

Vlára, vodní dílo Vlachovice

Technicko - ekonomická studie

C. Matematické simulace

Objednatel : Povodí Moravy, s.p.

C. MATEMATICKÉ SIMULACE

OBSAH :

1	ÚVODNÍ ÚDAJE	3
2	TRANSFORMACE POVODŇOVÝCH VLN.....	4
2.1	Scénář manipulací a modelové situace	4
2.2	Výsledky transformací var. 1	6
2.3	Výsledky transformací var. 2.....	14
2.4	Zhodnocení výsledků.....	24
3	ŘEŠENÍ ZÁSOBNÍ FUNKCE.....	26
3.1	Stanovení variant výpočtu.....	26
3.2	Koncepce převodů vody	26
3.3	Princip výpočtu	27
3.4	Příprava dat.....	27
3.5	Výsledky řešení	28
3.5.1	Varianta 1 - 1	28
3.5.2	Varianta 1 - 2	29
3.5.3	Varianta 1 - 3.....	30
3.5.4	Varianta 2 - 1	31
3.5.5	Varianta 2 - 2.....	32
3.5.6	Varianta 2 - 3.....	33
3.6	Zhodnocení výsledků.....	35

1 ÚVODNÍ ÚDAJE

Tato zpráva je součástí technicko-ekonomické studie, která komplexně řeší návrh předmětné nádrže v jejích nejruznějších aspektech. Proto zde není uveden seznam použitých podkladů, odkazuje se na celkový seznam obsažený ve zprávě B.1.

Rovněž se podrobněji nepopisuje koncepce řešení vodní nádrže a jejího funkčního zařízení, to je rovněž uvedeno ve zprávě B.1.

Cílem předložené zprávy je popis a vysvětlení matematických simulací, které byly provedeny pro objasnění funkce nádrže ve dvou směrech :

- protipovodňová ochrana
- zásobní funkce nádrže.

Protipovodňová ochrana

Účinek nádrže jako prostředku PPO se prokazuje provedením výpočtu transformací různých povodňových vln. Princip transformace spočívá v tom, že v okamžiku nástupu povodně se z nádrže vypouští menší průtočné množství, než které do ní přitéká. Jedná se o tzv. neškodný odtok, který nezpůsobí v toku pod nádrží žádné významné povodňové ohrožení. Tím vzniká v daný okamžik přebytek průtoku, který se zadržuje v retenčním prostoru nádrže, případně i v jejím zásobním prostoru, pokud při nástupu povodně byla hladina níže než na úrovni Mz. Po opadnutí povodně se zadržený objem z retenčního prostoru vypustí z nádrže neškodným odtokem. Objem zadržený v zásobním prostoru se v nádrži ponechává pro další hospodaření s vodou - podle následujícího odstavce. Funkce PPO se uplatňuje pouze ve velmi krátkých časových úsecích trvání povodní - to představuje jen řádově jednotky procent v celkovém časovém fondu provozu nádrže.

Zásobní funkce nádrže

Ve zbývajícím období mezi povodněmi představujícím více než 90 % časového fondu funguje nádrž jako zásobárna vody umožňující zadržovat průtoky ve vodných obdobích a vypouštět potřebné průtoky nebo odběry v suchých obdobích, kdy nastává objektivní nedostatek vody. Tím vyrovnává přirozenou rozkolísanost průtoků během roku, která je právě v daném území velmi značná, a umožňuje mnohem lepší hospodaření s přirozenými průtoky a jejich racionální využití, než by tomu mohlo být bez existence nádrže.

Podrobnější údaje k oběma těmto problematikám jsou uvedeny na následujících stranách.

2 TRANSFORMACE POVODŇOVÝCH VLN

Pro posouzení ochranných účinků nádrže byly provedeny v obou velikostních variantách výpočtové simulace transformačních účinků v retenčním prostoru nádrže. Výpočet spočívá v postupném bilancování přítoku, odtoku a objemu nádrže v dostatečně krátkém časovém kroku, aby získané výsledky byly reprezentativní. Výpar z vodní hladiny se zanedbává, jakož i vliv dopadu srážek na vodní hladinu.

2.1 Scénář manipulací a modelové situace

Pro obě posuzované varianty platí obdobný scénář řízení odtoku z nádrže v závislosti na velikosti přítoku a aktuální poloze hladiny :

Řízená fáze transformace :

- počáteční hladina výpočtu Mz = 381,5 m n.m., resp. 388,0 m n.m.
- odtok sleduje přítok až do velikosti 5 m³/s
- dále se vypouští konstantní odtok 5 m³/s
- při dosažení hrany přelivu spodní výpust se postupně uzavírá tak, aby součet průtoků přelivem a SV byl 5 m³/s

Neřízená fáze transformace :

- po úplném zavření SV odtéká voda jen přelivem, průtok stoupá nad 5 m³/s
- dále je velikost odtoku závislá jen na poloze hladiny
- při poklesu hladiny postupně se otevírá SV tak, aby součet průtoků přelivem a SV byl 5 m³/s
- dále se vypouští konstantní odtok 5 m³/s
- při poklesu hladiny na úroveň Mz odtok = přítok
-

V každé variantě byla provedena série devíti výpočtů podle následujícího přehledu :

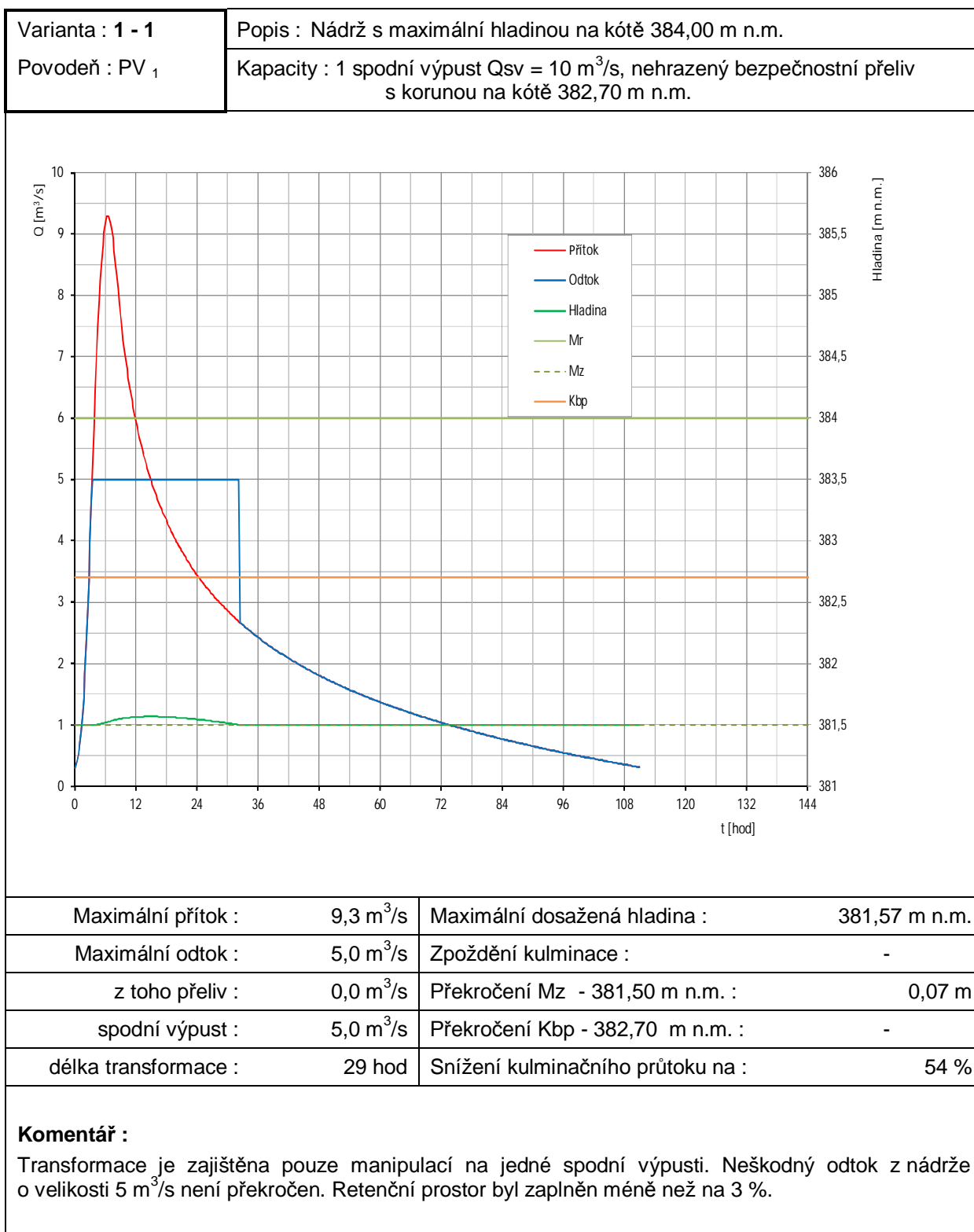
Varianta 1 - menší nádrž

Označ.	Povodeň	Popis
1 - 1	PV 1	Jedna spodní výpust + bezpečnostní přeliv, výchozí hladina Mz = 381,50 m n.m.
1 - 2	PV 2	Jedna spodní výpust + bezpečnostní přeliv, výchozí hladina Mz = 381,50 m n.m.
1 - 3	PV 5	Jedna spodní výpust + bezpečnostní přeliv, výchozí hladina Mz = 381,50 m n.m.
1 - 4	PV 10	Jedna spodní výpust + bezpečnostní přeliv, výchozí hladina Mz = 381,50 m n.m.
1 - 5	PV 20	Jedna spodní výpust + bezpečnostní přeliv, výchozí hladina Mz = 381,50 m n.m.
1 - 6	PV 50	Jedna spodní výpust + bezpečnostní přeliv, výchozí hladina Mz = 381,50 m n.m.
1 - 7	PV 100	Jedna spodní výpust + bezpečnostní přeliv, výchozí hladina Mz = 381,50 m n.m.
1 - 8	PV 1 000	Jedna spodní výpust + bezpečnostní přeliv, výchozí hladina Mz = 381,50 m n.m.
1 - 9	PV 10 000	Jedna spodní výpust + bezpečnostní přeliv, výchozí hladina Mz = 381,50 m n.m.

Varianta 2 - větší nádrž

Označ.	Povodeň	Popis
2 - 1	PV 1	Jedna spodní výpust + bezpečnostní přeliv, výchozí hladina Mz = 388,00 m n.m.
2 - 2	PV 2	Jedna spodní výpust + bezpečnostní přeliv, výchozí hladina Mz = 388,00 m n.m.
2 - 3	PV 5	Jedna spodní výpust + bezpečnostní přeliv, výchozí hladina Mz = 388,00 m n.m.
2 - 4	PV 10	Jedna spodní výpust + bezpečnostní přeliv, výchozí hladina Mz = 388,00 m n.m.
2 - 5	PV 20	Jedna spodní výpust + bezpečnostní přeliv, výchozí hladina Mz = 388,00 m n.m.
2 - 6	PV 50	Jedna spodní výpust + bezpečnostní přeliv, výchozí hladina Mz = 388,00 m n.m.
2 - 7	PV 100	Jedna spodní výpust + bezpečnostní přeliv, výchozí hladina Mz = 388,00 m n.m.
2 - 8	PV 1 000	Jedna spodní výpust + bezpečnostní přeliv, výchozí hladina Mz = 388,00 m n.m.
2 - 9	PV 10 000	Jedna spodní výpust + bezpečnostní přeliv, výchozí hladina Mz = 388,00 m n.m.

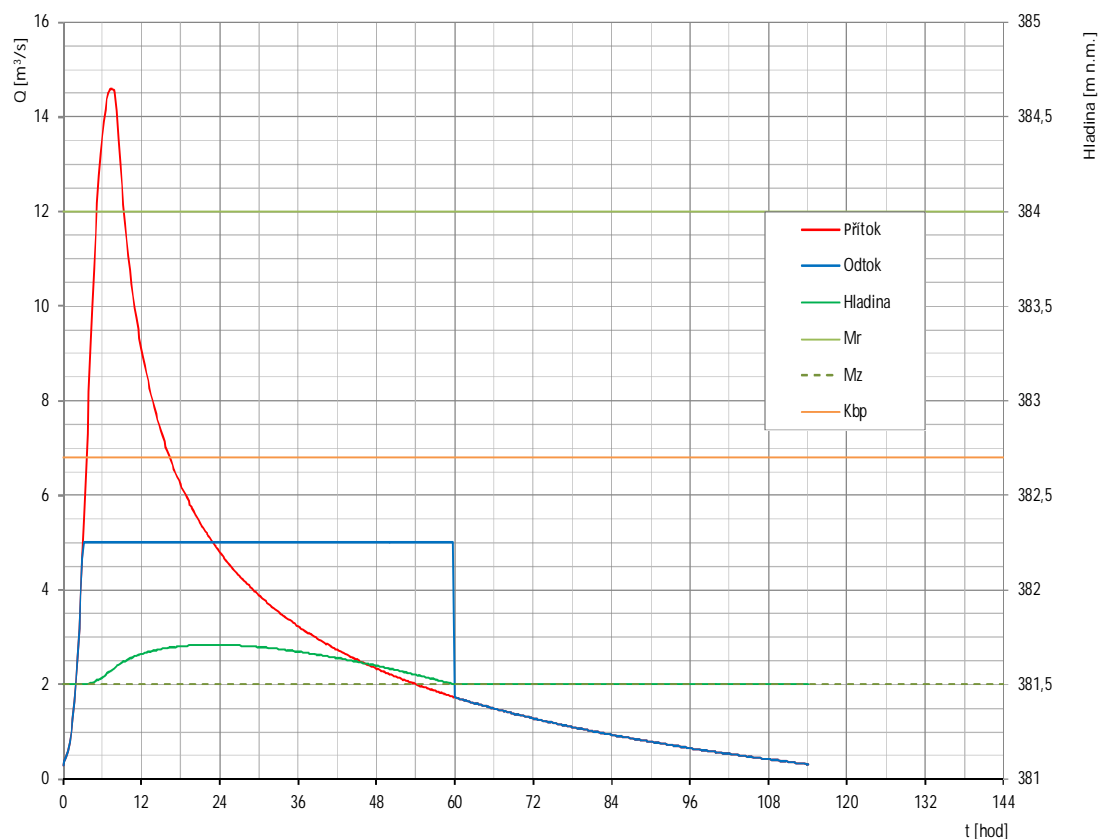
2.2 Výsledky transformací var. 1



Varianta : 1 - 2

Povodeň : PV₂

Popis : Nádrž s maximální hladinou na kótě 384,00 m n.m.

Kapacity : 1 spodní výpust $Q_{sv} = 10 \text{ m}^3/\text{s}$, nehrazený bezpečnostní přeliv s korunou na kótě 382,70 m n.m.


