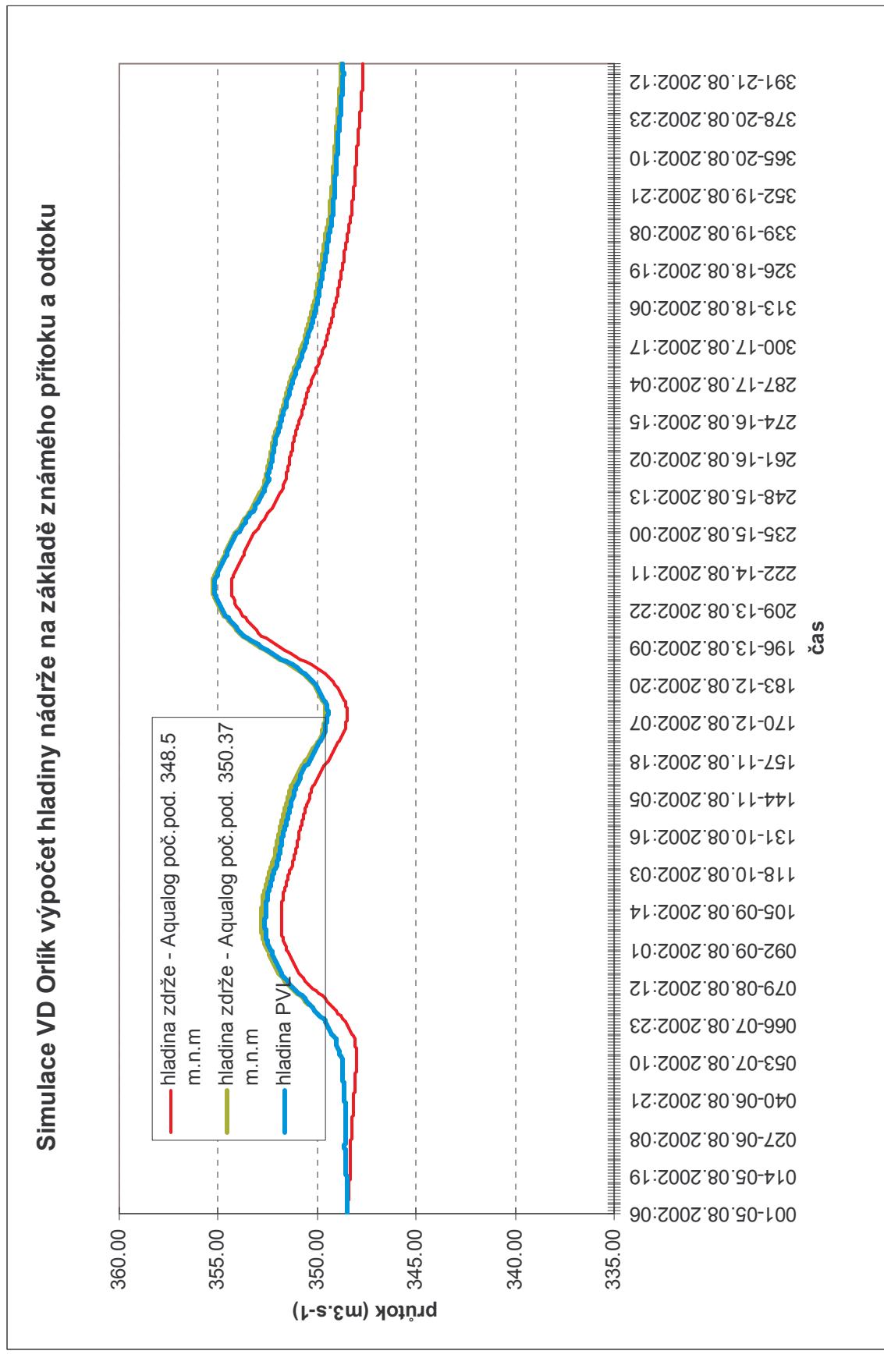
Obr. 1—15 Simulace č. 1 - výpočet přítoku z průběhu známých hladin a odtoku – SETHO

### Simulace VD Orlík výpočet odtoku na základě známého přítoku a hladiny nádrže



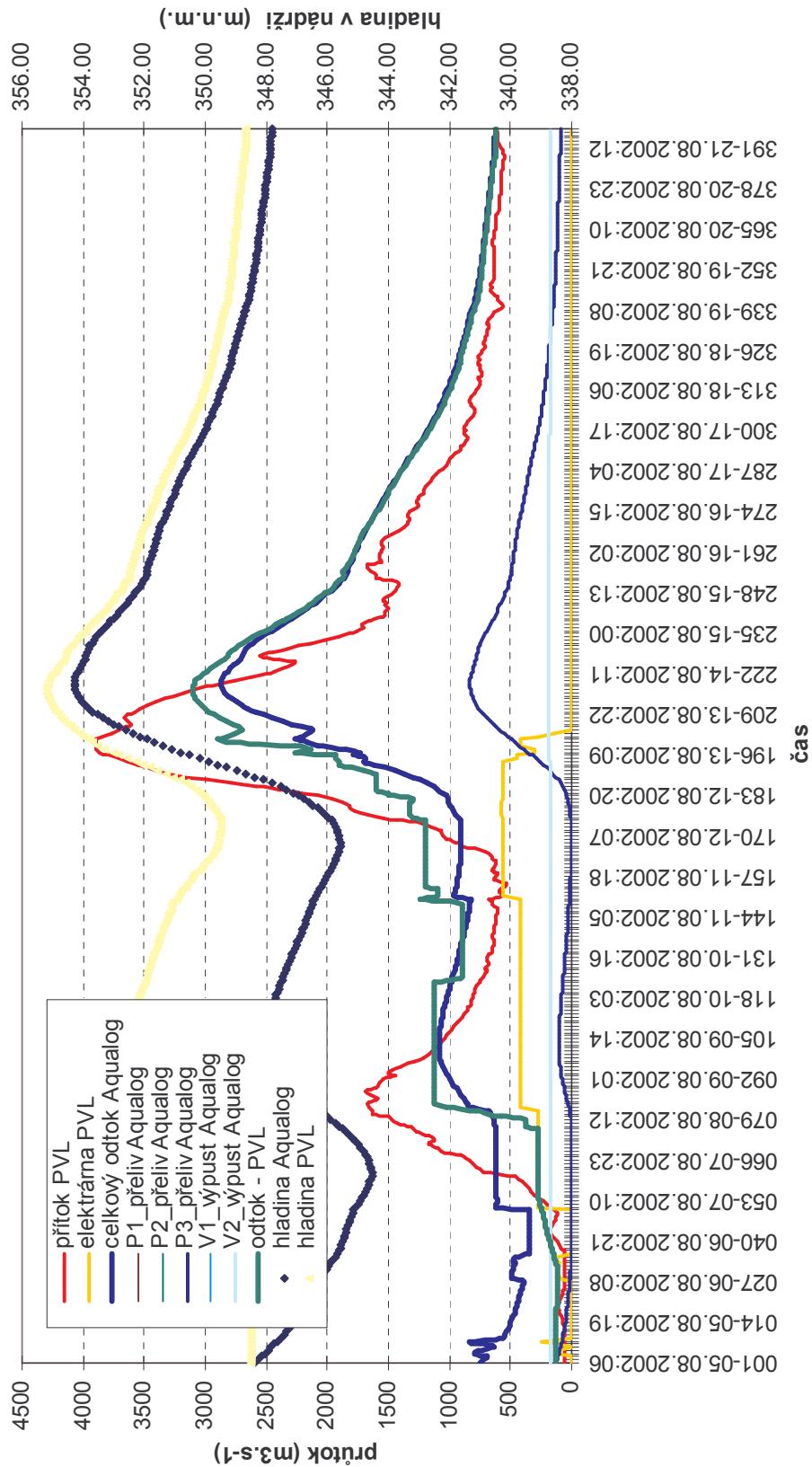
Obr. 1—16 Simulace č. 2 - výpočet odtoku z průběhu známých hladin a přítoku – SETHI

## Simulace VD Orlik výpočet hladiny nádrže na základě známého přítoku a odtoku



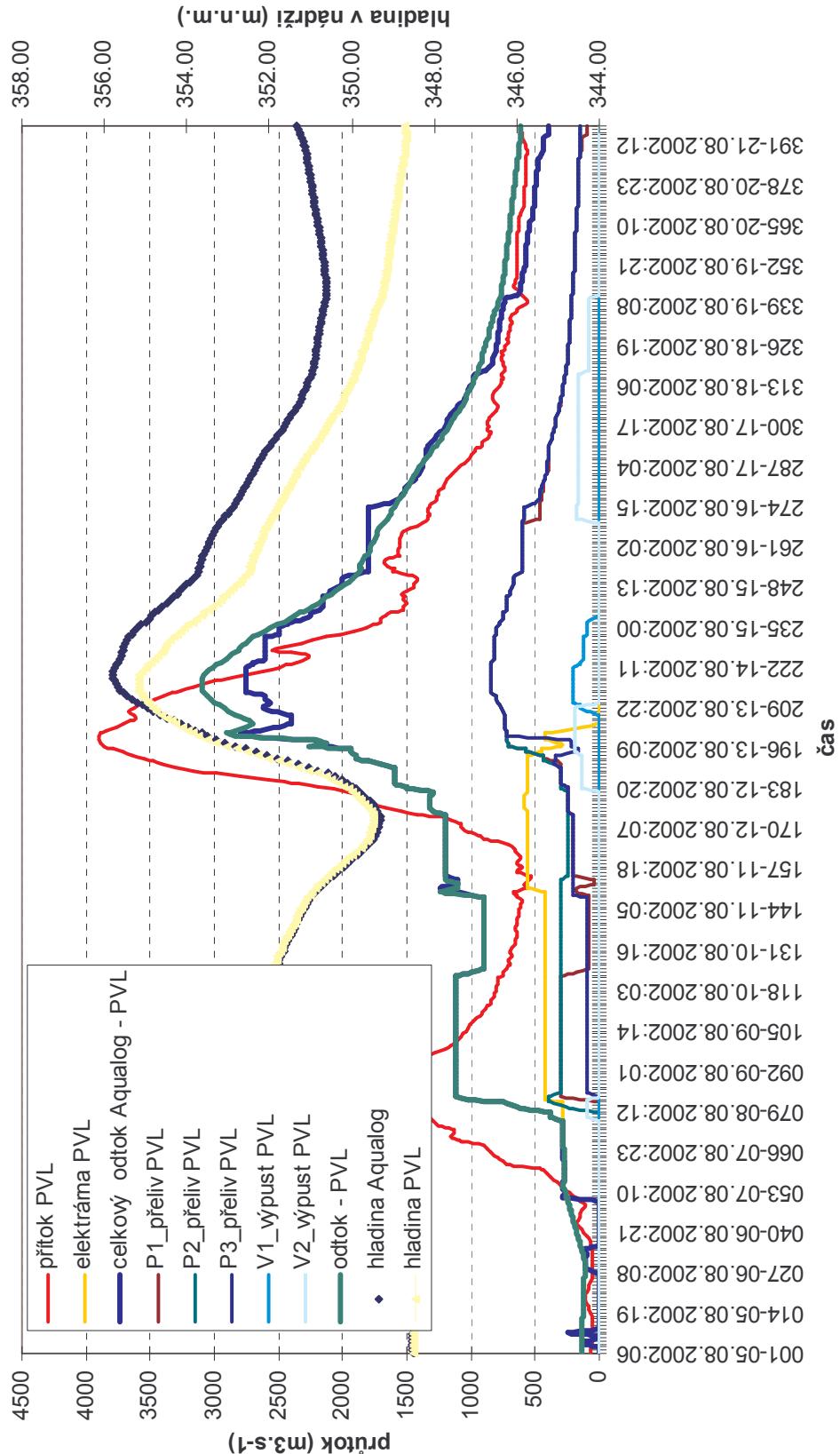
Obr. 1–17 Simulace č. 3 – výpočet průběhu hladin ze známého příloku a odtoku – SETQI

**Simulace VD Orlík na základě měřných křivek.  
Přítok - PVL, nejsou zahrnuty živelné odtoky.**



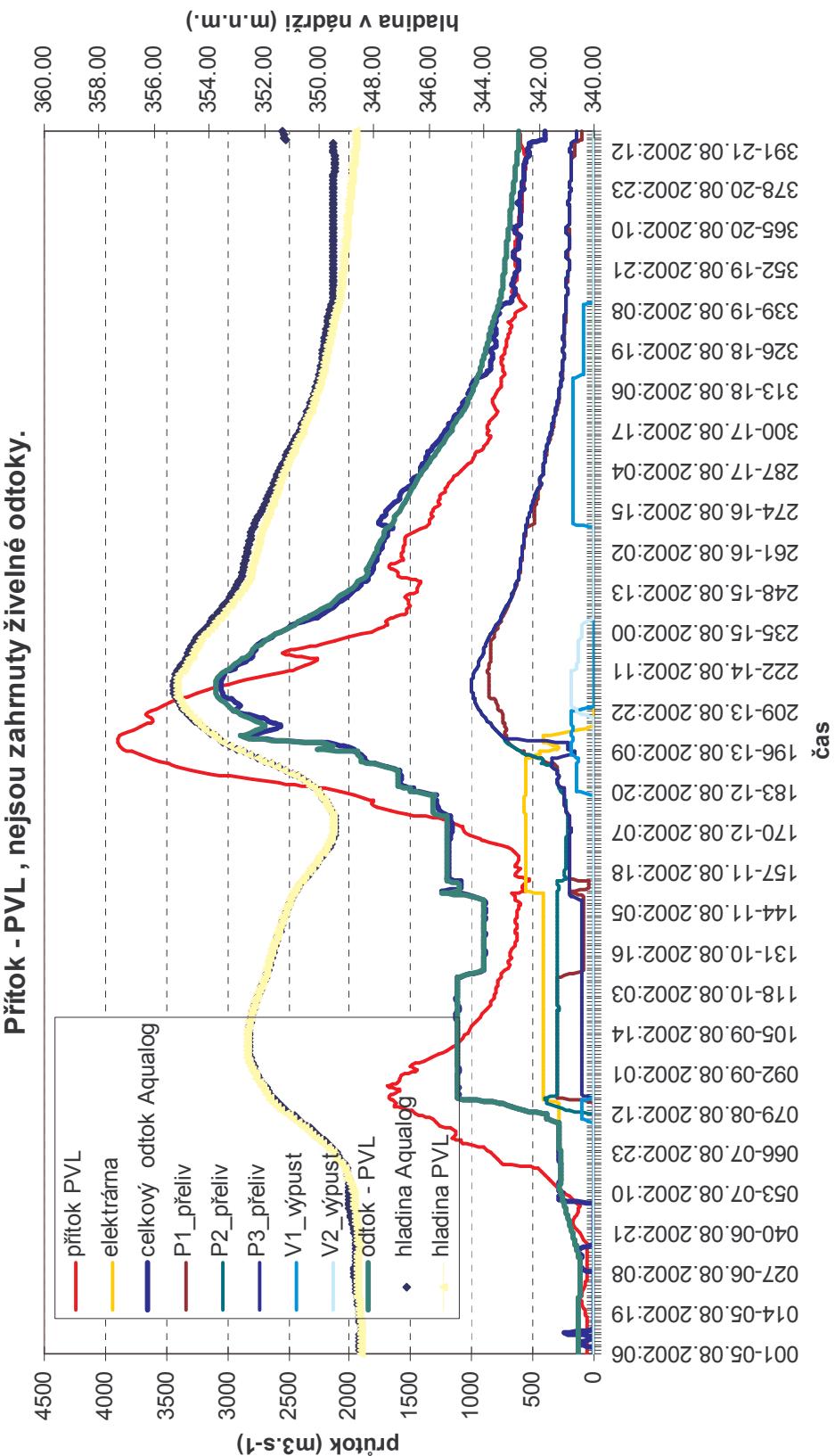
Obr. 1—18 Simulace č. 4. b – výpočet odtoku s použitím měřných křivek přelivů (volný přeliv)

