



Lesnická
a dřevařská
fakulta

Plzeň
5. 10. 2016

RETENČNÍ NÁDRŽE

Mendelova
univerzita
v Brně



Ústav inženýrských staveb,
tvorby a ochrany krajiny

Petr Pelikán

Související termíny

Vodní dílo

- stavba, sloužící ke vzdouvání a zadržování vod, umělému usměrňování odtokového režimu povrchových vod, k ochraně a užívání vod, k nakládání s vodami a ochraně před škodlivými účinky vod, k úpravě vodních poměrů nebo k jiným účelům dle zákona č. 254/2001 Sb.

Povodeň

- přechodné výrazné zvýšení hladiny vodních toků nebo jiných povrchových vod, při kterém voda již zaplavuje území mimo koryto vodního toku a může způsobit škody
- stav, kdy voda může způsobit škody tím, že z určitého území nemůže dočasně přirozeným způsobem odtékat nebo její odtok je nedostatečný, případně dochází k zaplavení území při soustředěném odtoku srážkových vod

Související termíny

Malá vodní nádrž

- objem do 2 mil. m³, největší hloubka do 9 m

Retenční nádrž

- slouží pro zadržení určitého množství dešťové vody na určitou dobu před vypuštěním do vodního toku / stokové sítě
- chrání kanalizační systém nebo vodní tok před zahlcením vodou z přívalových dešťů

Suchá nádrž

- ochrana před účinky povodní
- $V_c \approx V_{ro} + V_{rn}$
- v poměru k celkovému objemu zanedbatelné přípustné stálé nadržení – krajnotvorná a ekologická funkce

Ochrana před povodněmi

Druhy povodní dle příčin

- přirozená povodeň (přírodní jevy)
 - tání
 - dešťové srážky
 - chod ledů
- zvláštní povodeň
 - porucha vodního díla, která může vést až k jeho havárii (protržení)
 - nouzové řešení kritické situace na vodním díle

Ochrana před povodněmi

Cíl protipovodňové ochrany

- postupné zvyšování retenční schopnosti krajiny
- snaha o realizaci komplexních opatření v rámci celého povodí

Protipovodňová opatření

- pasivní protipovodňová ochrana
- výstavba ochranných hrází
- výstavba a obnova retenčních nádrží

Pasivní protipovodňová ochrana

- přirozený (přírodě blízký) vývoj říčních niv
 - přirozená zátopová území – podpora rozlivu
- odstranění nebo přemístění sídelních a výrobních prostor mimo záplavová území
- omezení využití záplavového území pro jakékoli stavební aktivity
 - úprava existující legislativy (např. Stavební zákon č. 183/2006)
 - respektování již existujících nařízení (např. ustanovení Vodního zákona č. 254/2001)
- údržba zásobních prostor existujících vodních nádrží a vodohospodářských soustav
- obnova zaniklých rybníků

Ochranné hráze

- výstavba nejstarších ochranných hrází
 - ochrana sídelních, později i hospodářsky využívaných území
- řada hrází vybudována na dolních tocích a jejich hlavních přítocích
 - říční nivy Moravy, Odry, středního a dolního Labe
- plánování obnovy starých a koncepce nových hrází
 - zvětšení současných retenčních prostor říční nivy při změně liniového vedení (odsazení hrází od toku)
 - zvyšování retence v celém povodí, nejen v dílčích úsecích nivy
 - stavba hrází má přispět ke snížení hydraulického sklonu toku a ke zvýšení koeficientu tření vlivem zvětšení omočeného obvodu a plochy průtočného profilu při inundaci (s výjimkou říčních úseků v intravilánech obcí)
 - výstavba / obnova hrází by neměla narušit stabilitu přirozených ekosystémových mechanismů mezi řekou a zátop. územím

Rozdělení retenčních nádrží (ČSN 75 2410)

Nádrže suché

- bez stálého nadržení vody – celý prostor určen pro zachycení vody při povodni
- možné využití ret. prostoru: zemědělství, lesní hospodářství, rekreace
- menší vodní plochy / tůně s mokřadními společenstvy
 - zvýšení ekologické stability krajiny

Nádrže s malým zásobním prostorem

- částečné nadržení vody – základová spára hráze ve stavu nasycení vodou
- po průchodu povodňové vlny řízené vyprázdnění retenčního prostoru po hladinu zásobního prostoru

Rozdělení retenčních nádrží (ČSN 75 2410)

Nádrže protierozní

- snížení podélného sklonu údolí, zachycování splavenin
- zvýšení půdní vlhkosti v okolí nádrže a zajištění infiltrace do podzemních vod

Nádrže dešťové

- zachycení dešťových vod, krátkodobé akumulaci a možnému dalšímu využití dle místních potřeb

Nádrže vsakovací (infiltrační)

- převedení srážkových vod vsakem do podzemních vod

Nádrže nárazové

- vyrovnání nárazových průtokových vln ve vzdálených profilech při řízení průtoku kompenzační nádrží

Rozdělení suchých nádrží (ČSN 75 2415)

Nádrž suchá

- viz ČSN 75 2410

Záchytná nádrž

- slouží k zachycení znečištěných nebo odpadních vod

Protékaná nádrž

- nádrž, přes kterou protékají povodňové průtoky na vodním toku, který je do nádrže zaústěn

Neprotékaná nádrž

- nádrž, do které přitéká část povodňových průtoků z přilehlého vodního toku
- možný povodňový přítok i z mezipovodí příslušného k nádrži

Související předpisy

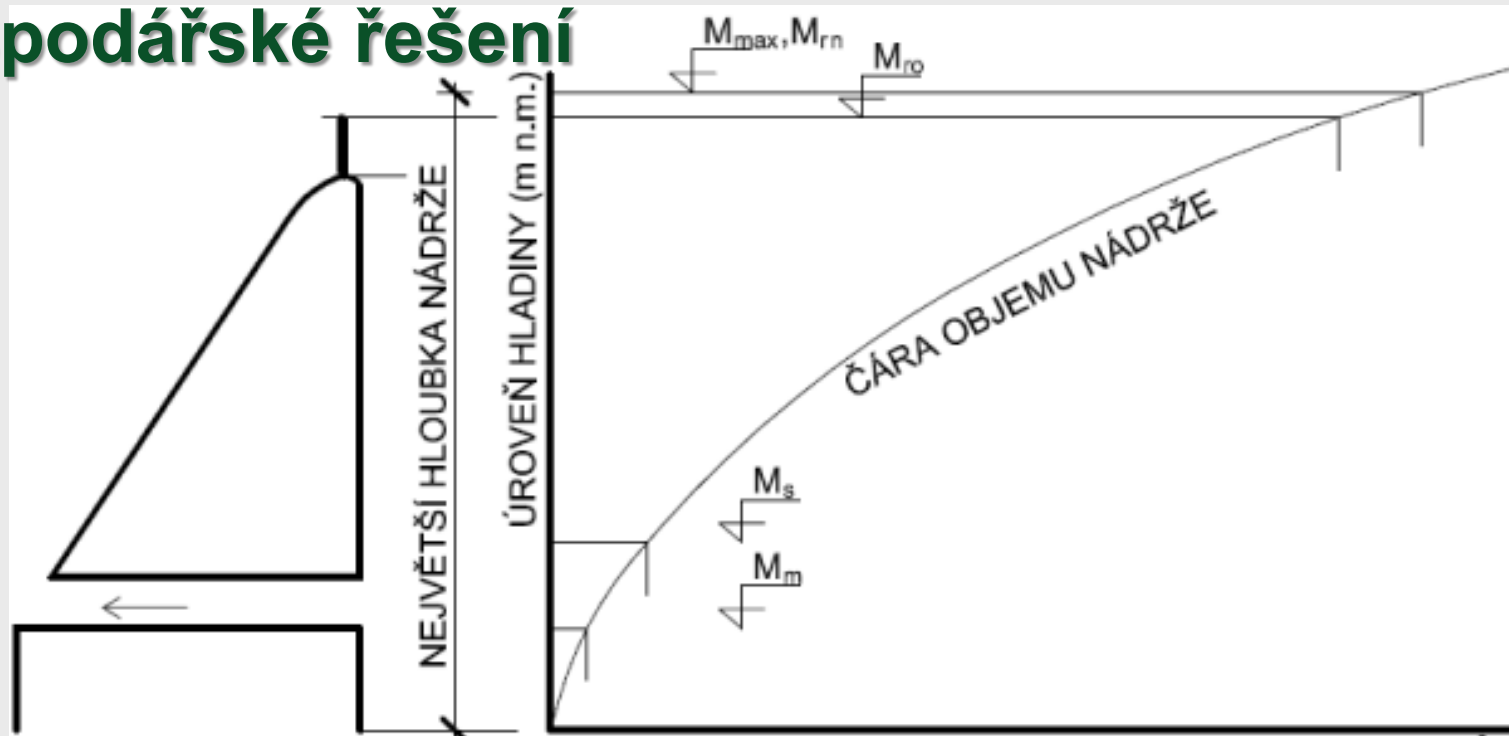
- zákon č. 254/2001 Sb. o vodách a o změně některých zákonů
- vyhláška č. 590/2002 Sb. o technických požadavcích pro vodní díla (+ změna vyhl. č. 367/2005 Sb.)
- vyhláška č. 471/2001 Sb. o TBD nad vodními díly
- vyhláška č. 216/2011 Sb. o náležitostech manipulačních a provozních řádů VD

