

Možnosti ochrany dolní Berounky před povodněmi

Ing. Jiří Stratílek

Ing. Jiří Štětka

Ing. Petr Vicenda

Povodí Vltavy, státní podnik

Praha, 25. 2. 2016

Krajský úřad Středočeského kraje

Obsah

- Povodně na Berounce – možnosti zachycení povodní na přítocích Berounky
- Protipovodňová ochrana dolní Berounky – studie retenční nádrže
- Ukázka provozu nádrže na reálných datech

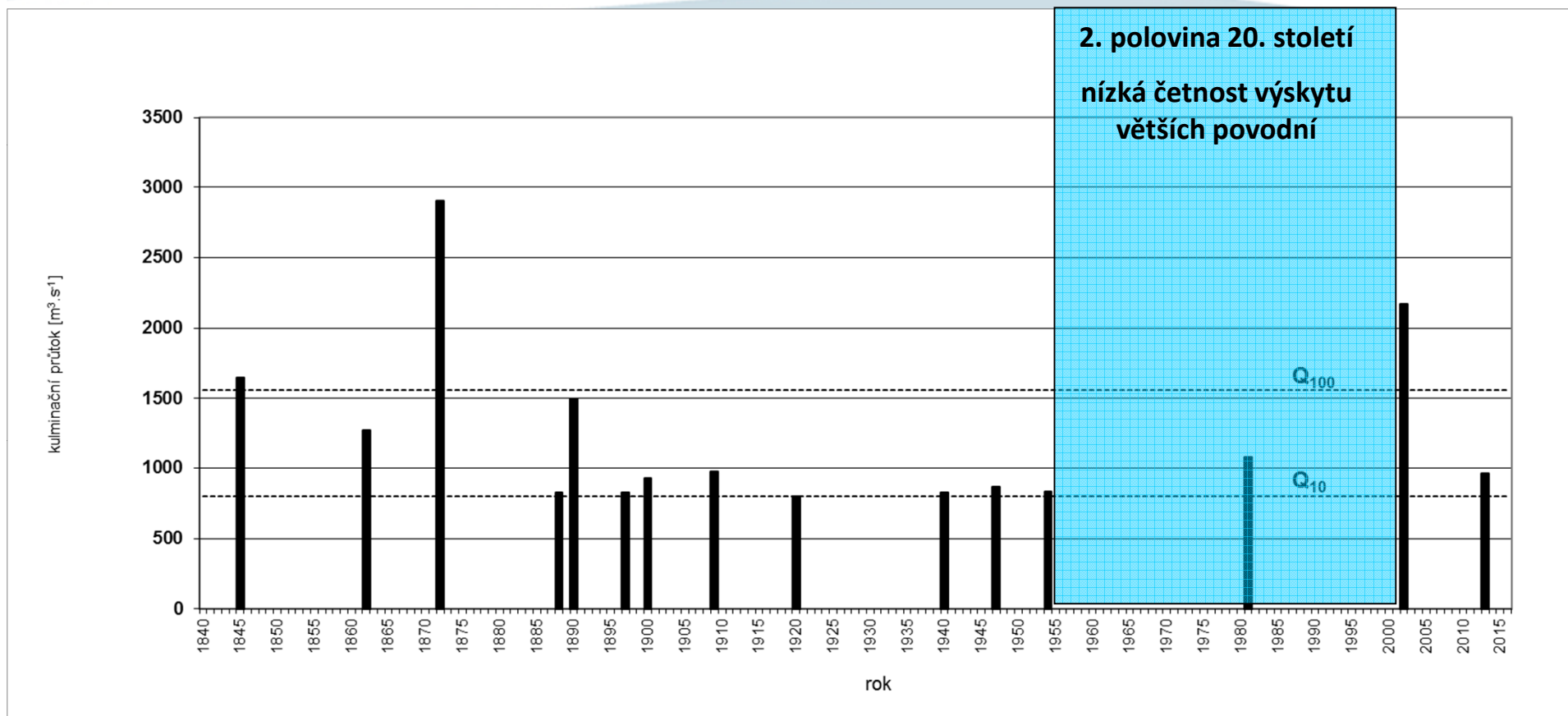
Povodně na Berounce

možnosti zachycení povodní na přítocích Berounky

Ing. Petr Vicenda
Povodí Vltavy, státní podnik

Přehled historických povodní na dolní Berounce za období 1845 - 2015

- kulminační průtok s dobou opakování 10 let a více



Srbsko – limnigrafická stanice na Berounce



4. 6. 2013 - Mokropsy





POVODÍ VLTAVY

4. 6. 2013 - Praha - Lahovice (soutok Vltavy a Berounky)





14. 8. 2002

POVODÍ VLTAVY

Černošice



Dobřichovice



Lety



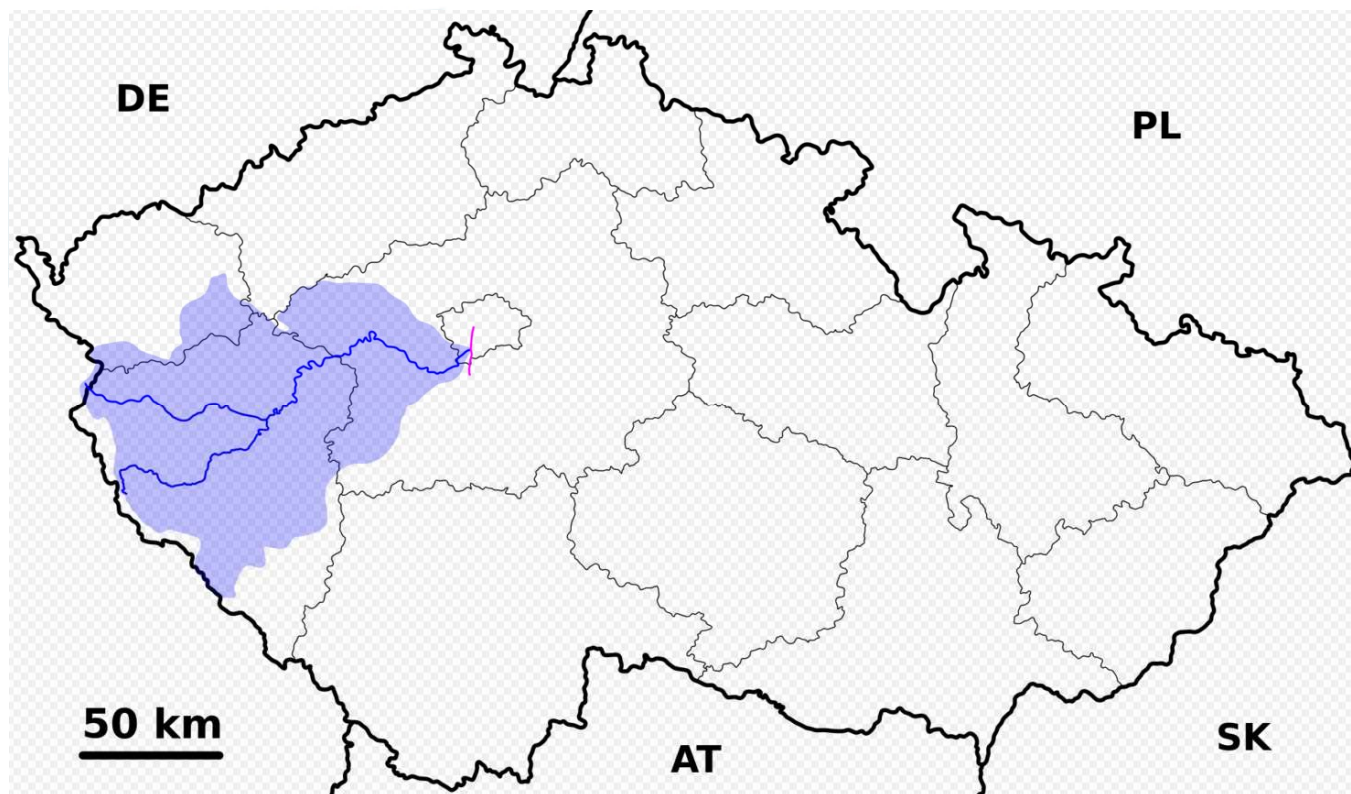
Srbsko



14. 8. 2002 - Praha (ochrana Starého města na PB)

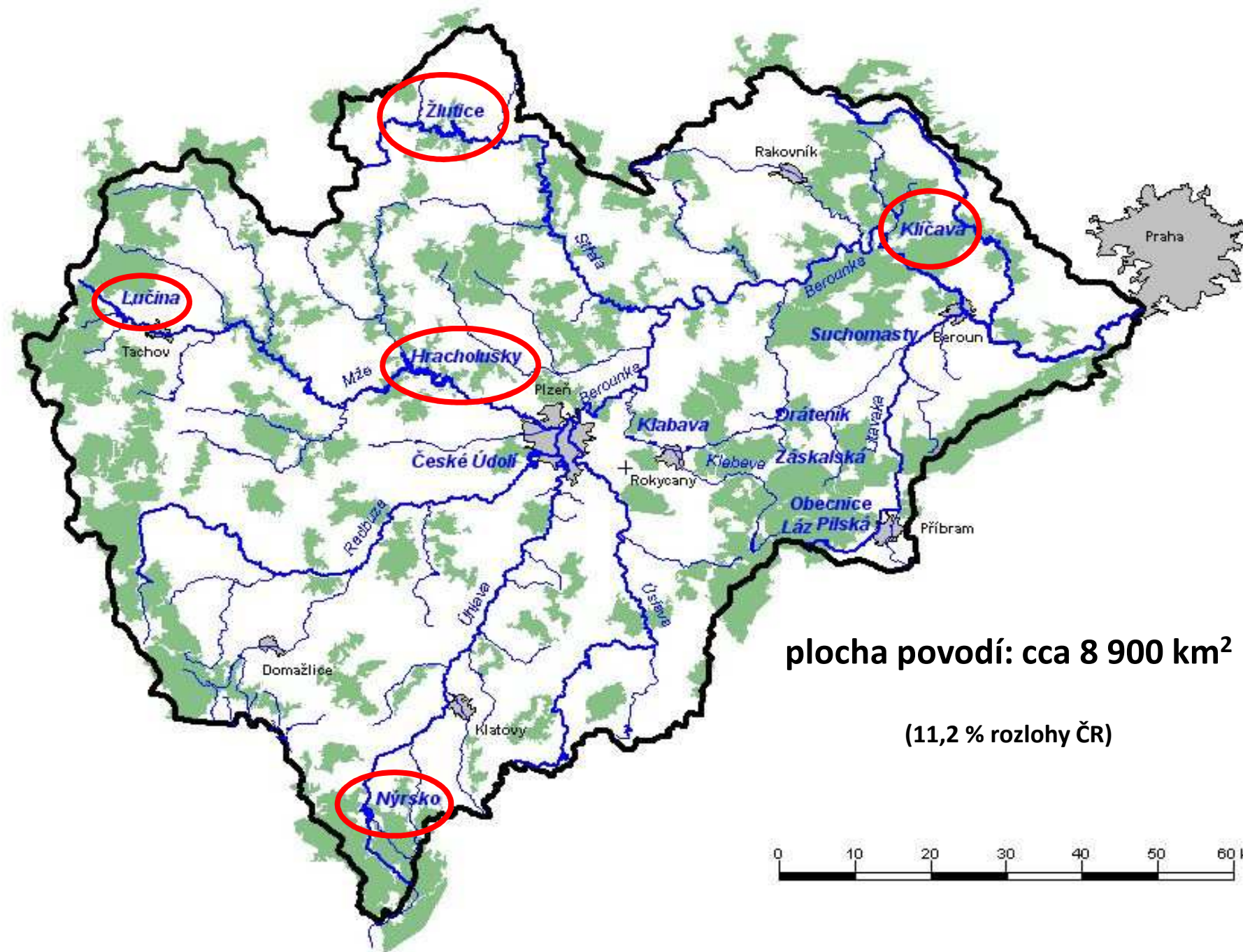


Situace v povodí Berounky



plocha povodí: cca 8 900 km²

(11,2 % rozlohy ČR)



