

2 Simulace průběhu povodně v srpnu 2002 kaskádou při respektování skutečných výchozích hladin a manipulací – ve 3 variantách přítoku

Jedním z dílčích cílů tohoto projektu bylo sestavit model Vltavské kaskády, který by umožňoval různé scénáře výpočtu. V rámci tohoto dílčího úkolu byly připraveny tři základní scénáře, lišící se v okrajové podmínce, kterou je přítok do VD Orlík:

- simulace všech přítoků AquaLogem podle skutečných srážek,
- hydrogramy měřených přítoků podle vyhodnocení ČHMÚ a simulace zbytku povodí podle **AquaLogu** a
- hydrogram přítoku do nádrže Orlík podle bilančního přítoku Povodí Vltavy.

Výpočty založené na těchto scénářích nám poskytnou podklady pro:

- Posouzení přítoku do VD Orlík na základě porovnání výpočtů se známými průtoky v nádržích kaskády, nebo pod kaskádou (např. profil Chuchle).
- Posouzení naměřených průtoků v jednotlivých nádržích v kontextu sousedních nádrží.
- Posouzení přítoků z neměřených částí mezipovodí

Ve všech těchto výpočtech jsou použity stejné časové řady nastavení objektů VD tak, jak byly odvozeny ze známých průtoků objekty a známé hladiny v nádrži. Většina výpočtů byla provedena pro časovou periodu s počátkem 8.srpna v 6:00 hodin.

2.1 Simulace všech přítoků AquaLogem podle skutečných srážek

Pro výpočet přítoků do Vltavské kaskády byly použity srážko-odtokové modely, které byly vyvinuty pro HPS ČHMÚ. Byl použit HPS Otavy (Tab. 7-10), Horní Vltavy (Tab. 7-11), Lužnice (Tab. 7-11), Sázavy (Tab. 7-12) a Berounky (Tab. 7-9). Kromě uvedených HPS byl v rámci tohoto projektu sestaven model mezipovodí Vltavské kaskády. Jednotlivá mezipovodí modelu Vltavské kaskády jsou uvedena v Tab. 2-3. Jedná se o tři významnější mezipovodí, kde existují měřené časové řady vodních stavů a mezipovodí, jež jsou odvozena přímo do jednotlivých nádrží Vltavské kaskády:

Brzina	profil Hrachov	133 km ²
Mastník	profil Radíč	268 km ²
Kocába	profil Štěchovice	309 km ²
VD Orlík		1540 km ²
VD Kamýk		112 km ²
VD Slapy		339 km ²
VD Štěchovice		25 km ² .
VD Vrané		493 km ²
Loděnický	profil Loděnice	255 km ² (není součástí kaskády, je uvažován pouze pro účely tohoto projektu pro vyhodnocení průtoků v Chuchli).

Celková plocha uvedených přítoků je 3219 km², z toho plocha neměřených mezipovodí je 2509 km².

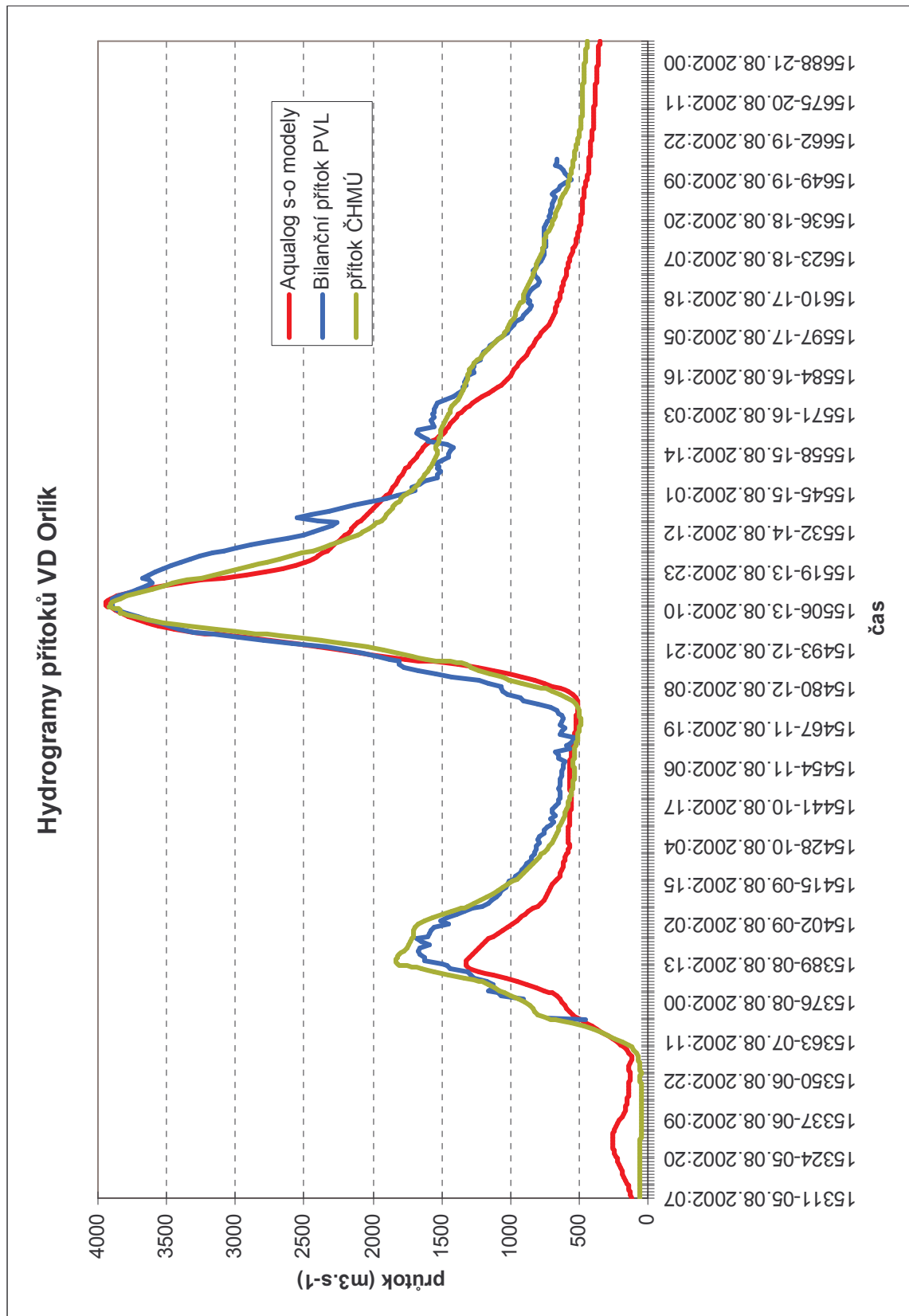
2.1.1 Typy výpočtů

V principu jsou možné dva základní typy výpočtu při simulaci povodí srážko-odtokovými a říčními typy modelů. Tyto typy výpočtu se liší především z pohledu měřených průtoků. V případě, že průtoky jsou použity místo počítaných odtoků z výše položených povodí (označováno jako updating) je možné určit chybu výpočtu pro každé mezipovodí. V případě, že měřené průtoky nejsou použity, lze z výsledků simulace průtoků v uzávěrovém profilu usuzovat na celkovou výkonnost všech modelů. Na Obr. 2—1 je zobrazen přítok do VD Orlík na základě výpočtu modelem **AquaLog** s použitím HPS Otava, HPS Lužnice a HPS Vltava. Při tomto výpočtu nebyl použit updating. Hydrogramy hlavních přítoků VD Orlík