- ČSN 75 2340 Navrhování přehrad – Hlavní parametry a vybavení
- ČSN 75 2405 Vodohospodářská řešení vodních nádrží
- ČSN 75 2410 Malé vodní nádrže
- TNV 75 2415 Suché nádrže
- ČSN 75 2935 Posuzování bezpečnosti vodních děl při povodních
- ČSN EN 1997 Eurokód 7: Navrhování geotechnických konstrukcí

Vodohospodářské řešení

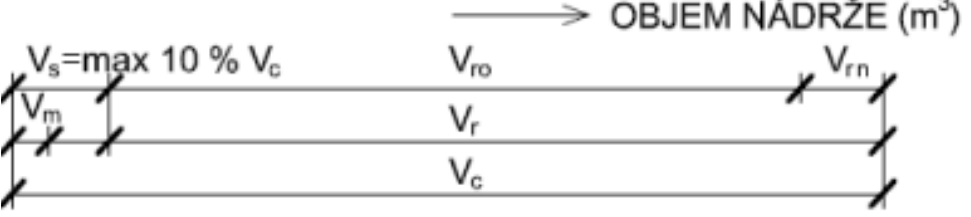
- objem a využití pro transformaci návrhové povodňové vlny nádrží
 - návrh objemu + způsobu manipulace ke snížení kulminačního odtoku na požadovanou neškodnou hodnotu
- zajištění kapacity přelivu a bezpečné převedení vody při KPV
- variantní řešení
 - průchod teoretických povodňových vln různé doby opakování
- účel VH řešení
 - stanovení objemů prostorů
 - optimální způsoby řízení odtoku a míra ochrany před povodněmi
 - parametry objektů a jejich uspořádání
 - vliv nádrže na vodní tok a VD pod nádrží, souběhy povod. vln
 - podklady pro MŘ a posouzení ekologických účinků

Vodohospodářské řešení



- M_{max} maximální hladina
- M_m hladina mrtvého prostoru
- M_s hladina stálého nadržení
- M_{ro} hladina ovladatelného ochranného prostoru
- M_{rn} hladina neovladatelného ochranného prostoru

- V_m objem mrtvého prostoru nádrže
- V_s objem stálého nadržení (max 10 % celkového objemu nádrže)
- V_{ro} objem ovladatelného ochranného prostoru
- V_{rn} objem neovladatelného ochranného prostoru
- V_r celkový ochranný objem
- V_c celkový objem nádrže



Technické řešení

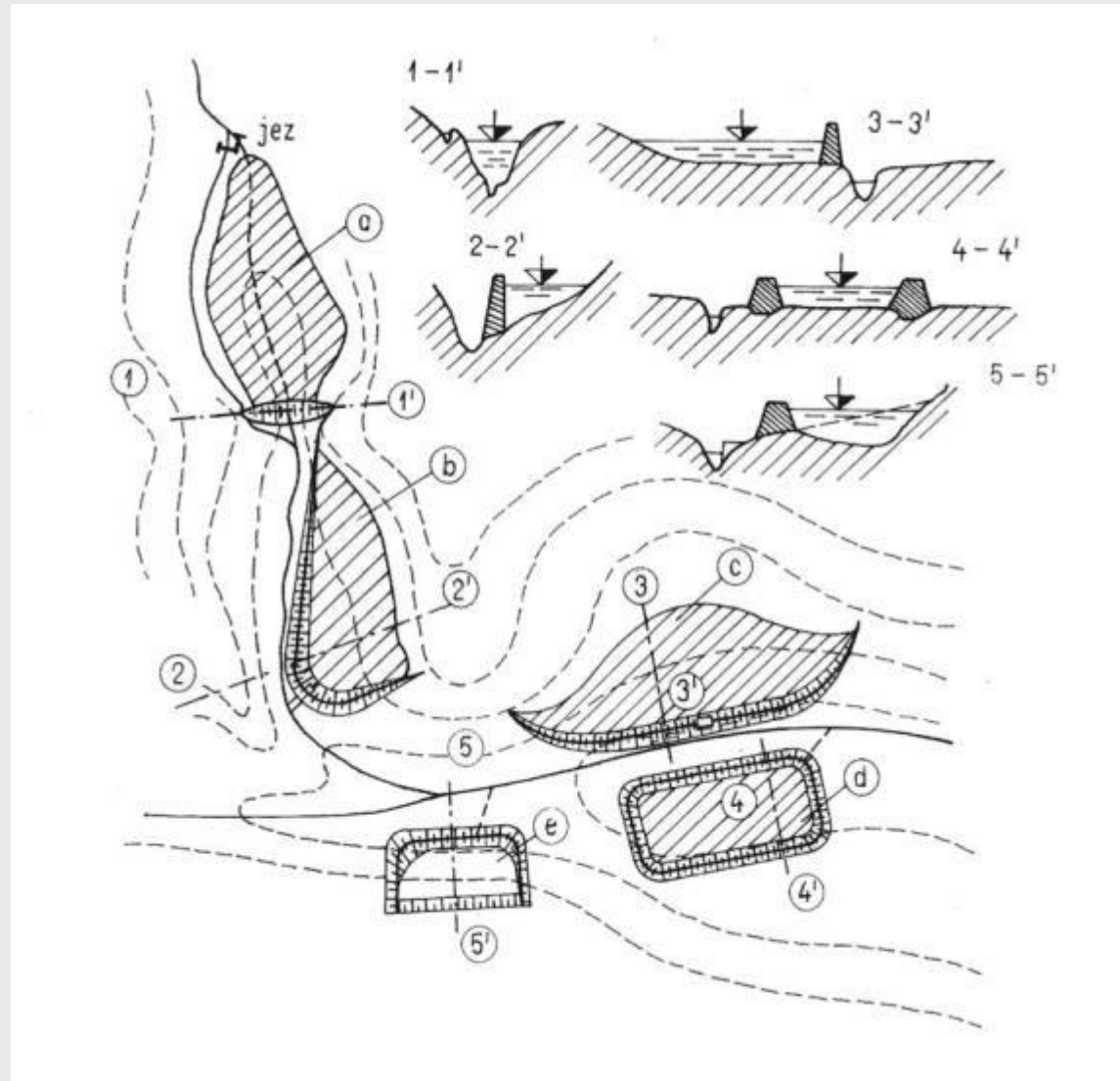
- návrh hráze
- návrh funkčních objektů
 - výpustné zařízení
 - zařízení pro převedení povodňových průtoků
- návrh úprav v prostoru a v okolí nádrže
- úpravy toku v nádrži a pod nádrží

Hráz

- vhodné umístění hráze
- vhodný materiál pro stavbu a způsob založení
- návrh příčného řezu (dimenzí) hráze
 - statická a deformační stabilita jednotlivých částí i celku, včetně podloží
 - bezpečnost proti přelití – dostatečné převýšení
- průsaky hrází a jejich neškodné odvedení
 - patní drén
- ochrana hráze proti porušení
 - opevnění návodního a vzdušního svahu