plocha povodí: cca 8 900 km²

(11,2 % rozlohy ČR)

Významné nádrže v povodí Berounky s vymezeným ovladatelným retenčním prostorem

Lučina (Mže)	0,80 mil. m ³
Hracholusky (Mže)	4,58 mil. m ³
Nýrsko (Úhlava)	2,01 mil. m ³
Žlutice (Střela)	1,30 mil. m ³
Klíčava (Klíčava)	0,57 mil. m ³
celkem	9,26 mil. m³

Pozitivní vliv těchto nádrží na průchod povodní:

- lokální
- největší význam těsně pod hrázemi VD
- velmi malý vliv na dolní tok Berounky

VD Hracholusky na Mži

- ovladatelná retence: 4,58 mil. m³



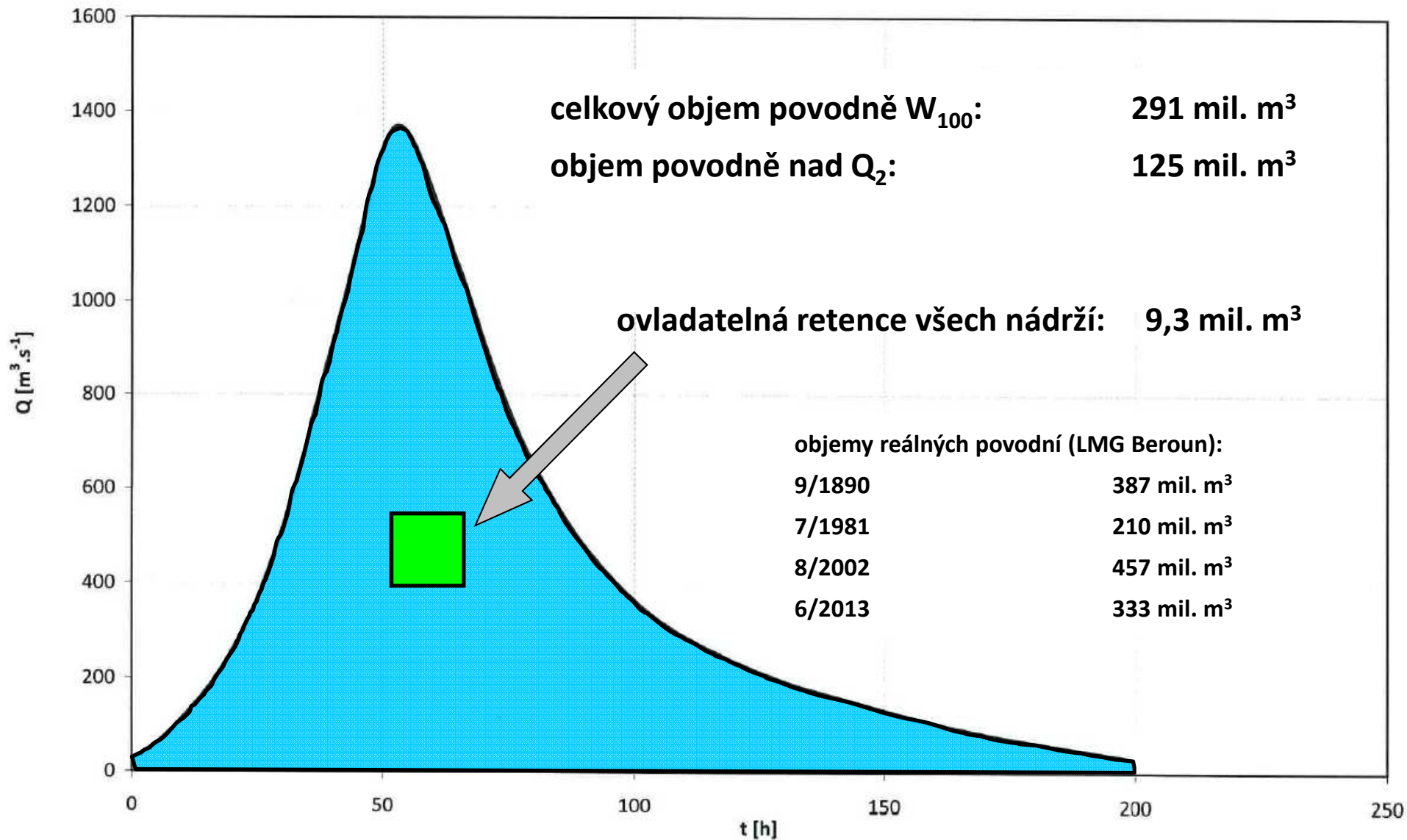
VD Nýrsko na Úhlavě

- ovladatelná retence: 2,01 mil. m³



Parametry Q_{100}

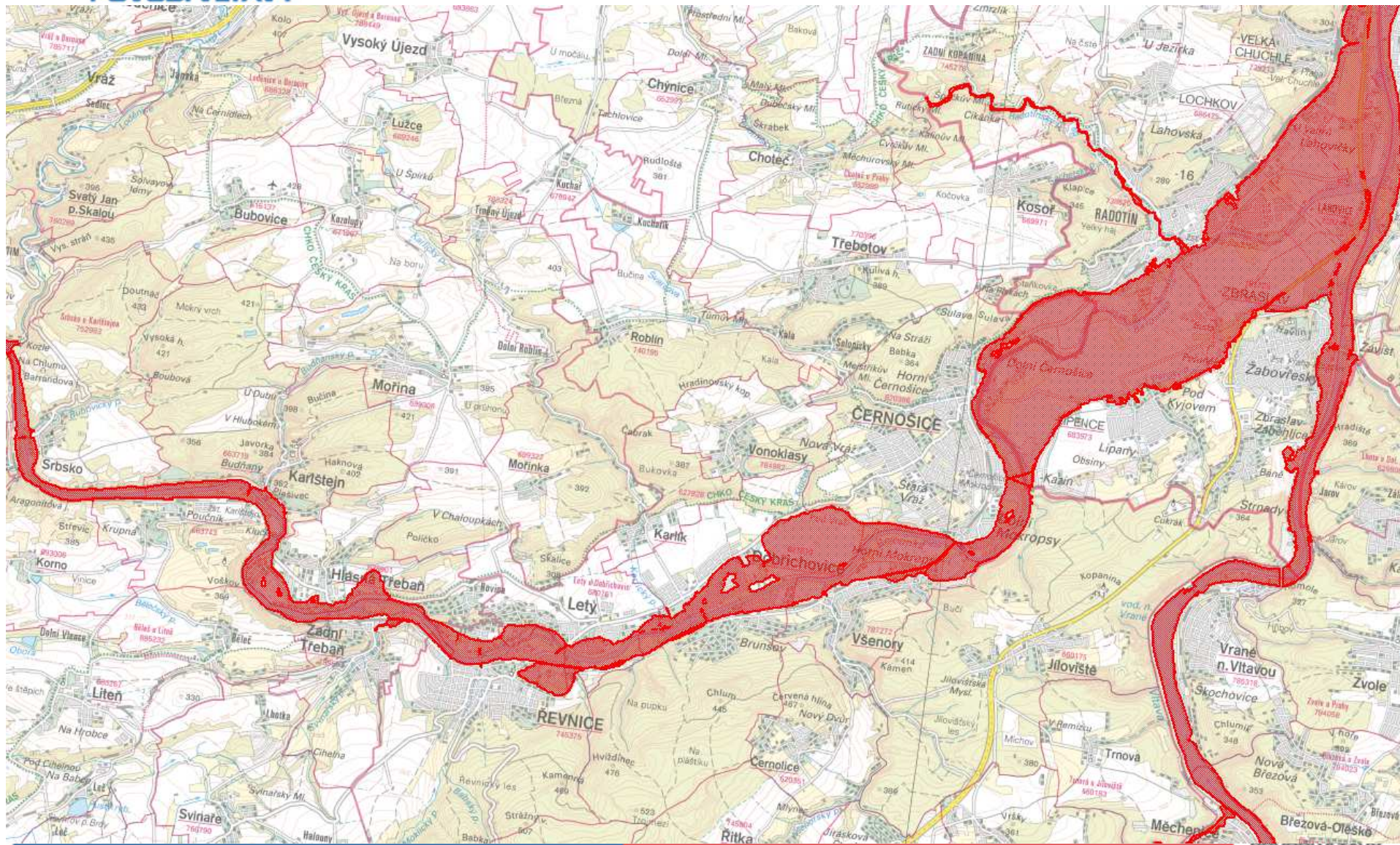
Berounka – Roztoky u Křivoklátu





POVODÍ VLTAVY

Rozsah rozlivů pro Q_{100} na dolním toku Berounky

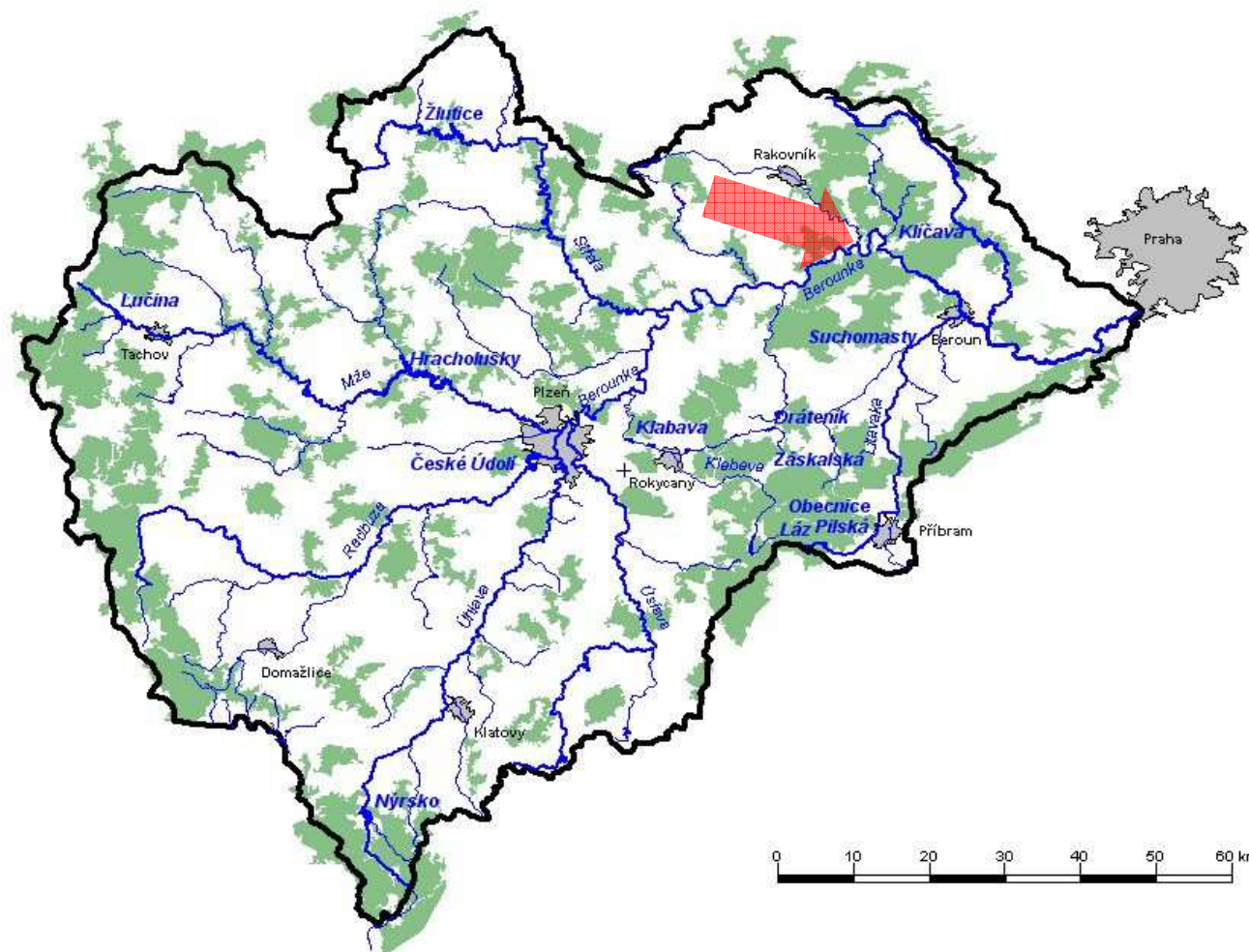


Možnosti ochrany záplavového území před povodněmi na dolním toku Berounky

- Vybudování několika velkých víceúčelových či přímo retenčních nádrží na páteřních přítocích Berounky není možné (nevhodná geomorfologie či geologie, již zastavěná území, infrastruktura...).
- Realizace objemově menších víceúčelových vodních děl, rybníků či suchých nádrží v celé ploše povodí má svůj smysl, ale dopady takových opatření jsou lokální s malým vlivem na dolní tok Berounky.
- Realizace a podpora přírodě blízkých opatření, přispívajících k zadržení vody v krajině a zpomalení odtoku, napříč celým povodím Berounky je správná cesta (revitalizace toků, tůňe a mokřady, hospodaření v krajině, správná zemědělská praxe...), ale i vliv takových opatření je při povodních jen omezený.

Předchozí práce vztahující se k PPO na dolní Berounce