**Simulace VD Orlik na základě měřených průtoků přelivu, výpustmi a elektrárnou.  
Přítok - PVL, nejsou zahrnuty živelné odtoky.**



Obr. 1—19 Simulace č. 4. c - výpočet odtoku na základě měřených průtoků výpustmi, přelivu a elektrárnou. Zanedbány jsou živelné odtoky.

**Simulace VD Orlík na základě měrných křivek a skutečného nastavení během, manipulace**



Obr. 1—20 Simulace č. 6 - výpočet odtoku na základě měrných křivek a nastavení. Zanedbány jsou živelné odtoky.



### 1.6.1.3 Závěr

Ze simulací VD Orlík s použitím dat od PVL můžeme učinit následující závěry:

- byl sestaven a ověřen model VD Orlík
- byly extrapolovány křivky přelivů a výpustí do kóty 356 m.n.m a to jak pro volný přeliv a otevřené výpusti, tak pro jednotlivé polohy uzávěrů
- model prokázal dobrou shodu mezi odvozenými a simulovanými průtoky. Na základě tohoto zjištění nelze ovšem konstatovat, že bilanční přítok do VD Orlík odpovídá skutečnému přítoku do VD. Posouzení přítoku je uvedeno na jiném místě.

### 1.6.2 VD Kamýk

#### 1.6.2.1 Podklady výpočtu VD Kamýk

Jako vyrovnávací nádrž pro hydro-elektránu Orlík hraje VD Kamýk z hlediska transformace povodňové vlny zanedbatelnou úlohu. Hlavním důvodem jeho zařazení do modelu a výpočtů posouzení průtoku povodňové vlny Vltavskou kaskádou je zajistit možnost monitorování průtokových řad přítok/odtok. Přítok z mezipovodí mezi VD Orlík a VD Kamýk lze s ohledem na jeho malou plochu zanedbat. Odtok z VD Orlík je proto považován za jediný přítok do nádrže Kamýk. Extrapolaci měrné křivky hrazených přelivů (volný přeliv) VD Kamýk je v Tab. 1-10.

H	h	Q -1 pole	Q -2 pole	Q -3 pole	Q - 4 pole	h^3/2	m
(m n.m.)	(m)	(m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> )					
284.70	5.60	517.73	1035.45	1553.18	2070.90	13.25	0.49
284.80	5.70	531.66	1063.31	1594.97	2126.62	13.61	0.49
284.90	5.80	545.71	1091.42	1637.12	2182.83	13.97	0.49
285.00	5.90	559.88	1119.76	1679.64	2239.53	14.33	0.49
285.10	6.00	574.18	1148.35	1722.53	2296.70	14.70	0.49
285.20	6.10	588.59	1177.18	1765.77	2354.36	15.07	0.49
285.30	6.20	603.12	1206.25	1809.37	2412.49	15.44	0.49
285.40	6.30	617.77	1235.55	1853.32	2471.09	15.81	0.49
285.50	6.40	632.54	1265.08	1897.62	2530.16	16.19	0.49
285.60	6.50	647.42	1294.85	1942.27	2589.69	16.57	0.49
285.70	6.60	662.42	1324.84	1987.26	2649.68	16.96	0.49
285.80	6.70	677.53	1355.07	2032.60	2710.13	17.34	0.49
285.90	6.80	706.90	1413.79	2120.69	2827.58	17.73	0.50
286.00	6.90	722.55	1445.09	2167.64	2890.18	18.12	0.50
286.10	7.00	738.31	1476.62	2214.93	2953.24	18.52	0.50
286.20	7.10	754.19	1508.38	2262.56	3016.75	18.92	0.50
286.30	7.20	770.18	1540.35	2310.53	3080.71	19.32	0.50
286.40	7.30	786.28	1572.56	2358.83	3145.11	19.72	0.50
286.50	7.40	802.49	1604.98	2407.47	3209.96	20.13	0.50
286.60	7.50	818.81	1637.62	2456.43	3275.25	20.54	0.50
286.70	7.60	835.24	1670.48	2505.73	3340.97	20.95	0.50
286.80	7.70	851.78	1703.56	2555.34	3407.13	21.37	0.50
286.90	7.80	868.43	1736.86	2605.28	3473.71	21.78	0.50
287.00	7.90	885.18	1770.36	2655.55	3540.73	22.20	0.50

Tab. 1-10 Extrapolovaná měrná křivka přelivů VD Kamýk

Jak již bylo naznačeno, extrapolace měrných křivek přelivů byla provedena stejným způsobem jako v případě VD Orlík, a rovněž tak i měrné křivky pro měnící se polohy uzávěrů, viz Příloha Obr. 7—2.

#### 1.6.2.2 Scénáře výpočtu VD Kamýk

V tabulce 1—11 jsou uvedeny možné varianty výpočtu pro nádrž VD Kamýk. Vzhledem k nedostupnosti potřebných dat při srpenové povodni v 2002 byl proveden pouze výpočet varianty 6.a a 6.b.

Simulace číslo	Vstup modelu		Výstup modelu		Metoda výpočtu	
	ID kód AQL	Popis stavové proměnné	ID kód AQL	Popis stavové proměnné	nádrže	přelivů a výpustí
6.a	HKRE CK00  CKEL BKP1 BKP2 BKP3 BKP4	Hnádrže - poč.podmínka <b>Qpřítok – odtok VD Orlík PVL</b> Qelektrárna Nastavení P1 Nastavení P2 Nastavení P3 Nastavení P4	CK99	Qodtok	SETI	přelivy - QVH
6.b	HKRE CK00  CKEL BKP1 BKP2 BKP3 BKP4	Hnádrže - poč.podmínka <b>Qpřítok – odtok VD Orlík AquaLog</b> Qelektrárna Nastavení P1 Nastavení P2 Nastavení P3 Nastavení P4	CK99	Qodtok	SETI	přelivy - QVH

Tab. 1-11 Výpočtové varianty pro VD Kamýk

Přehled úrovní hladin VD Kamýk v porovnání s dosaženými a překročenými hodnotami ukazuje Tab. 1-3 z které vyplývá skutečnost, že hladina  $H_{\max\text{-}max}$  byla v srpnové povodni 2002 překročena o 3.53 m (viz.Obr. 1—4).

VD Kamýk	datum/čas	m.n.m./ m	Poznámka
$H_{\max\text{-}max}$		284.60	max hladina vyrovnávacího prostoru
$H_{\max\text{-}nadržení}$		282.10	max hladina prostoru stálého nadržení
$H_{\min\text{-}nadržení}$		270.10	min hladina prostoru stálého nadržení
$H_{\text{pevný-přeliv}}$		279.10	
$H_{\text{počáteční (výpočtu)}}$	05.08.2002-06:00	282.62	
$H_{\max\text{-měřená}}$	14.08.2002-05:00	286.15	
$H_{\text{počáteční} - H_{\min\text{-vyrovnávací}}}$	05.08.2002-06:00	12.52	převýšení nad $H_{\min\text{-vyrovnávací}}$
$H_{\max\text{-měřená}} - H_{\max\text{-max}}$	14.08.2002-05:00	3.53	převýšení nad $H_{\max\text{-max}}$

Tab. 1-12 Úrovně vybraných hladin VD Kamýk

### Simulace č.6. a – SETI+nastavení

Při této simulaci je vstupem do modelu nádrže časová řada přítoků získaných odvozením odtoku z VD Orlík (Broža, 2003). Výsledky jsou znázorněny na Obr. 1—22. Byla posouzena pouze shoda kulminační hladiny uváděné PVL a spočítané. Maximální dosažená hladina uváděná PVL je 286.15 m.n.m, maximální simulovaná hladina byla 286.33 m.n.m, tj. rozdíl 18 cm. Čas kulminace se shoduje.

### Simulace č.6. b – SETI+nastavení

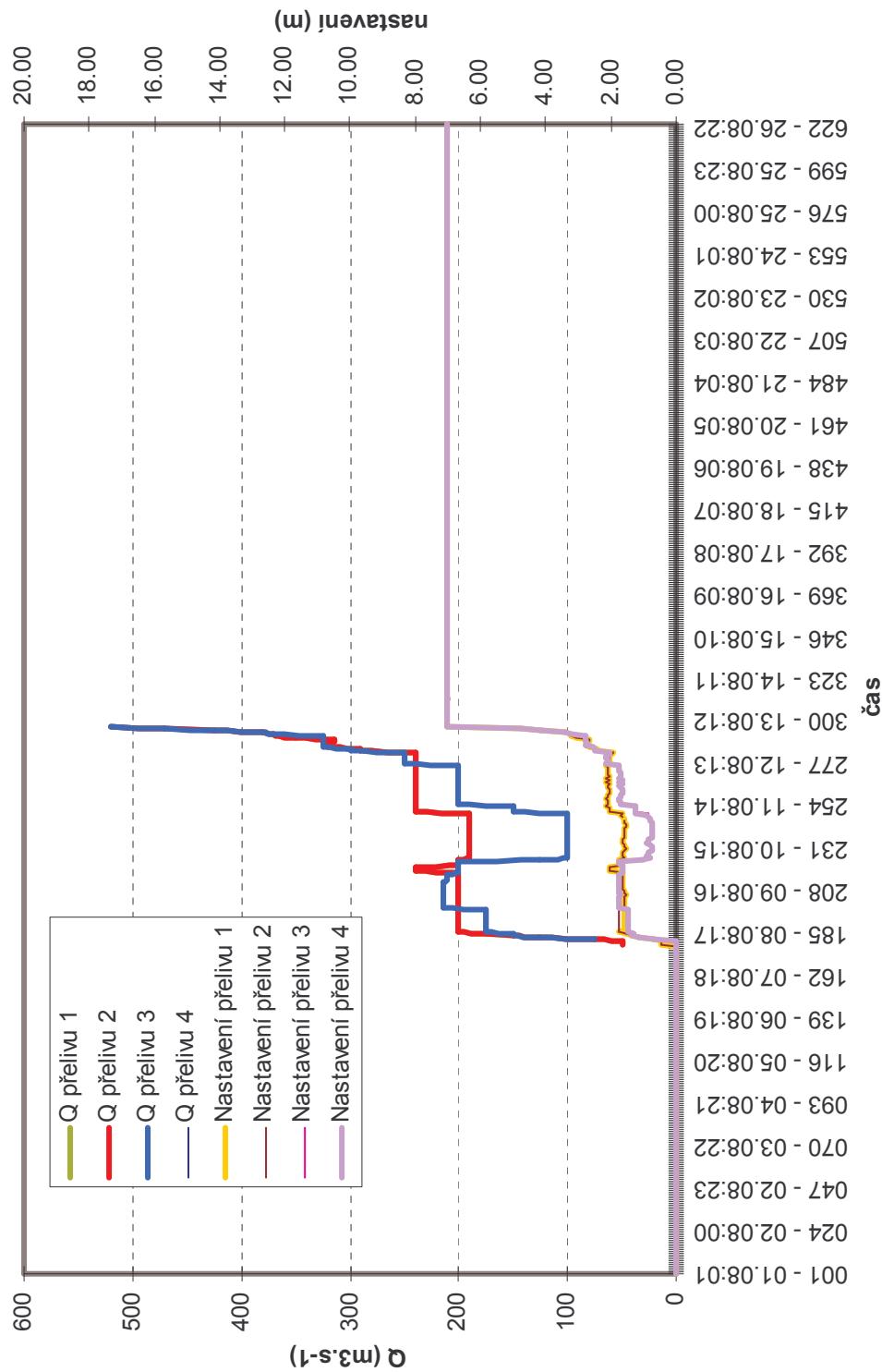
Při této simulaci je vstupem do modelu nádrže časová řada přítoků získaných výpočtem odtoku z VD Orlík pomocí modelu **AquaLog** na základě měrných křivek přelivů a výpustí, na základě známého nastavení těchto objektů, počáteční hladiny v nádrži. Přítok do VD Orlík je na základě bilančního výpočtu (Broža, 2003). Výsledky jsou znázorněny na Obr. 1—23. Maximální dosažená hladina uváděná PVL je 286.15 m.n.m, maximální simulovaná hladina byla 286.29 m.n.m, tj. rozdíl 14 cm. Čas kulminace se shoduje.