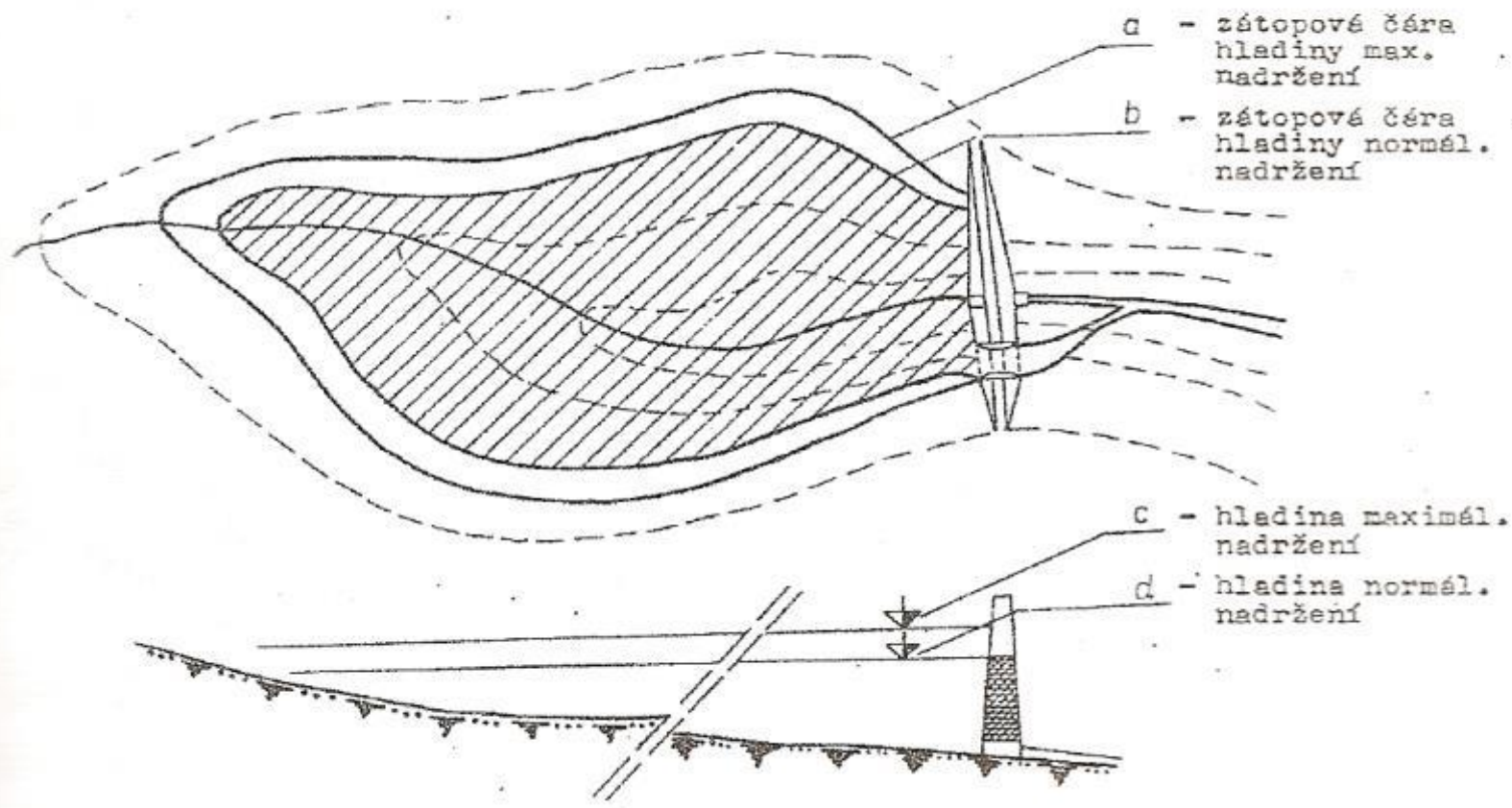
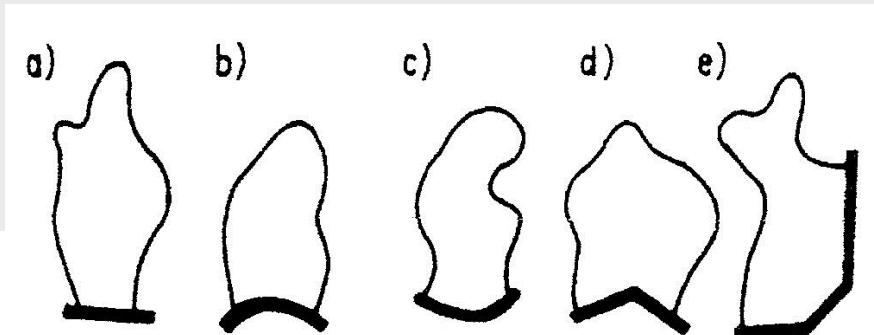
Hráz