- Zpracování návrhu a stanovení záplavových území na Berounce
- 07/2007 - Studie odtokových poměrů v povodí Klabavy
 - **posouzeny stávající nádrže a 16 nových retenčních prostorů** z hlediska PPO
- 01/2013 - VD Hracholusky (Mže) – rekonstrukce uzávěru bezpečnostního přelivu
 - zvýšení manipulačních schopností uzávěru, a tím zvýšení transformačního účinku nádrže
- 05/2014 - Studie možných retenčních opatření v povodí Litavky – návrh reálných technických opatření protipovodňové ochrany
 - **posouzeny 3 stávající nádrže** (Záskalská, Dráteník, Suchomasty) **a 13 nových retenčních prostorů** z hlediska PPO
- 06/2014 - Realizace protipovodňových opatření v Berouně
- 08/2015 - Vodní dílo Amerika – studie proveditelnosti
- 08/2015 - Vodní dílo Kleštěnice – studie proveditelnosti



- Z předchozích průzkumů vyplývá, že není reálné zachytit povodňové průtoky už na přítocích
- Prověření možností zachycení povodní přímo na vlastním toku Berounky
- Zadána Studie „Protipovodňová ochrana dolní Berounky – studie retenční nádrže“

Protipovodňová ochrana dolní Berounky – studie retenční nádrže

Ing. Jiří Stratílek

Ing. Jiří Štětka

Povodí Vltavy, státní podnik

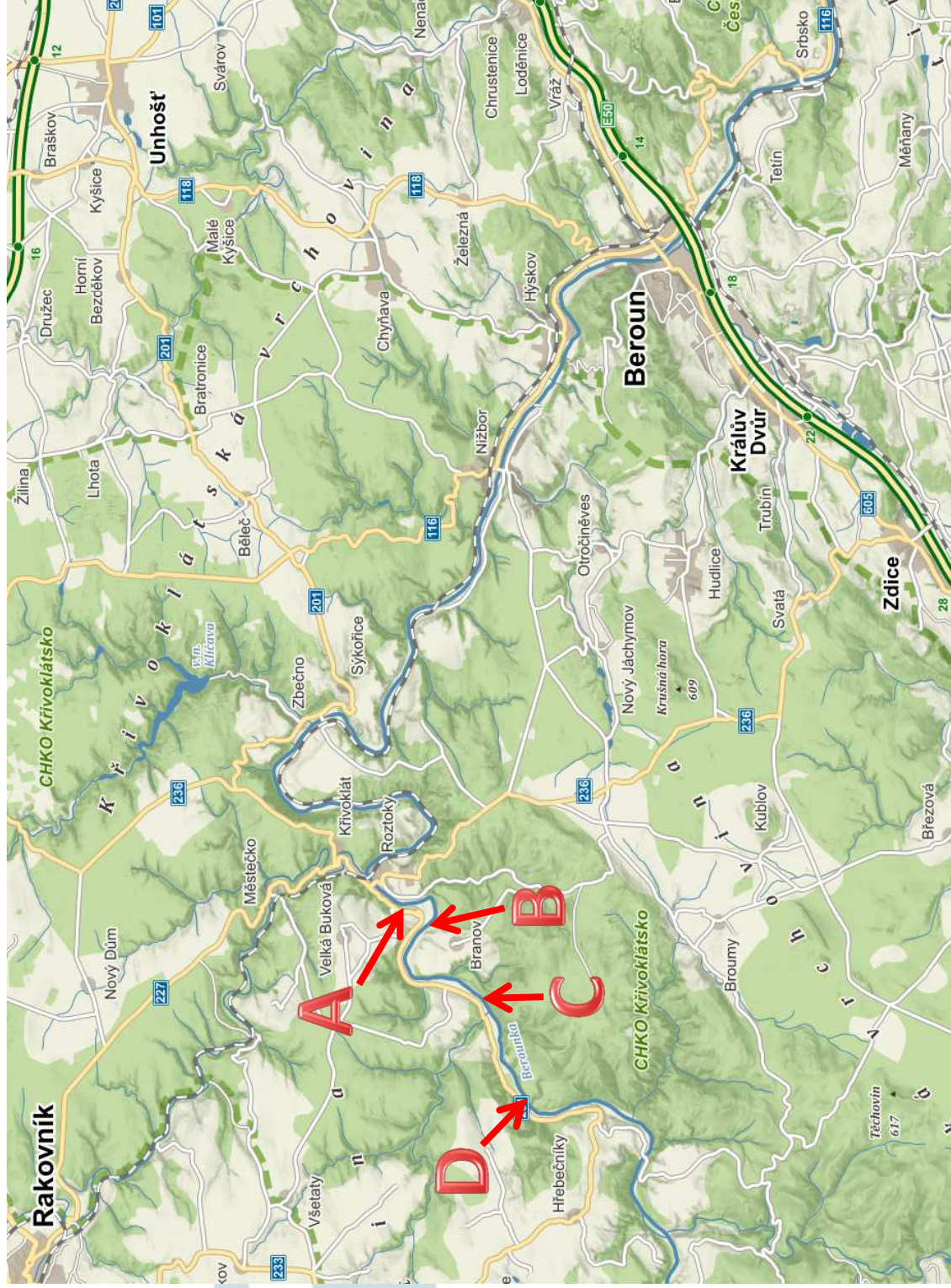
Studie retenční (suché) nádrže

- Objednatel: Povodí Vltavy, státní podnik
- Zpracovatel: Sweco Hydroprojekt a. s.
- Termín odevzdání: 11/2015
- Cíl studie:
 - Prověření technických a ekonomických parametrů suché nádrže na Berounce s účelem protipovodňové ochrany **dolní Berounky v úseku Křivoklát – ústí Berounky do Vltavy**
 - Posouzení environmentálních a sociálních aspektů suché nádrže