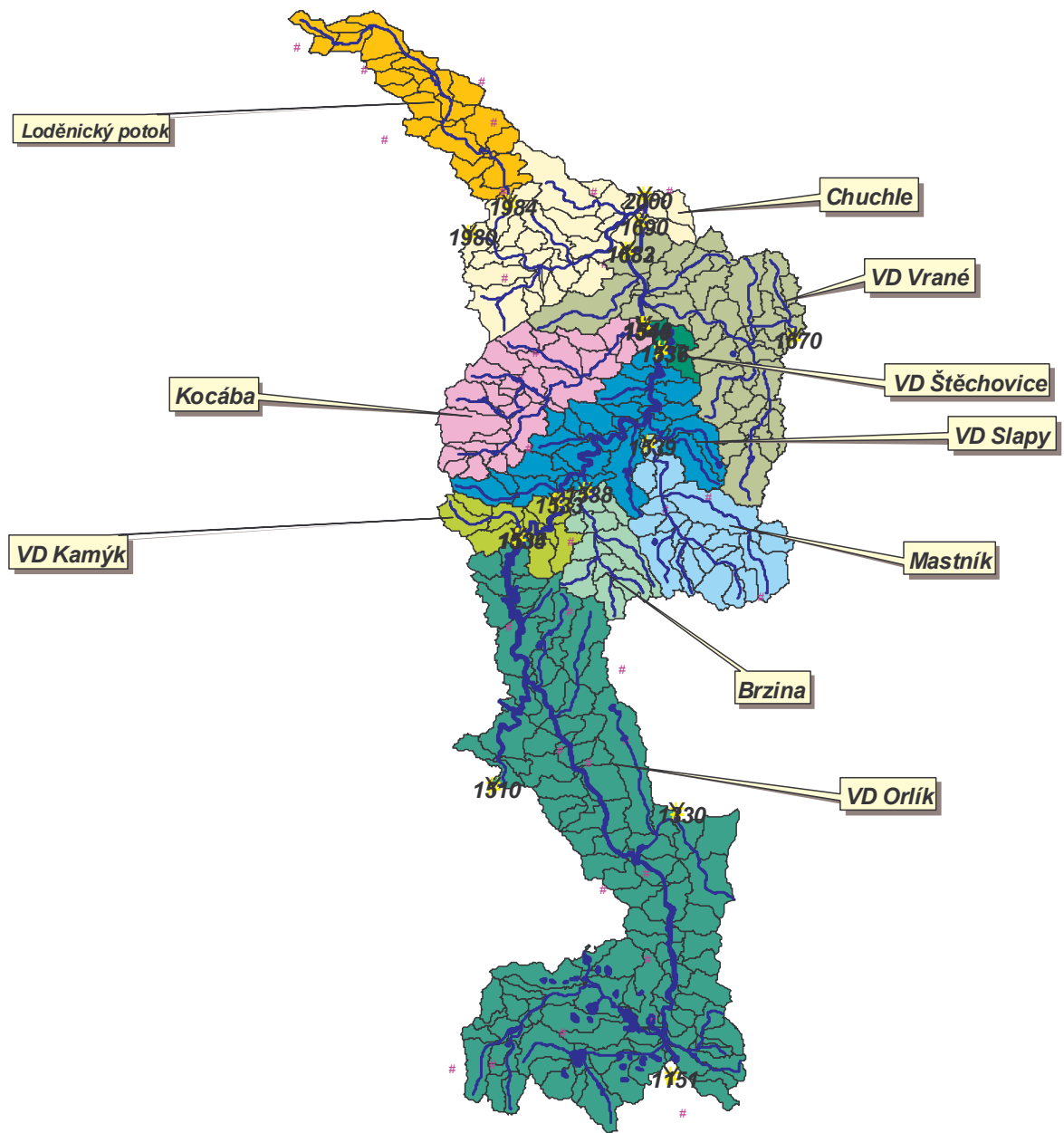
jsou na Obr. 2—5. Na Obr. 2—6 je zobrazeno porovnání výpočtu pro VD Orlík pro bilanční přítok (Broža,2003) a pro přítok spočítaný na základě srážko-odtokových modelů **AquaLogem**.

VD Orlík	Data PVL	s-o modely (výpočet AquaLog)
Max. dosažená hladina v nádrži (m.n.m)	355.17	354.24
Max.přítok (m³.s⁻¹)	3900	3938
Max.odtok (m³.s⁻¹)	3100	2689
Objem přítoku pro danou periodu výpočtu (m³)	1402831822 (100 %)	1265250323 (90.2 %)

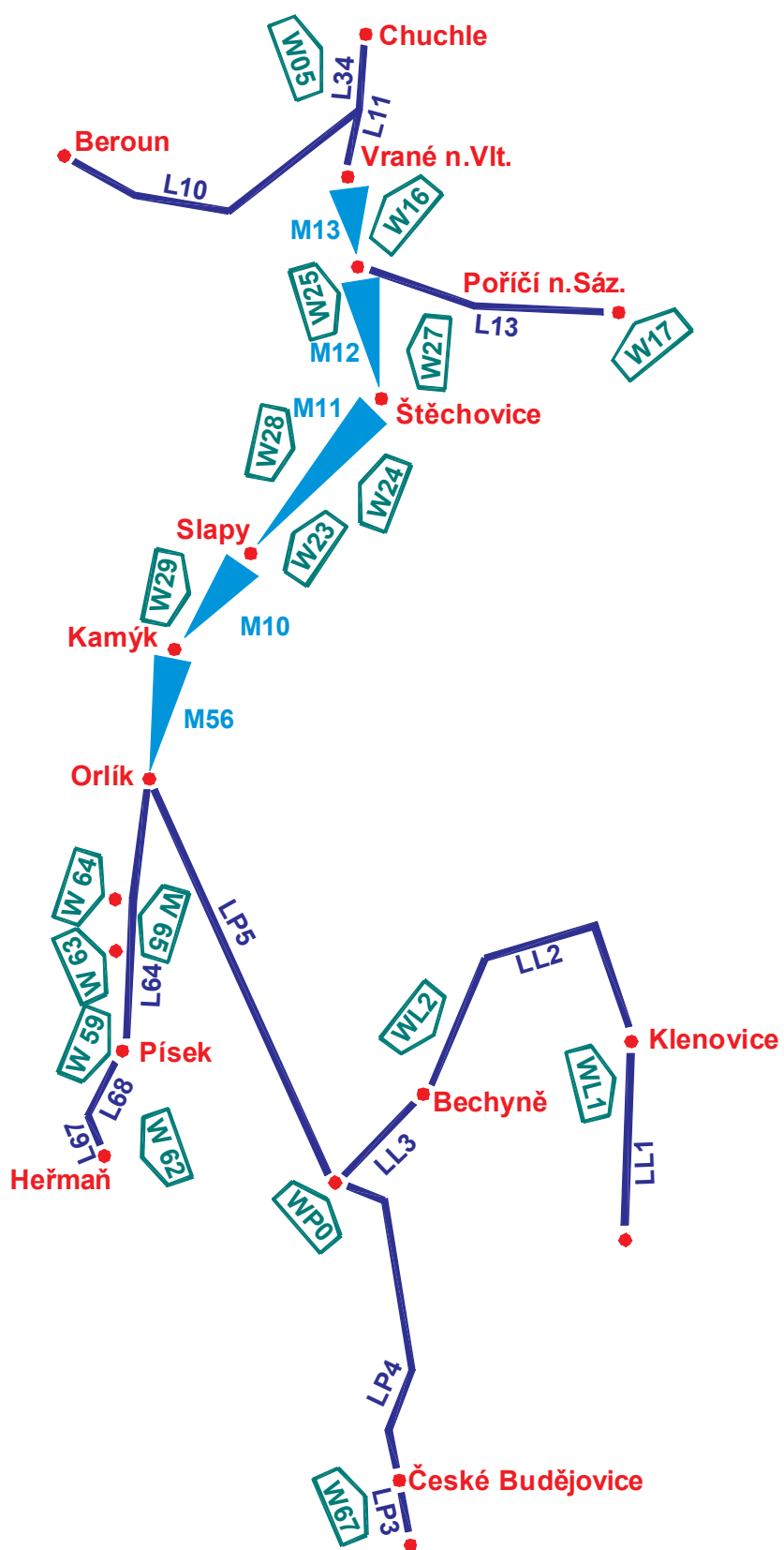
Tab. 2-1 Porovnání bilančního přítoku do VD Orlík a přítoku získaného s-o modely