- nádrže neprůtočné



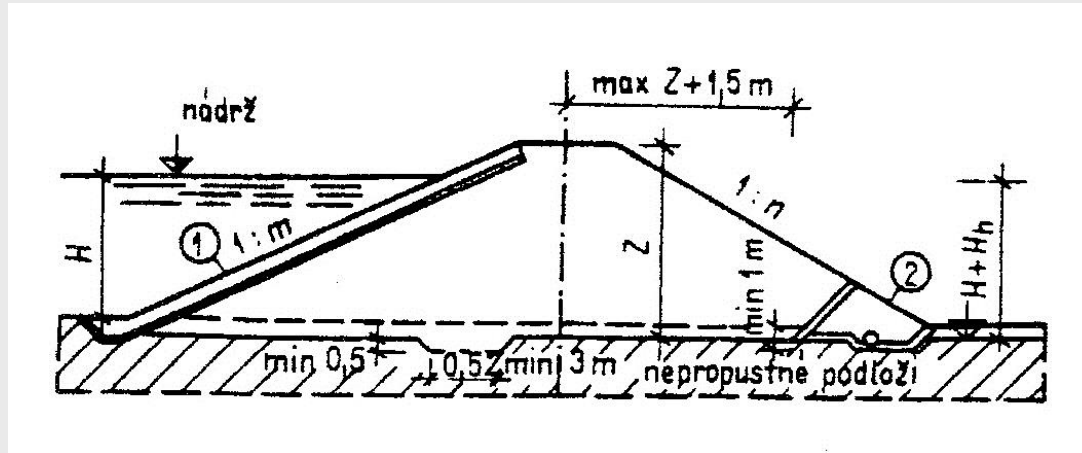
Hráz

- nádrže průtočné

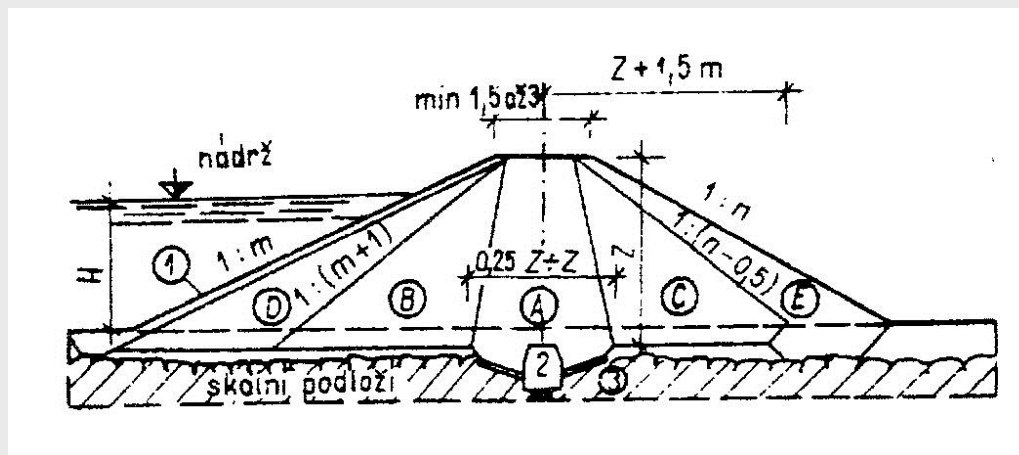


Hráz

- zemní hráž homogenní



- zemní hráž nehomogenní



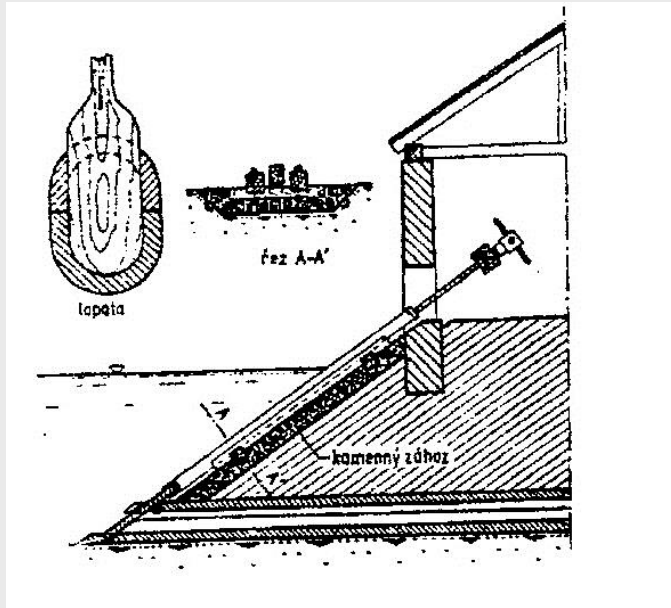
Hráz



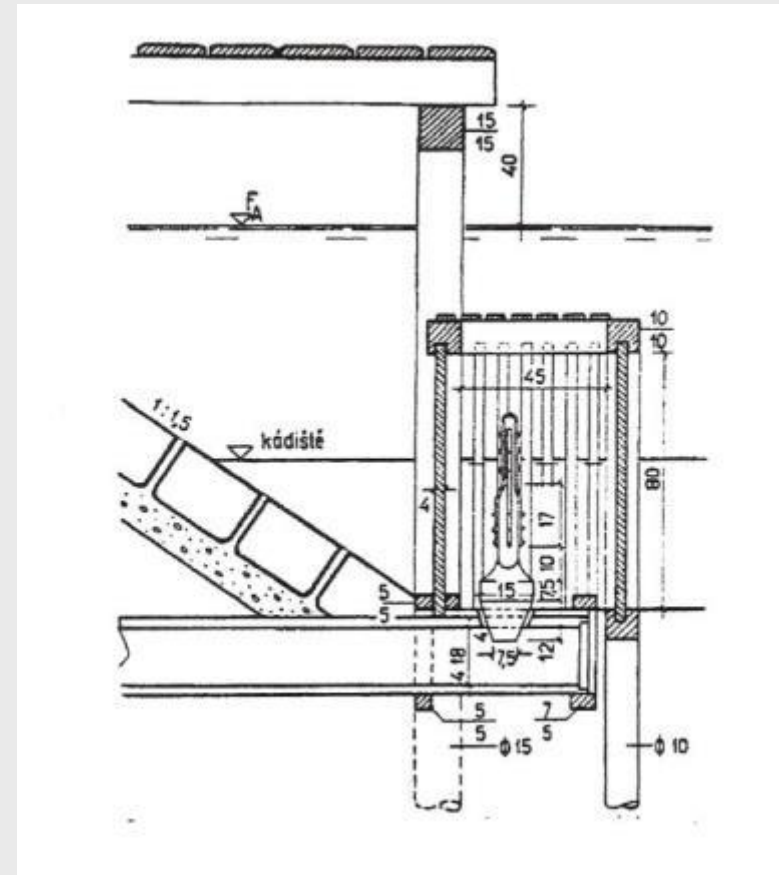
Výpustné zařízení

Typy

- lopatové



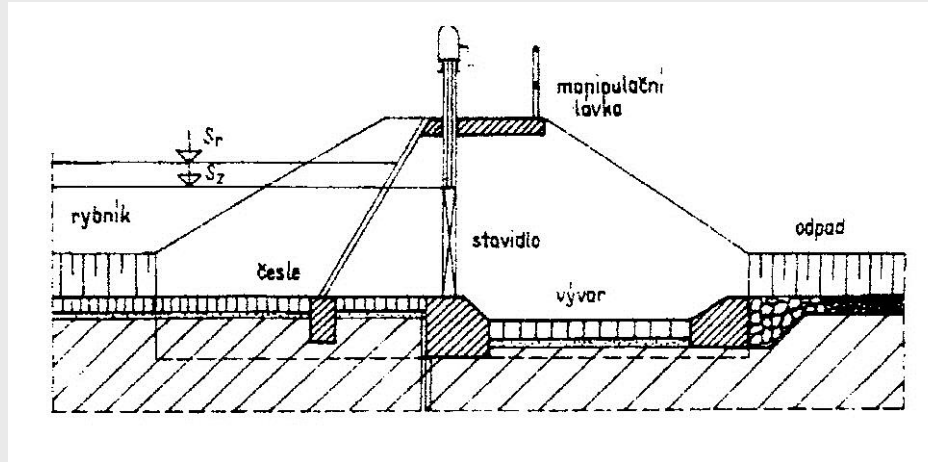
- čepové



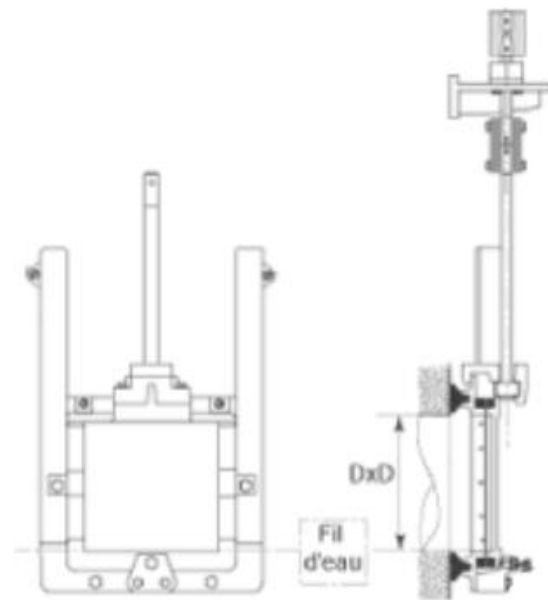
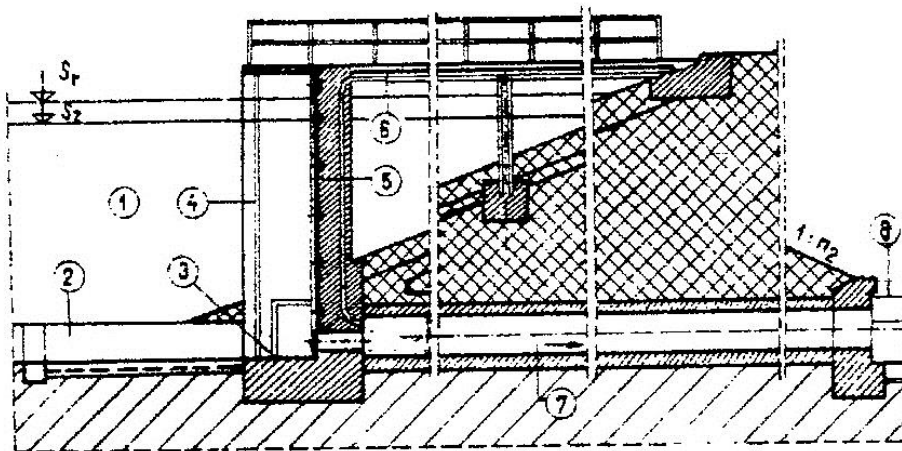
Výpustné zařízení