Umístění hráze

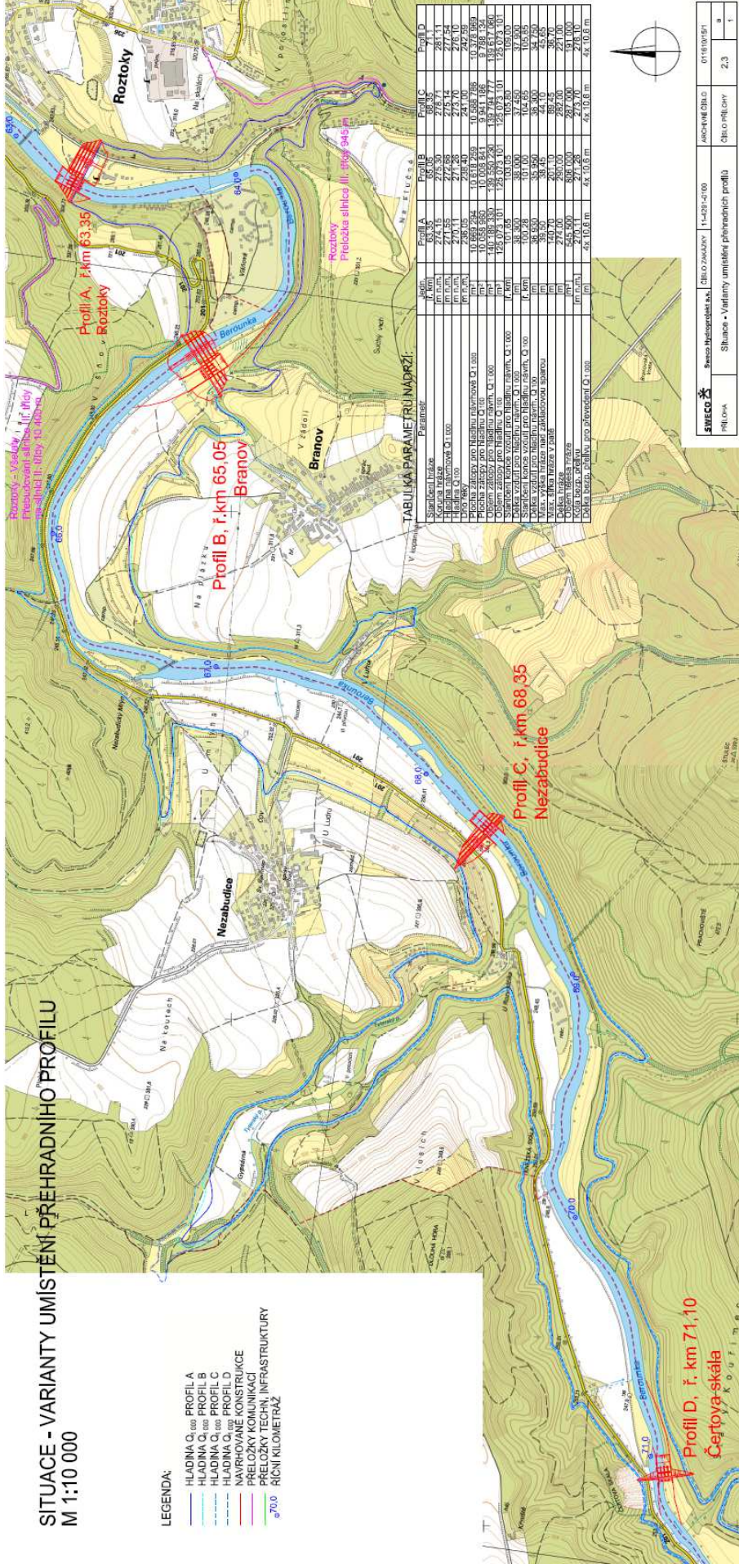
Řešeno ve 4 profilech a 4 konstrukčních řešeních:

- **Profil A – Roztoky (ř. km 63,35)**
 - kamenitá sypaná hráz se středním asfaltobetonovým těsněním
- **Profil B – Branov (ř. km 65,05)**
 - zemní sypaná hráz
- **Profil C – Nezabudice (ř. km 68,35)**
 - betonová tížná hráz s kamenitými zemními přísypy
- **Profil D – Čertova skála (ř. km 71,10)**
 - betonová tížná hráz



**SITUACE - VARIANTY UMÍSTĚNÍ PŘEHRADNÍHO PROFILU
M 1:10 000**

- LEGENDA:**
- HLADINA Q₁₀₀₀ PROFIL A
 - HLADINA Q₁₀₀₀ PROFIL B
 - HLADINA Q₁₀₀₀ PROFIL C
 - HLADINA Q₁₀₀₀ PROFIL D
 - NAVRHOVANÉ KONSTRUKCE
 - PŘELOŽKY KOMUNIKACÍ
 - PŘELOŽKY TECHN. INFRASTRUKTURY
 - 70.0 ŘÍČNÍ KILOMETRÁŽ



TABULKA PARAMETRŮ NADŘÍŽÍ:

Parametr	Profil A	Profil B	Profil C	Profil D
Standardní šířka	65,35	65,35	69,35	74,1
ř.km	211,25	212,50	215,14	217,54
hladina v m.n.m.	279,11	277,26	275,70	276,10
hladina Q ₁₀₀₀	10,662,294	10,618,259	10,688,786	10,748,989
Plocha záplav pro hladinu Q ₁₀₀₀	10,058,560	10,058,561	9,841,188	9,788,136
Odsazení záplav pro hladinu Q ₁₀₀₀	125,073,101	125,073,101	125,073,101	125,073,101
Souběžnost koryty vzhledem k hladině Q ₁₀₀₀	101,05	103,05	105,80	109,00
Plocha záplav vzhledem k hladině Q ₁₀₀₀	36,450	35,950	35,300	34,700
Objem záplav vzhledem k hladině Q ₁₀₀₀	140,70	201,10	89,25	28,70
Max. šířka hráz v pom.	274,00	280,00	282,00	271,00
Objem hráz v pom.	270,11	271,26	273,70	276,10
Délka hráz, profilu	4x 10,6 m	4x 10,6 m	4x 10,6 m	4x 10,6 m
Délka hráz, stavbu pro zbrzdění Q ₁₀₀₀				

POVODÍ VLTAVY	SWECO Hydroprojekt s.r.l.	ČÍSLO ZAKÁZKY	11-021-0100	ARCHIVNÍ ČÍSLO	011610181
PROJEKT	Situace - Varianty umístění přehradních profilů	Stupeň	02	Číslo přílohy	2,3

Hydrologické podklady

Průtok	Q_a	Q_1	$Q_{2=NEŠ}$	Q_5	Q_{10}	Q_{20}	Q_{50}	Q_{100}	$Q_{1\ 000}$	$Q_{10\ 000}$
$m^3 \cdot s^{-1}$	≈ 31	250	369	554	715	812	1 150	1 370	2 222	3 362

➤ **Základní požadavek: Transformace TPV 100 na neškodný odtok**

- Plocha povodí k profilu hráze: 7 050 km² (cca 79 % celkové plochy povodí)
 - Plocha povodí k ústí do Vltavy: cca 8 900 km²
- Objem teoretické povodňové vlny při kulminačním průtoku Q_{100} – TPV 100 = 291 mil. m³
- Neškodný odtok
 - stanoven na základě analýzy kapacity koryta Berounky v jednotlivých úsecích s přihlédnutím k postupným nárůstům přítoků z mezipovodí pod profilem hráze v hodnotě $Q_2 = 369 m^3 \cdot s^{-1}$

➤ **OBJEM RETENČNÍHO PROSTORU: 125,1 mil. m³**

Základní parametry suché nádrže

Dílo by bylo z hlediska TBD zařazeno do I. kategorie:

- návrhový průtok $Q_{1\,000} = 2\,222 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$
- kontrolní průtok $Q_{10\,000} = 3\,362 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$

Údaje pro naplnění nádrže při průchodu TPV 100 (TPV 1000):

- Objem zátopy: **125,1 mil. m³** (139,6 mil. m³ – 140,2 mil. m³)
- Plocha zátopy: **979 ha – 1 006 ha** (1 038 ha – 1 067 ha)
- Délka vzduť: **34,8 km – 36,9 km** (37,5 km – 38,3 km)

Rozptyl hodnot je způsoben jejich zpracováním pro 4 různé profily A, B, C, D.

Základní parametry hráze

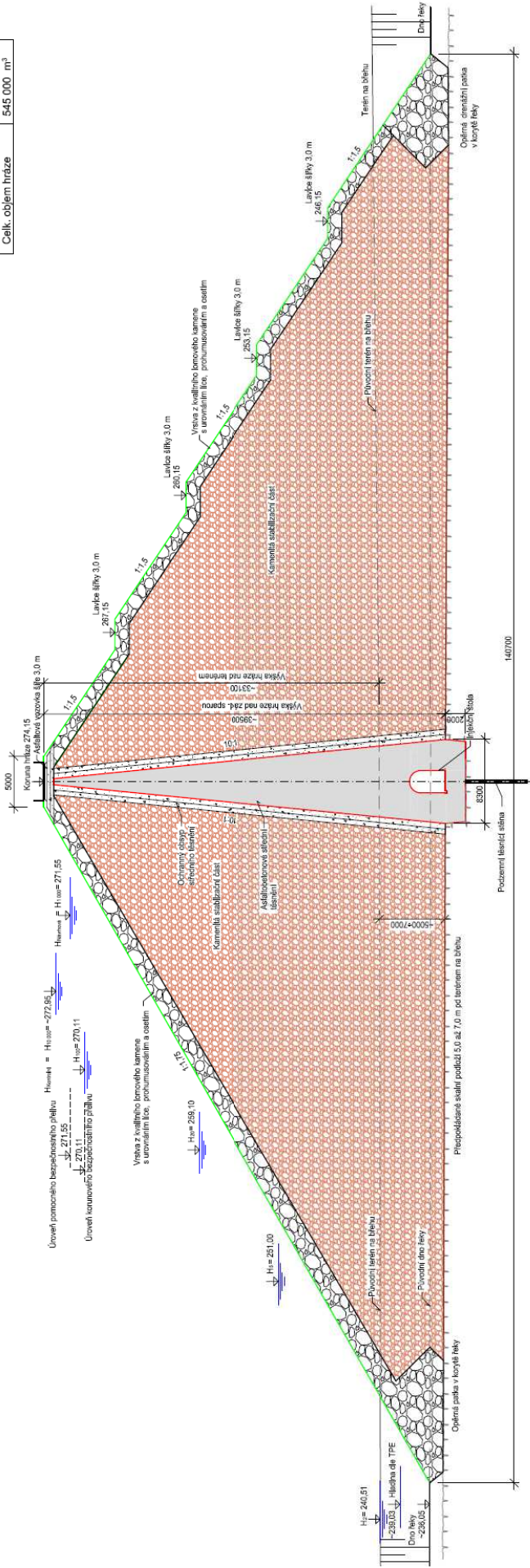
- Výška hráze nad základovou spárou: 38 m – 46 m
- Délka hráze v koruně: 221 m – 290 m

Rozptyl hodnot je způsoben provedením návrhu pro 4 rozdílné profily a konstrukční řešení.