Maximální přítok :	14,6 m ³ /s	Maximální dosažená hladina :	381,71 m n.m.
Maximální odtok :	5,0 m ³ /s	Zpoždění kulminace :	-
z toho přeliv :	0,0 m ³ /s	Překročení Mz - 381,50 m n.m. :	0,21 m
spodní výpust :	5,0 m ³ /s	Překročení Kbp - 382,70 m n.m. :	-
délka transformace :	57 hod	Snížení kulminačního průtoku na :	34 %

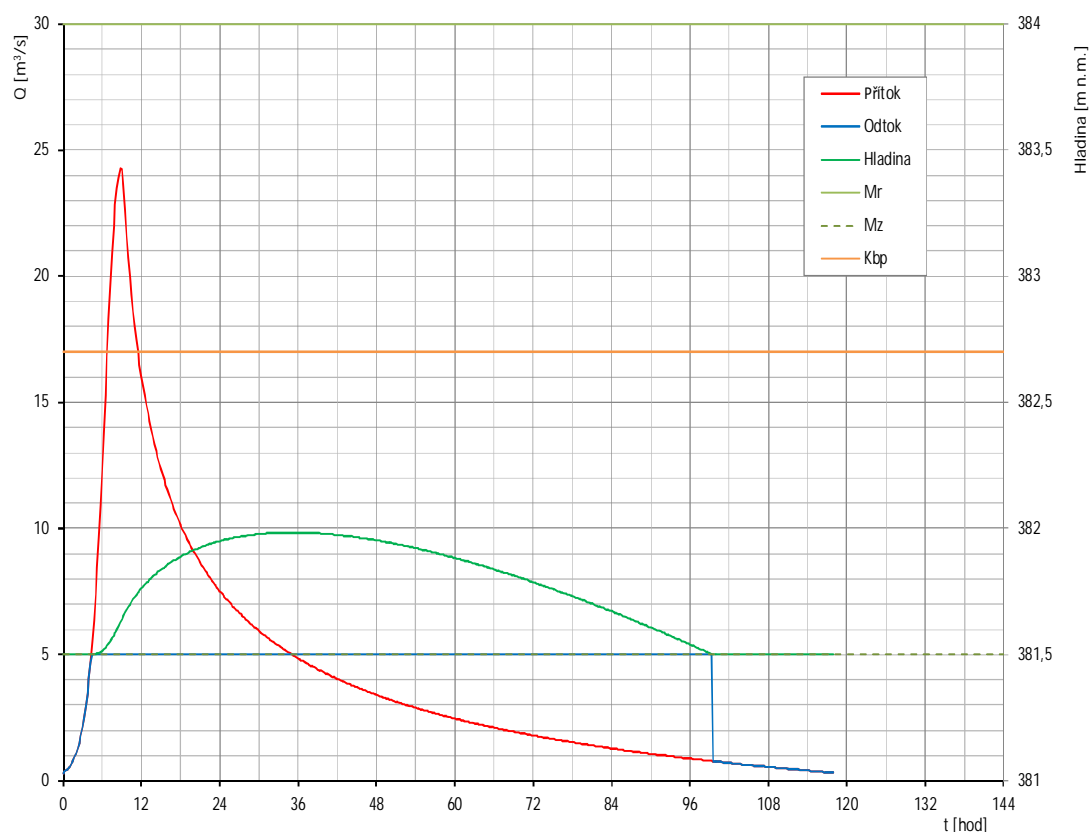
Komentář :

Transformace je zajištěna pouze manipulací na jedné spodní výpusti. Neškodný odtok z nádrže o velikosti 5 m³/s není překročen. Retenční prostor byl zaplněn jen asi na 8 %.

Varianta : 1 - 3

Povodeň : PV₅

Popis : Nádrž s maximální hladinou na kótě 384,00 m n.m.

Kapacity : 1 spodní výpust $Q_{sv} = 10 \text{ m}^3/\text{s}$, nehrazený bezpečnostní přeliv s korunou na kótě 382,70 m n.m.


Maximální přítok :	24,3 m ³ /s	Maximální dosažená hladina :	381,98 m n.m.
Maximální odtok :	5,0 m ³ /s	Zpoždění kulminace :	-
z toho přeliv :	0,0 m ³ /s	Překročení Mz - 381,50 m n.m. :	0,48 m
spodní výpust :	5,0 m ³ /s	Překročení Kbp - 382,70 m n.m. :	-
délka transformace :	91 hod	Snížení kulminačního průtoku na :	21 %

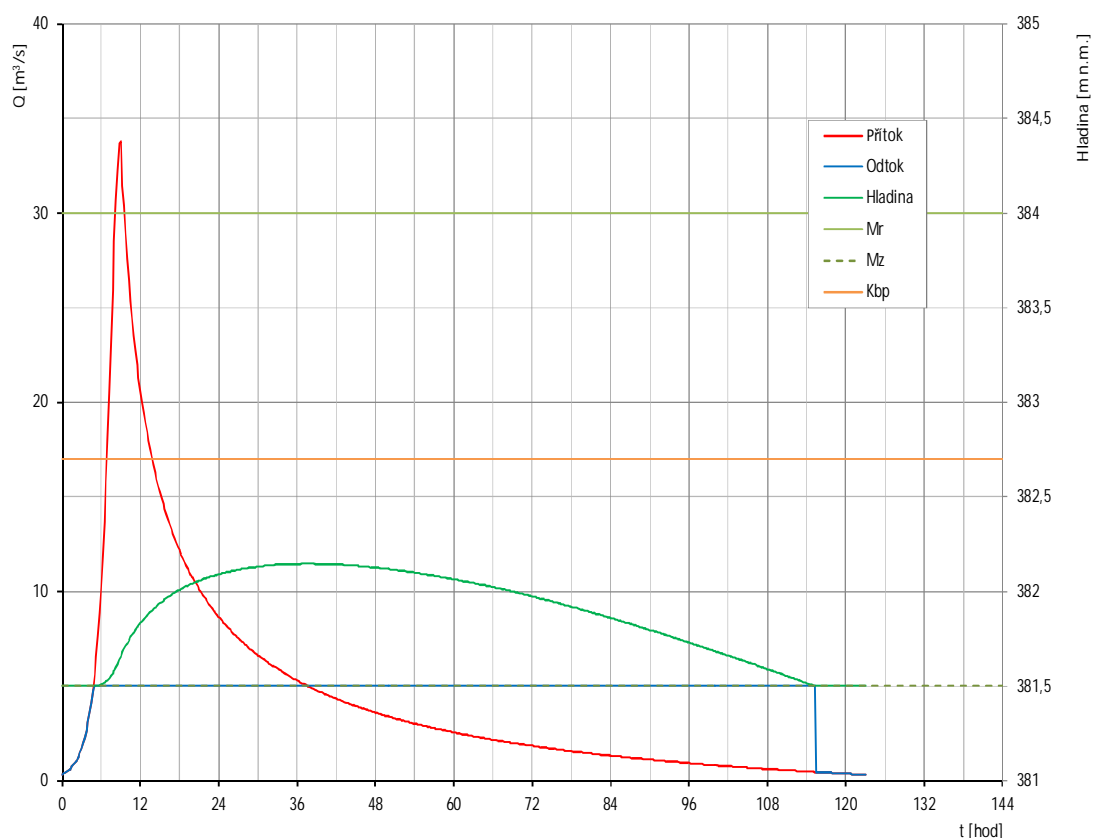
Komentář :

Transformace je zajištěna pouze manipulací na jedné spodní výpusti. Neškodný odtok z nádrže o velikosti 5 m³/s není překročen. Retenční prostor byl zaplněn jen asi na 19 %.

Varianta : 1 - 4

Povodeň : PV₁₀

Popis : Nádrž s maximální hladinou na kótě 384,00 m n.m.

Kapacity : 1 spodní výpust $Q_{sv} = 10 \text{ m}^3/\text{s}$, nehrazený bezpečnostní přeliv s korunou na kótě 382,70 m n.m.


Maximální přítok :	33,8 m ³ /s	Maximální dosažená hladina :	382,15 m n.m.
Maximální odtok :	5,0 m ³ /s	Zpoždění kulminace :	-
z toho přeliv :	0,0 m ³ /s	Překročení Mz - 381,50 m n.m. :	0,65 m
spodní výpust :	5,0 m ³ /s	Překročení Kbp - 382,70 m n.m. :	-
délka transformace :	111 hod	Snížení kulminačního průtoku na :	15 %

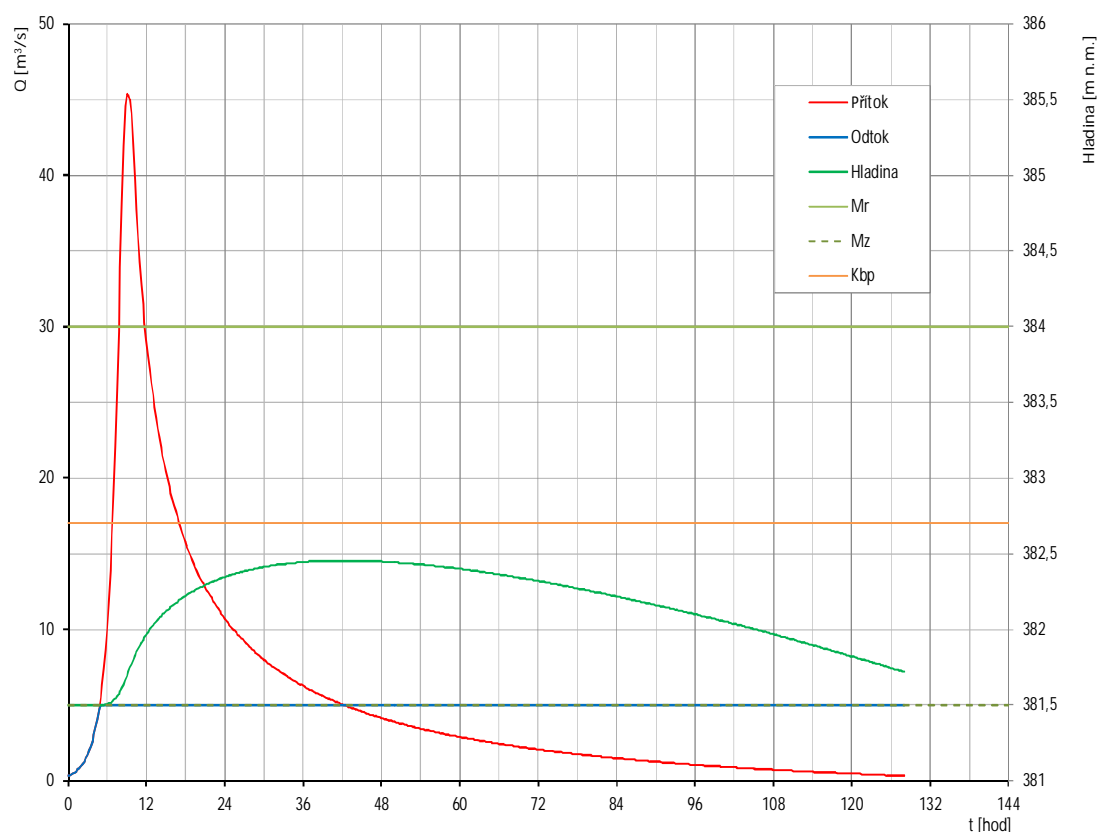
Komentář :

Transformace je zajištěna pouze manipulací na jedné spodní výpusti. Neškodný odtok z nádrže o velikosti 5 m³/s není překročen. Retenční prostor byl zaplněn jen asi na 25 %.

Varianta : 1 - 5

Povodeň : PV₂₀

Popis : Nádrž s maximální hladinou na kótě 384,00 m n.m.

Kapacity : 1 spodní výpust $Q_{sv} = 10 \text{ m}^3/\text{s}$, nehrazený bezpečnostní přeliv s korunou na kótě 382,70 m n.m.


Maximální přítok :	45,4 m^3/s	Maximální dosažená hladina :	382,45 m n.m.
Maximální odtok :	5,0 m^3/s	Zpoždění kulminace :	-
z toho přeliv :	0,0 m^3/s	Překročení Mz - 381,50 m n.m. :	0,95 m
spodní výpust :	5,0 m^3/s	Překročení Kbp - 382,70 m n.m. :	-
délka transformace :	140 hod	Snížení kulminačního průtoku na :	11 %

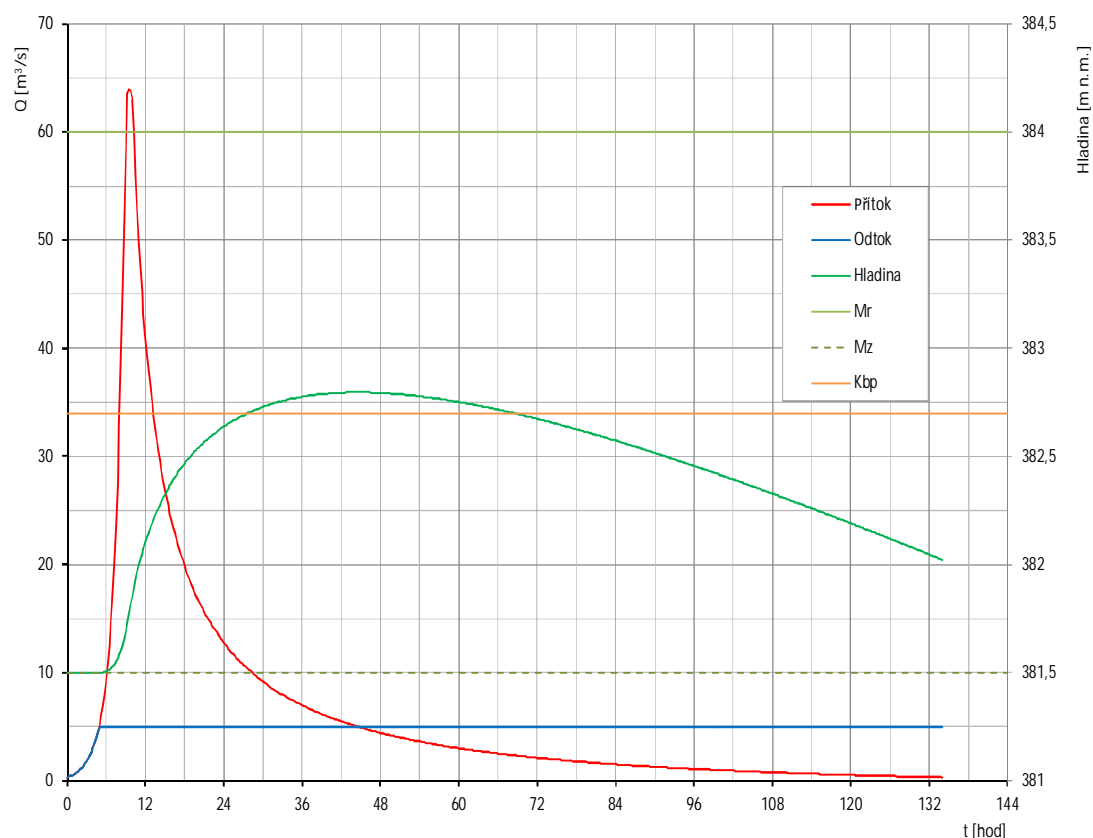
Komentář :

Transformace je zajištěna pouze manipulací na jedné spodní výpusti. Neškodný odtok z nádrže o velikosti $5 \text{ m}^3/\text{s}$ není překročen. Retenční prostor byl zaplněn asi na 37 %.

Varianta : 1 - 6

Povodeň : PV₅₀

Popis : Nádrž s maximální hladinou na kótě 384,00 m n.m.

Kapacity : 1 spodní výpust $Q_{sv} = 10 \text{ m}^3/\text{s}$, nehrazený bezpečnostní přeliv s korunou na kótě 382,70 m n.m.