Typy

- stavidlové



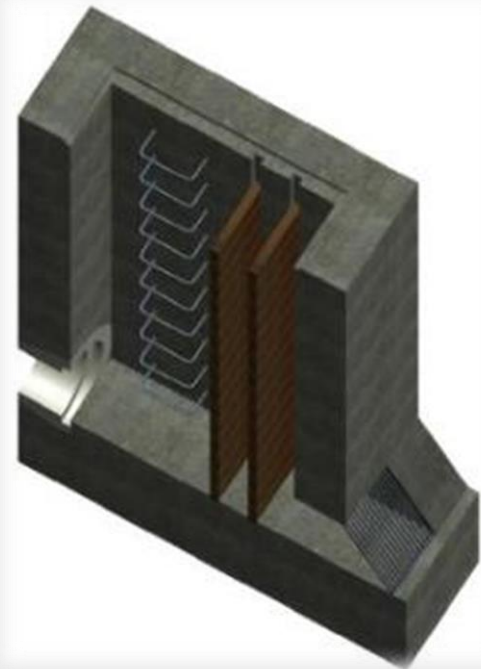
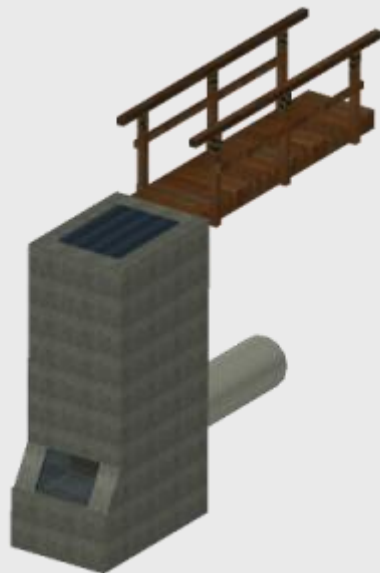
- šoupátkové



Výpustné zařízení

Typy

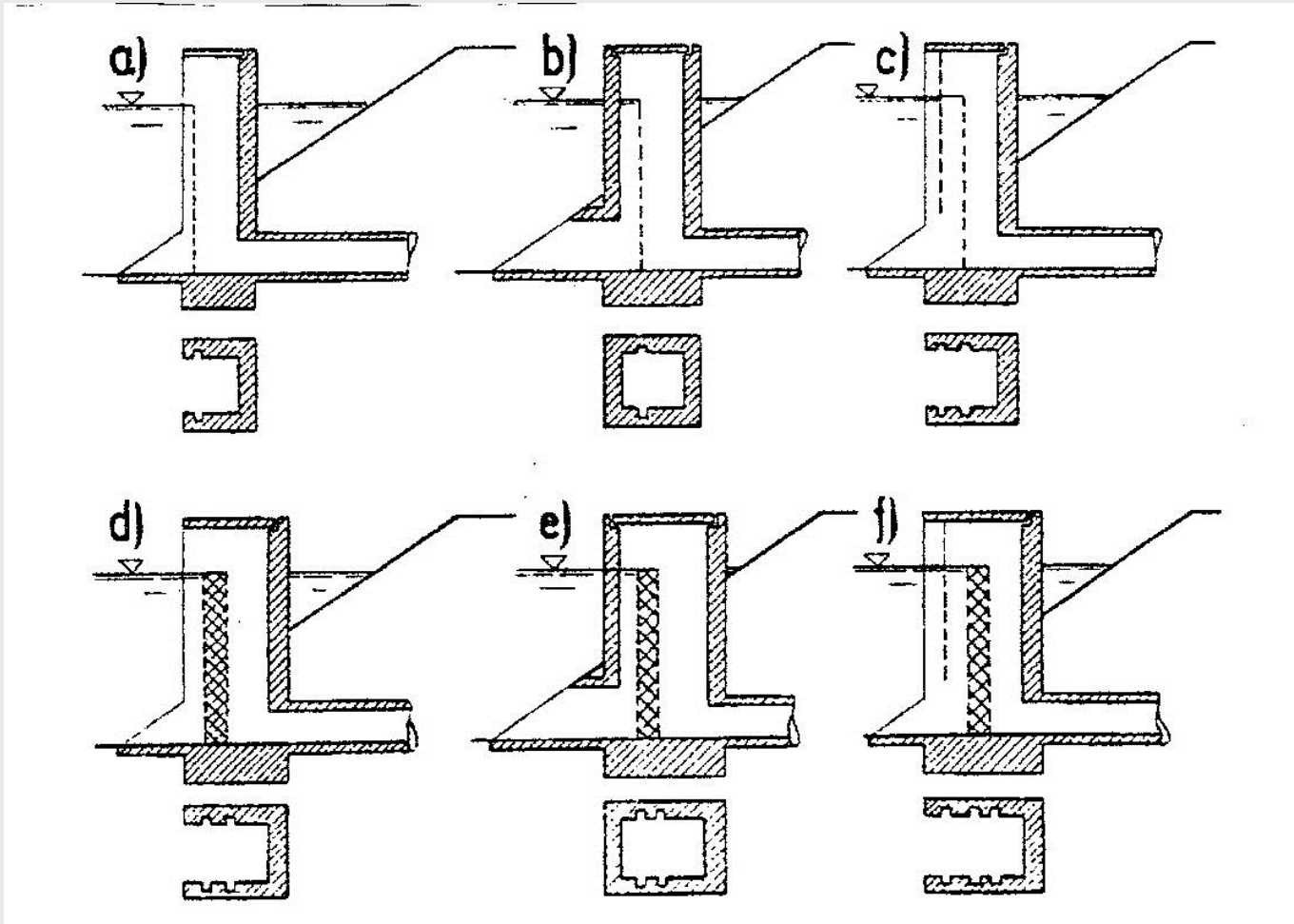
- požerák
 - skříňová konstrukce (železobeton)
 - uzávěr: dlužová stěna – fošny v ocelových vodicích drážkách
 - odpadní potrubí provádí nejvyšší možný průtok beztlakově
 - umístění v patě návodního líce hráze