- Převedení neškodného průtoku
 - 4 výpustnými otvory v úrovni dna řeky, každý o rozměrech 10,60 m na šířku a 4,45 m na výšku
 - otvory jsou oddělené pilíři šířky 3 m
 - převedení Q_2 bez významného vzduť hladiny v nádrži
 - každý otvor je na povodní straně opatřen provozním uzávěrem ve formě zdvižného segmentu. Postupným uzavíráním segmentů je při stoupající hladině v nádrži udržován Q_2 po celou dobu trvání TPV 100.

VZOROVÝ ŘEZ HRÁZÍ - PROFIL A, Ř. KM 63,35
KAMENITÁ SYPANÁ HRÁZ SE STŘEDNÍM ASF. BETONOVÝM TĚSNĚNÍM
M 1:250

Koruna hráze	274,15 m n.n.m.
Dno nádrže	236,05 m n.n.m.
Max. výška hráze	39,00 m
Délka hráze	274,00 m
Max. šířka hráze v patě	140,70 m
Celk. objem hráze	545 000 m ³

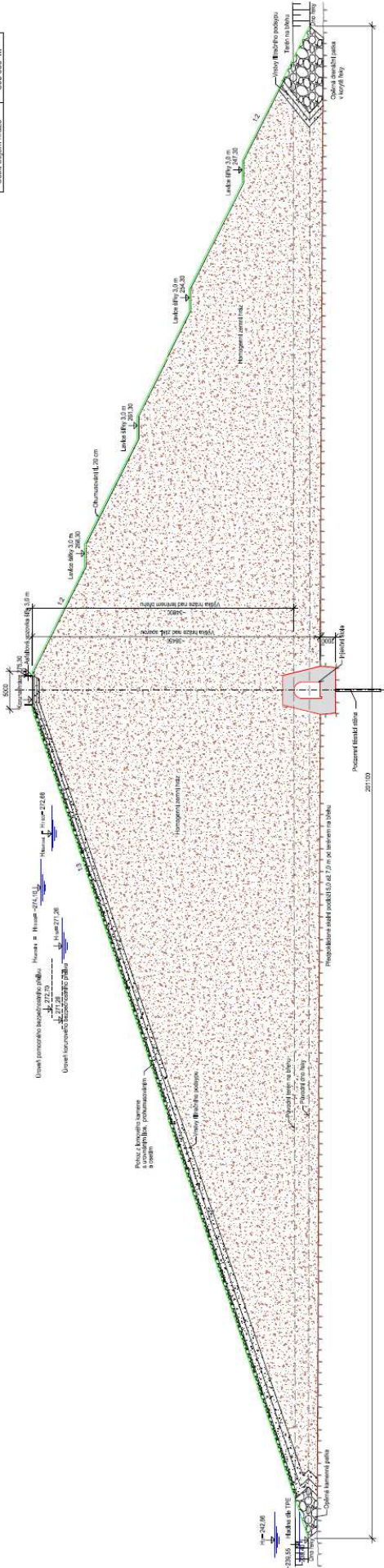


 SWECO s.r.o. PŘÍLOHA	Sweco Hydroprojekt a.s.	ČESKÁ ZÁMĚNA	H-029-103	01/16/11/251
	Vzorový řez hráze - Profil A			2,8
				1



VZOROVÝ REZ HRÁZI – PROFIL B, Ř. KM 65.05
 ZEMLNÍ HOMOGENNÍ SYPANÁ HRÁZ

Kóta hladiny	276,30 m n.n.m.
Objem nádrže	236,40 m ³ n.m.
Max. výška hrázě	36,45 m
Objem nádrže	290,00 m ³
Objem nádrže s příd. podb. 1.2	290,00 m ³
Objem nádrže s příd. 1.1	290,00 m ³
Objem nádrže s příd. 1.1+1.2	290,00 m ³
Objem nádrže s příd. 1.1+1.2+1.3	290,00 m ³
Objem nádrže s příd. 1.1+1.2+1.3+1.4	290,00 m ³



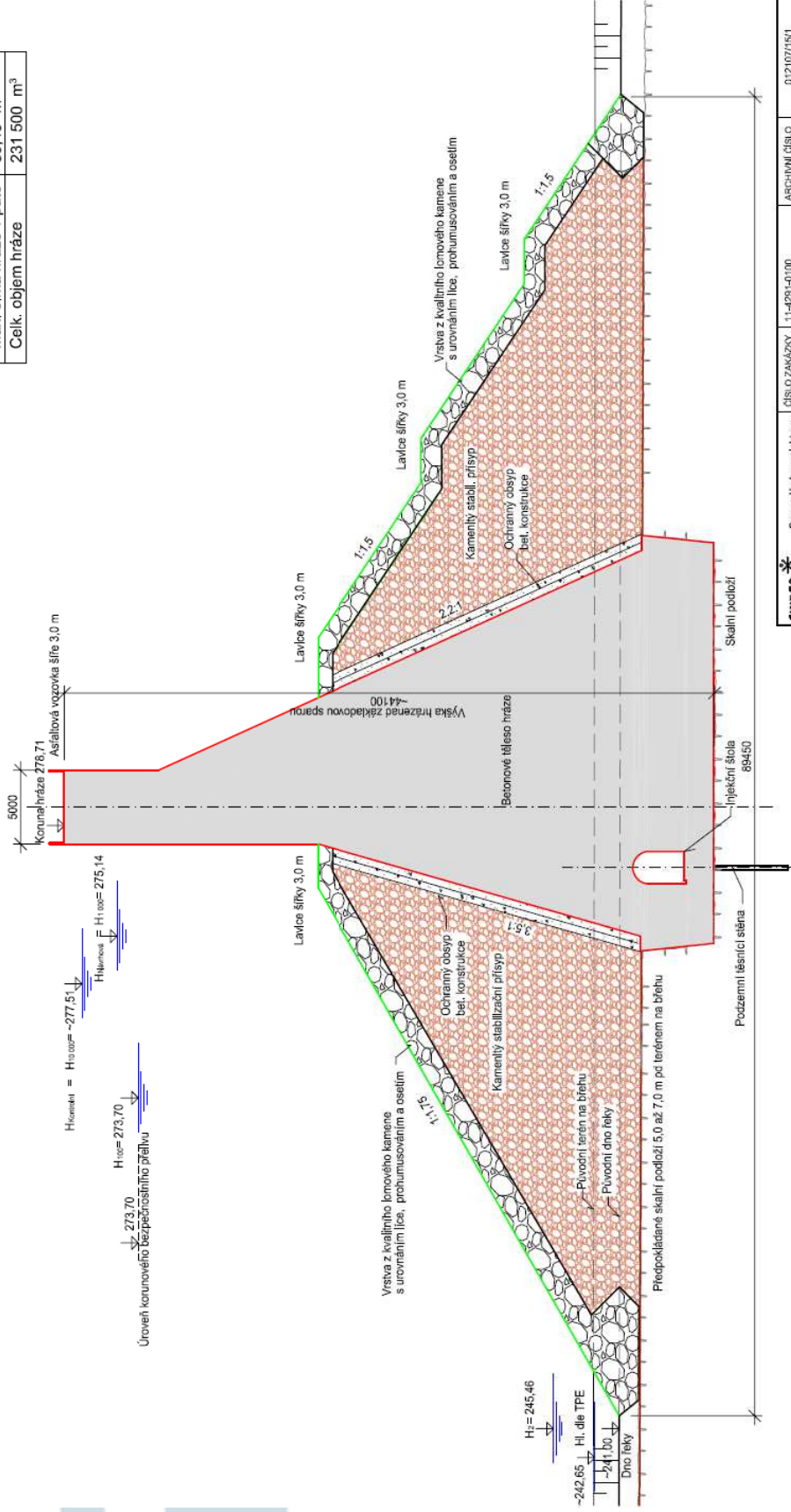
PROJEKTOVATEL	www.inženýring.cz	PROJEKTOVATEL	www.inženýring.cz
PROJEKTOVATEL	www.inženýring.cz	PROJEKTOVATEL	www.inženýring.cz
PROJEKTOVATEL	www.inženýring.cz	PROJEKTOVATEL	www.inženýring.cz



POVODÍ VLTAVY

VZOROVÝ ŘEZ HRÁZÍ - PROFIL C, Ř. KM 68,35 BETONOVÁ TÍŽNÁ HRÁZ S KAMENITÝMI PŘÍSYPY M 1:250

Koruna hráze	278,71 m n.n.m.
Dno nádrže	241,00 m n.n.m.
Max. výška hráze	44,10 m
Délka hráze	282,00 m
Max. šířka hráze v patě	89,45 m
Celk. objem hráze	231 500 m ³