Maximální přítok :	64,0 m ³ /s	Maximální dosažená hladina :	382,80 m n.m.
Maximální odtok :	5,0 m ³ /s	Zpoždění kulminace :	-
z toho přeliv :	0,91 m ³ /s	Překročení Mz - 381,50 m n.m. :	1,30 m
spodní výpust :	4,09 m ³ /s	Překročení Kbp - 382,70 m n.m. :	0,10 m
délka transformace :	170 hod	Snížení kulminačního průtoku na :	8 %

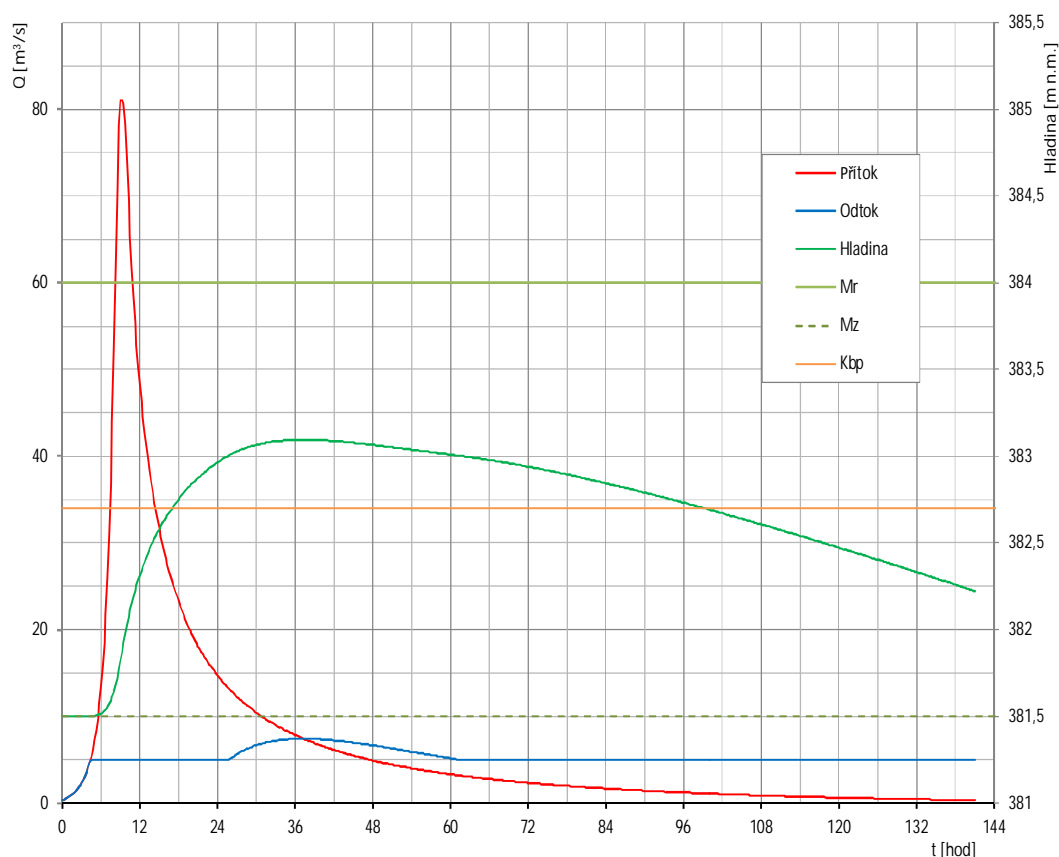
Komentář :

Transformace je zajištěna jednak manipulací na jedné spodní výpusti a jednak neřízeným přepadem vody na bezpečnostním přelivu. Neškodný odtok z nádrže o velikosti 5 m³/s není překročen. Retenční prostor byl zaplněn asi na 51 %.

Varianta : 1 - 7

Povodeň : PV₁₀₀

Popis : Nádrž s maximální hladinou na kótě 384,00 m n.m.

Kapacity : 1 spodní výpust $Q_{sv} = 10 \text{ m}^3/\text{s}$, nehrazený bezpečnostní přeliv s korunou na kótě 382,70 m n.m.


Maximální přítok :	81,0 m ³ /s	Maximální dosažená hladina :	383,09 m n.m.
Maximální odtok :	7,43 m ³ /s	Zpoždění kulminace :	28,3 hod
z toho přeliv :	7,43 m ³ /s	Překročení Mz - 381,50 m n.m. :	1,59 m
spodní výpust :	0,0 m ³ /s	Překročení Kbp - 382,70 m n.m. :	0,39 m
délka transformace :	192 hod	Snížení kulminačního průtoku na :	9 %

Komentář :

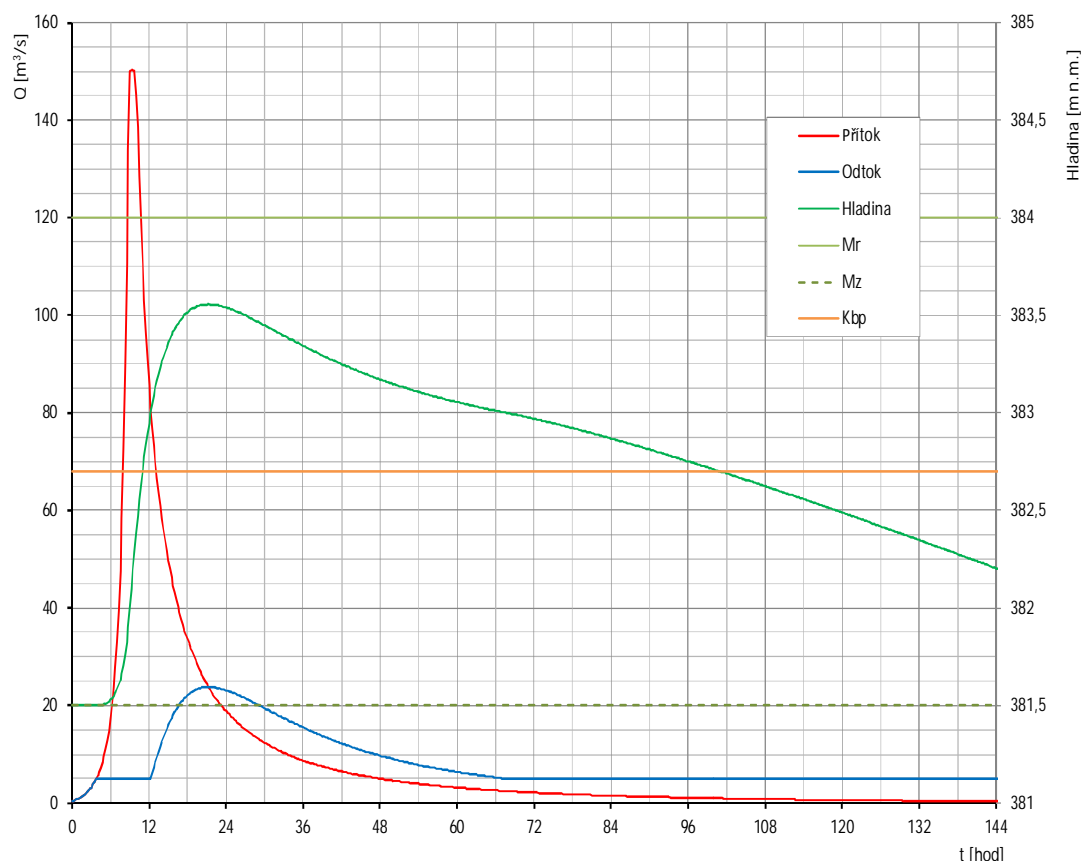
Transformace je zajištěna jednak manipulací na jedné spodní výpusti a jednak neřízeným přepadem vody na bezpečnostním přelivu. Neškodný odtok z nádrže o velikosti $5 \text{ m}^3/\text{s}$ je mírně překročen, a to o $2,43 \text{ m}^3/\text{s}$. To nepředstavuje problém pro ochrannou funkci, protože v rozhodujícím profilu pod soutokem Vlára se Sviborkou se nesetkají kulminace na obou tocích vzhledem k tomu, že v nádrži dochází ke zpoždění kulminace o 28 hod. Zaplnění retenčního prostoru dosahuje asi 63 %.

Varianta : 1 - 8

Povodeň : PV_{1 000}

Popis : Nádrž s maximální hladinou na kótě 384,00 m n.m.

Kapacity : 1 spodní výpust, nehrazený bezpečnostní přeliv s korunou na kótě 382,70 m n.m.



Maximální přítok :	150,0 m ³ /s	Maximální dosažená hladina :	383,56 m n.m.
Maximální odtok :	23,8 m ³ /s	Zpoždění kulminace :	11,6 hod
z toho přeliv :	23,8 m ³ /s	Překročení Mz - 381,50 m n.m. :	2,06 m
spodní výpust :	0,0 m ³ /s	Překročení Kbp - 382,70 m n.m. :	0,86 m
délka transformace :	194 hod	Snížení kulminačního průtoku na :	16 %

Komentář :

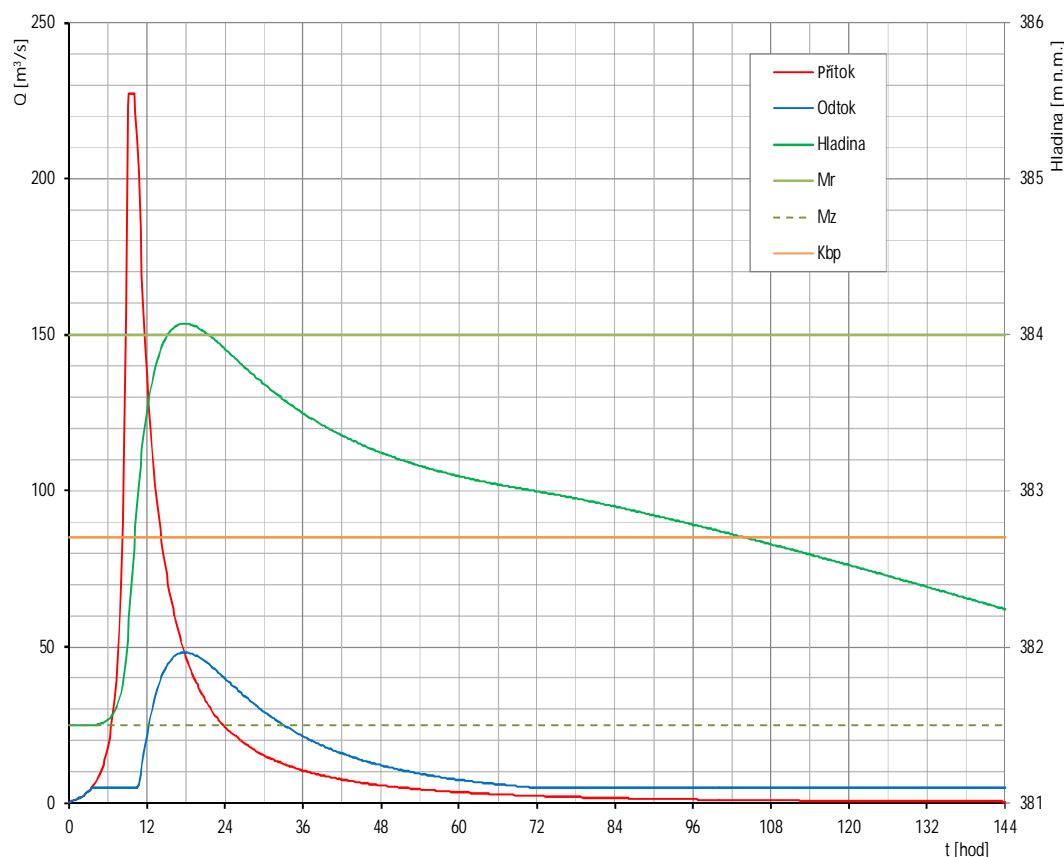
Transformace je zajištěna jednak manipulací na jedné spodní výpusti a jednak neřízeným přepadem vody na bezpečnostním přelivu. Neškodný odtok z nádrže o velikosti 5 m³/s byl překročen o 18,8 m³/s, což lze vzhledem k velikosti povodňové vlny považovat za výborný výsledek. Retenční prostor byl zaplněn asi na 82 %. Zbývajících 18 % tvoří rezervu na nepřesnost hydrologických podkladů, případně na povodňovou vlnu s delším trváním kulminace - tj. s menší podmíněnou pravděpodobností překročení objemu.

Varianta : 1 - 9

Povodeň : PV 10 000

Popis : Nádrž s maximální hladinou na kótě 384,00 m n.m.

Kapacity : 1 spodní výpust, nehrazený bezpečnostní přeliv s korunou na kótě 382,70 m n.m.



Maximální přítok :	227,0 m ³ /s	Maximální dosažená hladina :	384,07 m n.m.
Maximální odtok :	48,2 m ³ /s	Zpoždění kulminace :	7,8 hod
z toho přeliv :	48,2 m ³ /s	Překročení Mz - 381,50 m n.m. :	2,57 m
spodní výpust :	0,0 m ³ /s	Překročení Kbp - 382,70 m n.m. :	1,37 m
délka transformace :	197 hod	Snížení kulminačního průtoku na :	21 %

Komentář :

Transformace je zajištěna jednak manipulací na jedné spodní výpusti a jednak neřízeným přepadem vody na bezpečnostním přelivu. Neškodný odtok z nádrže o velikosti 5 m³/s byl překročen o 43,2 m³/s, což lze vzhledem k velikosti povodňové vlny považovat za výborný výsledek. Nejvyšší úroveň retenčního prostoru byla překročena o 7 cm. Obdobně jako v předchozím případě je nutné i zde počítat s nějakou nepřesností hydrologických údajů, případně s delším trváním kulminace - tj. menší podmíněnou pravděpodobností překročení objemu. Proto se poloha hladiny KMH uvažuje na kótě 384,50 m n.m., tj. 0,5 m nad maximální hladinou Mr.

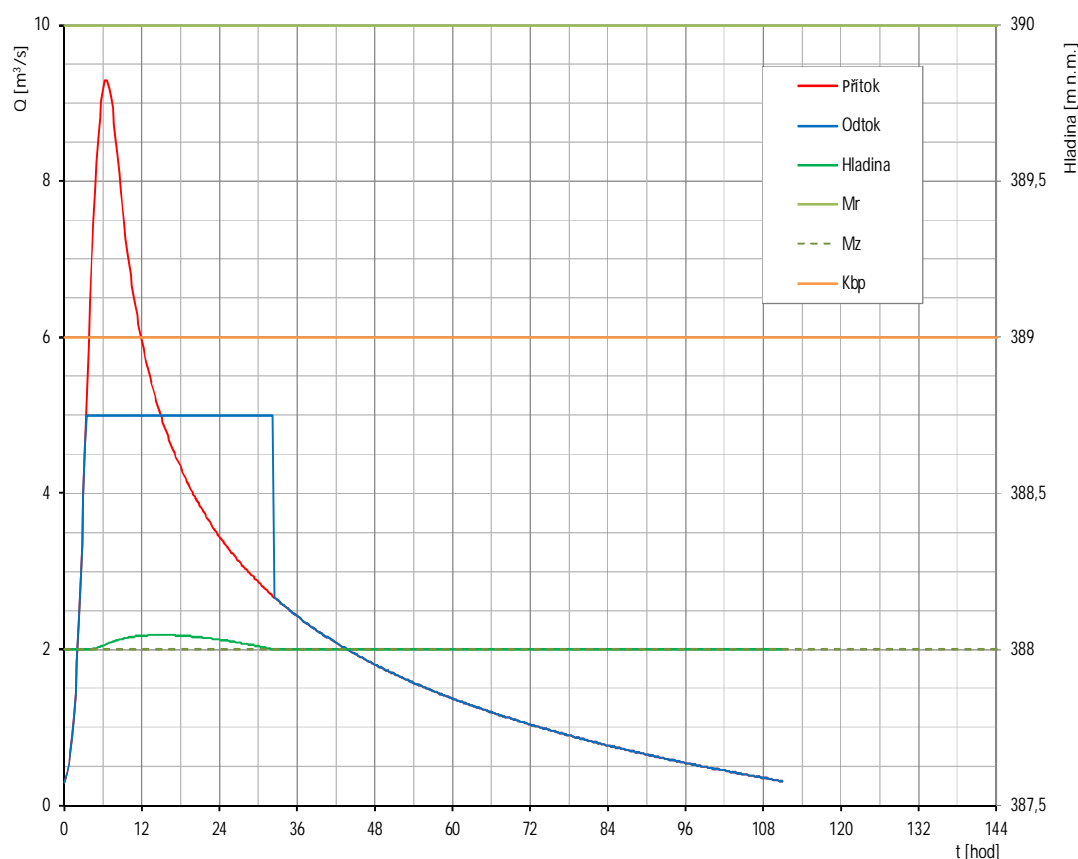
2.3 Výsledky transformací var. 2

Varianta : 2 - 1

Povodeň : PV₁

Popis : Nádrž s maximální hladinou na kótě 390,00 m n.m.