Výpustné zařízení

Typy

- požerák – konstrukční řešení



Výpustné zařízení

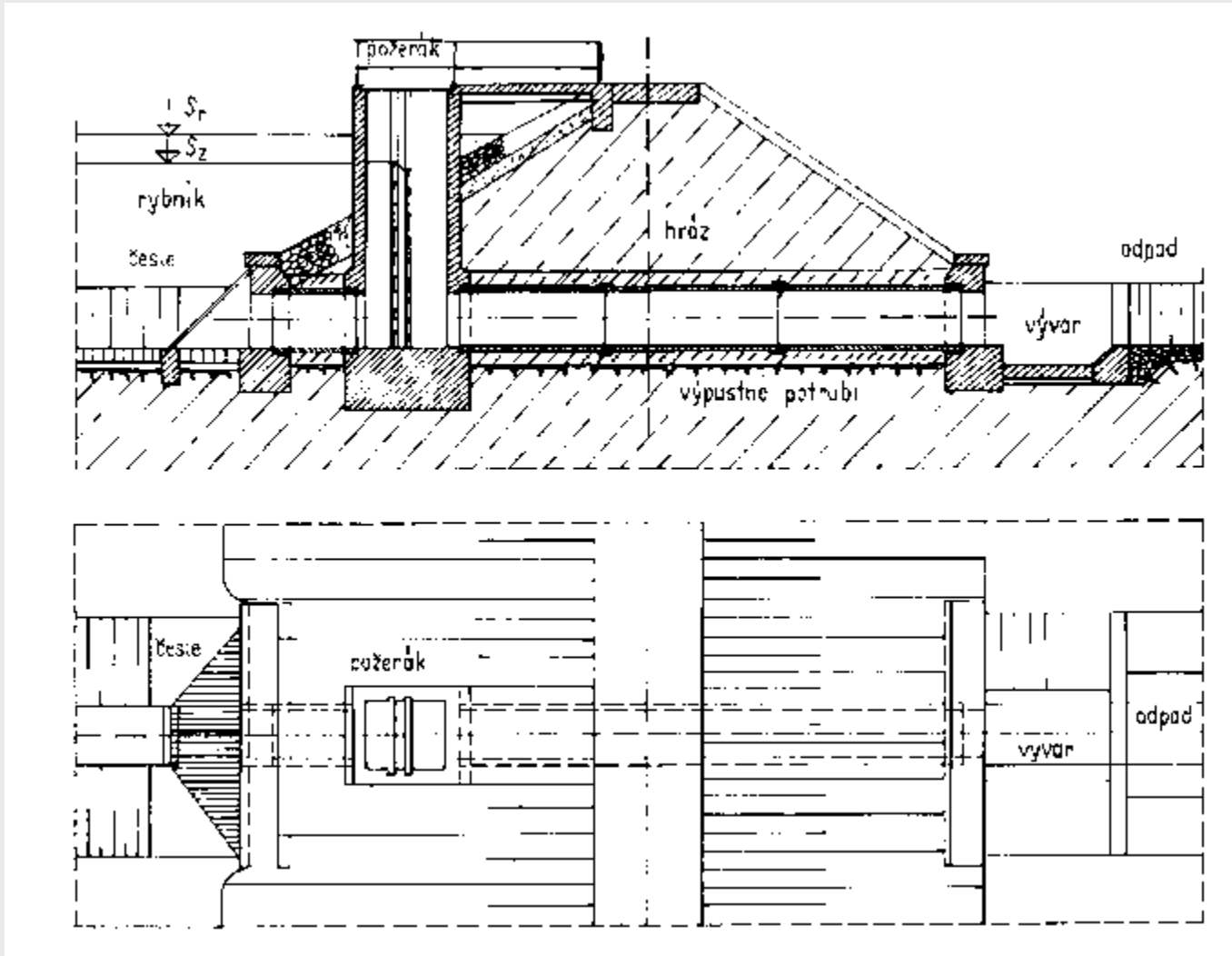
Typy

- požerák



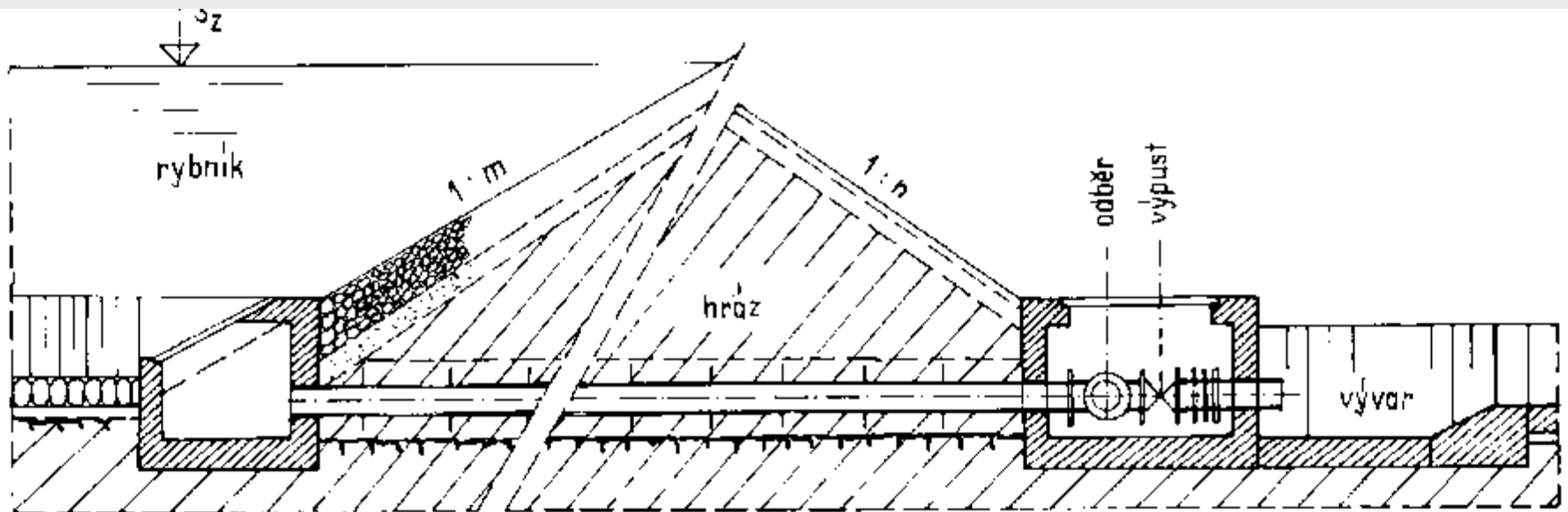
Výpustné zařízení

- jednoduchá požeráková výpust



Výpustné zařízení

- trubní výpust tlaková se šoupátkovým uzávěrem na vzdušné straně



Bezpečnostní přeliv

- objekt určený k bezpečnému převedení povodňových průtoků a ochranu zemní hráze proti přelití (stanoveno výpočtem)
- kapacita bezpečnostního přelivu odpovídá požadované míře bezpečnosti VD
- nehrazené, ve zcela výjimečných případech mohou být doplněné hrazením
- vždy na všech průtočných nádržích (na neprůtočných na kapacitu, která může do nádrže maximálně přitéct)

Bezpečnostní přeliv

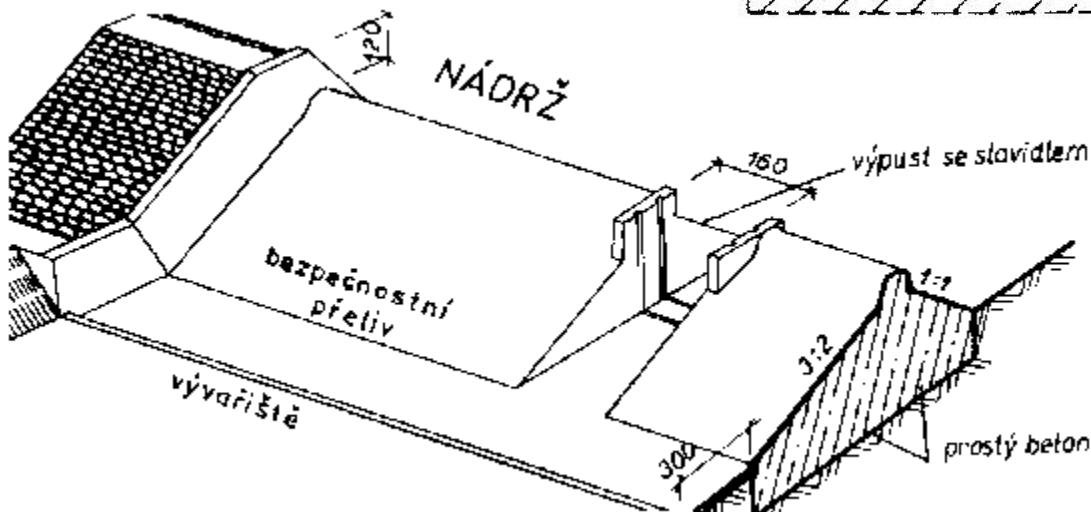
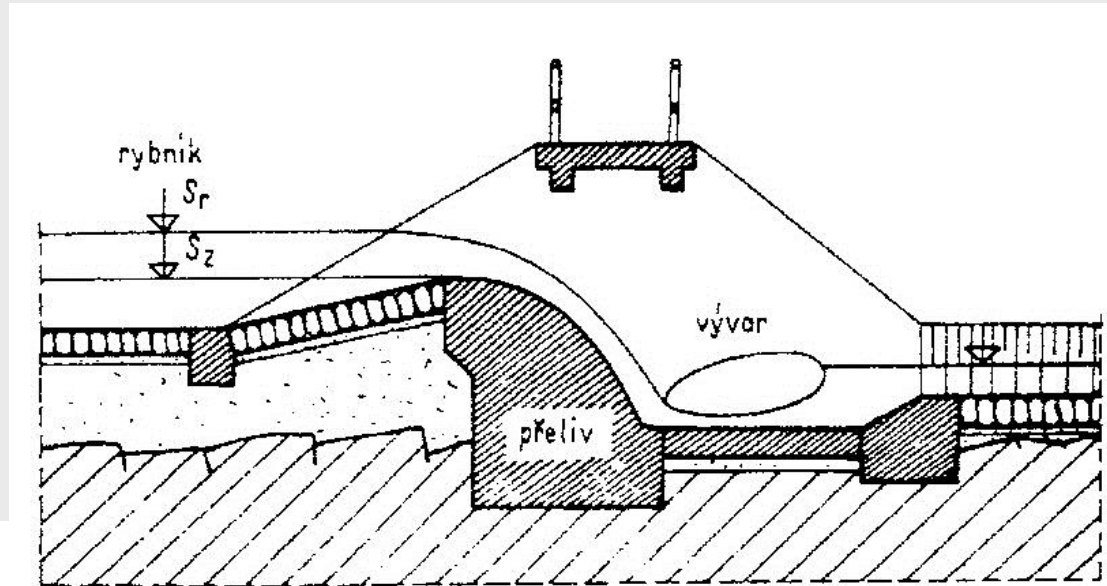
Požadovaná míra bezpečnosti VD při povodni (vyhl. 590/2002)