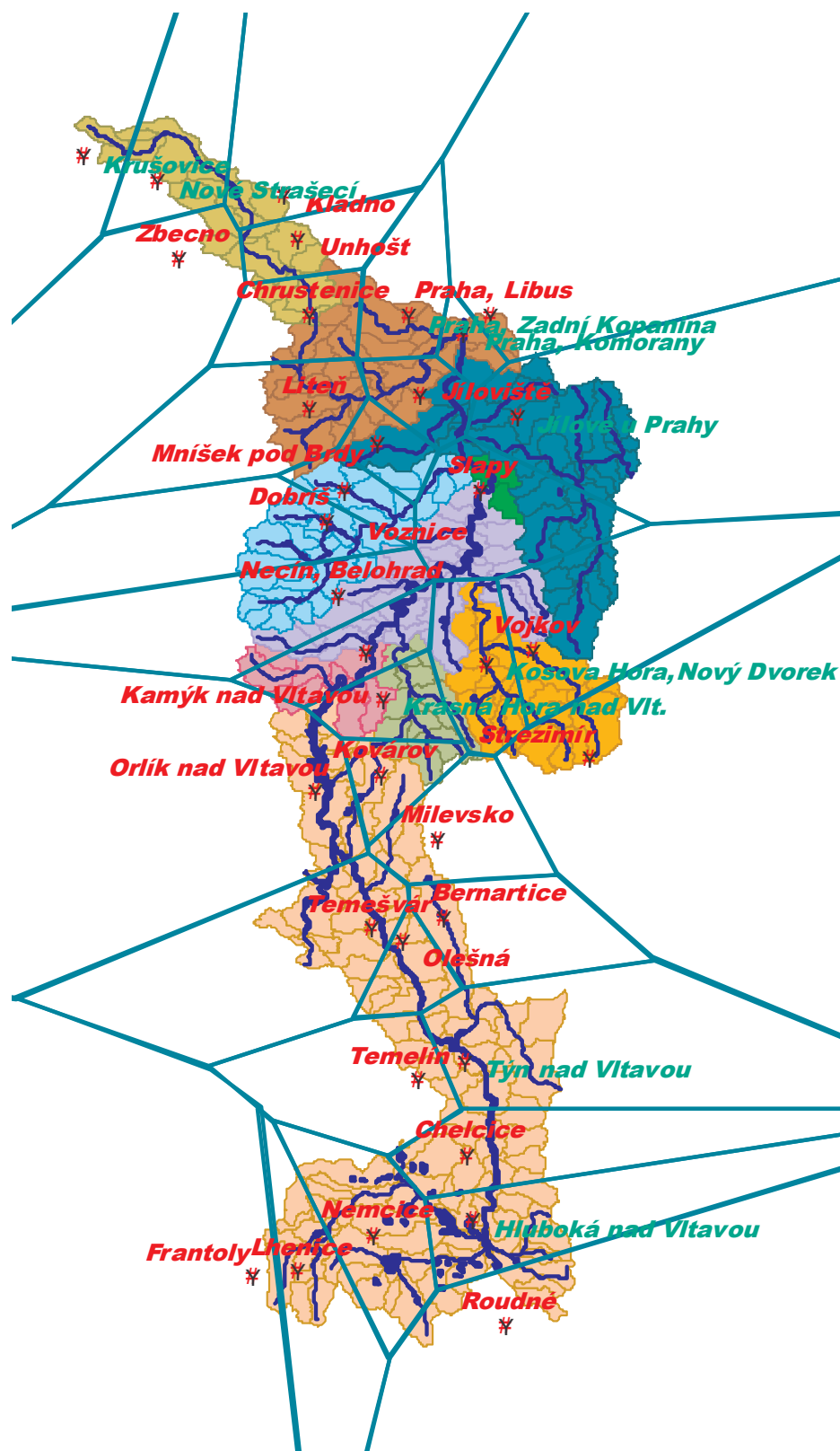
Obr. 2—1 Porovnání bilančního přítoku, přítoku dle ČHMÚ a simulovaného přítoku modelem Aqualog do VD Orlík.



Obr. 2—2 Povodí a mezipovodí Vltavské kaskády



Obr. 2—3 Schéma modelu Vltavské kaskády pro vyhodnocení průtoku povodňové vlny.



Obr. 2—4 Rozložení srážkoměrných stanic pro kalibraci (v případě existence limnigrafické stanice) povodí Vltavské kaskády, které nebyly dosud zahrnuty v HPS ČHMÚ

Pod VD Vrané	objem vlny (m ³)	objem vlny (%)	Q maximální (m ³ .s ⁻¹)	Q maximální (%)
Odtok Vrané - přítok do VD Orlik bilanční (výpočet AquaLog)	1750851104	99.16	3531	100.57
Odtok Vrané PVL	1765771200	100.00	3511	100.00
ČHMÚ Zbraslav	1702800000	96.43	3336	95.02
Odtok Vrané - přítok do VD Orlik ČHMÚ (výpočet AquaLog)	1669424663	94.54	3218	91.65
Odtok Vrané - přítok do VD Orlik s-o (výpočet AquaLog)	1596002854	90.39	3136	89.33

Tab. 2-2 Porovnání měřeného průtoku s výsledky simulací s různými okrajovými podmínkami

V Tab. 2-2 je porovnání průtoků pod VD Vrané pro období 8.8.2002:06 do 21.8.2002:13. V tabulce Tab. 2-2 jsou uvedeny i dílčí výsledky z kapitoly 2.2 a 2.3. :

- výpočet založený na bilančním přítoku do VD Orlik (Broža, 2003), na výpočtu průběhu vlny celou kaskádou na základě nastavení objektů jednotlivých VD.
- odtok z VD Vrané od PVL
- průtok v profilu Zbraslav dle údajů ČHMÚ
- výpočet založený na přítoku do VD Orlik dle ČHMÚ, na výpočtu průběhu vlny celou kaskádou na základě nastavení objektů jednotlivých VD.
- výpočet založený na přítoku do VD Orlik dle **AquaLogu** (s-o modely), na výpočtu průběhu vlny celou kaskádou na základě nastavení objektů jednotlivých VD.