Kapacity : 1 spodní výpust, nehrazený bezpečnostní přeliv s korunou na kótě 389,00 m n.m.



Maximální přítok :	9,3 m ³ /s	Maximální dosažená hladina :	388,05 m n.m.
Maximální odtok :	5,0 m ³ /s	Zpoždění kulminace :	-
z toho přeliv :	0,0 m ³ /s	Překročení Mz - 388,00 m n.m. :	0,05 m
spodní výpust :	5,0 m ³ /s	Překročení Kbp - 389,00 m n.m. :	-
délka transformace :	30,5 hod	Snížení kulminačního průtoku na :	54 %

Komentář :

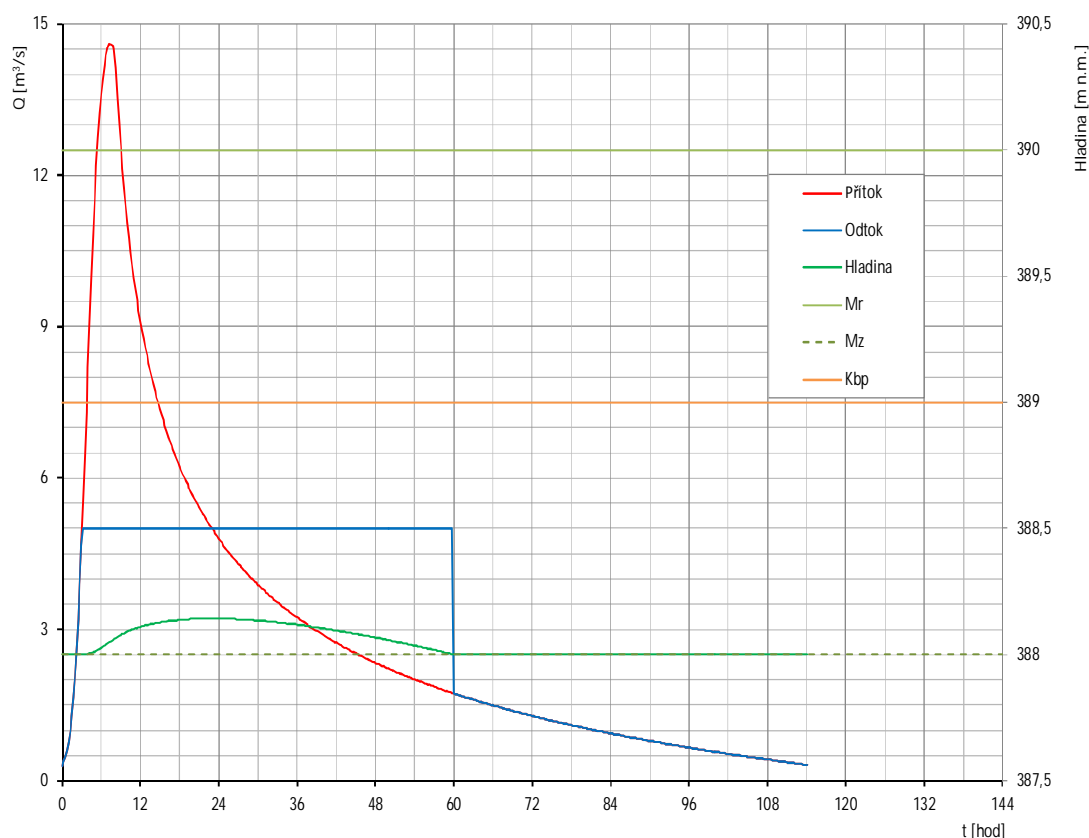
Transformace je zajištěna pouze manipulací na jedné spodní výpusti. Neškodný odtok z nádrže o velikosti 5 m³/s není překročen. Retenční prostor byl zaplněn na méně než 3 %.

Varianta : 2 - 2

Povodeň : PV₂

Popis : Nádrž s maximální hladinou na kótě 388,00 m n.m.

Kapacity : 1 spodní výpust, nehrazený bezpečnostní přeliv s korunou na kótě 389,00 m n.m.



Maximální přítok :	14,6 m ³ /s	Maximální dosažená hladina :	388,14 m n.m.
Maximální odtok :	5,0 m ³ /s	Zpoždění kulminace :	-
z toho přeliv :	0,0 m ³ /s	Překročení Mz - 388,00 m n.m. :	0,14 m
spodní výpust :	5,0 m ³ /s	Překročení Kbp - 389,00 m n.m. :	-
délka transformace :	57 hod	Snížení kulminačního průtoku na :	34 %

Komentář :

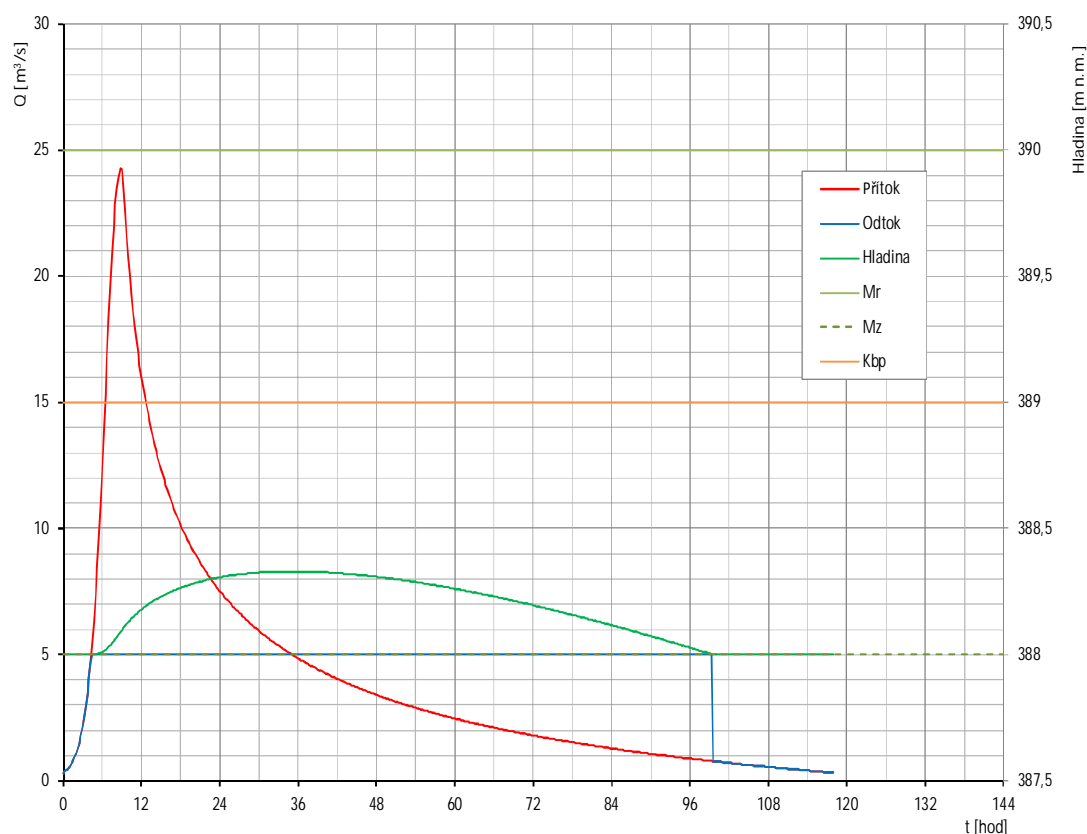
Transformace je zajištěna pouze manipulací na jedné spodní výpusti. Neškodný odtok z nádrže o velikosti 5 m³/s není překročen. Retenční prostor byl zaplněn jen asi na 7 %.

Varianta : 2 - 3

Povodeň : PV₅

Popis : Nádrž s maximální hladinou na kótě 390,00 m n.m.

Kapacity : 1 spodní výpust, nehrazený bezpečnostní přeliv s korunou na kótě 389,00 m n.m.



Maximální přítok :	24,3 m ³ /s	Maximální dosažená hladina :	388,33 m n.m.
Maximální odtok :	5,0 m ³ /s	Zpoždění kulminace :	-
z toho přeliv :	0,0 m ³ /s	Překročení Mz - 388,00 m n.m. :	0,33 m
spodní výpust :	5,0 m ³ /s	Překročení Kbp - 389,00 m n.m. :	-
délka transformace :	95 hod	Snížení kulminačního průtoku na :	21 %

Komentář :

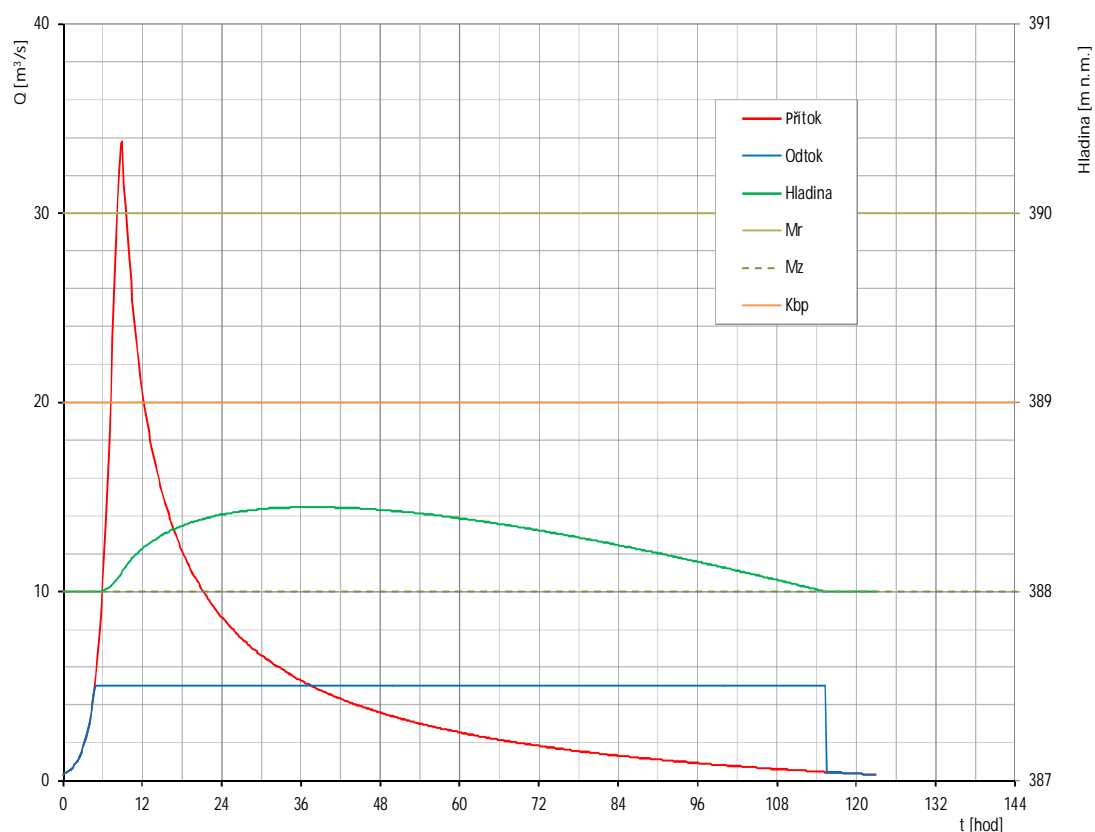
Transformace je zajištěna pouze manipulací na jedné spodní výpusti. Neškodný odtok z nádrže o velikosti 5 m³/s není překročen. Retenční prostor byl zaplněn jen asi na 17 %.

Varianta : 2 - 4

Povodeň : PV₁₀

Popis : Nádrž s maximální hladinou na kótě 390,00 m n.m.

Kapacity : 1 spodní výpust, nehrazený bezpečnostní přeliv s korunou na kótě 389,00 m n.m.



Maximální přítok :	33,8 m ³ /s	Maximální dosažená hladina :	388,45 m n.m.
Maximální odtok :	5,0 m ³ /s	Zpoždění kulminace :	-
z toho přeliv :	0,0 m ³ /s	Překročení Mz - 388,00 m n.m. :	0,45 m
spodní výpust :	5,0 m ³ /s	Překročení Kbp - 389,00 m n.m. :	-
délka transformace :	110,5 hod	Snížení kulminačního průtoku na :	15 %

Komentář :

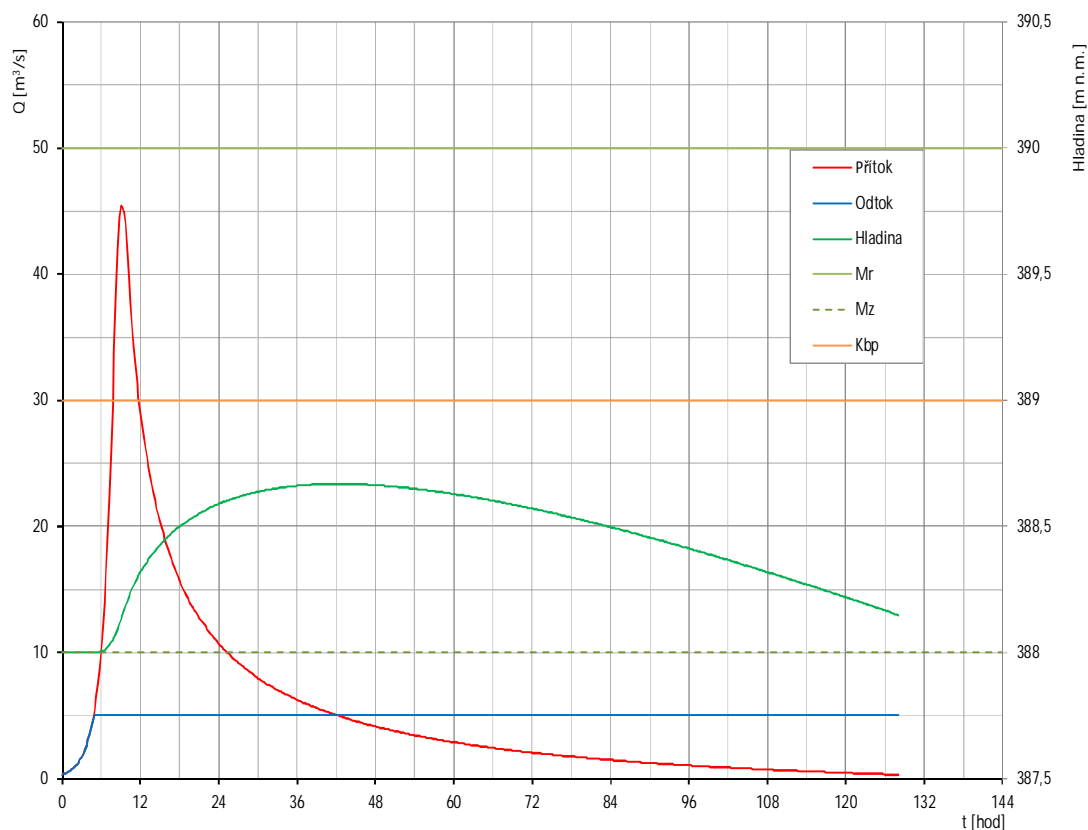
Transformace je zajištěna pouze manipulací na jedné spodní výpusti. Neškodný odtok z nádrže o velikosti 5 m³/s není překročen. Retenční prostor byl zaplněn jen asi na 22 %.