Kategorie VD (254/2001 Sb.)	Označení výše škody	Hodnotící hlediska		Požadovaná míra bezpečnosti VD	
		Škody	Ztráty lidských životů	$p \approx 1/N$	N [let]
I.	velmi vysoké	mimořádně vysoké ekonomické škody, škody na životním prostředí a sociální dopady v rozsahu státu	předpokládají se ztráty lidských životů	0,0001	10 000
II.	vysoké	vysoké ekonomické škody, škody na životním prostředí a sociální dopady v rozsahu regionu, případně státu	předpokládají se ztráty lidských životů	0,0001	10 000
			ztráty lidských životů jsou nepravděpodobné	0,0005	2 000
III.	Střední	značné ekonomické škody, škody na životním prostředí a sociální dopady v rozsahu regionu	ztráty lidských životů se předpokládají	0,001	1 000
			ztráty lidských životů jsou nepravděpodobné	0,005	200
IV.	Nízké	nízké ekonomické škody, škody na životním prostředí a sociální dopady lokálního rozsahu	předpokládají se ojedinělé ztráty lidských životů	0,005	200
			ztráty lidských životů jsou nepravděpodobné	0,01	100
			ztráty lidských životů jsou nepravděpodobné	0,05	20

Bezpečnostní přeliv

Typy přelivů

- přímé



Bezpečnostní přeliv

Typy přelivů

- přímé



Bezpečnostní přeliv

Typy přelivů

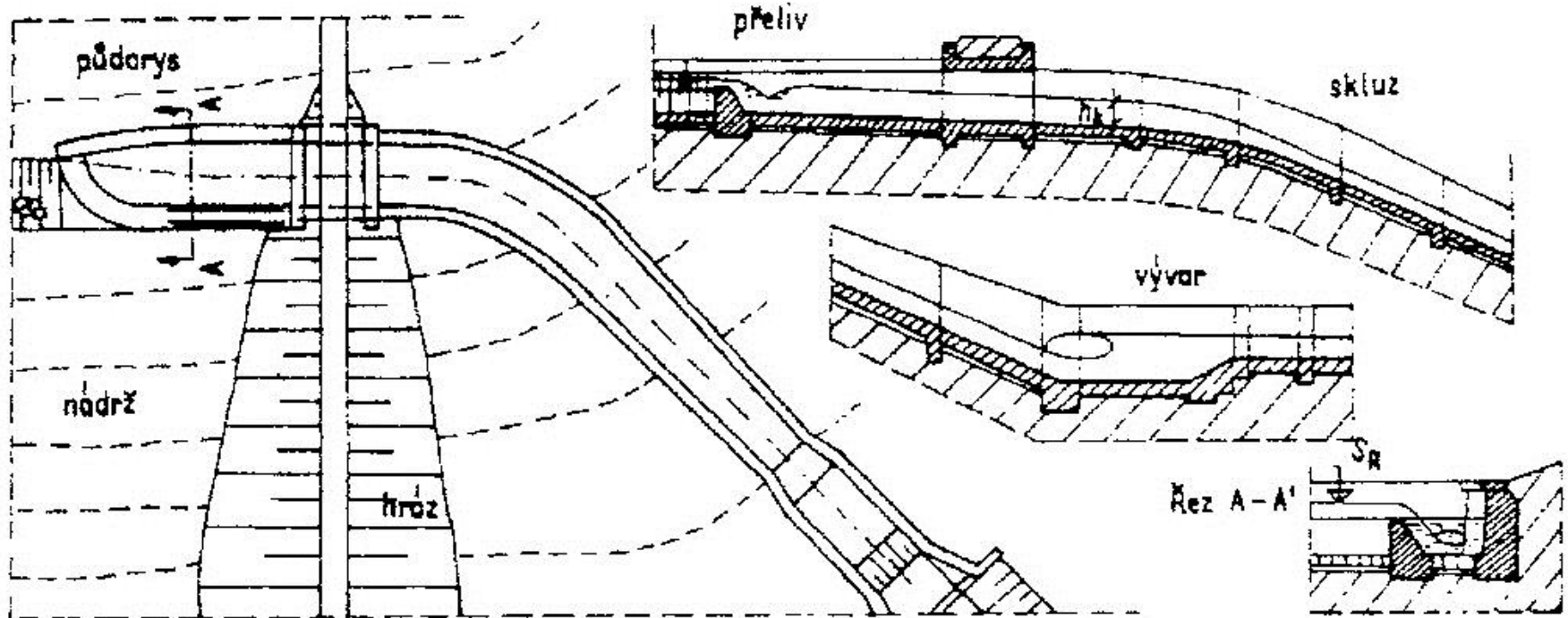
- přímé



Bezpečnostní přeliv

Typy přelivů

- boční



Bezpečnostní přeliv

Typy přelivů

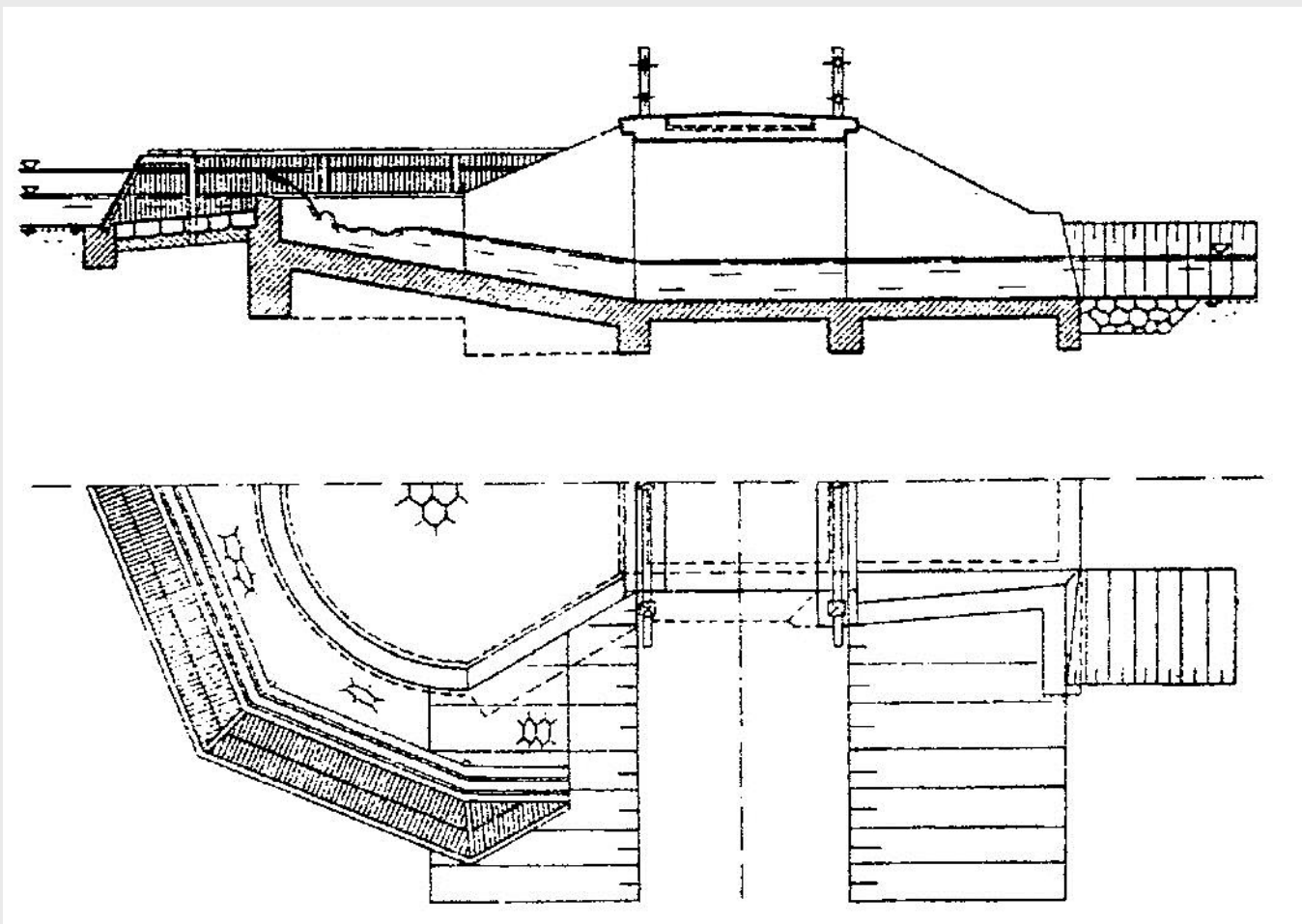
- boční



Bezpečnostní přeliv

Typy přelivů

- kašnové



Bezpečnostní přeliv

Typy přelivů

- kašnové



Bezpečnostní přeliv

Typy přelivů

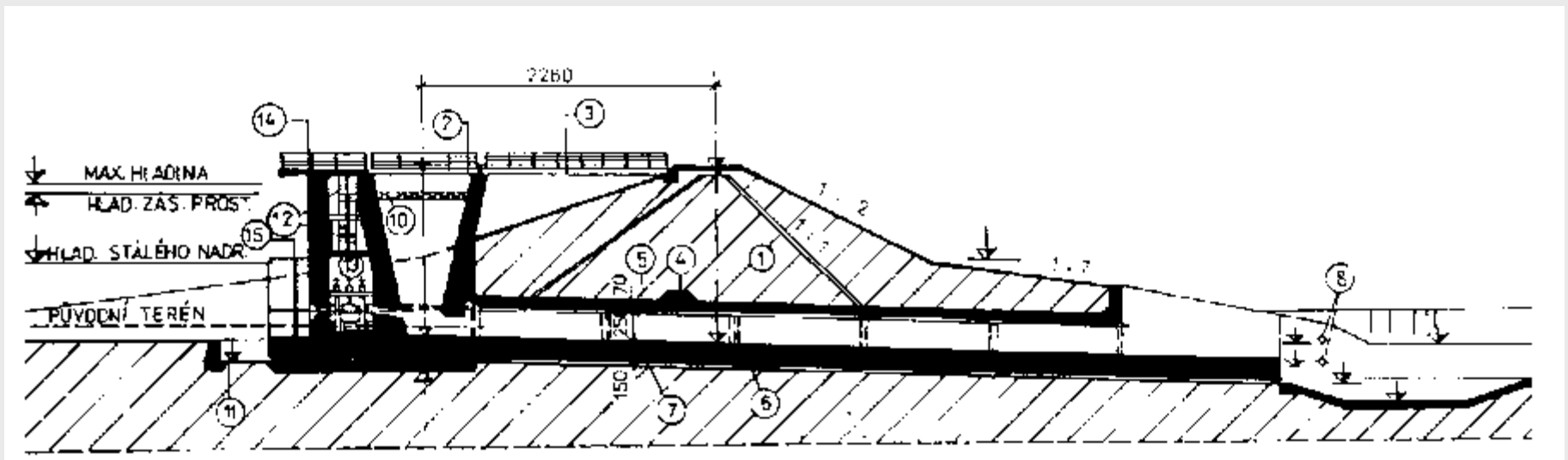
- šachtové



Bezpečnostní přeliv

Typy přelivů

- kombinované (sdružený objekt)
 - výpust + šachtový bezpečnostní přeliv



1-hráz, 2,3-lávka, 4-ozub, 5-odběr, 6-dilatační spáry 7-stavební výpust, 8-drén, 9,12-schody, 10-obklad koruny přelivu, 11-jímka, 13-šoupátkový uzávěr, 14-drážky česlí a hradidel, 15- drážky provizorního hrazení