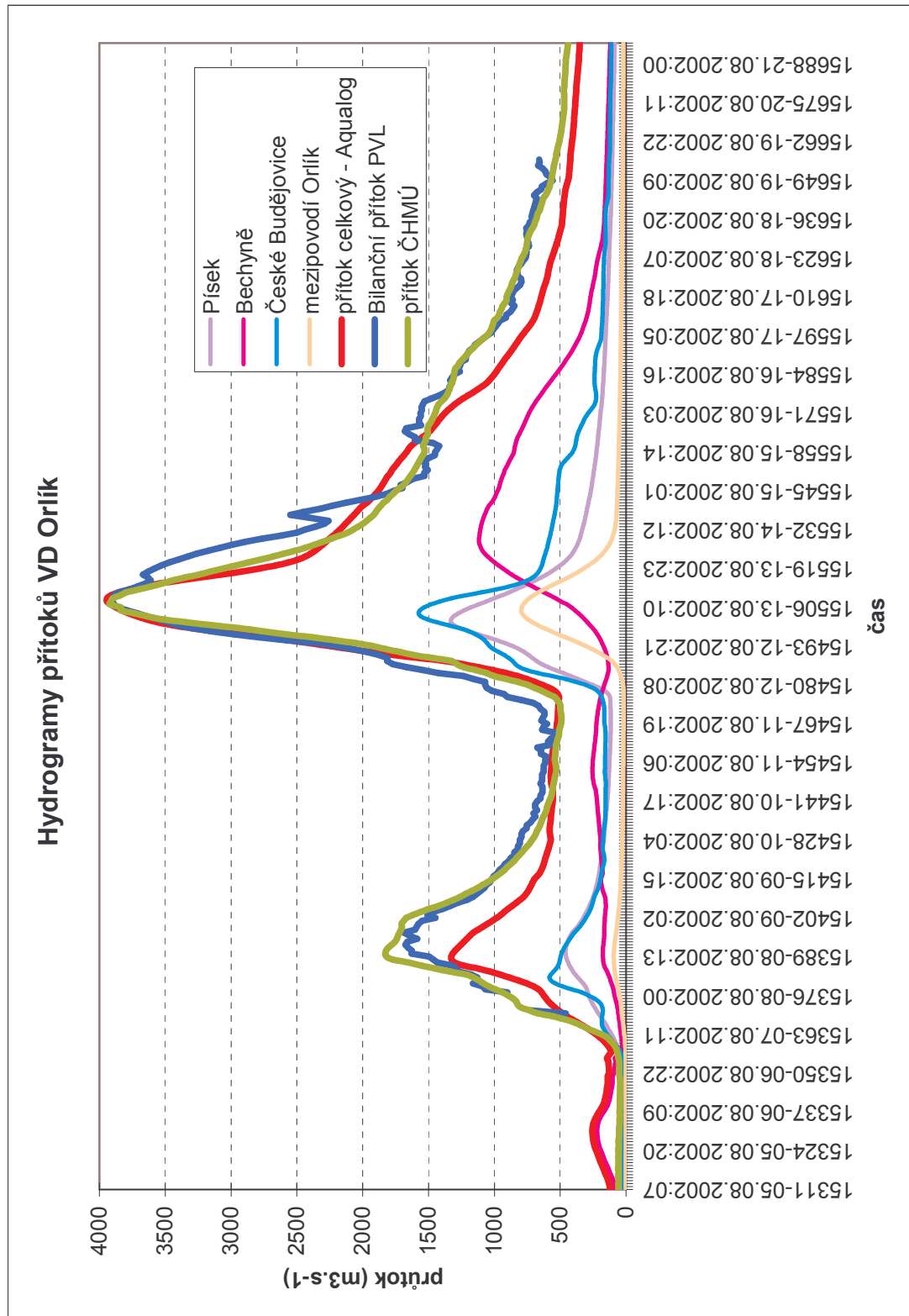
Grafické výsledky simulací jsou na Obr. 2—7.

2.1.1.1 Závěr

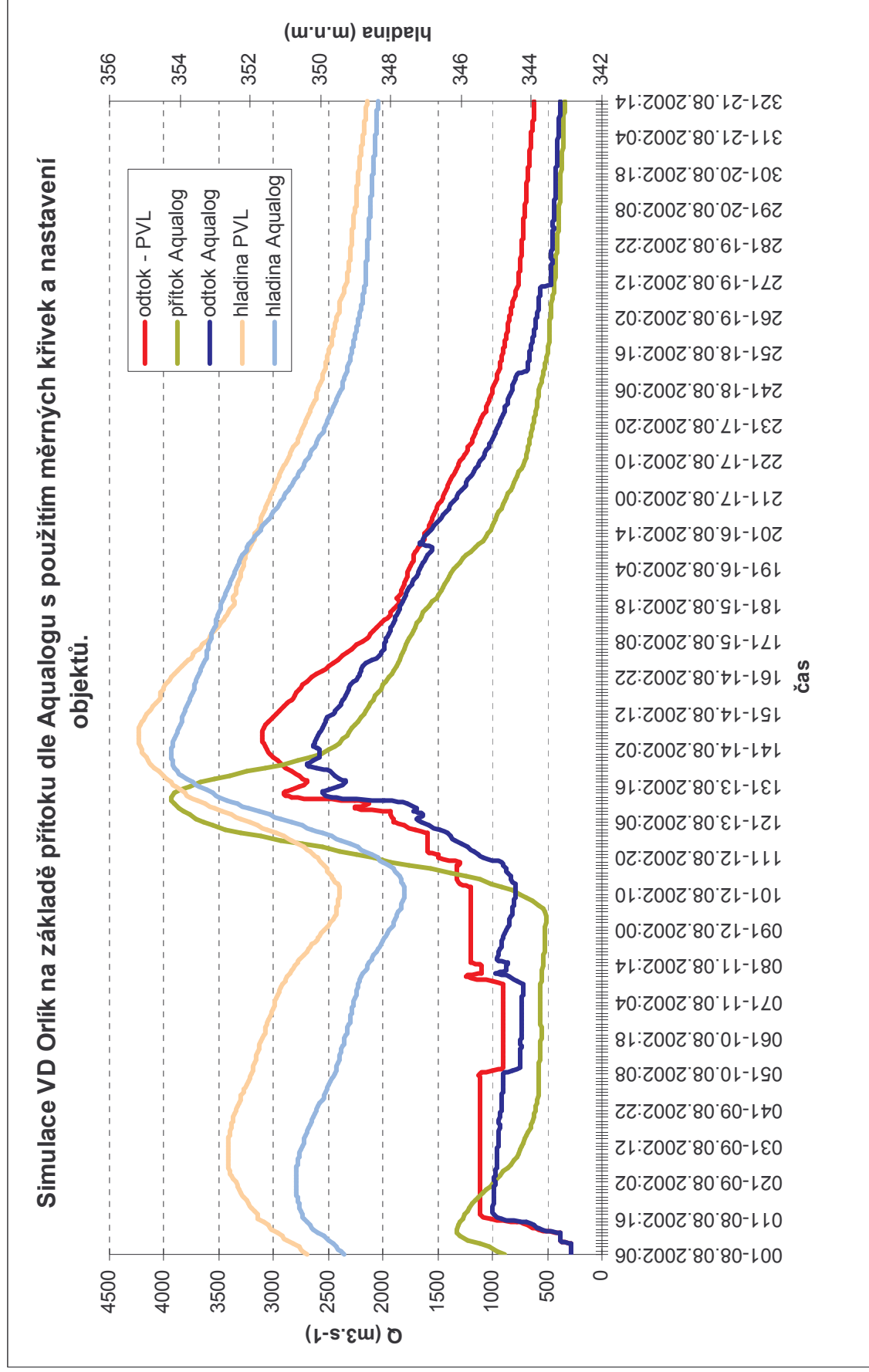
Byl sestaven model nádrží a přítoků celé Vltavské kaskády od VD Orlik po VD Vrané. Tento model umožňuje posoudit různé okrajové podmínky, způsob manipulace a pod. Model byl použit pro vyhodnocení průtoku celou kaskádou se zaměřením na VD Orlik a především k posouzení bilančního přítoku do VD Orlik a odvozeného odtoku. Jedním z bodů výpočtového modelu je odtok z VD Vrané, kde došlo k celkovému posouzení, jež je uvedeno v Obr. 2—7.