Varianta : 2 - 5

Povodeň : PV₂₀

Popis : Nádrž s maximální hladinou na kótě 390,00 m n.m.

Kapacity : 1 spodní výpust, nehrazený bezpečnostní přeliv s korunou na kótě 389,00 m n.m.



Maximální přítok :	45,4 m ³ /s	Maximální dosažená hladina :	388,67 m n.m.
Maximální odtok :	5,0 m ³ /s	Zpoždění kulminace :	-
z toho přeliv :	0,0 m ³ /s	Překročení Mz - 388,00 m n.m. :	0,67 m
spodní výpust :	5,0 m ³ /s	Překročení Kbp - 389,00 m n.m. :	-
délka transformace :	140 hod	Snížení kulminačního průtoku na :	11 %

Komentář :

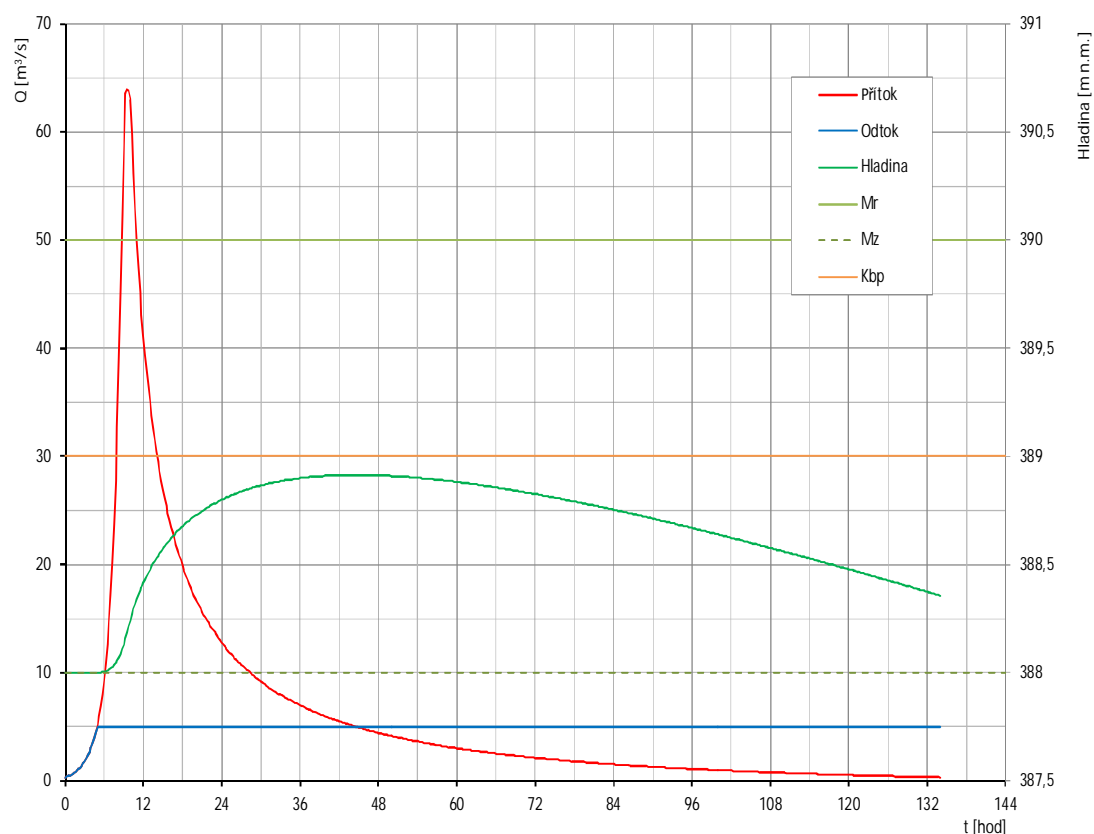
Transformace je zajištěna pouze manipulací na jedné spodní výpusti. Neškodný odtok z nádrže o velikosti 5 m³/s není překročen. Retenční prostor byl zaplněn asi na 33 %.

Varianta : 2 - 6

Povodeň : PV₅₀

Popis : Nádrž s maximální hladinou na kótě 390,00 m n.m.

Kapacity : 1 spodní výpust, nehrazený bezpečnostní přeliv s korunou na kótě 389,00 m n.m.



Maximální přítok :	64,0 m ³ /s	Maximální dosažená hladina :	388,91 m n.m.
Maximální odtok :	5,0 m ³ /s	Zpoždění kulminace :	-
z toho přeliv :	0,0 m ³ /s	Překročení Mz - 388,00 m n.m. :	0,91 m
spodní výpust :	5,0 m ³ /s	Překročení Kbp - 389,00 m n.m. :	-
délka transformace :	165 hod	Snížení kulminačního průtoku na :	8 %

Komentář :

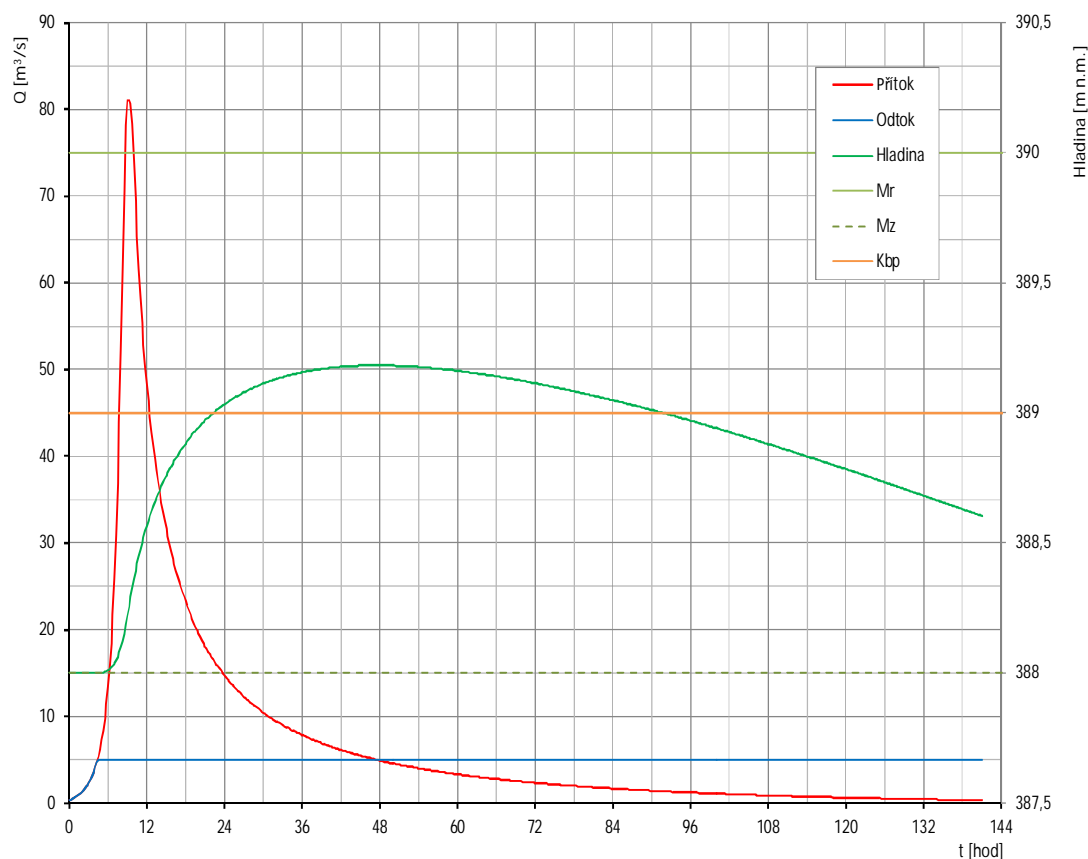
Transformace je zajištěna pouze manipulací na jedné spodní výpusti. Neškodný odtok z nádrže o velikosti 5 m³/s není překročen. Retenční prostor byl zaplněn asi na 45 %.

Varianta : 2 - 7

Povodeň : PV₁₀₀

Popis : Nádrž s maximální hladinou na kótě 390,00 m n.m.

Kapacity : 1 spodní výpust, nehrazený bezpečnostní přeliv s korunou na kótě 389,00 m n.m.



Maximální přítok :	81,0 m ³ /s	Maximální dosažená hladina :	389,18 m n.m.
Maximální odtok :	5, m ³ /s	Zpoždění kulminace :	-
z toho přeliv :	2,4 m ³ /s	Překročení Mz - 388,00 m n.m. :	1,18 m
spodní výpust :	2,6 m ³ /s	Překročení Kbp - 389,00 m n.m. :	0,18 m
délka transformace :	204 hod	Snížení kulminačního průtoku na :	6 %

Komentář :

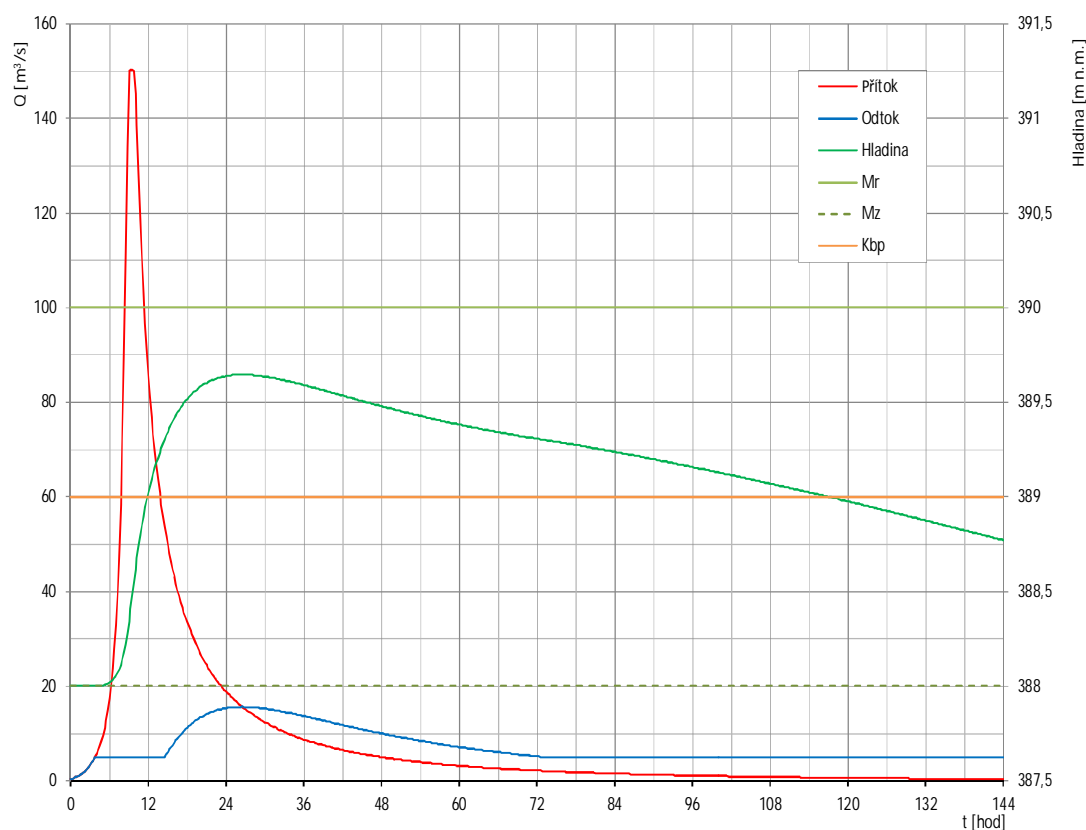
Transformace je zajištěna jednak manipulací na jedné spodní výpusti a jednak neřízeným přepadem vody na bezpečnostním přelivu. Neškodný odtok z nádrže o velikosti 5 m³/s není překročen. Retenční prostor byl zaplněn asi na 59 %.

Varianta : **2 - 8**

Povodeň : PV _{1 000}

Popis : Nádrž s maximální hladinou na kótě 390,00 m n.m.

Kapacity : 1 spodní výpust, nehrazený bezpečnostní přeliv s korunou na kótě 389,00 m n.m.



Maximální přítok :	150,0 m ³ /s	Maximální dosažená hladina :	389,65 m n.m.
Maximální odtok :	15,6 m ³ /s	Zpoždění kulminace :	16,6 hod
z toho přeliv :	15,6 m ³ /s	Překročení Mz - 388,00 m n.m. :	1,65 m
spodní výpust :	0,0 m ³ /s	Překročení Kbp - 389,00 m n.m. :	0,65 m
délka transformace :	227 hod	Snížení kulminačního průtoku na :	10 %

Komentář :

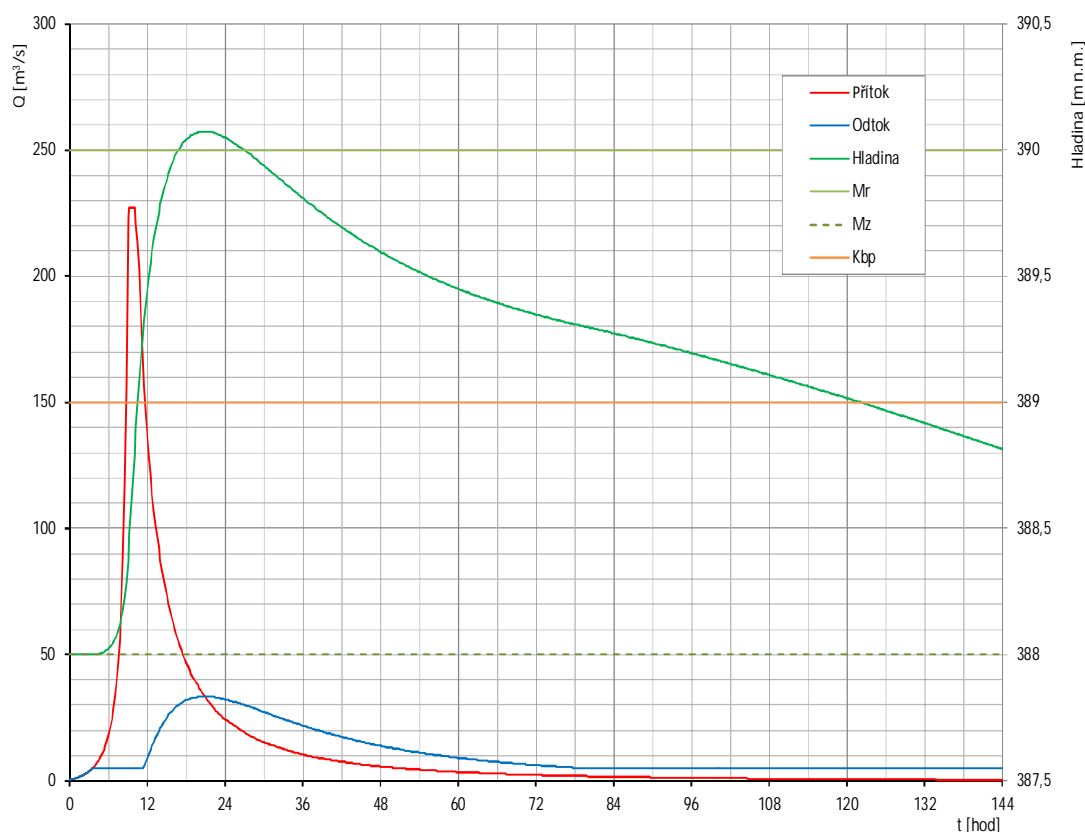
Transformace je zajištěna jednak manipulací na jedné spodní výpusti a jednak neřízeným přepadem vody na bezpečnostním přelivu. Neškodný odtok z nádrže o velikosti 5 m³/s byl překročen o 10,6 m³/s, což lze vzhledem k velikosti povodňové vlny považovat za výborný výsledek. Retenční prostor byl zaplněn asi na 82 %. Zbývajících 18 % tvoří rezervu na nepřesnost hydrologických podkladů, případně na povodňovou vlnu s delším trváním kulminace - tj. menší podmíněnou pravděpodobností překročení objemu.