VD Kamýk	Měření PVL	Varianta č.6.a	Varianta č.6.b
Max. dosažená hladina v nádrži (m.n.m)	286.15	286.33	286.29
Max. průtok ( $m^3 \cdot s^{-1}$ )	-	3099	3075
Objem odtoku pro danou periodu výpočtu ( $m^3$ )	-	1563697256.40 (100%)	1516195479.60 (97.9%)

Tab. 1-13 Porovnání odtoku z VD Kamýk pro variantu 6.

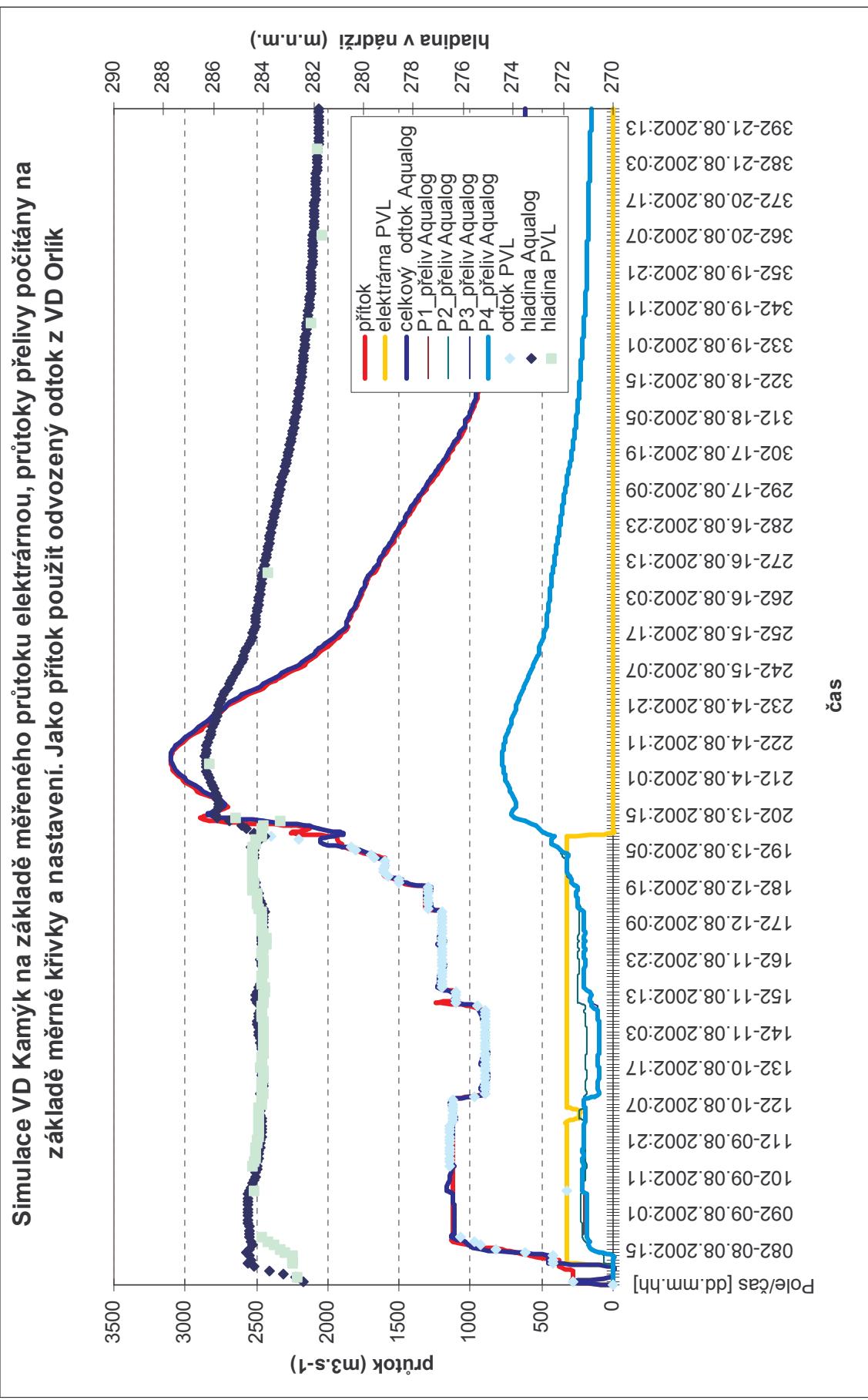


### VD Kamýk výpočet nastavení jednotlivých přelivů



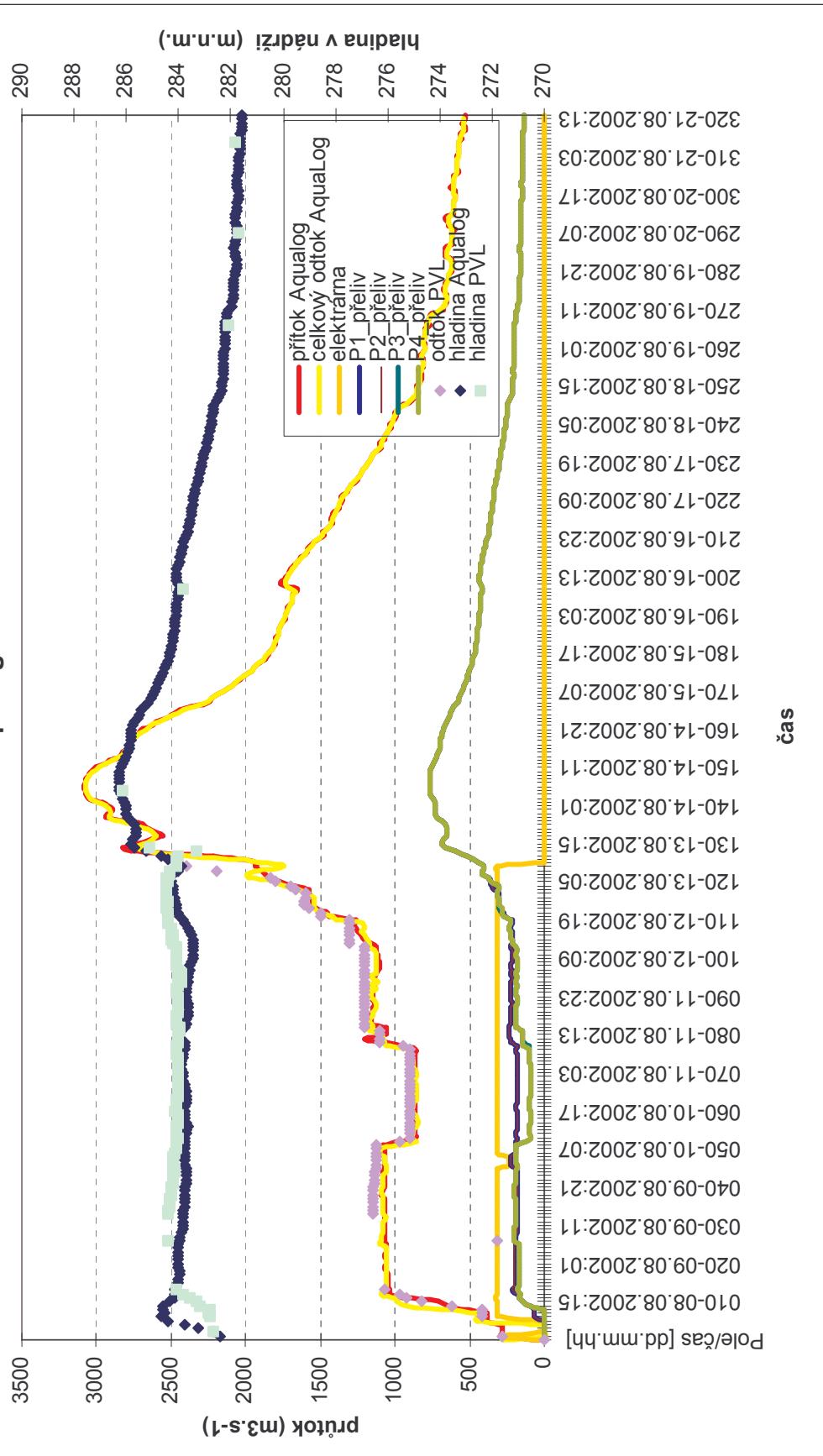
Obr. 1—21 Průběh nastavení přelivů VD Kamýk odvozený ze známé hladiny v nádrži a průtoku objektem během povodně v srpnu 2002

**Simulace VD Kamýk na základě měřeného průtoku elektrárnou, průtoky přelivu počítány na základě měrné křivky a nastavení. Jako přítok použit odvozený odtok z VD Orlik**



Obr. 1—22 Simulace č.6a Odtok z VD Kamýk na základě měrných křivek přelivů, nastavení a známého průtoku elektrárny.

**Simulace VD Kamýk na základě měřeného průtoku elektrárnou, odtoky přelivu počítány na základě měrné křivky a nastavení. Jako přítok použit simulovaný odtok z VD Orlík modelem Aqualog.**



Obr. 1—23 Simulace č.6.b - VD Kamýk na základě měrných křivek, nastavení a známého průtoku elektrárny.



### 1.6.2.3 Závěr

Ze simulací VD Kamýk s použitím dat od PVL můžeme učinit následující závěry:

- byl sestaven a ověřen model VD Kamýk,
- byly extrapolovány křivky přelivů do kóty 287 m.n.m a to jak pro volný přeliv, tak pro jednotlivé polohy uzávěrů,
- model prokázal dobrou shodu mezi měřenými a simulovanými průtoky. Na základě tohoto zjištění lze konstatovat, že z pohledu výsledků pro VD Kamýk odpovídá odvozený odtok z VD Orlík reálnému odtoku během povodně.

### 1.6.3 VD Slapy

#### 1.6.3.1 Podklady výpočtu VD Slapy

Podobně jako u VD Orlík je funkce VD Slapy především hydro-energetická a zásobní. Za předpokladu vhodné manipulace může mít i významný retenční účinek. Jak již bylo naznačeno, extrapolace měrných křivek přelivů byla provedena stejným způsobem jako v případě VD Orlík, a rovněž tak i měrné křivky pro měnící se polohy uzávěrů, viz Příloha Obr. 7—3.

H	h	Q - 1 pole	Q - 2 pole	Q - 3 pole	Q - 4 pole	$h^{3/2}$	m
(m n.m.)	(m)	( $m^3.s^{-1}$ )	( $m^3.s^{-1}$ )	( $m^3.s^{-1}$ )	( $m^3.s^{-1}$ )		
270.70	8.10	765.84	1531.7	2297.5	3063.4	23.05	0.5
270.80	8.20	780.07	1560.1	2340.2	3120.3	23.48	0.5
270.90	8.30	794.38	1588.8	2383.1	3177.5	23.91	0.5
271.00	8.40	808.78	1617.6	2426.3	3235.1	24.35	0.5

Tab. 1-14 Extrapolovaná měrná křivka přelivů VD Slapy

H	h	Q – 1 výpust	Q – 2 výpusti	$h^{0.5}$	m
(m n.m)	(m)	( $m^3.s^{-1}$ )	( $m^3.s^{-1}$ )		
270.70	9.70	182.05	364.1	3.11	1.05
270.80	9.80	182.96	365.9	3.13	1.05
270.90	9.90	183.89	367.8	3.15	1.05
271.00	10.00	184.82	369.6	3.16	1.05

Tab. 1-15 Extrapolovaná měrná křivka výpusť VD Slapy

#### 1.6.3.2 Scénáře výpočtu VD Slapy

Hlavní přítok do VD Slapy vytváří odtok z VD Kamýk. Jedná se vlastně o odtok z VD Orlík, protože transformační schopnost VD Kamýk je zanedbatelná. Kromě tohoto přítoku je třeba do celkové bilance přítoku zahrnout dvě povodí, s profily osazenými limnigrafickými stanicemi. Jedná se o Brzinu a Mastník. Kromě těchto dvou toků je třeba zahrnout mezipovodí, které je odvodněno přímo do VD Slapy. Plocha celkového mezipovodí je 740 km<sup>2</sup>.

Scénáře jednotlivých simulací pro VD Slapy jsou uvedeny v Tab. 1-16 a podrobněji dále popsány. Byly řešeny celkem 4 kombinace zadání vstupních časových řad (varianty 1 až 3 a 6)

Simulace číslo	Vstup modelu			Výstup modelu	Metoda výpočtu	
	ID kód AQL	Popis stavové proměnné	ID kód AQL		Popis stavové proměnné	Nádrže
1.	HSRE CS00 CSEL	Hnádrže Qodtok Qelektrárna	CS99	Qpřítok	SETHQ	
2.	HSRE CS99 CSEL	Hnádrže Qpřítok Qelektrárna	CS00	Qodtok	SETHI	

Simulace číslo	Vstup modelu			Výstup modelu	Metoda výpočtu	
	ID kód AQL	Popis stavové proměnné	ID kód AQL		Popis stavové proměnné	Nádrže
3.	CS00 CS99 CSEL	Qpřítok Qodtok Qelektrárna	HSRE	Hnádrže	SETQI	
6.	HSRE CSEL BSP1 BSP2 BSP3 BSP4 BSV1 BSV2	Hnádrže-poč.podmínka Qpřítok Qelektrárna Nastavení přelivu P1 Nastavení přelivu P2 Nastavení přelivu P3 Nastavení přelivu P4 Nastavení výpusti V1 Nastavení výpusti V2	CS00 CS99	Qodtok	SETI	přelivy – QVH výpusti - QVH

Tab. 1-16 Výpočtové varianty pro VD Slapy

Přehled úrovní hladin VD Slapy v porovnání s dosaženými a překročenými hodnotami ukazuje Tab. 1-3 z které vyplývá skutečnost, že hladina  $H_{\max\text{-}max}$  byla v srpnové povodni 2002 překročena o 0.27m (viz.Obr. 1—5).