Na základě výsledků lze konstatovat

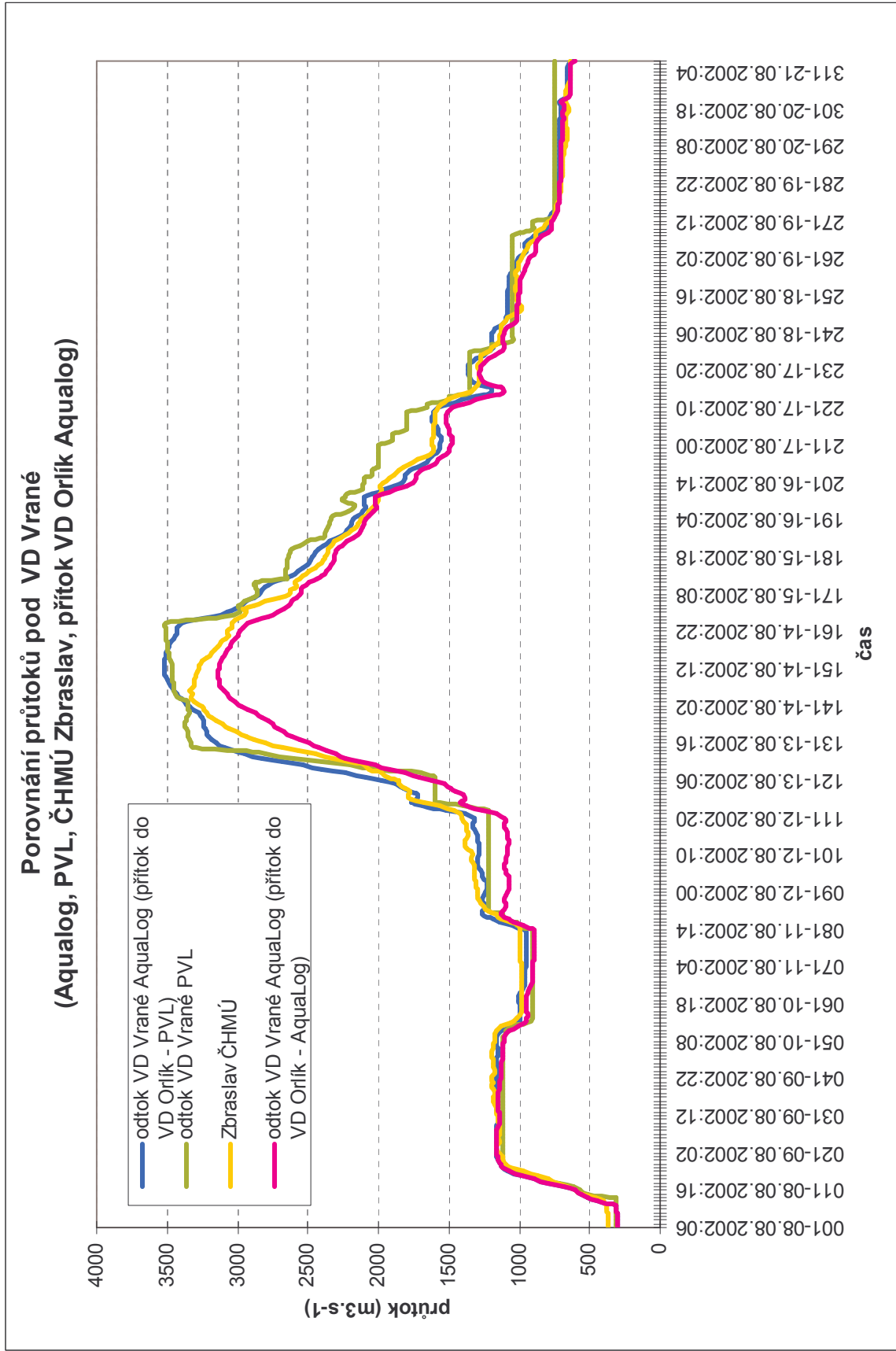
- Bilanční přítok do VD Orlik transformovaný celou kaskádou je téměř identický s měřeným odtokem z VD Vrané jak z hlediska objemu, tak maximálního průtoku
- Odvozený přítok v rámci ČHMÚ do VD Orlik transformovaný celou kaskádou je velmi podobný s odvozeným odtokem ve Zbraslavi, především z hlediska objemu
- Přítok do VD Orlik na základě srážko-odtokových modelů transformovaný celou kaskádou poskytl nejmenší objem povodňové vlny i nejnižší maximální průtok. Jak je patrné např. z Obr. 2—5 tato chyba vznikla především při první povodňové vlně, která byla srážko-odtokovými modely podceněna.
- Rozptyl objemů povodňové vlny je v rozsahu 10 %, stejný rozsah platí pro maximální průtoky.



Obr. 2—5 Hydrogramy průtoků generované modelem HPS pro profil Písek, České Budějovice, Bechyně, přítok do VD Orlík, přítok do VD Orlík bilanční PVL a přítok do VD Orlík dle ČHMÚ.



Obr. 2—6 Porovnání odtoku z VD Orlík na základě dat PVL a výpočtu Aqualogem z přítoku do VD na základě ne-updatovaných srážko-odtokových modelů.



Obr. 2—7 Porovnání průtoků pod VD Vrané

2.2 Hydrogramy měřených přítoků podle vyhodnocení ČHMÚ a simulace zbytku povodí podle AquaLogu

Pro výpočet průběhu povodňové vlny Vltavskou kaskádou byly jako okrajové podmínky použity níže uvedené 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 Chuchli	
Berounka	Beroun
Loděnický p.	Loděnice

Výše uvedené měrné profily jsou mimo jinými zobrazeny na Obr. 2—2. a na schématu modelu Vltavské kaskády na Obr. 2—3. Kromě těchto profilů, kde probíhá měření, jsou neměřená mezipovodí, která ústí do nádrží kaskády. Charakteristiky povodí jsou v Tab. 2-3.