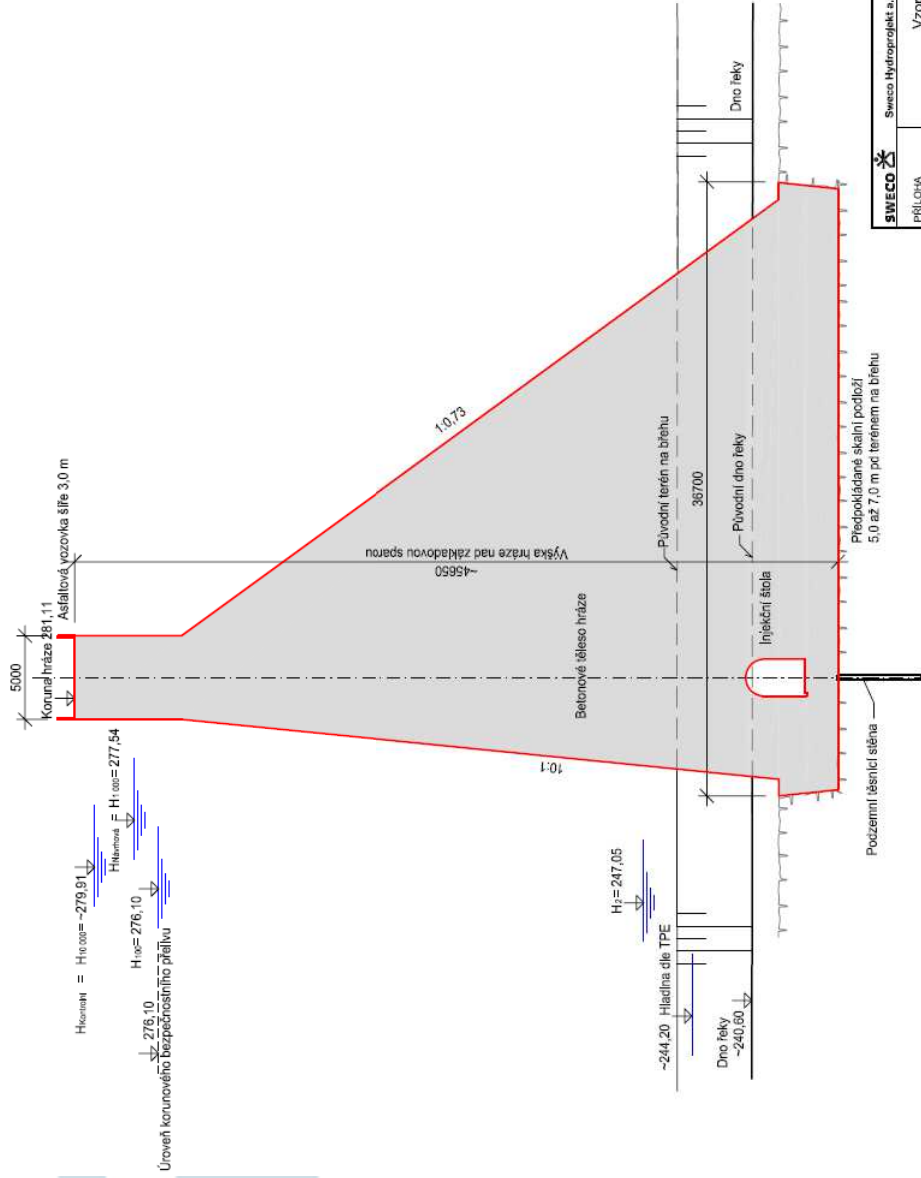
PRÍLOHA	Sveco Hydroprojekt a.s.	ČÍSLO ZAKÁZKY 11-429-40100	ARCHIVNÍ ČÍSLO 01210715/1	a	
				ČÍSLO PRÍLOHY 2.10	1
Vzorový řez hráze - Profil C				POVODÍ VLTAVY	



POVODÍ VLTAVY

VZOROVÝ ŘEZ HRÁZÍ - PROFIL D, Ř. KM 71,10 BETONOVÁ TÍŽNÁ HRÁZ M 1:250

Koruna hráze	281,11 m n.m.
Dno nádrže	240,60 m n.m.
Max. výška hráze	45,65 m
Délka hráze	221,00 m
Max. šířka hráze v patě	36,70 m
Celk. objem hráze	135 500 m ³



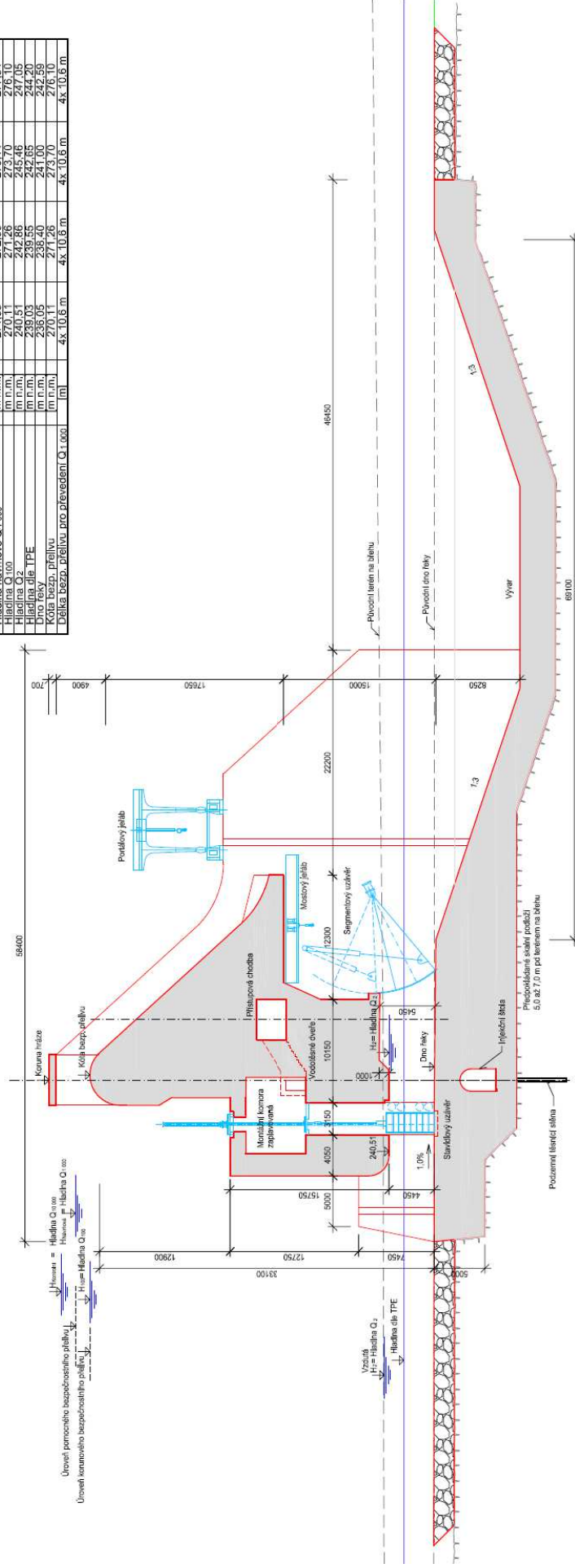
SWECO PŘÍLOHA	Sweco Hydroprojekt a.s.	ČÍSLO ZAKÁZKY	11-291-U/100	ARCHIVNÍ ČÍSLO	01211/151
					ČÍSLO PŘÍLOHY
Vzorový řez hráze - Profil D				číslo přílohy	2,11

POVODÍ VLTAVY

VZOROVÝ ŘEZ SDRUŽENÝM OBJEKTEM
M 1:250

TABULKA PARAMETRŮ:

Průřez	Průřez A	Průřez B	Průřez C	Průřez D
Staniční háze	63,35	65,05	68,35	71,10
Koruna hráze	274,15	275,30	278,71	281,11
Hladina kontrolní Q 10 000	272,95	274,10	277,51	279,91
Hladina návrhové Q 1 000	271,55	272,66	275,14	277,54
Hladina Q 100	270,11	271,26	273,70	276,10
Hladina dle TPE	268,03	269,15	271,65	274,20
Dno řeky	238,05	239,40	241,00	242,59
Kóta bezp. přelivu	270,11	271,26	273,70	276,10
Délka bezp. přelivu pro převedení Q 1 000	4x 10,6 m	4x 10,6 m	4x 10,6 m	4x 10,6 m



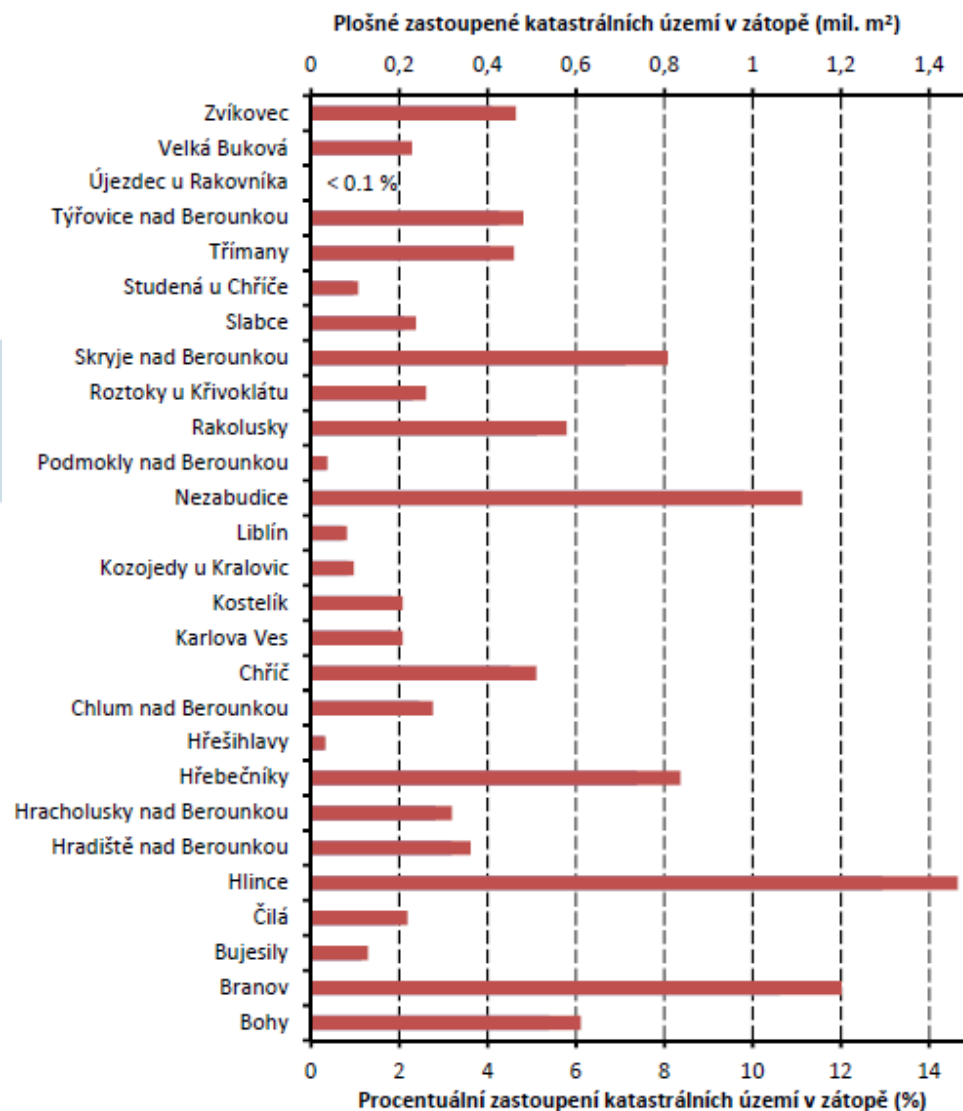
POVODÍ VLTAVY	stavba Hydronejstka a.s.	Číslo zakázky	1-429-4/06	Archivní číslo	07530751
				Číslo přílohy	2,12
Průřez	Vzorový řez sdrúženým objektem			Číslo přílohy	a
					1



Konfliktní problémy

- Dotčení 77 – 133 obyvatel (dle variant)
- Dotčení 985 stavebních objektů (v tom např. 6 malých vodních elektráren, 1 ČOV, 1 zemědělský podnik)
- Umístění stavby do území CHKO Křivoklátsko
- Nesprávné vnímání provozu nádrže veřejností

Zastoupení dotčených pozemků v jednotlivých katastrálních územích pro variantu A



Ekonomické zhodnocení

Náklad stavby

- stavební náklad:
2,9 mld. Kč – 3,4 mld. Kč
- celkový náklad (vč. výkupu nemovitostí v zátopě):
4,5 mld. Kč – 5,0 mld. Kč

Efekt stavby pro úsek profil hráze – soutok s Vltavou

- **rozdíl kapitalizovaných rizik** současného stavu a po realizaci vodního díla je **29,4 mld. Kč** = limitní náklad vodního díla (z hlediska ekonomické efektivity podle pravidel dotačního programu Podpora prevence před povodněmi)
- **ochrana 3 326 obyvatel**

14. 8. 2002 - Radotín



14. 8. 2002 - Řevnice



14. 8. 2002 - Karlštejn



4. 6. 2013 - Černošice



Variantsní řešení (Q_{100} na Q_5)

Pro **profil A** bylo v základních parametrech provedeno variantsní řešení, při kterém je **TPV 100** s kulminačním průtokem $Q_{100} = 1\,370\text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$ transformována nikoliv na $Q_2 = 369\text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$, ale na **$Q_5 = 554\text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$** .