VD Slapy	datum/čas	m.n.m./m	poznámka
$H_{\max\text{-max}}$		270.60	max. hladina vyrovnávacího prostoru
$H_{\max\text{-zásobní}}$		269.10	max. hladina zásobního prostoru
$H_{\min\text{-zásobní}}$		246.60	min. hladina zásobního prostoru
$H_{\text{pevný-přeliv}}$		262.60	
$H_{\text{počáteční (výpočtu)}}$	05.08.2002-06:00	269.93	hladina v nádrži při spuštění výpočtu
$H_{\max\text{-měřená}}$	14.08.2002-16:00	270.67	
$H_{\text{počáteční} - H_{\min\text{-zásobní}}}$	05.08.2002-06:00	23.33	převýšení nad $H_{\min\text{-zásobní}}$
$H_{\max\text{-měřená} - H_{\max\text{-max}}}$	14.08.2002-16:00	0.27	převýšení nad $H_{\max\text{-max}}$

Tab. 1-17 Úrovně vybraných hladin a velikost ochranného prostoru VD Slapy

### Simulace č.1 – SETHQ

Při této simulaci je vstupem do modelu nádrže časová řada měření hladiny v nádrži a měření odtoku z nádrže. Pro tuto simulaci byla použita vstupní data od PVL; odtok z VD Slapy a měření hladiny v nádrži. Tato simulace slouží především k základnímu ověření sestavení modelu a zachování bilance nádrže. Průběh časových řad ze simulace je na Obr. 1—25. Porovnání simulovaného přítoku je provedeno s odtokem z VD Slapy PVL. Simulace prokázala shodu mezi výstupem modelu (přítok) a přítokem od PVL. Po opravě časové řady odtoku PVL mezi 10. a 11. srpnem je chyba v objemu mezi simulovaným a měřeným přítokem za časové období zobrazené v grafu 0.9 %.

### Simulace č.2 – SETHI

Při této simulaci je vstupem do modelu nádrže časová řada měření hladiny v nádrži a měření přítoku do nádrže. Pro tuto simulaci byla použita vstupní data od PVL a ČHMÚ; odvozený odtok z VD Orlík (Broža, 2003) rozšířený o přítok z mezipovodí a měření hladiny v nádrži. Tato simulace slouží především k základnímu ověření sestavení modelu a zachování bilance nádrže. Průběh časových řad ze simulace je na Obr. 1—26. Po opravě časové řady odtoku PVL mezi 10. a 11. srpnem je chyba v objemu mezi simulovaným a měřeným odtokem za časové období zobrazené v grafu 0.8 %.

### Simulace č.3 – SETQI

Při této simulaci je vstupem do modelu nádrže časová řada měření přítoku a odtoku z nádrže. Pro tuto simulaci byla použita vstupní data od PVL a ČHMÚ. Přítok do nádrže (odtok z VD Orlík) byl odvozen

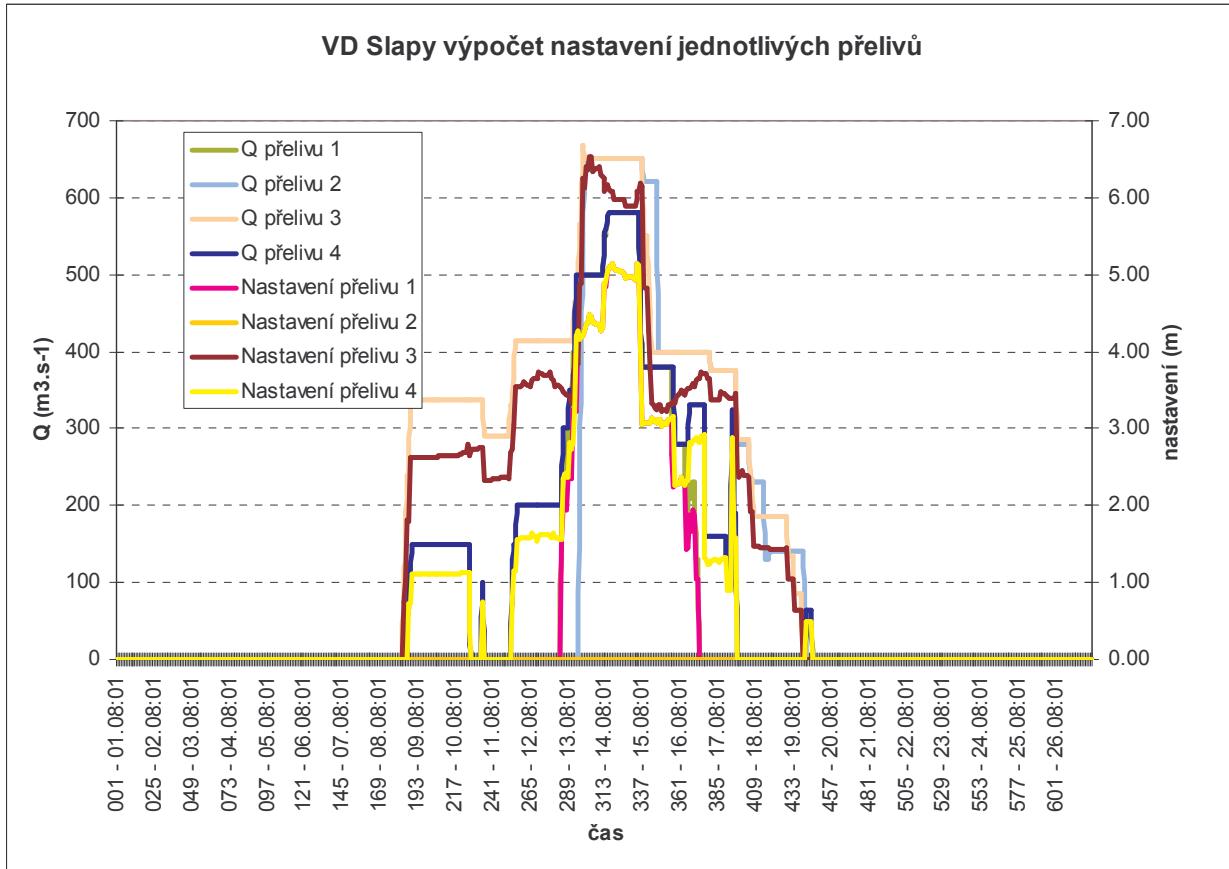
(Broža, 2003) a rozšířen o přítoky z 2 měřených (ČHMÚ) a 1 neměřeného mezipovodí. Na Obr. 1-23 jsou uvedeny časové řady simulované a měřené vodní hladiny nádrže. Jsou uvedeny dva průběhy hladin pro původní a opravenou časovou řadu odtoků z nádrže. Maximální dosažená změřená hladina v nádrži je 270.67 m.n.m., simulovaná hladina je o 1.7 metru vyšší. Vzhledem k tomu, že rozdíl hladin vzniká kumulací rozdílu mezi přítokem a odtokem a je tedy ovlivněn počátečními podmínkami, byla provedena simulace s počátkem výpočtu 11.srpna v 00 hod. V tomto případě je rozdíl hladin pouze 85 cm. Rozdíl časů kulminace je v obou případech 4 až 5 hodin. Pokud bychom pro toto rozmezí hladin spočítali chybu objemu vzhledem k sumě průtoků tak nám vyjde 0.7 %, což odpovídá průměrné chybě průtoku  $16.6 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ . V grafu na Obr. 1—27 je také zobrazen průběh hladin při použití přítoku fázově pousnutého o 3 hodiny. Velikost fázového posunu byla odvozena při simulaci č.1. Diference mezi spočítaným přítokem a přítokem posuzovaným byly nejmenší při fázovém posunu 3 hodiny.

### Simulace č.6 – SETI a nastavení

Při této simulaci je vstupem do modelu nádrže časová řada měřeného přítoku, počáteční hladina v nádrži a průběh nastavení jednotlivých výpustí a přelivů. Tyto údaje o manipulacích nejsou k dispozici. Byly proto na základě známých průtoků a hladin v nádrži odvozeny. Příklad takto odvozených průběhů nastavení pro přelivy je zobrazen na Obr. 1—24. Přítok do nádrže (odtok z VD Orlík) byl spočítán AquaLogem s použitím bilančního přítoku do VD Orlík - Broža, 2003 a rozšířen o přítoky z 2 měřených (ČHMÚ) a 1 neměřeného mezipovodí. Ostatní podklady jsou od PVL. Průběh simulace je uveden na Obr. 1—28.

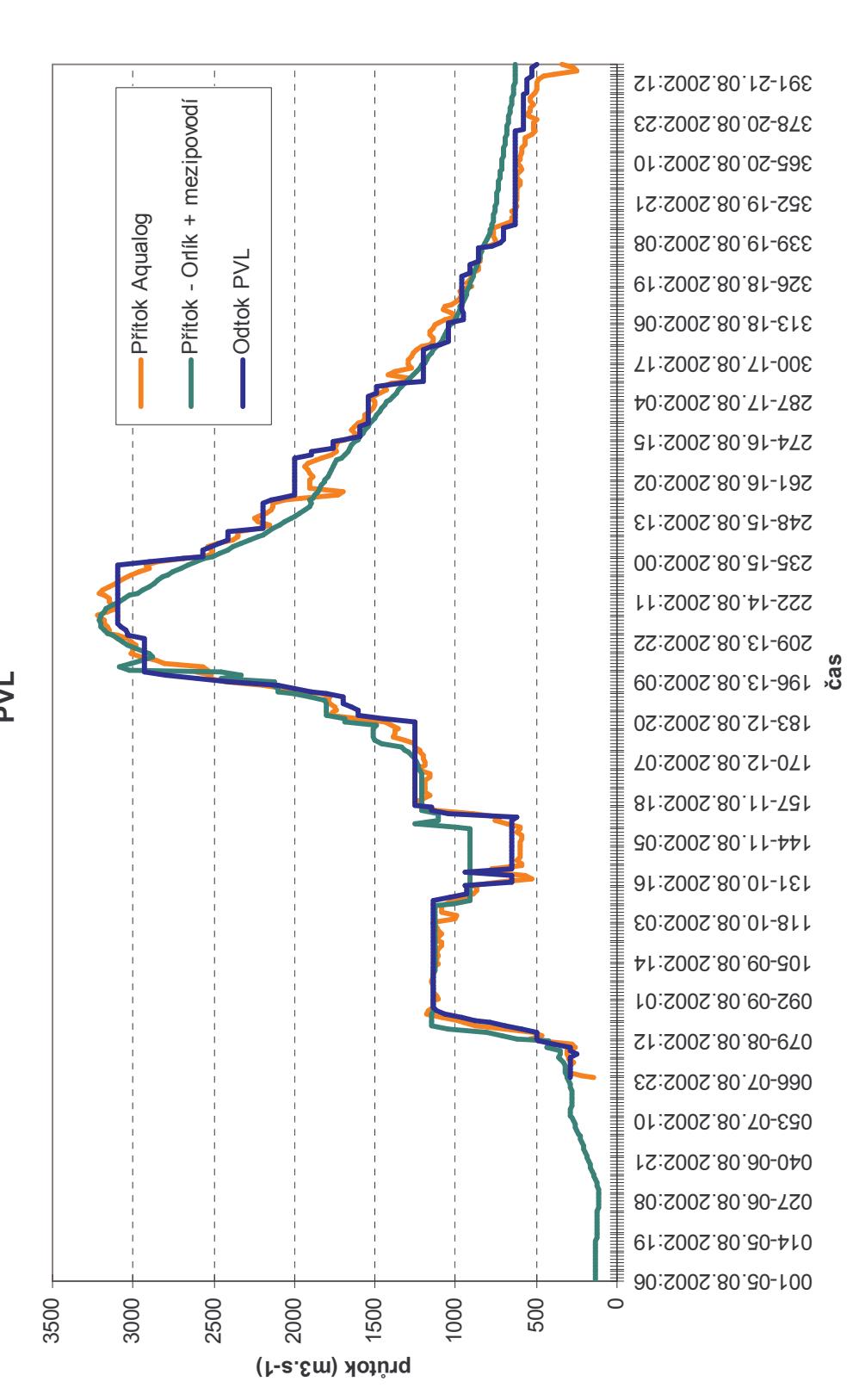
VD Slapy	Měření PVL	Varianta č.6.
<b>Max. dosažená hladina v nádrži (m.n.m)</b>	270.67	270.34 proti měřené kulminaci fázový posun 3 hod
<b>Max. průtok (<math>\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}</math>)</b>	3095	3174
<b>Objem odtoku pro danou periodu výpočtu (<math>\text{m}^3</math>)</b>	1312930800 (100%)	1285433802 (98.0%)