Plochy povodí: Vltava pod Orlíkem včetně			Celé povodí	Dílčí povodí	NVN	DBČ	ČHP
Řeka	ID AQL	Označení	(km ²)	(km ²)	m.n.m		
Otava	C640	Písek	2913	555	353.9	1510	1-08-03-101
Skalice	C680	Varvažov	367	367	380.48	1530	1-08-04-064
Lomnice	C690	Ostrovec	391	391	365.3	1520	1-08-04-029
Vltava	C600	České Budějovice	2848	62	378.9	1151	1-06-03-001
Lužnice	CL03	Bechyně	4046	903	354.0	1330	1-07-04-112
Loděnický	C221	Loděnice	255	255	251.40	1984	1-11-05-027
Brzina	C222	Hrachov	133	133	-	1538	1-08-05-036
Mastník	C223	Radič	268	268	294.37	1539	1-08-05-069
Kocába	C224	Štěchovice	309	309	206.32	1546	1-08-05-112
Vltava	CO99	VD Orlík	12105	1540	-	1534	1-08-05-009
Vltava	CK99	VD Kamýk	12217	112	-	1533	1-08-05-019
Vltava	CS99	VD Slapy	12957	339	-	1536	1-08-05-081
Vltava	CT99	VD Štěchovice	12982	25	-	1543	1-08-05-083
Vltava	CV99	VD Vrané	17784	493	-	1682	1-09-04-009
Vltava	C225	Zbraslav	-	-	-	-	-
Sázava	C220	Poříčí nad Sázavou	4000		263.08	1670	1-09-03-151
Berounka	C785	Beroun	8283		213.34	1980	1-11-04-056

Tab. 2-3 Charakteristiky povodí s odtokem do Vltavské kaskády

Pod VD Vrané	objem vlny (m ³)	objem vlny (%)	Q maximální (m ³ .s ⁻¹)	Q maximální (%)
Odtok Vrané - přítok do VD Orlík bilanční (výpočet AquaLog)	1750851104	99.16	3531	100.57
Odtok Vrané PVL	1765771200	100.00	3511	100.00
ČHMÚ-Zbraslav	1702800000	96.43	3336	95.02

Pod VD Vrané	objem vlny (m ³)	objem vlny (%)	Q maximální (m ³ .s ⁻¹)	Q maximální (%)
Odtok Vrané - přítok do VD Orlík ČHMÚ (AquaLog)	1669424663	94.54	3218	91.65

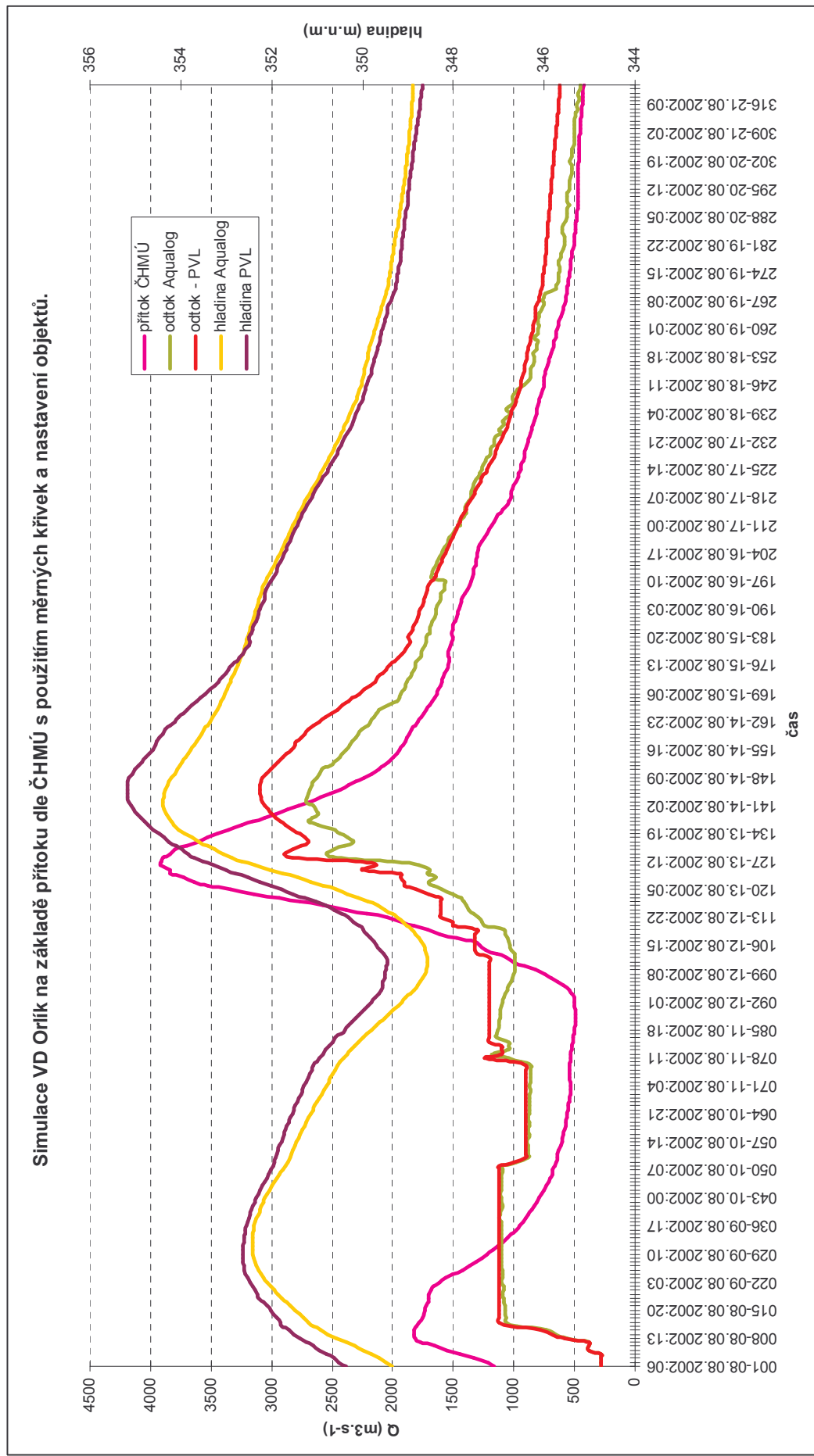
Tab. 2-4 Porovnání průtoků pod VD Vrané

VD Orlík	Data PVL	Přítok ČHMÚ (výpočet AquaLog)
Max. dosažená hladina v nádrži (m.n.m)	355.17	354.39
Max.přítok (m ³ .s ⁻¹)	3900	3920
Max.odtok (m ³ .s ⁻¹)	3100	2714
Objem přítoku pro danou periodu výpočtu (m ³)	1402831822 (100 %)	1402831822 (98.6 %)