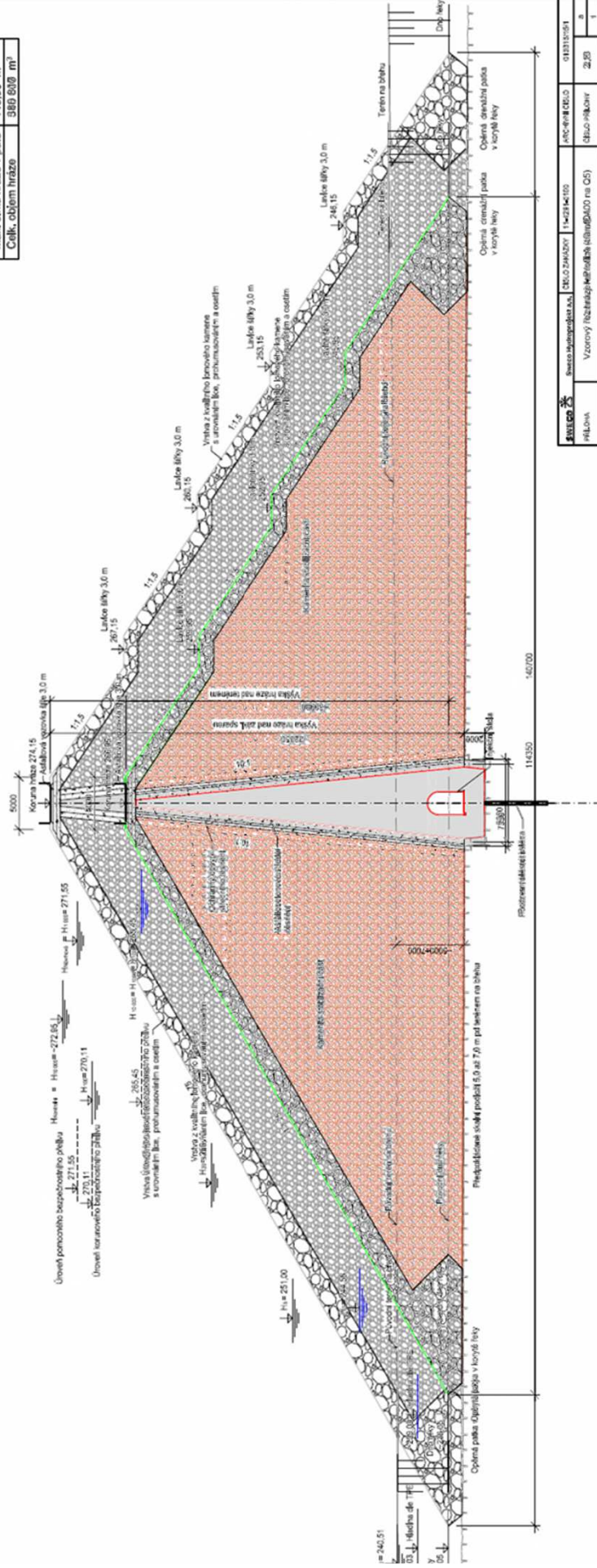
Toto řešení zmenšuje velikost nádrže, na druhé straně však snižuje protipovodňovou ochranu území pod hrází až k ústí do Vltavy.

Závěry:

- **Objem nádrže snížen o cca 55,6 mil. m³ na 83,6 mil. m³**
- **Plocha zátopy snížena o cca 282 ha na 785 ha**
- **Délka vzdutí zkrácena o 6,8 km na 31,5 km**
- **Výška hráze snížena o cca 5 m na 35 m**
- **Počet vypustných otvorů šířky 10,6 m a výšky 4,45 m v úrovni dna řeky včetně segmentových uzávěrů zvýšen ze 4 na 6**

**VZOROVÝ ŘEZ HRÁZI - PROFIL A₁ (ř.č. 151M@3,36a Q₅)
KAMENITÁ SYPANÁ HRÁZ SE STŘEDNÍM ASF. BETONOVÝM TĚSNĚNÍM
M 1:250**

Parametry hráze	
Profil A ₁ , Roztoky 1 km 63,35	
Koruna hráze	266,95 m n.ú.m.
Orto nadhrze	236,05 m n.ú.m.
Max. výška hráze	39,90 m
Délka hráze	206,60 m
Max. šířka hráze v patě	148,35 m
Celk. objem hráze	389 638 m ³



 SILICON s.r.o. PĚLHOVA	IČO: 246450 Vzorový řez hráze se středním ASF. betonovým těsněním na Q5)	IČ: 22146105 číslo náčr. 2,23	010115051 a 1
---	---	----------------------------------	---------------------



Variantní řešení (Q_{100} na Q_5)

Náklad stavby

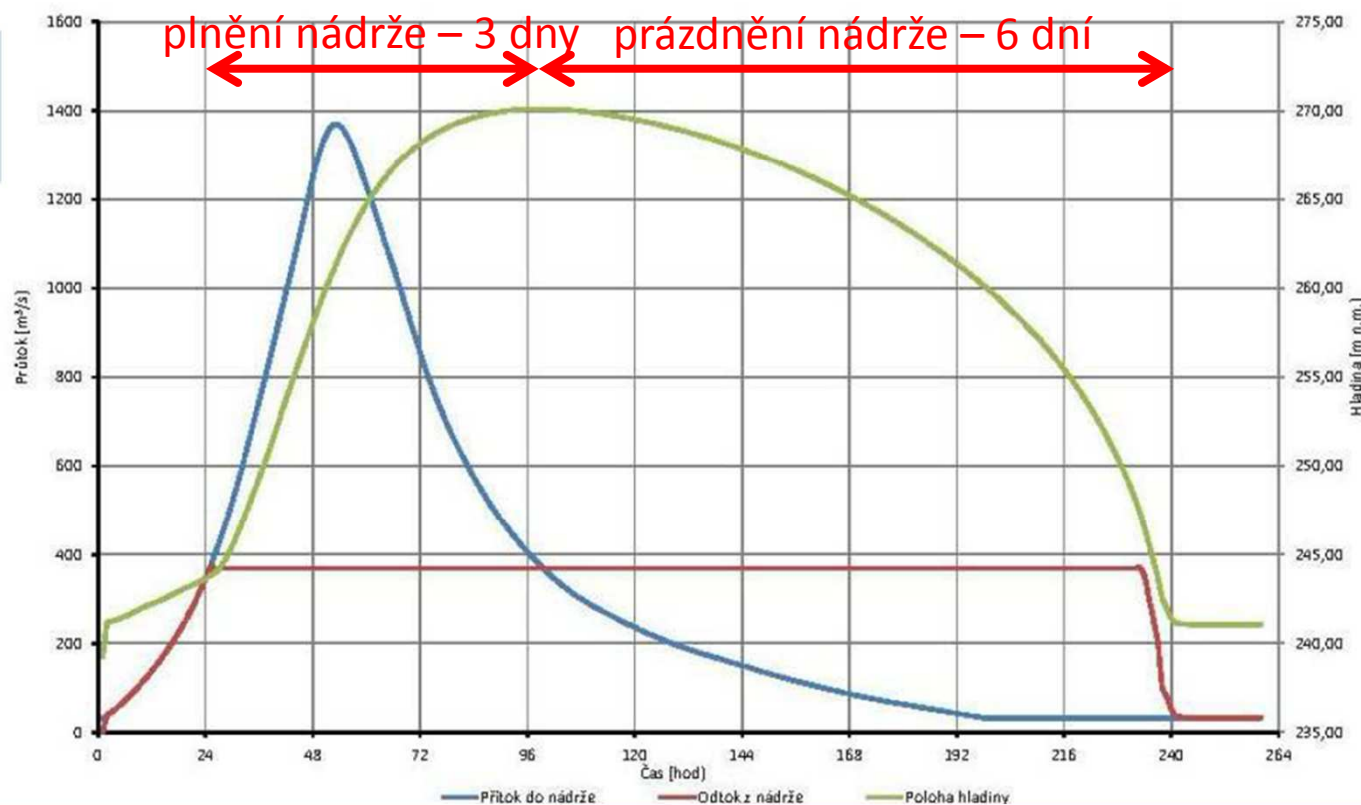
- téměř se nemění vzhledem k nárůstu objemů betonových konstrukcí a počtu uzávěrů vypustných otvorů

Efekt stavby (hráz – soutok s Vltavou) – prudké snížení

- **rozdíl kapitalizovaných rizik** současného stavu a po realizaci vodního díla je **6,2 mld. Kč (původně 29,4 mld. Kč)** = limitní náklad vodního díla (z hlediska ekonomické efektivity podle pravidel dotačního programu Podpora prevence před povodněmi)
- **ochrana 2 568 obyvatel (o 758 méně)**
- **výrazně nižší efektivnost v poměru užitků a nákladů**

Ukázka provozu nádrže (var. Q_{100} na Q_2)

- pro TPV 100



Ukázka provozu nádrže na reálných datech

(var. Q_{100} na Q_2)