Tab. 1-18 Porovnání odtoku z VD Slapy pro variantu 6



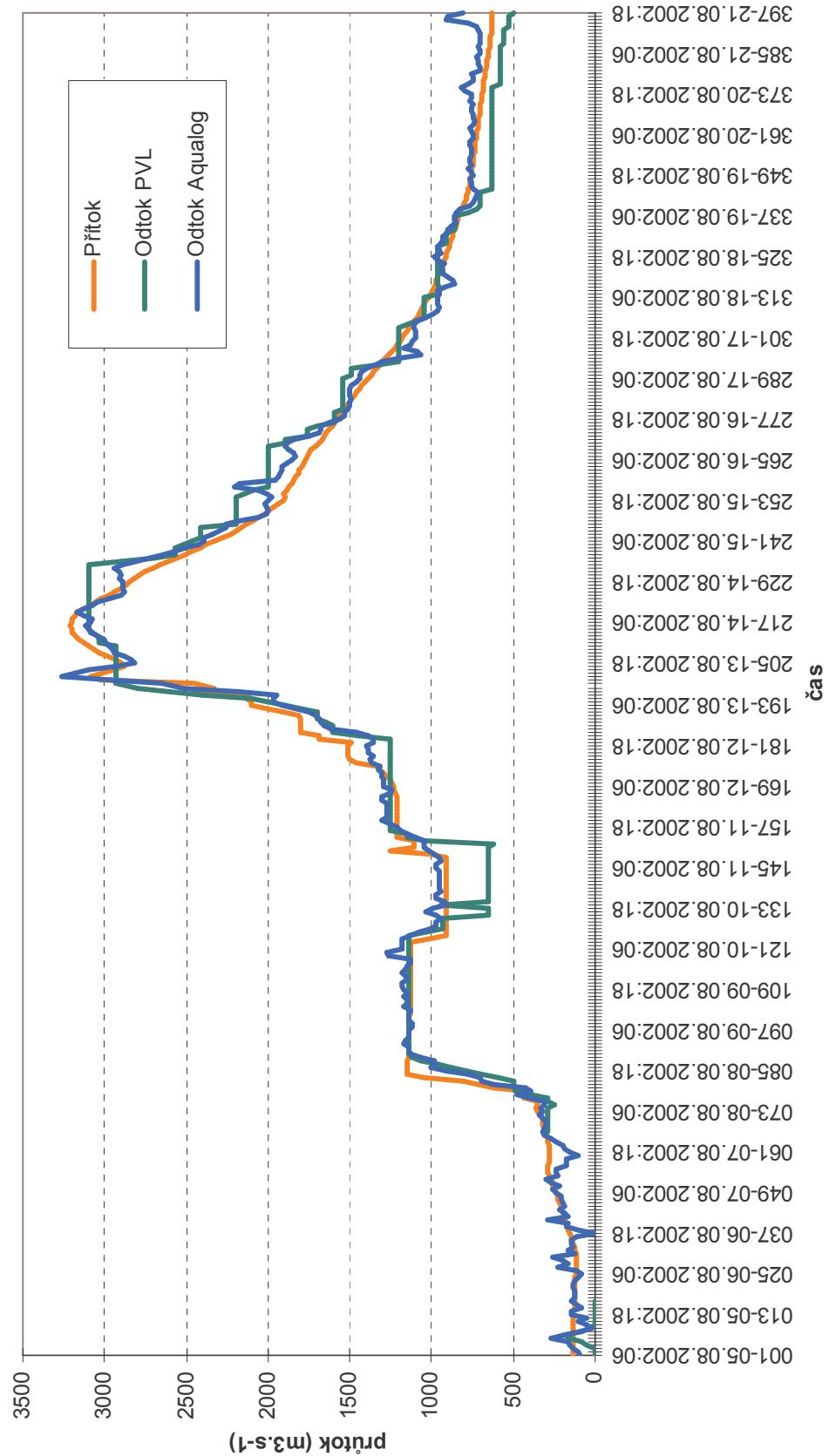
Obr. 1—24 Průběh nastavení přelivů VD Slapy odvozený ze známé hladiny v nádrži a průtoku objektem během povodně v srpnu 2002

### Simulace VD Slapy (výpočet přítoku) na základě známého průběhu hladiny a odtoku



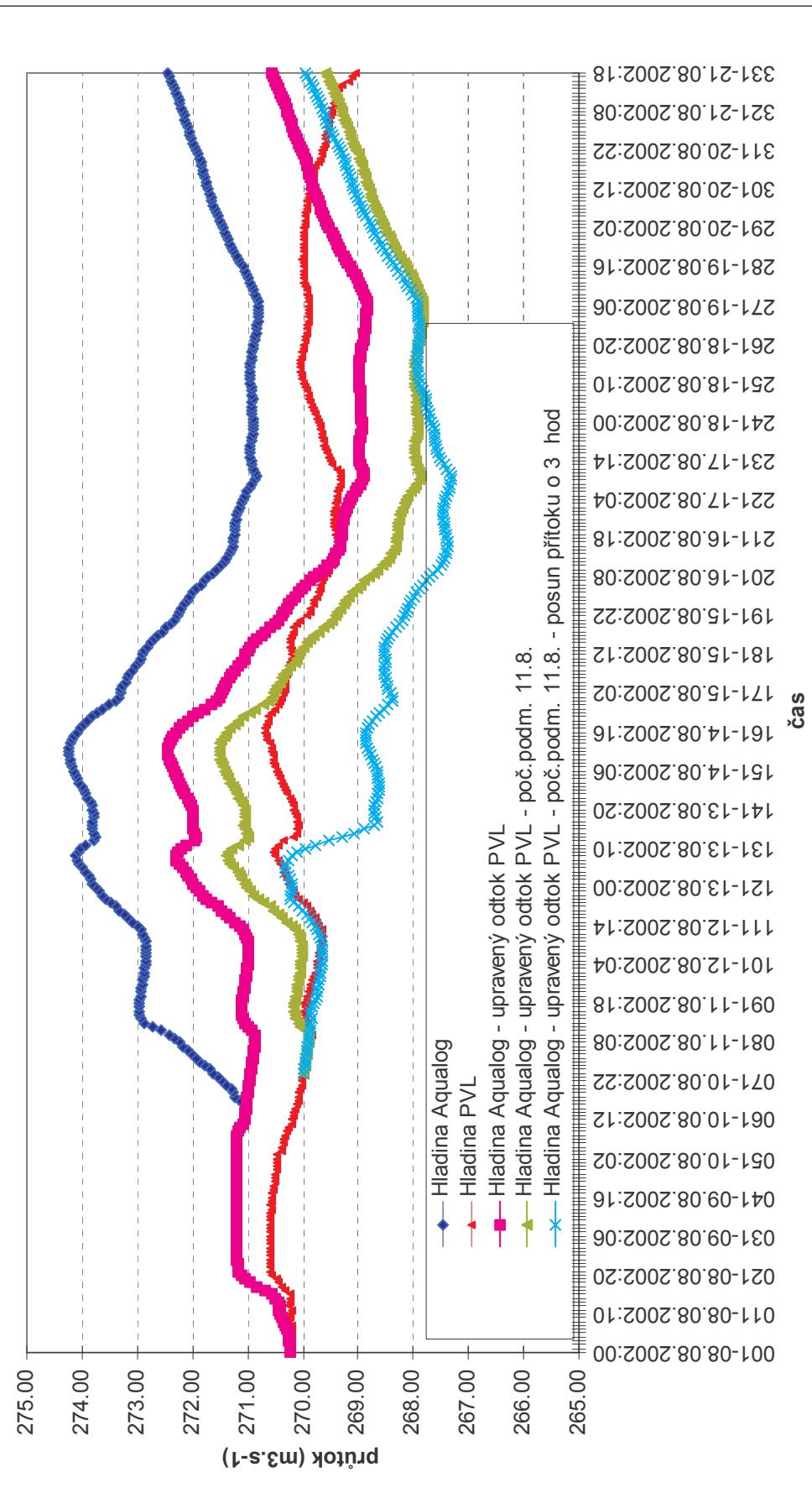
Obr. 1—25 Simulace č. 1 - výpočet přítoku z průběhu známých hladin a odtoku – SETHQ

**Simulace VD Slapy (výpočet odtoku)  
na základě známého průběhu hladiny a známého přítoku PVL.**



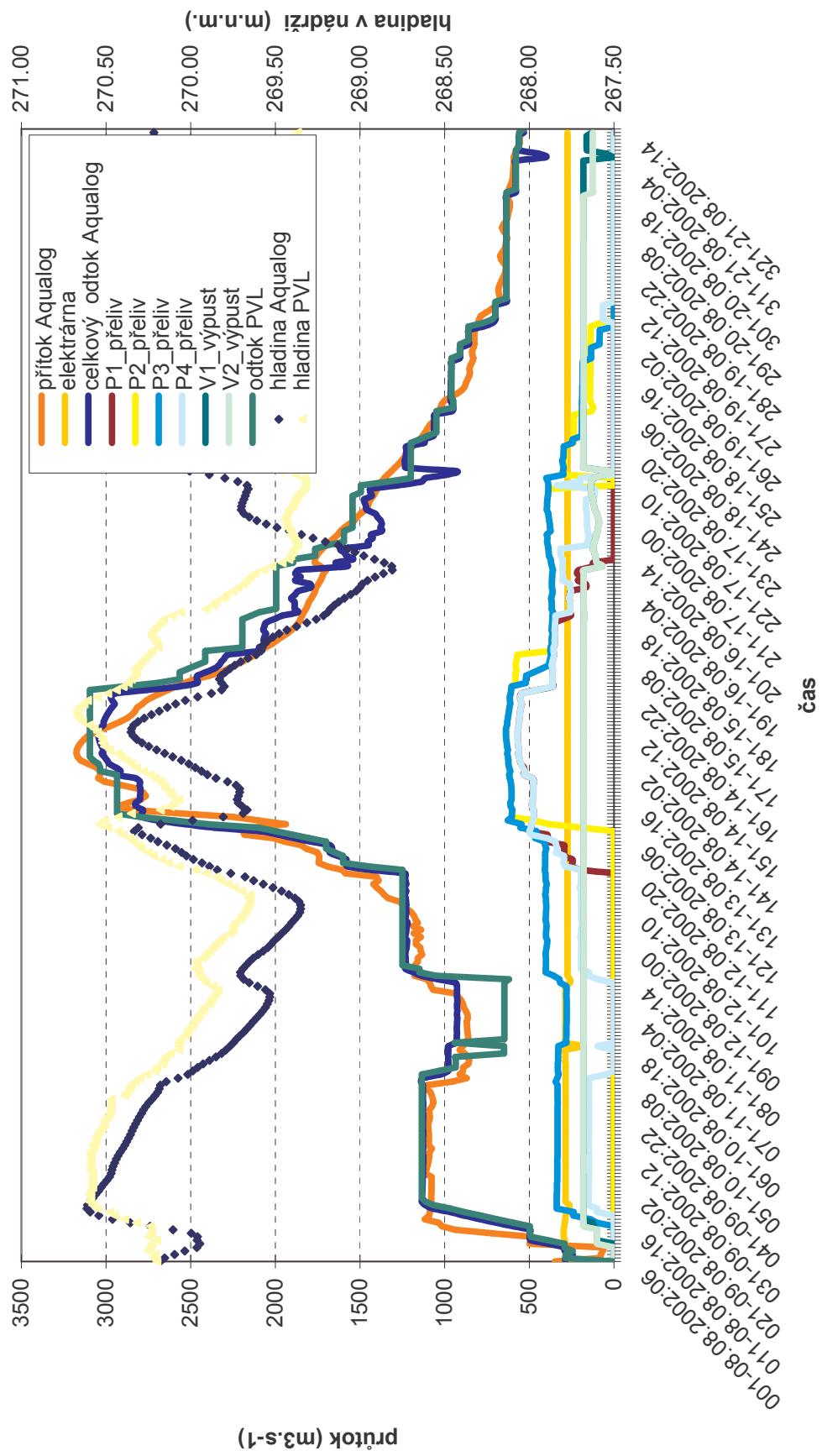
Obr. 1—26 Simulace č. 2 - výpočet odtoku z průběhu známých hladin a přítoku – SETHI

**Simulace VD Slapy na základě známého přítoku a odtoku.  
Přítok na základě odtoku z VD Orlík PVL a mezi povodí.**



Obr. I-27 Simulace č. 3 - výpočet průběhu hladin ze známého přítoku a odtoku - SETQI

**Simulace VD Slapy na základě měrných křivek a nastavení  
Přítok na základě odtoku z VD Kamýk a z mezipovodí.**



Obr. 1—28 Simulace č. 6 – výpočet od toku na základě měrných křivek přelivů a výpustí a nastavení v kombinaci s nastavením

### 1.6.3.3 Závěr

Ze simulací VD Slapy s použitím dat od PVL a ČHMÚ můžeme učinit následující závěry:

- byl sestaven a ověřen model VD Slapy.
- byly extrapolovány křivky přelivů do kóty 271 m.n.m a to jak pro volný přeliv a otevřené výpusti, tak pro jednotlivé polohy uzávěrů příslušných objektů.
- model prokázal shodu mezi měřenými a simulovanými průtoky. Odtok z VD Slapy v období mezi 10. a 11. srpnem byl na základě výpočtu opraven.
- chyba mezi simulovaným a odvozeným přítokem byla menší než 1%. V tomto rozsahu se pohybovala i chyba pro odtok.
- při posouzení shody mezi simulovanou a měřenou hladinou bylo zjištěno, že rozdíl hladin je způsoben průměrnou chybou mezi odvozeným a simulovaným průtokem, který je  $17 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  pro zkoumané období.

### 1.6.4 VD Štěchovice

#### 1.6.4.1 Podklady výpočtu VD Štěchovice

Účelem VD Štěchovice je vyrovnání odtoků hydrocentrály Slapy. Protože nádrž nemá praktický vliv na snížení velkých vod je třeba počítat s vypouštěním veškerého přítoku do zdrže VD Vrané.

Jak již bylo naznačeno, extrapolace měrných křivek přelivů byla provedena stejným způsobem jako v případě VD Orlík, a rovněž tak i měrné křivky pro měnící se polohy uzávěrů, viz Příloha Obr. 7—4.

H (m n.m.)	h (m)	Q - 1 pole ( $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ )	Q - 2 pole ( $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ )	Q - 3 pole ( $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ )	Q - 4 pole ( $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ )	Q - 5 polí ( $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ )	$h^{3/2}$	m
219.30	5.05	492.62	1477.86	1970.48	1970.48	2463.10	11.35	0.49
219.40	5.15	507.33	1521.98	2029.30	2029.30	2536.63	11.69	0.49
219.50	5.25	522.17	1566.52	2088.69	2088.69	2610.87	12.03	0.49
219.60	5.35	537.16	1611.49	2148.65	2148.65	2685.82	12.37	0.49
219.70	5.45	552.29	1656.88	2209.18	2209.18	2761.47	12.72	0.49
219.80	5.55	567.56	1702.69	2270.26	2270.26	2837.82	13.07	0.49
219.90	5.65	582.97	1748.92	2331.89	2331.89	2914.86	13.43	0.49
220.00	5.75	598.52	1795.55	2394.07	2394.07	2992.59	13.79	0.49
220.10	5.85	614.20	1842.60	2456.80	2456.80	3071.00	14.15	0.49
220.20	5.95	630.02	1890.05	2520.06	2520.06	3150.08	14.51	0.49
220.30	6.05	645.96	1937.89	2583.86	2583.86	3229.82	14.88	0.49
220.40	6.15	662.05	1986.14	2648.18	2648.18	3310.23	15.25	0.49
220.50	6.25	678.26	2034.78	2713.04	2713.04	3391.30	15.62	0.49
220.60	6.35	694.60	2083.81	2778.41	2778.41	3473.01	16.00	0.49
220.70	6.45	711.07	2133.22	2844.30	2844.30	3555.37	16.38	0.49
220.80	6.55	727.68	2183.03	2910.70	2910.70	3638.38	16.76	0.49
220.90	6.65	744.40	2233.21	2977.61	2977.61	3722.01	17.15	0.49
221.00	6.75	761.26	2283.77	3045.03	3045.03	3806.28	17.54	0.49

Tab. I-19 Extrapolovaná měrná křivka přelivů VD Štěchovice

#### 1.6.4.2 Scénáře výpočtu VD Štěchovice

Scénáře jednotlivých simulací pro VD Štěchovice jsou uvedeny v Tab. 1-20 a podrobněji dále popsány.