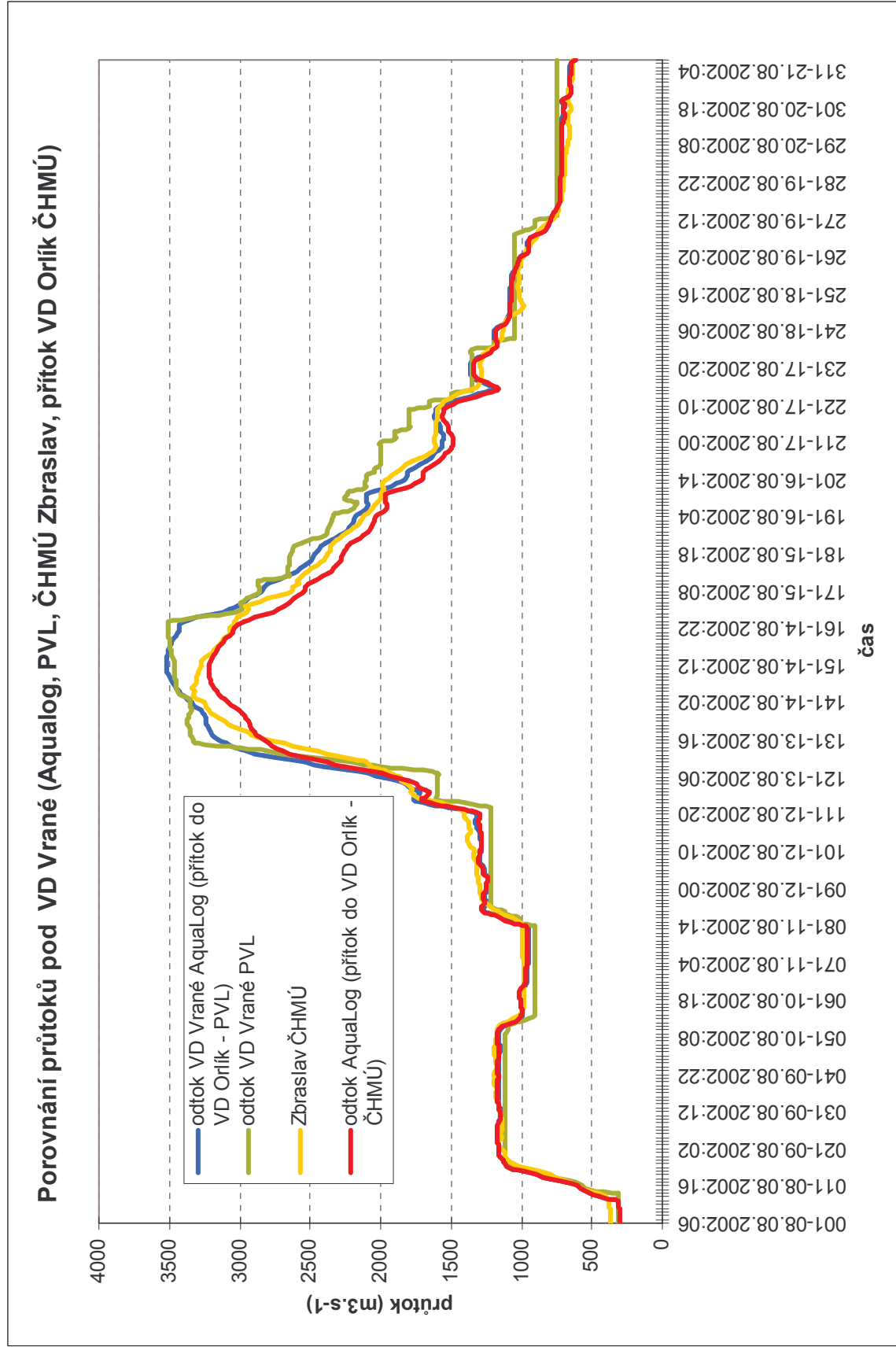
Tab. 2-5 Porovnání přítoku a odtoku VD Orlík pro bilanční přítok PVL a odvozený přítok ČHMÚ

2.2.1.1 Závěr

Byly porovnány čtyři časové řady průtoků pod VD Vrané. Hlavním cílem těchto simulací bylo nepřímé ověření přítoku do VD Orlík odvozeného v rámci ČHMÚ. Přítok do VD Orlík byl ověřován při výpočtu Vltavské kaskády v každém bodě výpočtu, kde dochází k měření, tj. VD Orlík, VD Slapy, VD Štěchovice, VD Vrané, nebo průtok byl pro daný bod výpočtu bilančně odvozen tj. Zbraslav (ČHMÚ). Z Tab. 2-4 vyplývá, že došlo ke shodě průtoků pod VD Vrané s chybou objemu povodňové vlny v rozsahu 6.5 %, a rozdíl maximálních průtoků je v rozsahu 8.4 %. Při těchto výpočtech byl odtok z neměřených mezipovodí odhadnut na základě podobnosti se sousedními povodími.



Obr. 2—8 Porovnání odtoku z VD Orlík na základě dat PVL a výpočtu Aqualogem z přítoku do VD na základě přítoku ČHMÚ.



Obr. 2—9 Porovnání průtoků pod VD Vrané

2.3 Hydrogram přítoku do nádrže Orlík podle bilančního přítoku Povodí Vltavy

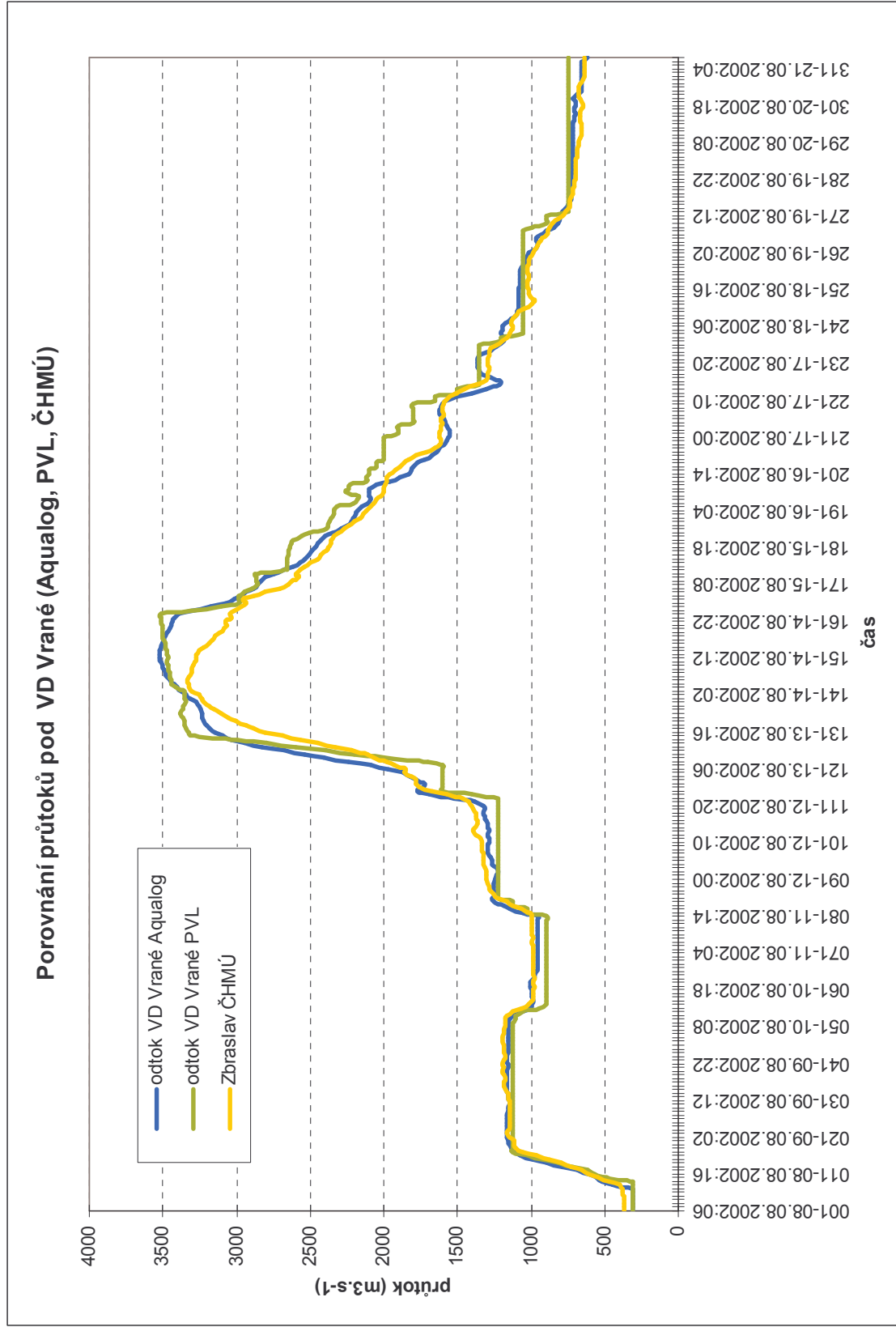
Podrobné výsledky z těchto simulací jsou uvedeny výše. Celkové porovnání průtoků pod VD Vrané je uvedeno na Obr. 2—10. Pro porovnání jsou na tomto obrázku uvedeny průtoky VD Vrané od PVL, průtok od ČHMÚ pro profil Zbraslav a průtok získaný na základě výpočtu modelu kaskády nádrží programem **AquaLog**. Při tomto výpočtu byl použit bilanční přítok do VD Orlík (Broža, 2003), měřené přítoky kaskády a odhad z neměřených částí mezipovodí. Průtok jednotlivými VD byl simulován na základě měrných křivek a rekonstruovaných průběhů nastavení jednotlivých objektů během manipulace. Souhrnné informace jsou uvedeny v Tab. 2-6 pro období 8.8.2002:06 do 21.8.2002:13.