Varianta : 2 - 9

Povodeň : PV 10 000

Popis : Nádrž s maximální hladinou na kótě 390,00 m n.m.

Kapacity : 1 spodní výpust, nehrazený bezpečnostní přeliv s korunou na kótě 389,00 m n.m.



Maximální přítok :	227,0 m ³ /s	Maximální dosažená hladina :	390,07 m n.m.
Maximální odtok :	33,4 m ³ /s	Zpoždění kulminace :	10,9 hod
z toho přeliv :	33,4 m ³ /s	Překročení Mz - 388,00 m n.m. :	2,07 m
spodní výpust :	0,0 m ³ /s	Překročení Kbp - 389,00 m n.m. :	1,07 m
délka transformace :	243 hod	Snížení kulminačního průtoku na :	21 %

Komentář :

Transformace je zajištěna jednak manipulací na jedné spodní výpusti a jednak neřízeným přepadem vody na bezpečnostním přelivu. Neškodný odtok z nádrže o velikosti 5 m³/s byl překročen o 28,4 m³/s, což lze vzhledem k velikosti povodňové vlny považovat za výborný výsledek. Nejvyšší úroveň retenčního prostoru byla překročena o 7 cm. Obdobně jako v předchozím případě je nutné i zde počítat s nějakou nepřesností hydrologických údajů, případně s delším trváním kulminace - tj. menší podmíněnou pravděpodobností překročení objemu. Proto se poloha hladiny KMH uvažuje na kótě 390,50 m n.m., tj. 0,5 m nad maximální hladinou Mr.

2.4 Zhodnocení výsledků

Pro posouzení protipovodňové funkce nádrže bylo provedeno pro každou velikostní variantu devět výpočtů transformace v rozsahu povodňových vln PV1 až PV10 000. Získané výsledky jsou sumarizovány v následujících tabulkách :

Varianta 1 - menší nádrž

Varianta	Povodeň	Přítok	Odtok	Dosažená hladina	Délka transformace
-	-	m^3/s	m^3/s	m	hod
1 - 1	PV 1	9,3	5,0	381,57	29
1 - 2	PV 2	14,6	5,0	381,71	57
1 - 3	PV 5	24,3	5,0	381,98	91
1 - 4	PV 10	33,8	5,0	382,15	111
1 - 5	PV 20	45,4	5,0	382,45	140
1 - 6	PV 50	64,0	5,0	382,80	170
1 - 7	PV 100	81,0	7,4	383,09	192
1 - 8	PV 1 000	150,0	23,8	383,56	194
1 - 9	PV 10 000	227,0	48,2	384,07	197

Varianta 2 - větší nádrž

Varianta	Povodeň	Přítok	Odtok	Dosažená hladina	Délka transformace
-	-	m^3/s	m^3/s	m	hod
2 - 1	PV 1	9,3	5,0	388,05	31
2 - 2	PV 2	14,6	5,0	388,14	57
2 - 3	PV 5	24,3	5,0	388,33	95
2 - 4	PV 10	33,8	5,0	388,45	111
2 - 5	PV 20	45,4	5,0	388,67	140
2 - 6	PV 50	64,0	5,0	388,91	165
2 - 7	PV 100	81,0	5,0	389,18	204
2 - 8	PV 1 000	150,0	15,6	389,65	227
2 - 9	PV 10 000	227,0	33,4	390,07	243

Získané výsledky dokumentují, že navržené parametry nádrže v obou variantách plní velmi dobře protipovodňovou funkci a nádrž tak může efektivně zajistit potřebnou PPO na úseku Vlára pod nádrží až po obec Brumov - Bynice.

Všechny simulace jsou koncipovány tak, že transformace se zahajuje na úrovni maximální zásobní hladiny v nádrži Mz. Ta se ve skutečnosti bude vyskytovat jen zřídka kdy, jak je blíže vysvětleno v následující části zprávy zabývající se zásobní funkcí nádrže. Na výsledky transformací je proto nutno pohlížet tak, že se jedná o extrémní případy s poměrně malou pravděpodobností výskytu a tedy vysokou mírou bezpečnosti. Pokud bude výchozí hladina transformace nižší, bude vždy dosaženo lepších výsledků.

Poněkud nezvyklým rysem navrženého řešení je dlouhé trvání transformací, které u větších povodňových vln přesahuje 200 hodin (cca 8 dní), zatímco trvání akutního povodňového stavu je o jeden řád kratší - do 24 hodin. To je způsobeno vysokým účinkem tlumení, kdy vypouštěný průtok je relativně velmi malý ve srovnání s objemy procházejících povodní. Tento jev není na škodu u osamocené povodně s jedním vrcholem, která odezní a po ní následuje dlouhé období s nízkými průtoky kolem hodnoty Q_a , takže na vypuštění retenčního prostoru je dost času. Pokud by v krátké době hrozil příchod další velké povodně (např. podle meteorologické předpovědi), bude možné vypouštění na sestupné větvi hydrogramu urychlit příslušným zvýšením vypouštěného průtoku (např. na dvojnásobek), který by aktuálně neohrozil chráněné nemovitosti podél toku. To bude ve většině případů možné, protože povodňové vlny na sousedních povodích budou prakticky synchronní a budou se také nacházet ve fázi intenzivního poklesu průtoků.

3 ŘEŠENÍ ZÁSOBNÍ FUNKCE

Nádrž se podle zadání řeší ve dvou velikostních variantách. Z aktuálních geodetických podkladů byly stanoveny křivky objemů a ploch (viz zprávu B), podle nichž mají dvě posuzované varianty celkové objemy :

Varianta	Kóta hladiny	Celkový objem
-	<i>m n.m.</i>	<i>mil. m³</i>
1	384,0	18,506
2	390,0	29,068

3.1 Stanovení variant výpočtu

Z hlediska zásobní funkce nádrže pro zajištění odběru vody nebo nadlepšení průtoků ve vodním toku je směrodatným ukazatelem poměr zásobního objemu k celkovému ročnímu odtoku - součinitel β . Optimální je jeho hodnota blízká 1,0. Při takové hodnotě je nádrž schopná víceletého vyrovnání průtoků a spolehlivé zásobní funkce. Pokud je hodnota menší, mohou již v suchých letech nastávat poruchy v dodávkách a nádrž potom pracuje spíše v režimu jednoletého vyrovnání s tím, že klesá zabezpečení dodávek vody. Pokud je naopak součinitel β výrazněji větší než 1,0, již to nemá žádný znatelný vliv na nadlepšení a vyšší investiční náklady na velkou nádrž jsou vynaloženy neefektivně.

Pro první přiblížení v návrhu zásobní funkce je proto předpokládána hodnota $\beta = 1,0$. To představuje pro samotnou Vlárku objem $0,323 \text{ m}^3/\text{s} \times 31,5576 \text{ mil.s} = 10,2 \text{ mil. m}^3$.

V případě převodů vody ze sousedních údolí Sviborky a Smolinky je odpovídající zásobní objem $0,500 \text{ m}^3/\text{s} \times 31,5576 \text{ mil. s} = 15,8 \text{ mil. m}^3$.

Na základě porovnání výše uvedených objemových parametrů bylo dohodnuto provést vodohospodářské řešení v následujících konfiguracích :

- nádrž var. 1 s objemem $18,5 \text{ mil. m}^3$ - při využití jen přirozených průtoků Vlárky, $\beta=1,27$
- nádrž var. 1 s objemem $18,5 \text{ mil. m}^3$ - při využití převodů ze Sviborky a Smolinky, $\beta=0,82$
- nádrž var. 2 s objemem $29,1 \text{ mil. m}^3$ - pouze s využitím převodů ze Sviborky a Smolinky, $\beta=1,46$.

U nádrže ve var. 2 je evidentní, že výpočet pro samostatné povodí Vlárky by neměl smysl, protože zvýšení součinitele β z hodnoty 1,27 na cca 2,0 by již nepřineslo žádný výrazný efekt v nalepšení odtoku.

3.2 Koncepte převodů vody

Pokud se týká převádění vody ze sousedních povodí, zde je na místě úvaha o optimální poloze odběrného profilu vzhledem k dosažitelnému efektu nádrže. Podmínka gravitačního odběru znamená, že odběrné místo na přítoku musí mít větší nadmořskou výšku než hladina v nádrži, při níž k převodu dochází. Při uvažování nejvyšší zásobní hladiny se tak odběrné profily posouvají velmi daleko proti toku obou přítoků, konkrétně na Sviborce cca 5 km nad jejím ústím a na Smolince ještě dále, asi 6,5 km. Tím se pro odběr ztrácí podstatná část plochy jejich povodí a tím i průtočného množství. Pokud by se mělo převáděné množství zvýšit, bylo by třeba posunout odběrné profily níže a voda by se gravitačně nedostala do nádrže při nejvyšší hladině.

Na druhé straně v oblasti nejvyšší polohy hladiny je zásobní prostor téměř plný a převod průtoků není pro zásobní funkci nádrže tak důležitý. Nejdůležitější je zajistit zvýšený přítok při zaklesnutí hladiny a vyprázdnění zásobního prostoru. Proto se jeví rozumné, aby limitní poloha hladiny v nádrži ležela někde v intervalu mezi 50 % a 100 % naplněním zásobního prostoru. Konkrétní úroveň musí být

ověřena vodohospodářským řešením. V prvním kroku byly zvoleny limitní úrovně následovně :

- Var. 1 - hladina na kótě 379 m n.m., úroveň odběrného místa na kótě 380 m n.m.
- Var. 2 - hladina na kótě 383 m n.m., úroveň odběrného místa na kótě 384 m n.m.

Pozn. : Úrovní odběrného místa se rozumí kóta dna příslušné vodoteče. Vzdouvací objekt zde zvýší hladinu cca o 2 m, takže výsledný hydraulický spád vůči hladině v nádrži bude kolem 3 m.

Těmto parametrům odpovídají na obou přítocích plochy povodí a potažmo průměrné hodnoty průtoků vztažené k odběrným profilům :

- | | | |
|----------|------------|--|
| • Var. 1 | - Sviborka | $F_{pov} = 10,6 \text{ km}^2$; $Q_a = 0,25 \text{ m}^3/\text{s}$, tj. 63 % celého povodí |
| | - Smolinka | $F_{pov} = 13,6 \text{ km}^2$; $Q_a = 0,25 \text{ m}^3/\text{s}$, tj. 48 % celého povodí |
| • Var. 2 | - Sviborka | $F_{pov} = 7,8 \text{ km}^2$; $Q_a = 0,25 \text{ m}^3/\text{s}$, tj. 46 % celého povodí |
| | - Smolinka | $F_{pov} = 13,1 \text{ km}^2$; $Q_a = 0,25 \text{ m}^3/\text{s}$, tj. 47 % celého povodí |

3.3 Princip výpočtu

Princip VH výpočtu spočívá v tom, že se provede simulace modelových manipulací na chronologické časové řadě měsíčních průtoků. Do nádrže přitékají jednak přirozené průtoky Vlára z vlastního povodí nádrže, jednak převáděné průtoky ze sousedních údolí Sviborky a Smolinky. Průtoky Vlára se zachycují ve 100 % objemu. Průtoky na přítocích se převádějí pouze v intervalech daných jejich technickým omezením :

- V toku pod odběrem musí zůstat zachován průtok $MQ = Q_{330}$. Převádí se tedy jen průtoky převyšující tuto hodnotu. Při poklesu přirozeného průtoku pod hodnotu MQ se převod zastavuje.
- Maximální kapacita převodu je omezena jeho technickým provedením, které musí reflektovat základní ekonomickou efektivnost. Nemělo by smysl budovat příliš velkou kapacitu, která by byla využita jen po několik málo dnů v roce a pro celkovou VH bilanci by znamenala jen malé zlepšení. Proto se předpokládá omezení kapacity odběru na hodnotu Q_{30} , což při nutnosti zachování Q_{330} pod odběrným profilem znamená faktické překročení maximálního převáděného průtoku vzhledem k přirozené vodnosti toku po dobu menší než 30 dnů za rok.
- Další omezení potom ještě představuje výškové uspořádání převodu, který není umístěn nad nejvyšší zásobní hladinou v nádrži, jak je podrobněji vysvětleno výše. Při vzestupu hladiny v nádrži nad úroveň 379,0 m n.m. ve var. 1 resp. 383,0 m n.m. ve var. 2 se převádění vody zastavuje z důvodu nefunkčnosti gravitačního provozu.

3.4 Příprava dat

Další příprava dat pro simulační výpočty spočívá v úpravě podkladových chronologických řad měsíčních průtoků, které jsou k dispozici pro tok Vlára v profilu limnigrafu Popov ($F_{pov} = 169,8 \text{ km}^2$). Příprava zahrnuje následující kroky:

- přepočítání hodnot měsíčních průtoků do pěti sledovaných profilů na Vláře, Sviborce a Smolince v poměru průměrných dlouhodobých ročních průtoků
- redukce získaných měsíčních průtoků na Sviborce a Smolince odečtením příslušných hodnot MQ a omezením shora do velikosti Q_{30} , jak je popsáno výše.
- průtoky na Vláře se nijak dále neupravují.

Podle zadání studie jsou výpočty zásobní funkce provedeny jednak na reálné řadě měsíčních průtoků pozorovaných v období 1961 - 2006, jednak na simulované řadě ovlivněné klimatickou změnou a umístěné do časového období 2071 - 2097. V kombinaci se třemi konfiguracemi zásobních objemů a převáděných průtoků se tak dojde k šesti variantám výpočtů.

3.5 Výsledky řešení

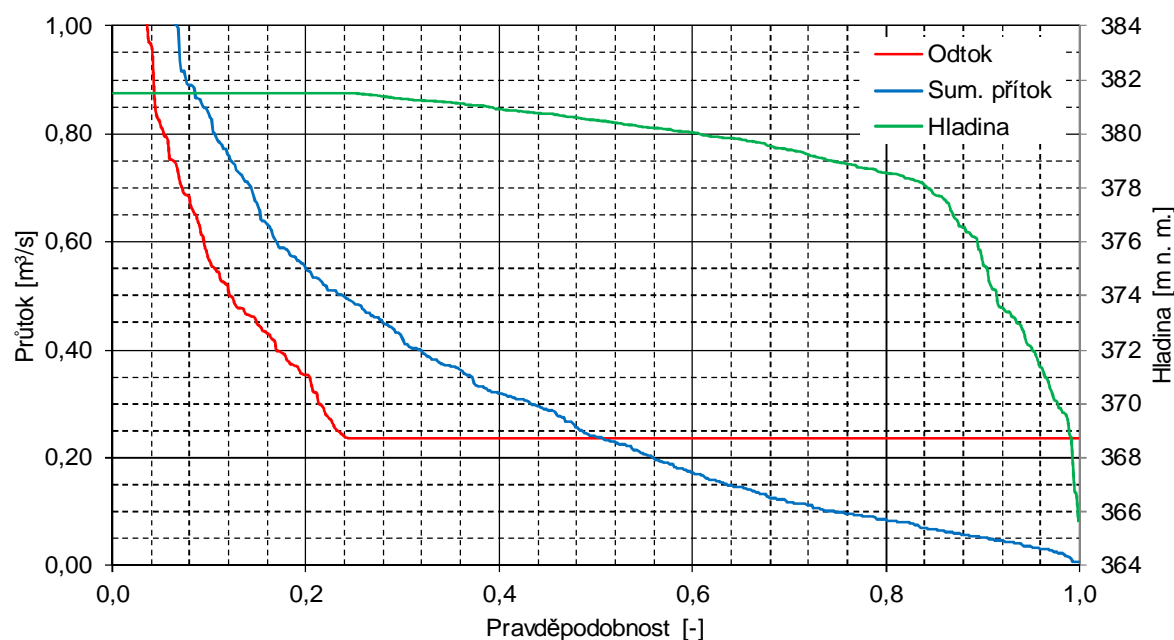
Výsledné hodnoty dosaženého nadlepšení odebíraných průtoků se zabezpečeností 99,0 % resp. 100 % jsou uvedeny v následujícím přehledu. Menší hodnoty zabezpečenosti nebyly uvažovány vzhledem k tomu, že se předpokládá převážné využití odběrů pro zásobování obyvatelstva nebo průmyslu vodou. Mezilehlé hodnoty zabezpečenosti nebyly uvažovány vzhledem k tomu, že se výpočet provádí na řadě měsíčních průtoků a tedy neumožňuje jemnější členění (1 měsíc představuje 0,2 %).