Simulace číslo	Vstup modelu		Výstup modelu		Metoda výpočtu	
	ID kód AQL	Popis stavové proměnné	ID kód AQL	Popis stavové proměnné	nádrže	přelivů a výpustí
1.	HTRE	Hnádrže	CT99	Qodtok	SETHQ	

Simulace číslo	Vstup modelu		Výstup modelu		Metoda výpočtu	
	ID kód AQL	Popis stavové proměnné	ID kód AQL	Popis stavové proměnné	nádrže	přelivů a výpustí
	CT00 CTEL	Qpřítok Qelektrárna				
2.	HTRE CT99 CTEL	Hnádrže Qodtok Qelektrárna	CT00	Qpřítok	SETHI	
3.	CT00 CS99 CSEL	Qpřítok Qodtok Qelektrárna	HTRE	Hnádrže	SETQI	
4.	HTRE CT00 CTEL	Hnádrže-poč.podmínka Qpřítok Qelektrárna	CT99	Qodtok	SETI	přelivy - QVH
6.a	HTRE CT00 CTEL BTP1 BTP2 BTP3 BTP4 BTP5	Hnádrže-poč.podmínka Qpřítok – odtok VD Slapy PVL Qelektrárna Nastavení P1 Nastavení P2 Nastavení P3 Nastavení P4 Nastavení P5	CT99	Qodtok	SETI	přelivy - QVH
6.b	HTRE CT00 CTEL BTP1 BTP2 BTP3 BTP4 BTP5	Hnádrže-poč.podmínka Qpřítok – odtok VD Slapy AquaLog Qelektrárna Nastavení P1 Nastavení P2 Nastavení P3 Nastavení P4 Nastavení P5	CT99	Qodtok	SETI	přelivy - QVH

Tab. 1-20 Výpočtové varianty pro VD Štěchovice

Přehled úrovní hladin VD Štěchovice v porovnání s dosaženými a překročenými hodnotami ukazuje Tab. 1-3, z které vyplývá skutečnost, že hladina  $H_{\max\text{-}max}$  byla v srpnové povodni 2002 překročena o 0.95 m (viz.Obr. 1—6).

VD Štěchovice	datum/čas	m.n.m./m	poznámka
$H_{\max\text{-}max}$		219.20	max. hladina vyrovnávacího prostoru
$H_{\max\text{-}nadřený}$		214.60	max. hladina prostoru stálého nadřený
$H_{\min\text{-}nadřený}$		198.40	min. hladina prostoru stálého nadřený
$H_{\text{pevný}\text{-}\text{přeliv}}$		214.25	
$H_{\text{počáteční}} \text{ (výpočtu)}$	05.08.2002-06:00	217.02	hladina v nádrži při spuštění výpočtu
$H_{\max\text{-měřená}}$	14.08.2002-07:00	220.15	
$H_{\text{počáteční}} - H_{\min\text{-nadřený}}$	05.08.2002-06:00	18.62	převýšení nad $H_{\min\text{-nadřený}}$
$H_{\max\text{-měřená}} - H_{\max\text{-max}}$	14.08.2002-07:00	0.95	převýšení nad $H_{\max\text{-max}}$

Tab. 1-21 Úrovně vybraných hladin VD Štěchovice

### Simulace č.1 – SETHQ

Při této simulaci je vstupem do modelu nádrže časová řada měření hladiny v nádrži a měření odtoku z nádrže. Pro tuto simulaci byla použita vstupní data od PVL; měřený odtok a měření hladiny v nádrži. Tato simulace slouží především k základnímu ověření sestavení modelu a zachování bilance nádrže. Průběh časových řad ze simulace je na Obr. 1—29. Porovnání simulovaného přítoku je provedeno s odtokem z VD Slapy PVL. Simulace prokázala shodu mezi výstupem modelu (přítok) a přítokem od PVL.

### Simulace č.2 – SETHI

Při této simulaci je vstupem do modelu nádrže časová řada měření hladiny v nádrži a měření přítoku. Tato simulace je obdobou předchozího typu výpočtu, kdy známe měření hladiny v nádrži a měření odtoku z nádrže. Pro tuto simulaci byla použita vstupní data od PVL, odtok z VD Slapy a měření hladiny v nádrži. Průběh simulace je uveden na Obr. 1—30. Porovnání simulovaného odtoku je provedeno s odtokem z nádrže od PVL. Simulace prokázala shodu mezi výstupem modelu (odtok) a odtokem z nádrže od PVL.

### Simulace č.3 – SETQI

Při této simulaci je vstupem do modelu nádrže časová řada měření přítoku a odtoku z nádrže. Pro tuto simulaci byla použita vstupní data od PVL, odtok z VD Slapy PVL a odtok z VD Štěchovice PVL. Na Obr. 1—31 jsou uvedeny časové řady simulované a měřené vodní hladiny v nádrži. Výsledky simulace neprokázaly shodu mezi simulovanou a měřenou hladinou v nádrži, což ukazuje na problémy s bilancí. Je třeba si uvědomit, že u VD této velikosti i zdánlivě nevýrazný rozdíl měřeného a simulovaného průtoku v oblasti kulminačních průtoků může vést k rozdílným hladinám v nádrži. Z grafu je patrné, že výrazný nárůst/pokles hladiny je důsledkem rozdílu mezi přítokem a odtokem z nádrže.

### Simulace č.6 a - b – SETI + nastavení

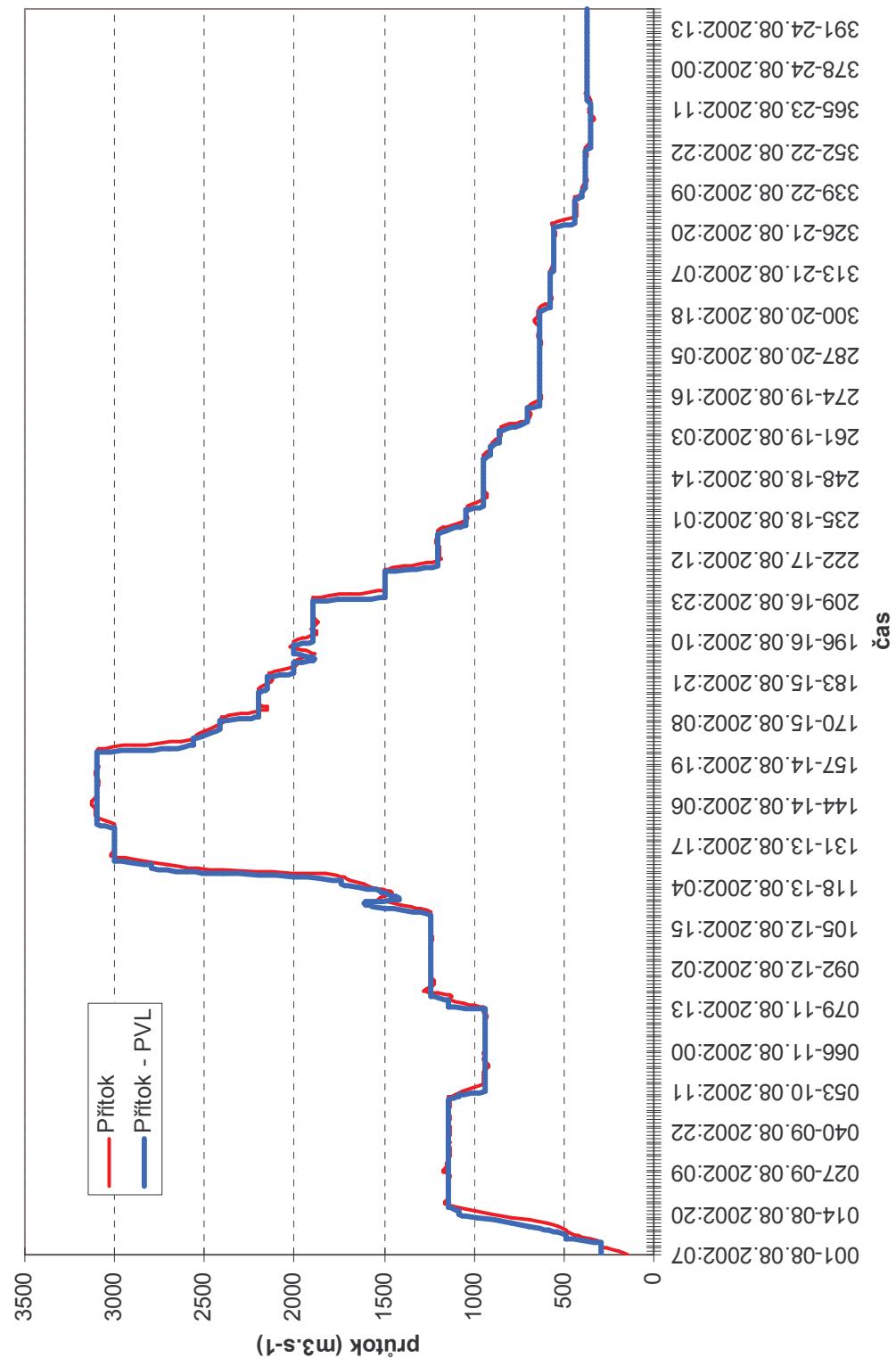
Při této simulaci je vstupem do modelu nádrže časová řada měřeného přítoku, počáteční hladina v nádrži a průběh nastavení jednotlivých přelivů. Tyto údaje o manipulacích nejsou k dispozici. Byly proto na základě známých průtoků a hladin v nádrži odvozeny. Jako přítok do VD Štěchovice je v případě varianty a) odtok z VD Slapy PVL, v případě varianty b) je použit odtok z VD Slapy spočítaný **AquaLogem** na základě výpočtu celé kaskády s použitím bilančního přítoku do VD Orlík (Broža, 2003). Průběh simulací je uveden na Obr. Obr. 1—32 a na Obr. 1—33.

VD Štěchovice	Měření PVL	Varianta 6.a	Varianta 6.b
Max. dosažená hladina v nádrži (m.n.m)	220.15	220.23	220.17
Max.průtok ( $m^3.s^{-1}$ )	3100	3095	3046
Objem odtoku pro danou periodu výpočtu ( $m^3$ )	1620903600 (100%)	1615147372 (99.7%)	1567534989 (96.7%)

Tab. 1-22 Porovnání odtoku z VD Štěchovice pro variantu 6.a a 6.b.