Pod VD Vrané	objem vlny (m ³)	objem vlny (%)	Q maximální (m ³ .s ⁻¹)	Q maximální (%)
Odtok Vrané - přítok do VD Orlík bilanční (výpočet AquaLog)	1750851104	99.16	3531	100.57
Odtok Vrané PVL	1765771200	100.00	3511	100.00
Zbraslav ČHMÚ	1702800000	96.43	3336	95.02

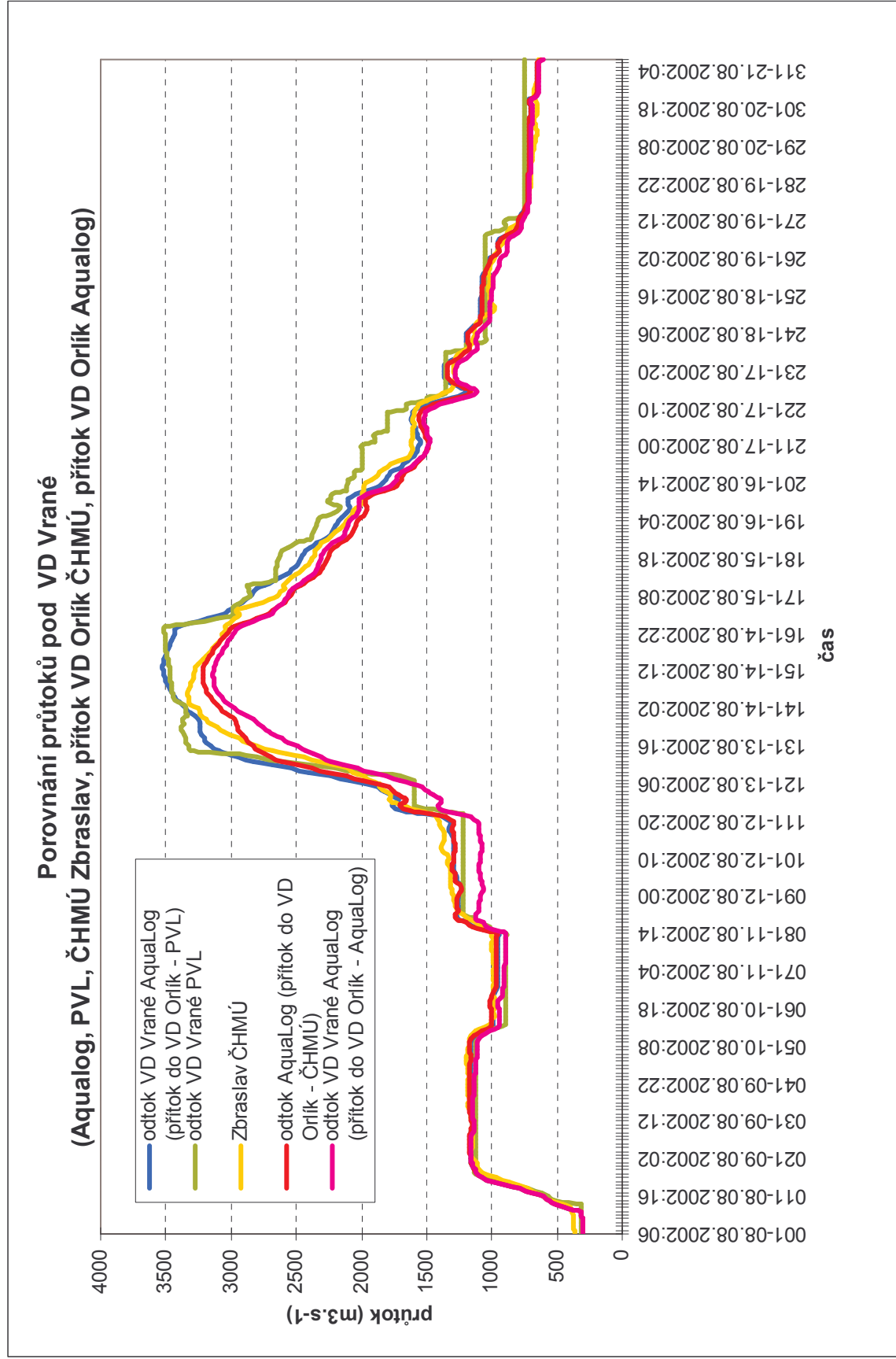
Tab. 2-6 Porovnání průtoků pod VD Vrané

2.3.1.1 Závěr

Byly porovnány tři časové řady průtoků pod VD Vrané. Hlavním cílem těchto simulací bylo nepřímé ověření bilančního přítoku VD Orlík (Broža, 2003). Přítok do VD Orlík lze ověřit při výpočtu Vltavské kaskády v každém bodě tohoto výpočtu, kde dochází k měření, tj. VD Orlík, VD Slapy, VD Štěchovice, VD Vrané, nebo průtok byl bilančně odvozen např. průtok pro Zbraslav (ČHMÚ). Z Tab. 2-6 vyplývá, že došlo ke shodě průtoků pod VD Vrané s chybou objemu povodňové vlny v rozsahu 3.5%, a rozdíl maximálních průtoků je v rozsahu 5 %. Při těchto výpočtech byl odtok z neměřených mezipovodí odhadnut na základě podobnosti se sousedními povodími.



Obr. 2—10 Porovnání průtoků pod VD Vrané. Průtok oznučený Aqualog byl spočítán na základě bilančního průtoku do VD Orlik od PVL



Obr. 2—11 Porovnání všech variant výpočtu průtoku pod VD Vrané