Ing. Jiří Stratílek

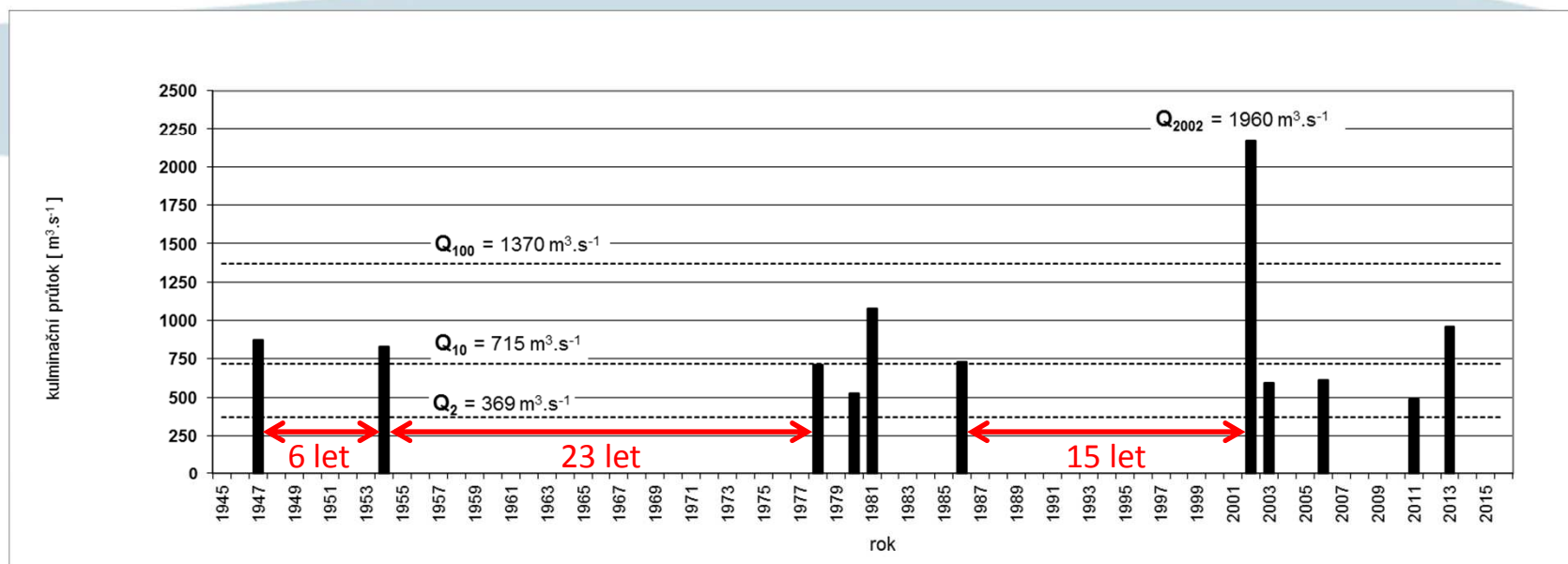
Ing. Jiří Štětka

Ing. Petr Vicenda

Povodí Vltavy, státní podnik

Ukázka provozu nádrže – reálná data

Přehled všech povodní na dolní Berounce za období 1945 – 2015 s kulminačním průtokem větším než Q_2

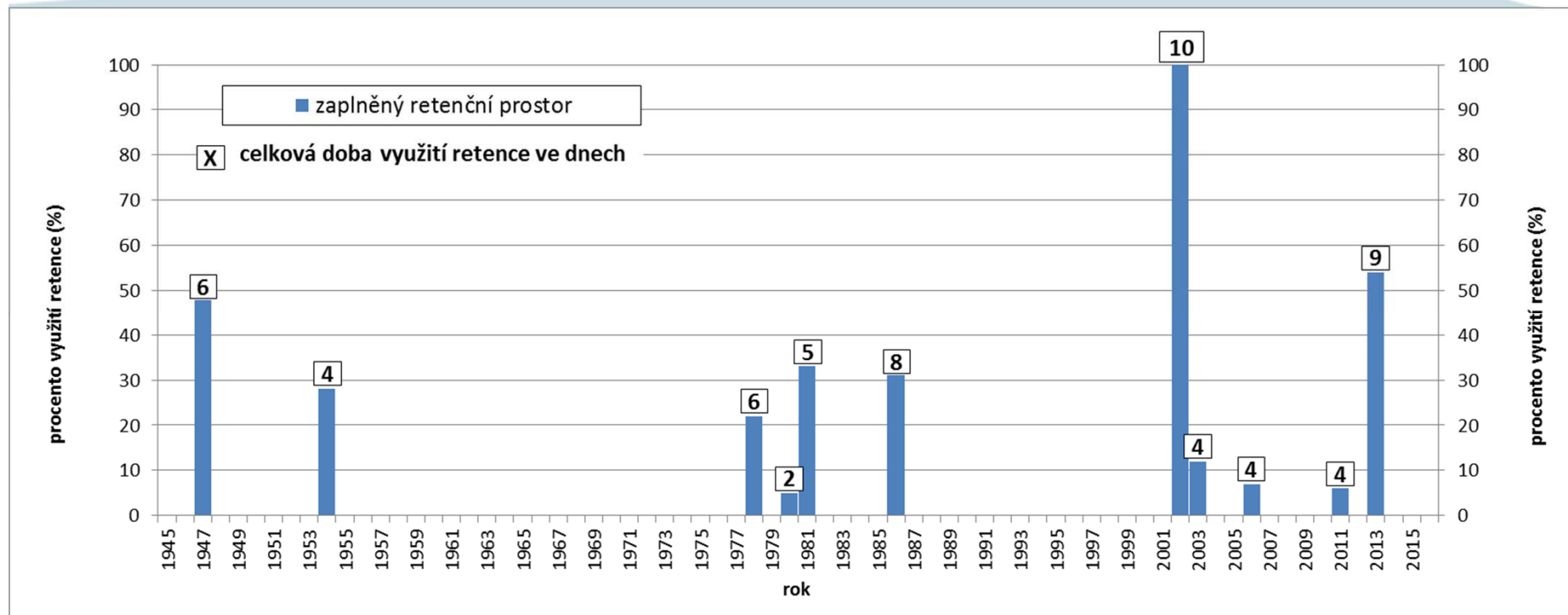


Využití nádrže pro transformaci povodňových průtoků za posledních 70 let – 11x

Ukázka provozu nádrže – reálná data

Rozsah a četnost využití retence nádrže v letech 1945 – 2015

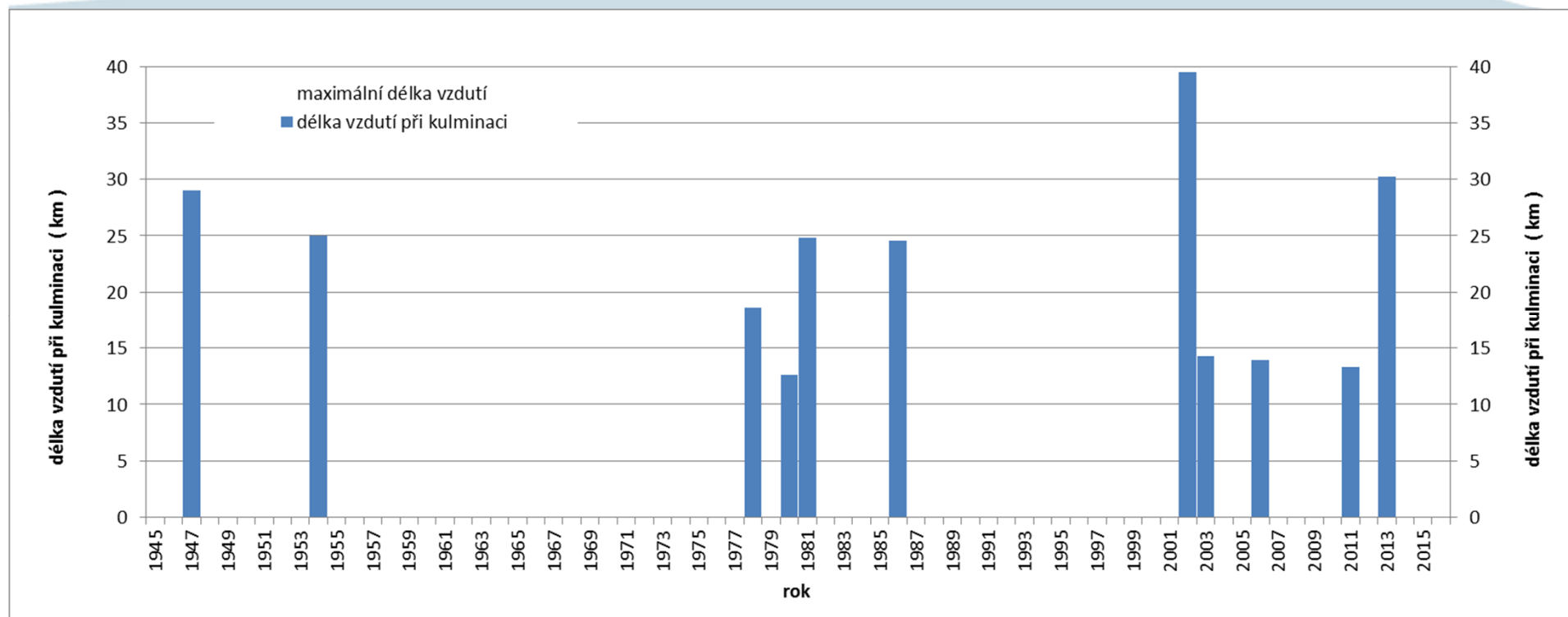
➤ % zaplněného retenčního objemu a počet dnů využití nádrže



Ukázka provozu nádrže – reálná data

Rozsah a četnost využití retence nádrže v letech 1945 – 2015

➤ délka vzdutí při kulminaci povodně



Vliv na Vltavu

- studie – posouzení pouze pro úsek Berounky (hráz – soutok s Vltavou)
- nezanedbatelný vliv nádrže i na Vltavu
- snížení povodňových průtoků Vltavy v Praze o cca 15 – 25 %
 - v roce 2002 snížení kulminačního průtoku o cca 1 050 m³.s⁻¹ ≈ 20 % ($Q_{2002} = 5\,160 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)
- podíl Berounky na kulminaci Vltavy v Praze
 - 4. 6. 2013 33 %
 - 14. 8. 2002 43 %
 - 21. 7. 1981 63 %
 - září 1890 39 %
 - 26. 5. 1872 90 %

➤ **ZVÝŠENÍ EKONOMICKÉHO EFEKTU OPROTI STUDII**

Další kroky



STUDIE KE STAŽENÍ:

<http://www.pvl.cz/vodohospodarske-informace/ppo-dolni-berounky>

**KONTAKTNÍ MÍSTO PRO DOTAZY, PŘIPOMÍNKY A NÁMĚTY:
Odbor životního prostředí a zemědělství Středočeského kraje**

DĚKUJI ZA POZORNOST

Povodí Vltavy, státní podnik