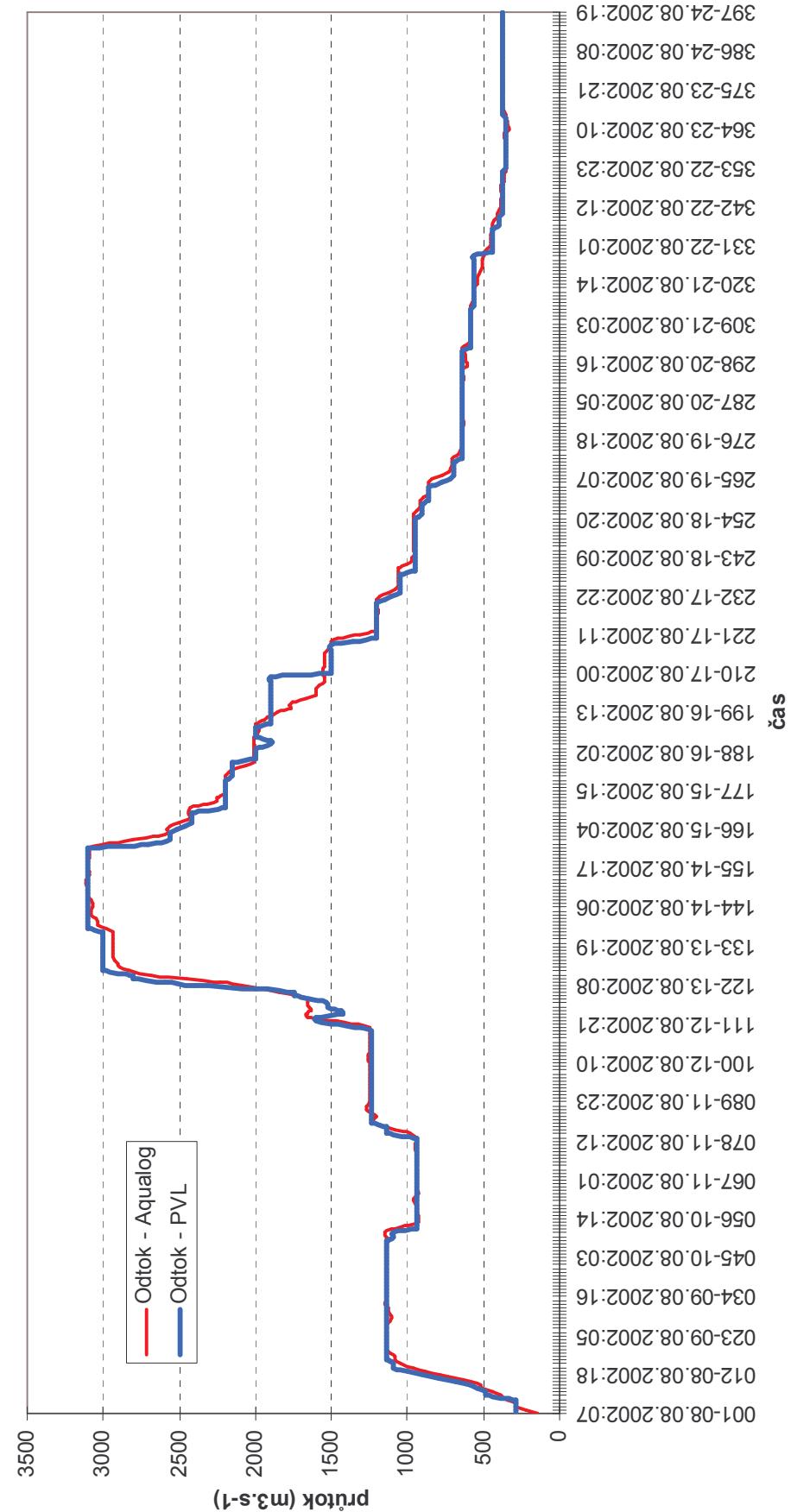


### Simulace VD Štěchovice výpočet přítoku na základě známého odtoku a hladiny nádrže

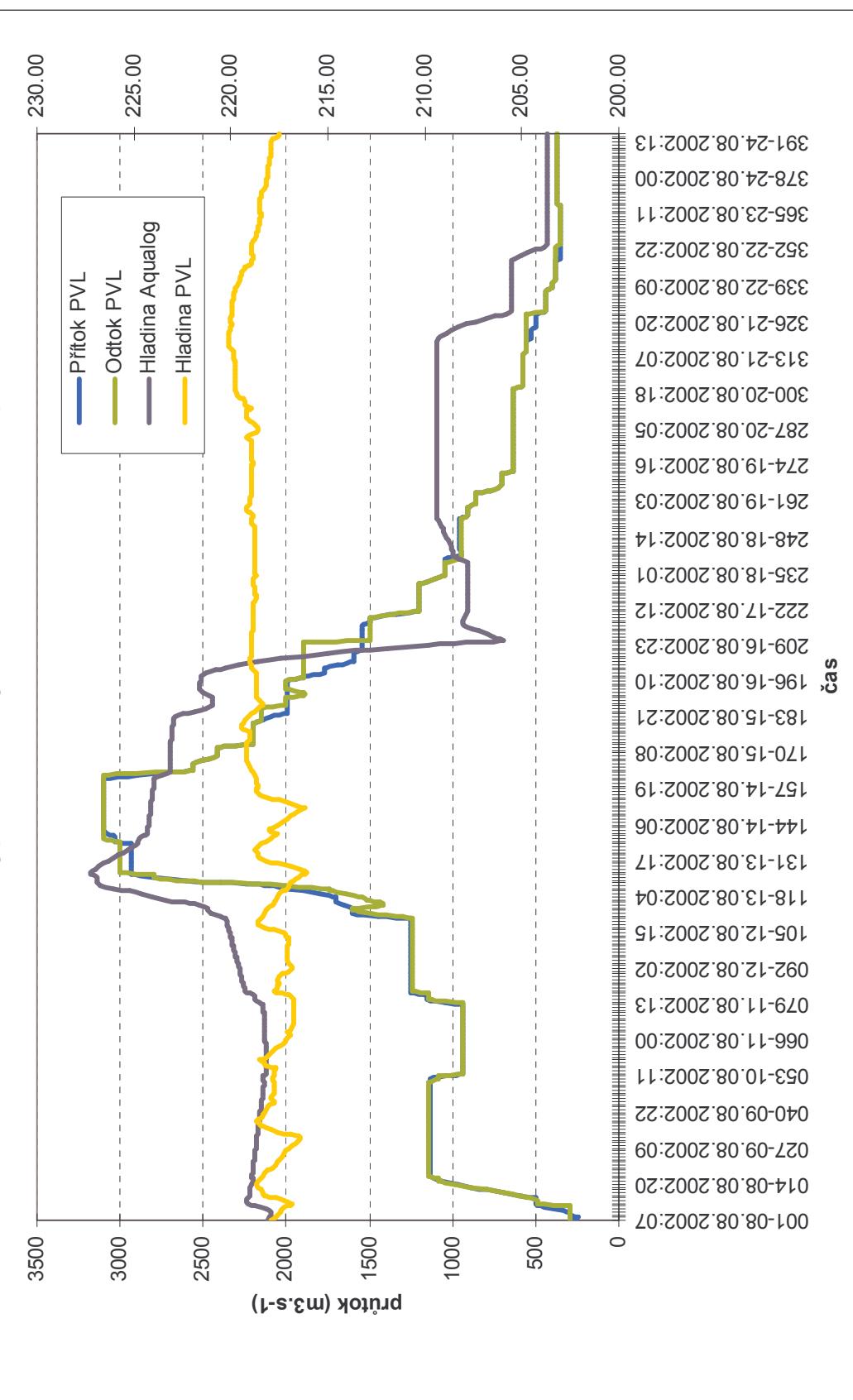


Obr. 1–29 Simulace č. 1 – výpočet přítoku z průběhu známých hladin a odtoku – SETHQ

### Simulace VD Štěchovice - výpočet odtoku na základě známého přítoku a hladiny nádrže

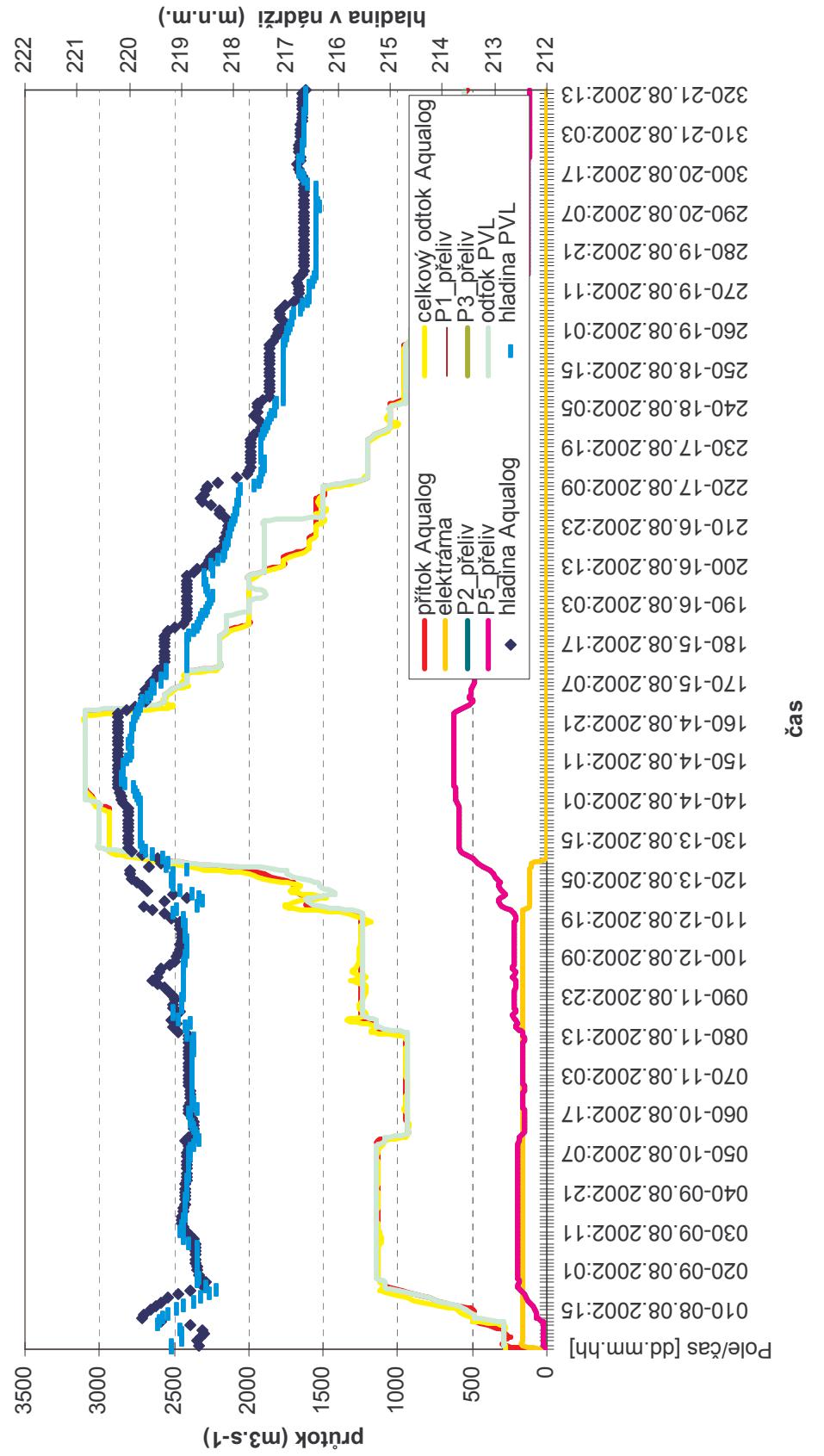


### Simulace VD Štěchovice - výpočet hladiny na základě známého přítoku a odtoku



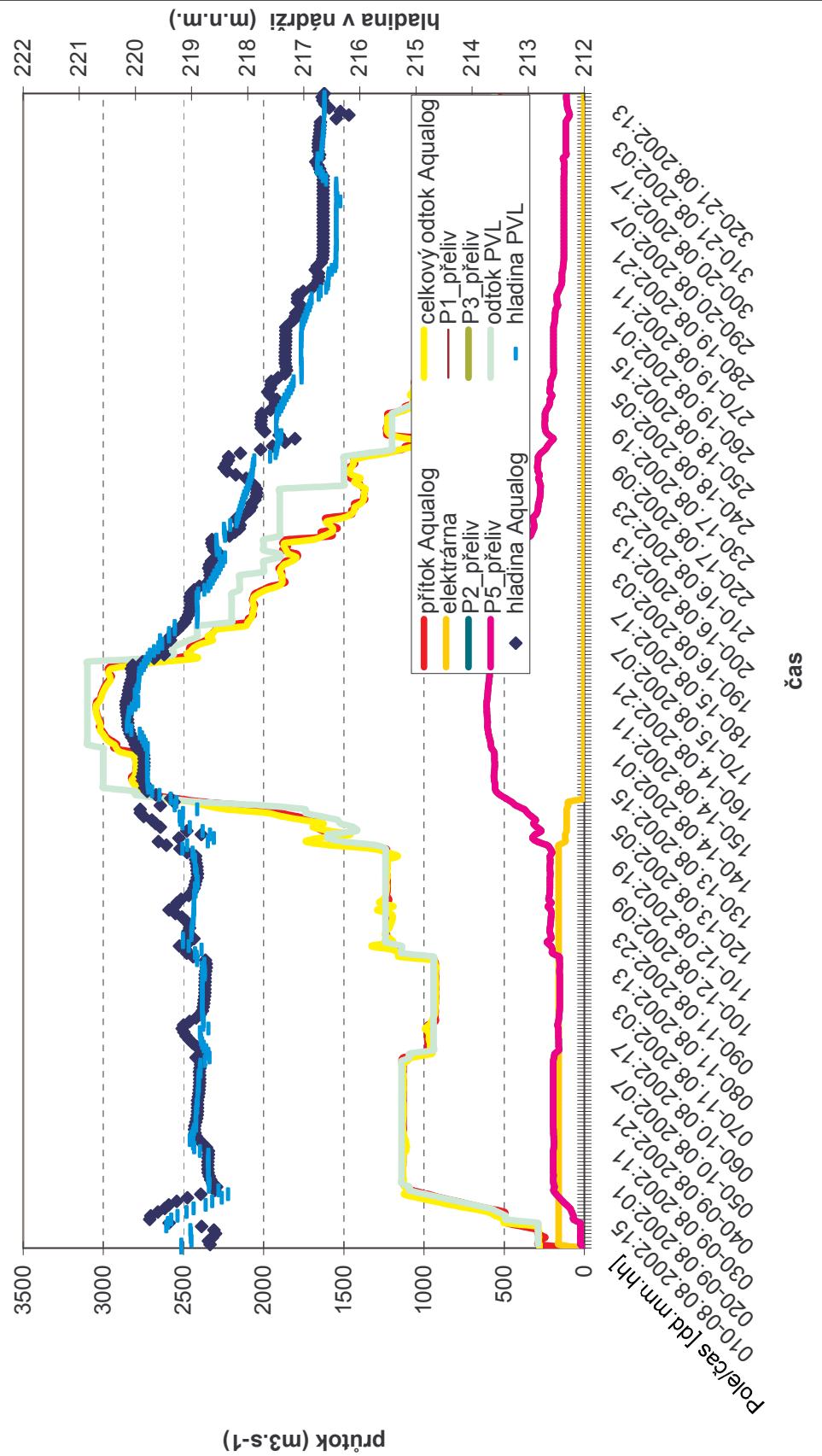
Obr. 1—31 Simulace č. 3 - výpočet průběhu hladin ze známého přítoku a od toku – SETQI

**Simulace VD Štěchovice na základě měřných křivek a nastavení objektů a průtoku elektrárnou. Přítok na základě odtoku z VD Slapy.**



Obr. 1—32 Simulace č.6.a - výpočet odtoku na základě měřných křivek přelivů a výpusť a nastavení v kombinaci s nastavením

**Simulace VD Štěchovice na základě měrných křivek a nastavení objektů a průtoku elektrárnou. Přítok na základě výpočtu Aqualog pro VD Slapy.**



Obr. 1—33 Simulace č.6.b - výpočet od toku na základě měrných křivek přelivů a výpustí v kombinaci s nastavením



### 1.6.4.3 Závěr

Ze simulací VD Štěchovice s použitím dat od PVL a ČHMÚ můžeme učinit následující závěry:

- byl sestaven a ověřen model VD Štěchovice
- byly extrapolovány křivky přelivů do kóty 221 m.n.m a to jak pro volný přeliv a otevřené výpusti, tak pro jednotlivé polohy uzávěrů příslušných objektů.
- model prokázal shodu mezi měřenými a simulovanými průtoky.
- při simulaci s použitím informace o nastavení objektů bylo dosaženo dobré shody s kulminační hladinou v nádrži.

### 1.6.5 VD Vrané

#### 1.6.5.1 Podklady výpočtu VD Vrané

Účelem VD Vrané je vyrovnání špičkových odtoků hydrocentrály Štěchovice, vytváří také zásobní objem pro přečerpávací elektrárnu na Homoli a jejich vlastní energetické využití spočívá v průběžné elektrárně. Z hlediska transformace povodňové vlny má VD Vrané zanedbatelnou úlohu, jeho zdrž nemá retenční prostor. VD Vrané je poslední nádrž Vltavské kaskády. Nejvýznamnějším přítokem je Sázava s velikostí povodí 4000 km<sup>2</sup>. Dále je do bilance přítoku třeba zahrnout tok Kocába a mezipovodí přímo odvodněné do VD Vrané. Celková plocha mezipovodí 4802 km<sup>2</sup>.