č. výpočtu	období	celkové Q_a	konfigurace	$Q_{nal,100}$	$Q_{nal,99}$
-	roky	l / s	-	l / s	l / s
1 - 1	1961 - 2006	358	menší nádrž, jen Vlára	236	253
1 - 2	1961 - 2006	461	menší nádrž, všechny toky	315	349
1 - 3	1961 - 2006	447	větší nádrž, všechny toky	349	364
2 - 1	2071 - 2097	249	menší nádrž, jen Vlára	196	208
2 - 2	2071 - 2097	321	menší nádrž, všechny toky	210	225
2 - 3	2071 - 2097	311	větší nádrž, všechny toky	263	277

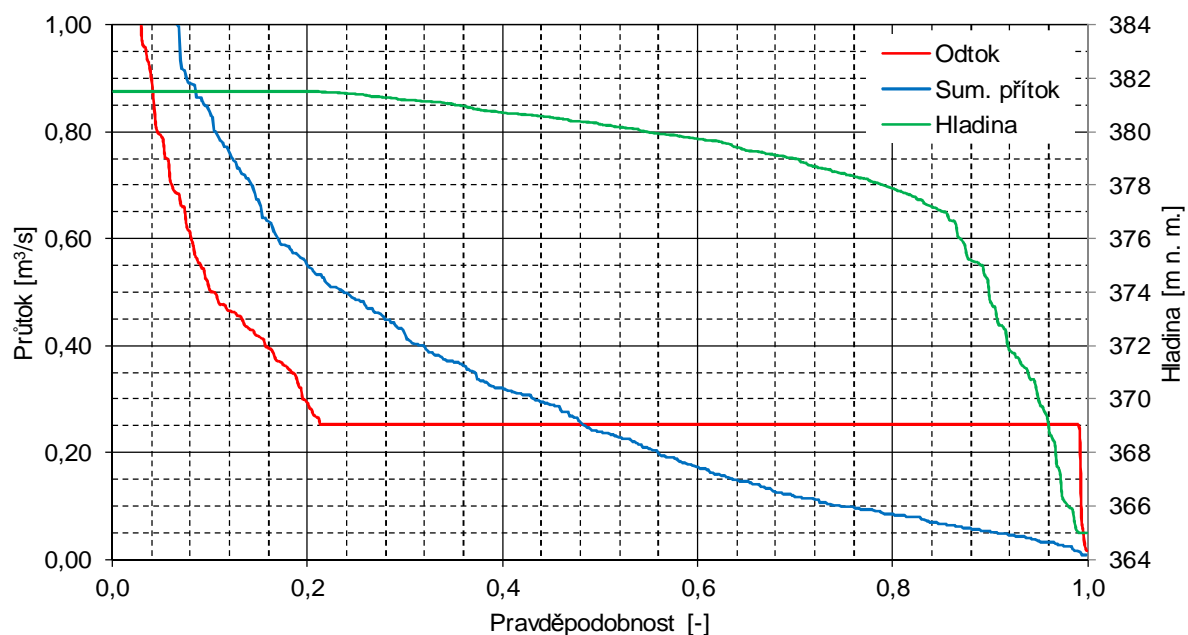
Podrobnější pohled na získané výsledky je prezentován v následujících šesti podkapitolách.

3.5.1 Varianta 1 - 1

Menší nádrž, jen Vlára, období 1961 - 2006

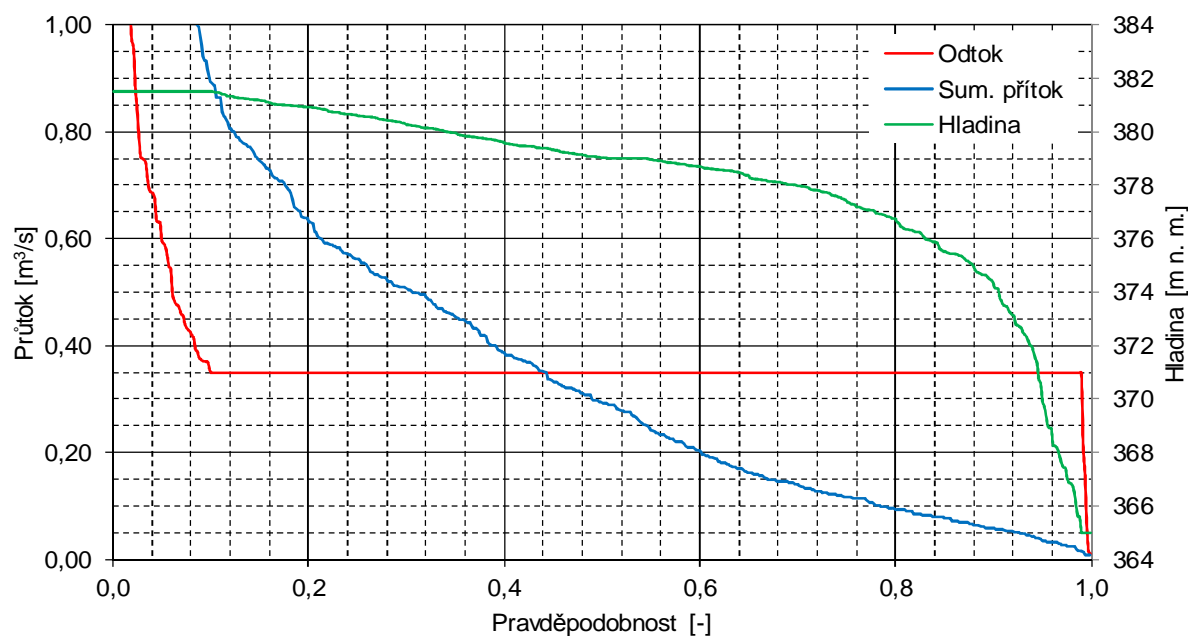


Čáry překročení hladiny a průtoků při $z = 100\%$

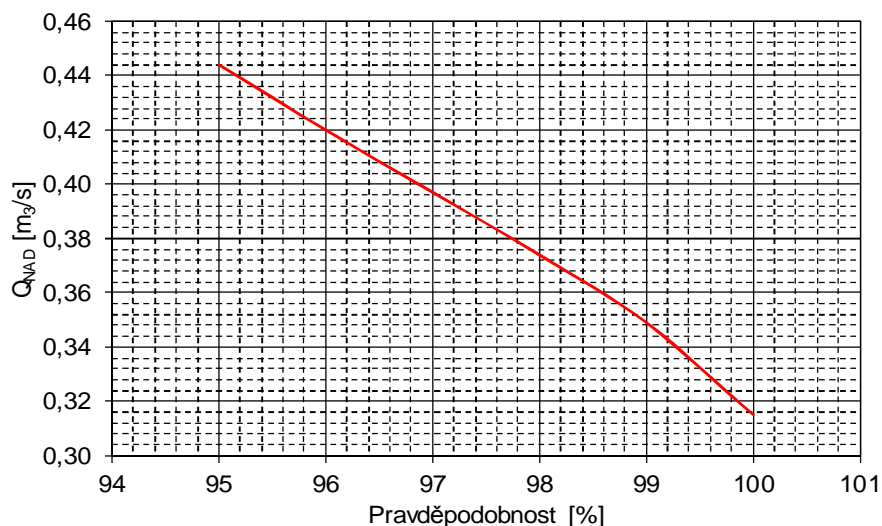

Čáry překročení hladiny a průtoků při $z = 99\%$

3.5.2 Varianta 1 - 2

Menší nádrž, všechny toky, období 1961 - 2006

Čáry překročení hladiny a průtoků při $z = 100\%$

Čáry překročení hladiny a průtoků při $z = 99\%$

V této variantě bylo propočítáno ještě několik případů s nižší zabezpečeností, aby byla zřejmá závislost mezi velikostí zaručeného odtoku a jeho zabezpečeností. Výsledky jsou zřejmé z grafu uvedeného níže :

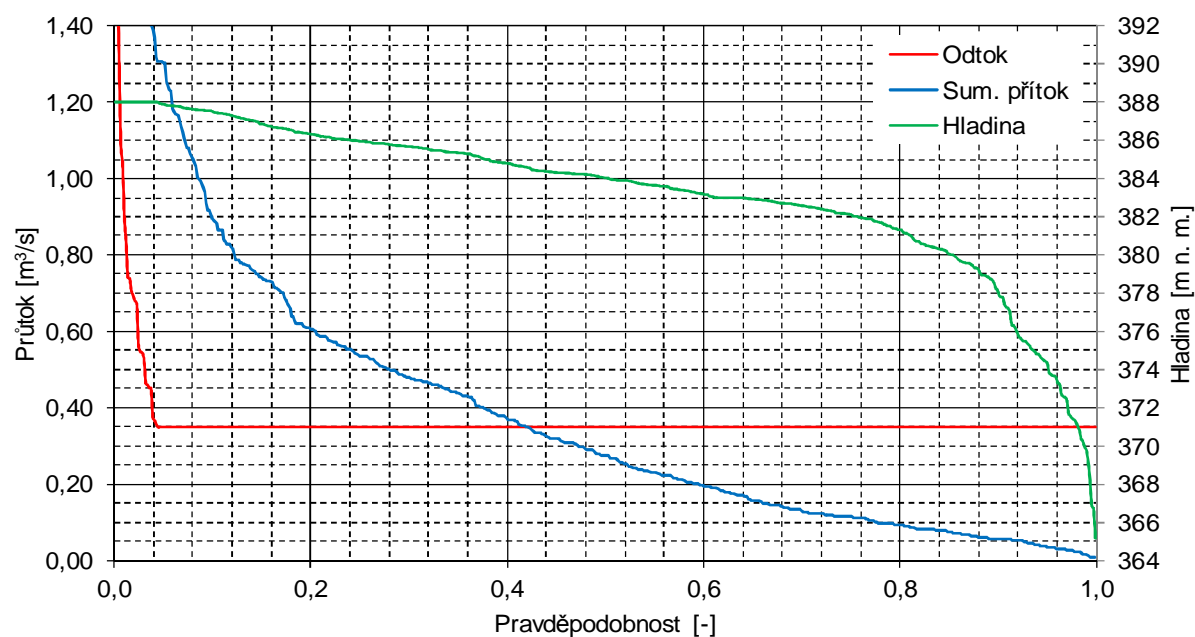


Závislost Q_{NAD} na jeho zabezpečenosti

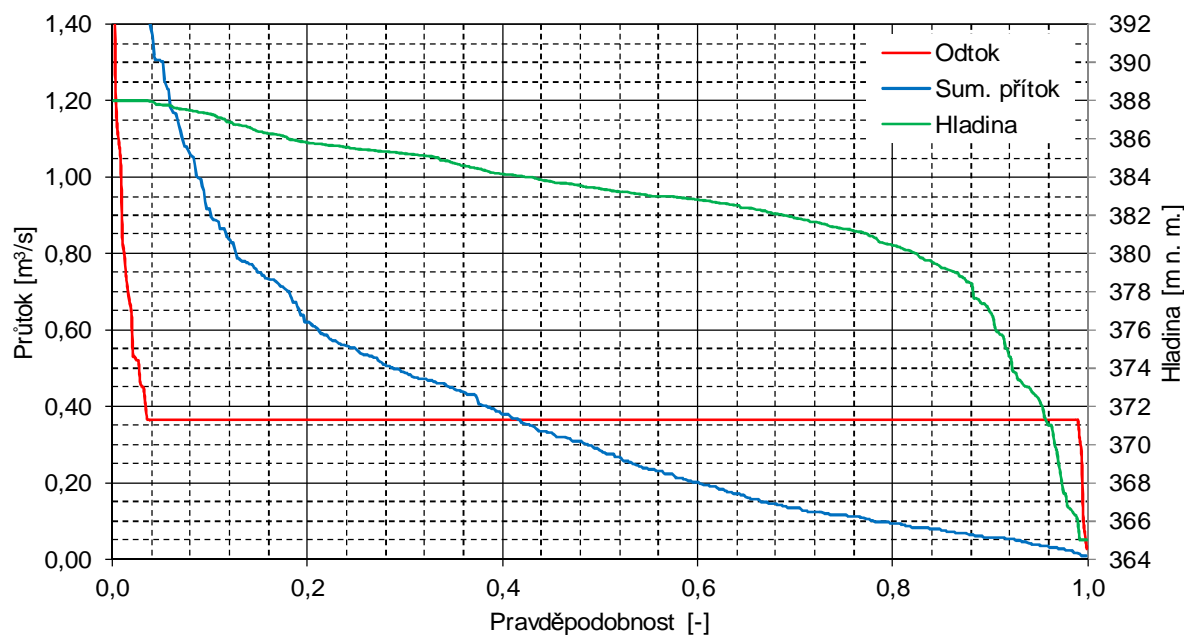
Z grafu vyplývá, že při snížení zabezpečení na 95 % je z nádrže možné získat až o 1/3 vyšší zaručený odtok. To bude možné využít pro případ dvoustupňového řízení odtoku, kdy odběry s vysokou zabezpečeností (99 %, resp. 100 %) slouží pro vodárenské účely a odběry s nižší zabezpečeností pro další, méně kritické účely - např. závlahy, zvýšený asanační odtok do koryta řeky. Toto platí obecně i pro další posuzované varianty.