Jak již bylo naznačeno, extrapolace měrných křivek přelivů byla provedena stejným způsobem jako v případě VD Orlík, a rovněž tak i měrné křivky pro měnící se polohy uzávěrů.

H (m n.m.)	h (m)	Q - 1 pole (m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> )	h <sup>3/2</sup>	M m
200.2	9.8	760.99	30.6789	0.065
200.3	9.9	772.66	31.1496	0.065
200.4	10	784.40	31.6228	0.065
200.5	10.1	796.20	32.0983	0.065
200.6	10.2	808.05	32.5762	0.064
200.7	10.3	819.96	33.0564	0.064
200.8	10.4	831.93	33.539	0.064
200.9	10.5	843.96	34.0239	0.064
201	10.6	856.04	34.5111	0.064
201.1	10.7	868.19	35.0006	0.063
201.2	10.8	880.39	35.4924	0.063
201.3	10.9	892.64	35.9865	0.063
201.4	11	904.95	36.4829	0.063
201.5	11.1	917.32	36.9815	0.063
201.6	11.2	929.75	37.4824	0.062
201.7	11.3	942.23	37.9855	0.062
201.8	11.4	954.76	38.4908	0.062
201.9	11.5	967.35	38.9984	0.062
202	11.6	980.00	39.5082	0.062

Tab. 1-23 Extrapolovaná konzumční křivka jezového pole VD Vrané

#### 1.6.5.2 Scénáře výpočtu VD Vrané

Scénáře jednotlivých simulací pro VD Vrané jsou uvedeny v Tab. 1-24 a podrobněji dále popsány. Byla řešena jediná, 4. varianta.

Simulace číslo	Vstup modelu	Výstup modelu	Metoda výpočtu

	ID kód AQL	Popis stavové proměnné	ID kód AQL	Popis stavové proměnné	nádrže	přelivů a výpustí
4.a	HVRE CV00	Hnádrže - poč.podmínka <b>Qpřítok odtok VD Štěchovice a odtok z mezipovodí</b>	CV99	Qodtok	SETI	přelivy – QVH
4.b	HVRE CV00	Hnádrže - poč.podmínka <b>Qpřítok odtok z VD Štěchovice počítaný AquaLogem a odtok z mezipovodí</b>	CV99	Qodtok	SETI	přelivy – QVH

Tab. 1-24 Výpočtové varianty pro VD Vrané

Přehled úrovní hladin VD Vrané v porovnání s dosaženými a překročenými hodnotami ukazuje Tab. 1-20, ze které vyplývá skutečnost, že hladina  $H_{\max\text{-max}}$  byla v srpnové povodni 2002 překročena o 1.50 m (viz. Obr. 1—7).

VD Vrané	datum/čas	m.n.m./ m	poznámka
$H_{\max\text{-max}}$		200.10	max. hladina vyrovnávacího prostoru
$H_{\max\text{-nadřzení}}$		199.10	max. hladina prostoru stálého nadřzení
$H_{\min\text{-nadřzení}}$		190.40	min. hladina prostoru stálého nadřzení
$H_{\text{pevný-přeliv}}$		190.40	
$H_{\text{počáteční (výpočtu)}}$	05.08.2002-06:00	200.05	hladina v nádrži při spuštění výpočtu
$H_{\max\text{-měřená}}$	14.08.2002-08:00	201.60	
$H_{\text{počáteční}} - H_{\min\text{-nadřzení}}$	05.08.2002-06:00	10.10	převýšení nad $H_{\min\text{-stálého nadřzení}}$
$H_{\max\text{-měřená}} - H_{\max\text{-max}}$	14.08.2002-07:00	1.50	převýšení nad $H_{\max\text{-max}}$

Tab. 1-25 Úrovně vybraných hladin a velikost ochranného prostoru VD Vrané

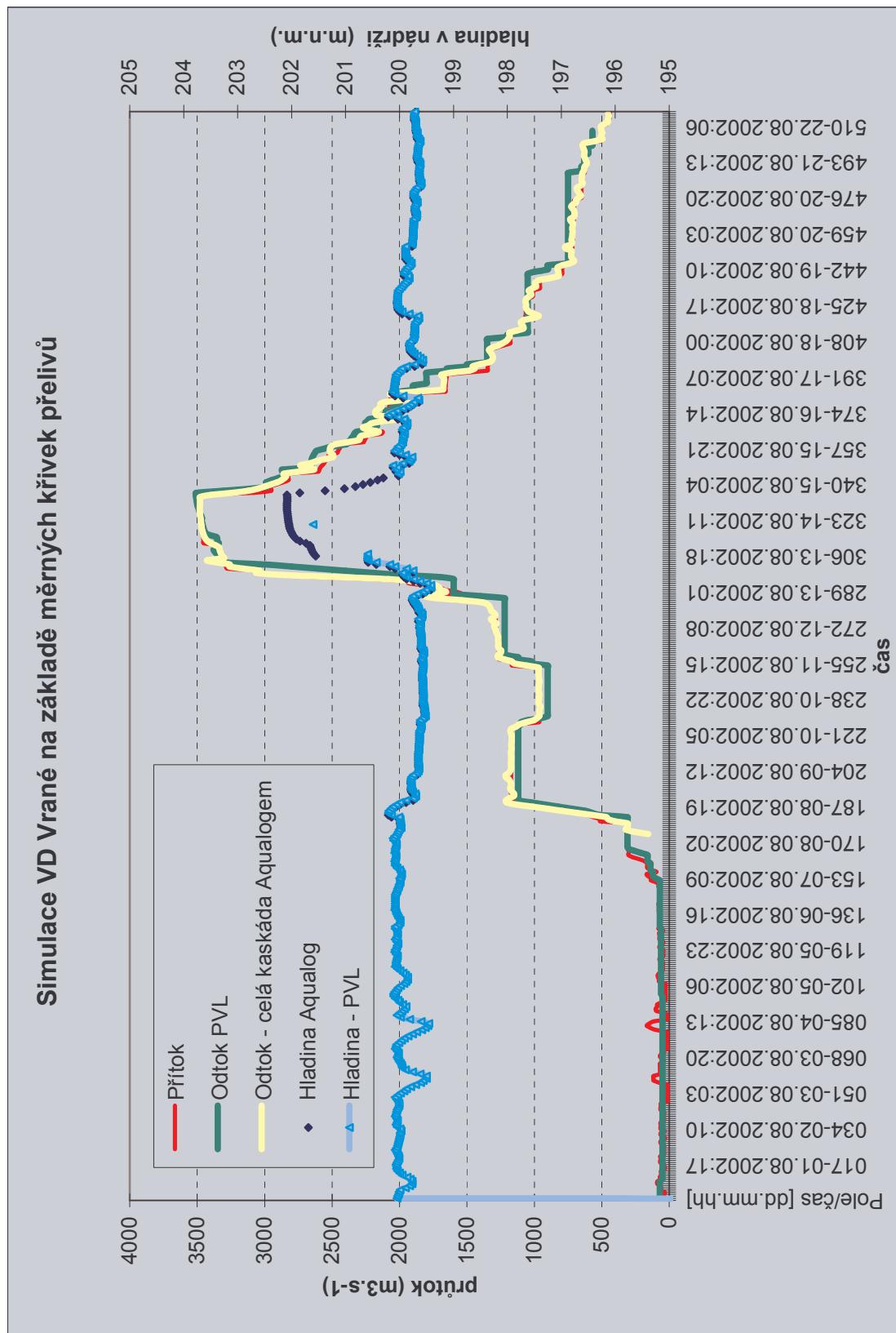
#### Simulace č.4 – SETI

Při této simulaci je vstupem do modelu nádrže časová řada přítoku a počáteční hladina v nádrži. Byly provedeny dvě varianty výpočtu, které se lišily vstupní časovou řadou průtoku. V obou variantách se víceméně jedná o kombinaci výpočtu SETHI (známá hladina a přítok pro interval 1.8. - 13.8. - 8 hod a interval 15.8. - 8 hod - 22.8) a SETI. Tímto přístupem byl eliminován problém s neznámými nastaveními objektů nádrže, které nemohly být na základě dostupných dat odvozeny. Ve variantě a) byl použit měřený odtok z VD Štěchovice PVL zvětšený o přítok mezipovodí. Přítok z mezipovodí se v obou variantách počítal identicky. Okrajovými podmínkami pro toto mezipovodí je měření průtoku na Kocábě ve Štěchovicích, měření průtoku na Sázavě v Nespeckách a měření na VD Štěchovice. Kromě těchto profilů, kde dochází k měření průtoku, je do VD Vrané odvodněna plocha povodí 493 km<sup>2</sup>. Ve variantě b) je přítokem vypočítaný odtok z VD Štěchovice **AquaLogem** na základě výpočtu celé kaskády s použitím bilančního přítoku do VD Orlík (Broža, 2003). Výsledky varianty a) jsou na Obr. 1—34, varianty b) na Obr. 1—35.

VD Vrané	Měření PVL	Varianta 4.a	Varianta 4.b
Max. dosažená hladina v nádrži (m.n.m.)	201.60	202.09	202.21
Max. průtok (m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> )	3511	3481	3523
Objem odtoku pro danou periodu výpočtu (m <sup>3</sup> )	1762387200 (100%)	1775091715 (99.3%)	1750851104 (100.1%)

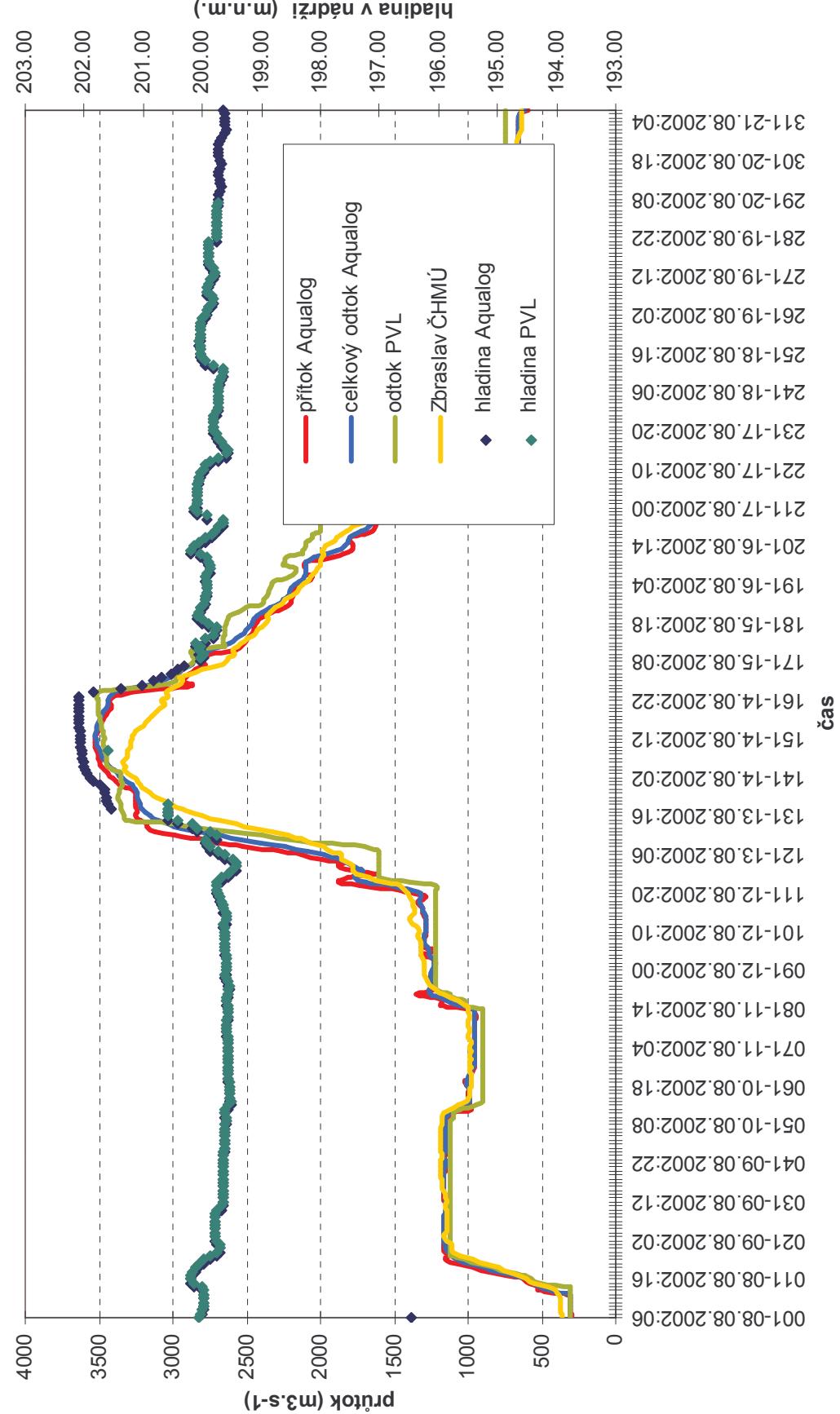
Tab. 1-26 Porovnání variant odtoku pro VD Vrané

### Simulace VD Vrané na základě měrných křivek přelivů



Obr. 1—34 Simulace č.4 – odtok z VD Vrané variant a.

### Simulace VD Vrané na základě měřných křivek přelivů



Obr. 1—35 Simulace č. 4 – odtok z VD Vrané varianta b.;

### **1.6.5.3 Závěr**

Ze simulací VD Vrané s použitím dat od PVL a ČHMÚ můžeme učinit následující závěry:

- byl sestaven model VD Vrané
- byly extrapolovány křivky přelivů do kóty 202 m.n.m pro volný přeliv.
- v obou výpočtových variantách byla dosažena vyšší hladina v nádrži, než byla naměřena.
- v případě objemu vlny a maximálního průtoku bylo dosaženo dobré shody. Pro objem vlny je chyba menší než 1% a pro maximální průtok byl rozdíl v desítkách  $m^3$ .