3.5.3 Varianta 1 - 3

Větší nádrž, všechny toky, období 1961 - 2006



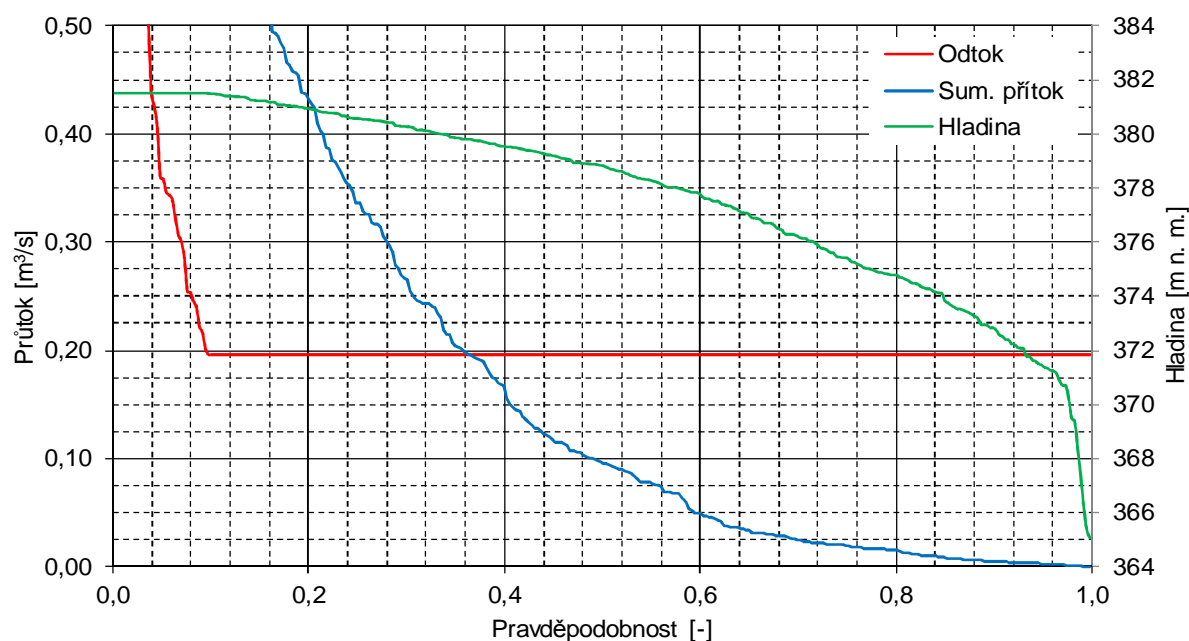
Čáry překročení hladiny a průtoků při $z = 100\%$



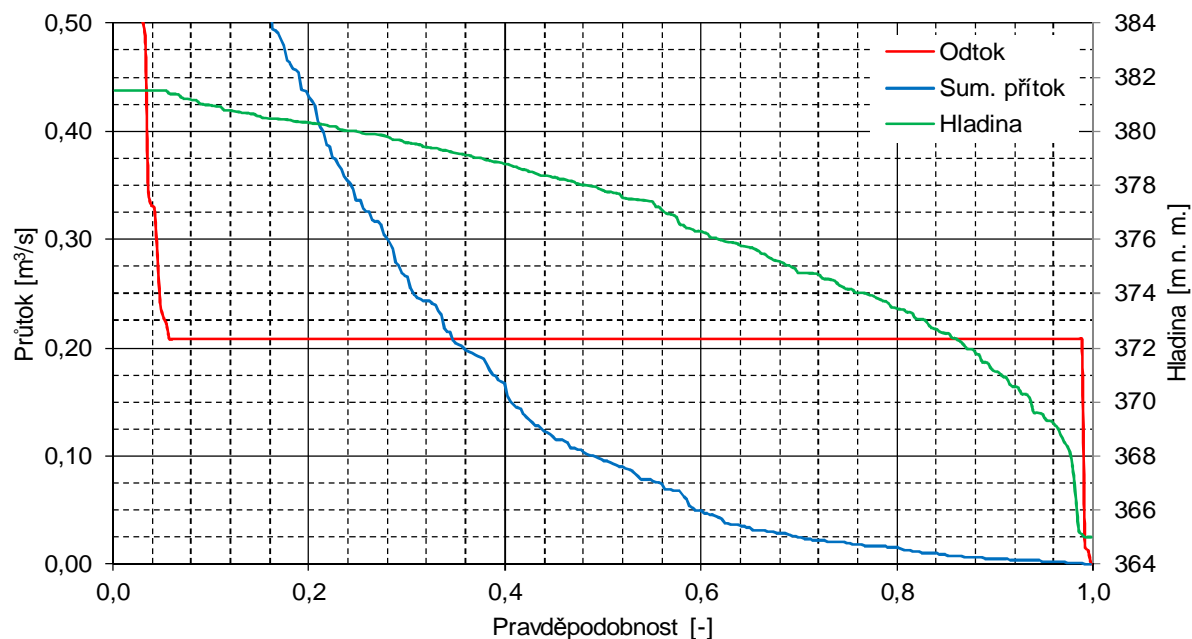
Čáry překročení hladiny a průtoků při $z = 99\%$

3.5.4 Varianta 2 - 1

Menší nádrž, jen Vlára, období 2071 - 2097



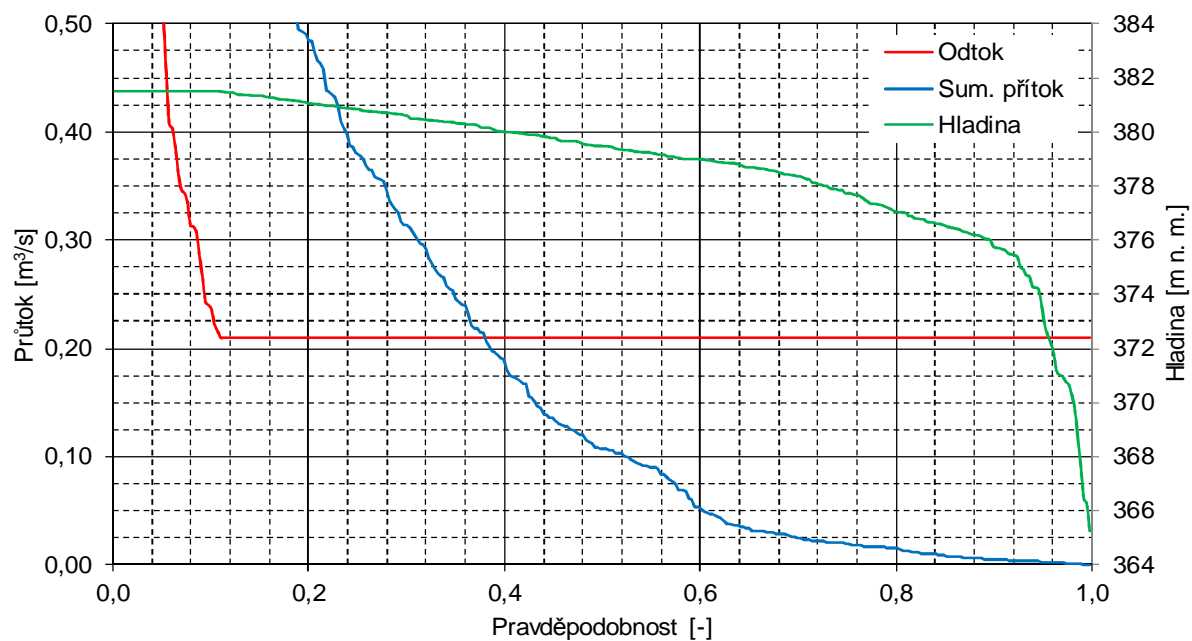
Čáry překročení hladiny a průtoků při $z = 100\%$



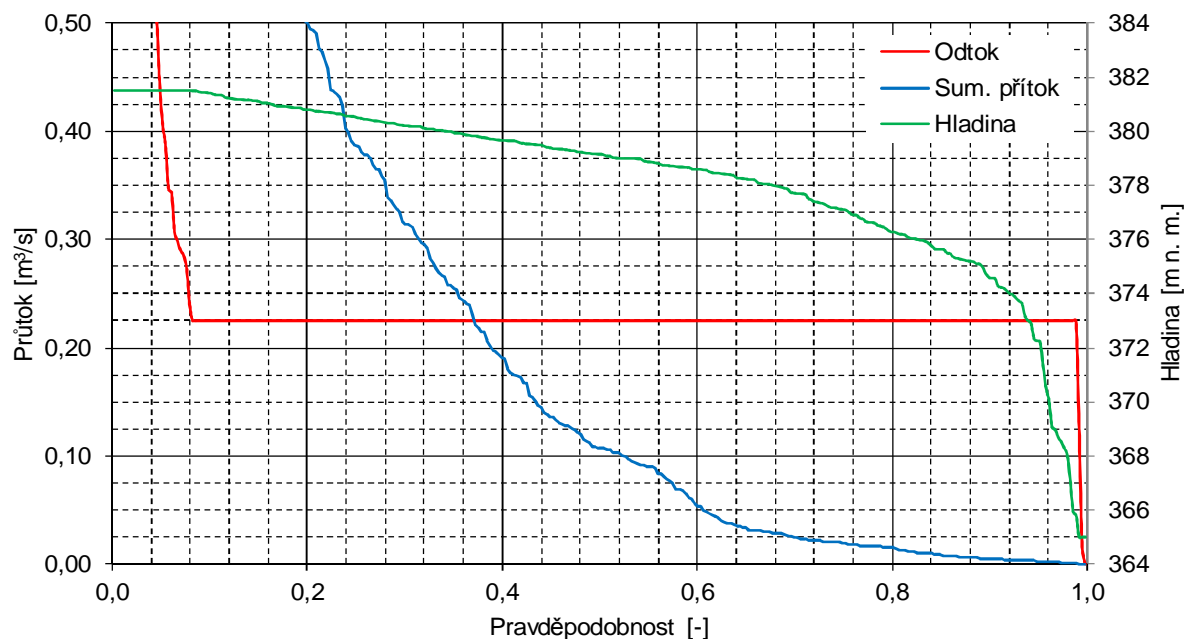
Čáry překročení hladiny a průtoků při $z = 99 \%$

3.5.5 Varianta 2 - 2

Menší nádrž, všechny toky, období 2071 - 2097



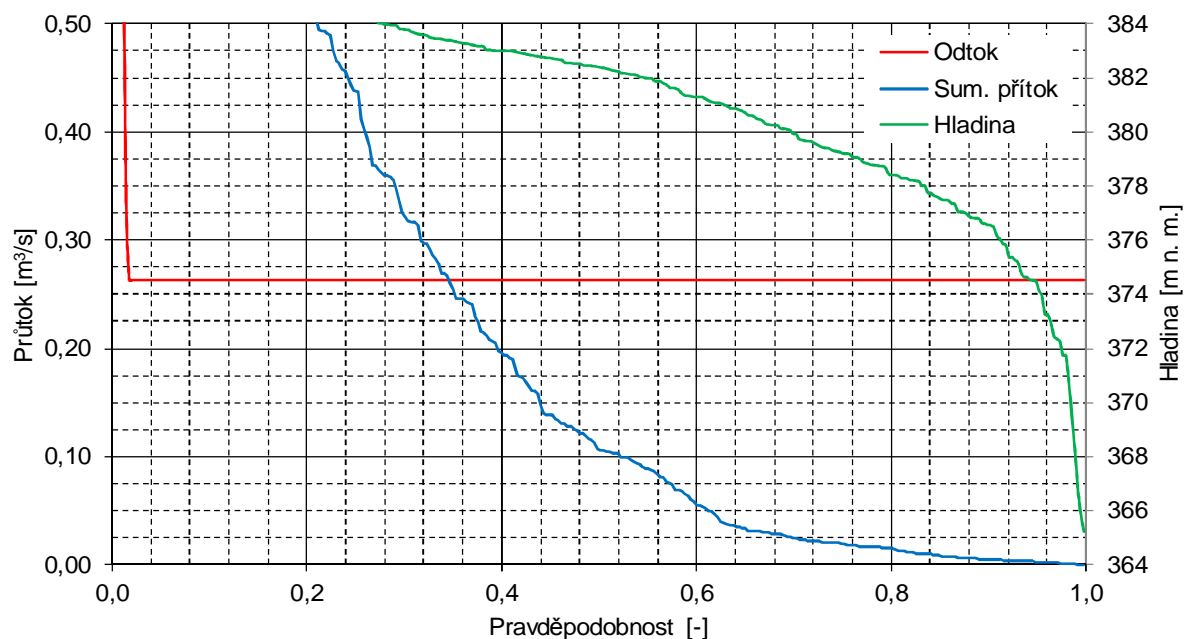
Čáry překročení hladiny a průtoků při $z = 100 \%$



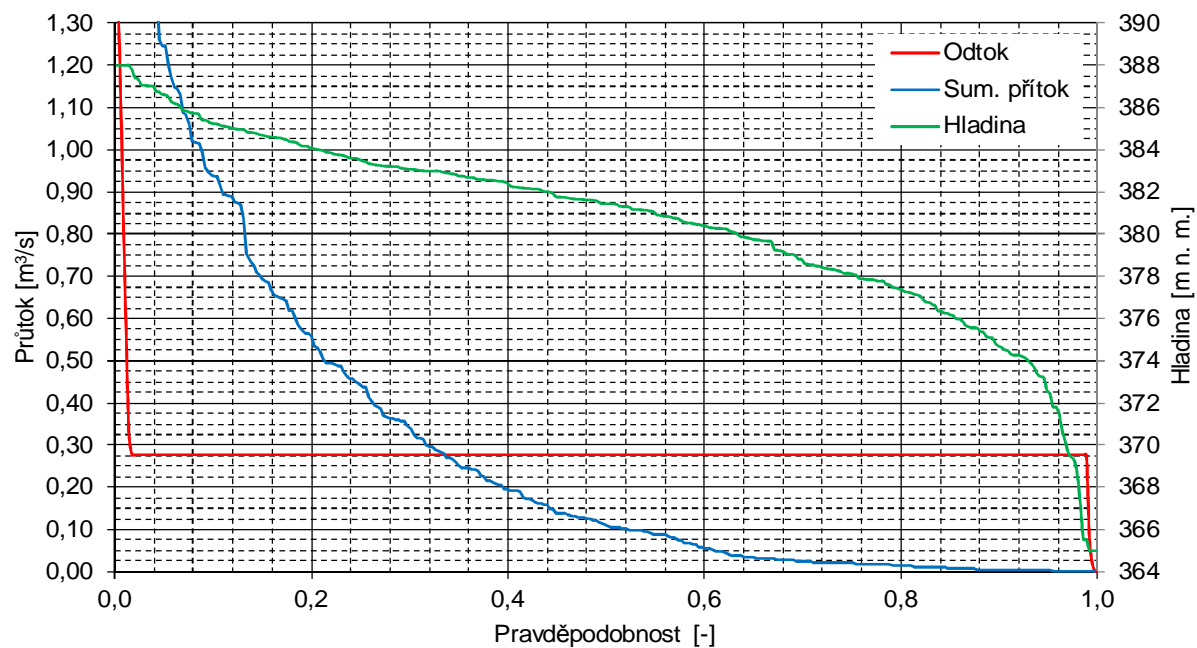
Čáry překročení hladiny a průtoků při $z = 99 \%$

3.5.6 Varianta 2 - 3

Větší nádrž, všechny toky, období 2071 - 2097



Čáry překročení hladiny a průtoků při $z = 100 \%$



Čáry překročení hladiny a průtoků při $z = 99 \%$

3.6 Zhodnocení výsledků

Z prezentovaných výsledků vyplývá, že navržená nádrž může v posuzovaném profilu zajistit velmi efektivní hospodaření s vodou a přinést nadlepšení přirozených průtoků v rozsahu podle následujícího přehledu (vztaheno k dlouhodobému průměrnému průtoku Q_a) :

č. výpočtu	období	konfigurace	$\alpha_{100\%}$	$\alpha_{99\%}$
-	roky	-	%	%
1 - 1	1961 - 2006	menší nádrž, jen Vlára	66	71
1 - 2	1961 - 2006	menší nádrž, všechny toky	68	76
1 - 3	1961 - 2006	větší nádrž, všechny toky	78	81
2 - 1	2071 - 2097	menší nádrž, jen Vlára	79	84
2 - 2	2071 - 2097	menší nádrž, všechny toky	65	70
2 - 3	2071 - 2097	větší nádrž, všechny toky	85	89

V případě negativního výhledu klimatické změny je funkce nádrže relativně lepší, protože vůči očekávanému nižšímu celkovému odtoku se jeví její poměrný objem větší a tudíž dosahuje i vyššího efektu nadlepšení. Dá se tedy konstatovat, že pokud se předpokládaný nepříznivý vývoj klimatu skutečně naplní, bude nádrž postupně se zhoršující se hydrologickou situací fungovat stále lépe.

V Brně, září 2015

Ing. Adam Formánek
Ing. Jan Sehnal