Bezpečnostní přeliv

Typy přelivů

- kombinované: požerák + kašnový bezpečnostní přeliv



Bezpečnostní přeliv

Typy přelivů

- speciální
 - přelivy nouzové – vypomáhají hlavnímu přelivu
 - dimenzovány na nižší průtok
 - přelivná hrana je výš než u hlavního bezpečnostního přelivu

Zátopa

- posouzení stability svahů vzhledem k prudkému stoupnutí a poklesu hladiny v průběhu povodně
 - případná technická nebo vegetační opatření
- úprava druhového složení porostu vzhledem k občasnému zaplavení
- nesmí být umístěny stavby pro bydlení a rekreaci, výrobní provozy a sklady a skládky látek ohrožující jakost vody, snadno odplavitelné předměty
- při očekávaném zvýšeném chodu splavenin návrh opatření pro jejich zachycení, odolná proti destrukci při povodni
 - hrázky, vegetační pásy

Zátopa

- návrh využití by měl vycházet ze současného stavu
- změna vodohospodářských poměrů
 - přizpůsobení využití v různých částech zátopy podle míry ovlivnění
- faktory ovlivňující možnosti využití:
 - režim záplav – četnost v jednotlivých ročních obdobích, splaveninový režim
 - výrobní poměry – zemědělství, lesnictví
 - půdní a klimatické poměry
 - další územní požadavky

Zátopa

Zemědělské využití

- trvalé zatravnění
 - plynulý sklon terénu pro povrchové odvodnění
 - časový režim umožňuje ošetřování a sklizeň porostu, spásání
 - vhodná úroveň hladiny podzemní vody pro louky
- orná půda
 - dostatečně mocná vrstva ornice s přiměřeným obsahem skeletu – zabránění splavování ornice při prázdnění nádrže
 - časový režim záplav umožňuje pěstování plodin s kratší vegetační dobou
 - přirozená dobrá propustnost dna nádrže

Zátopa

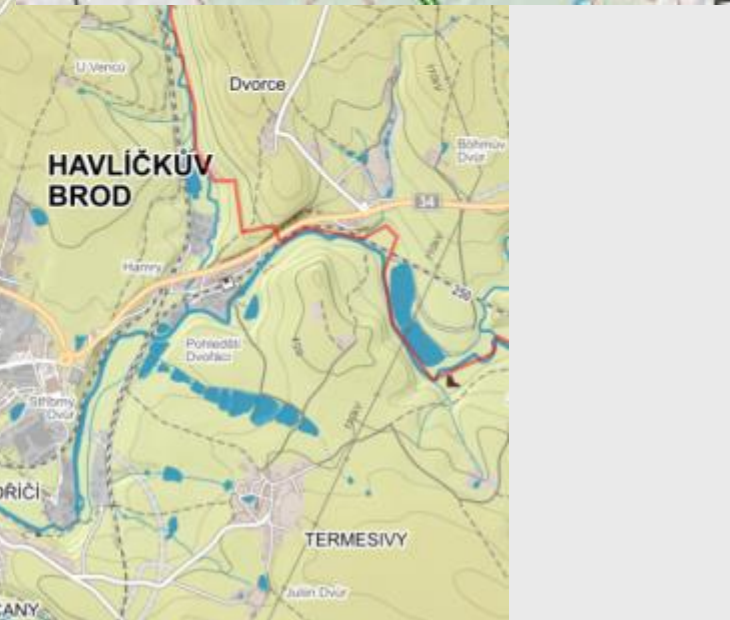
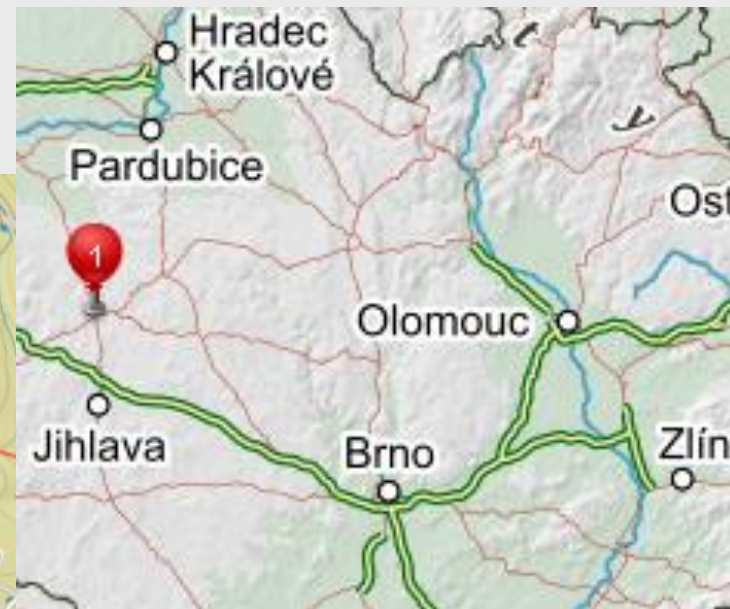
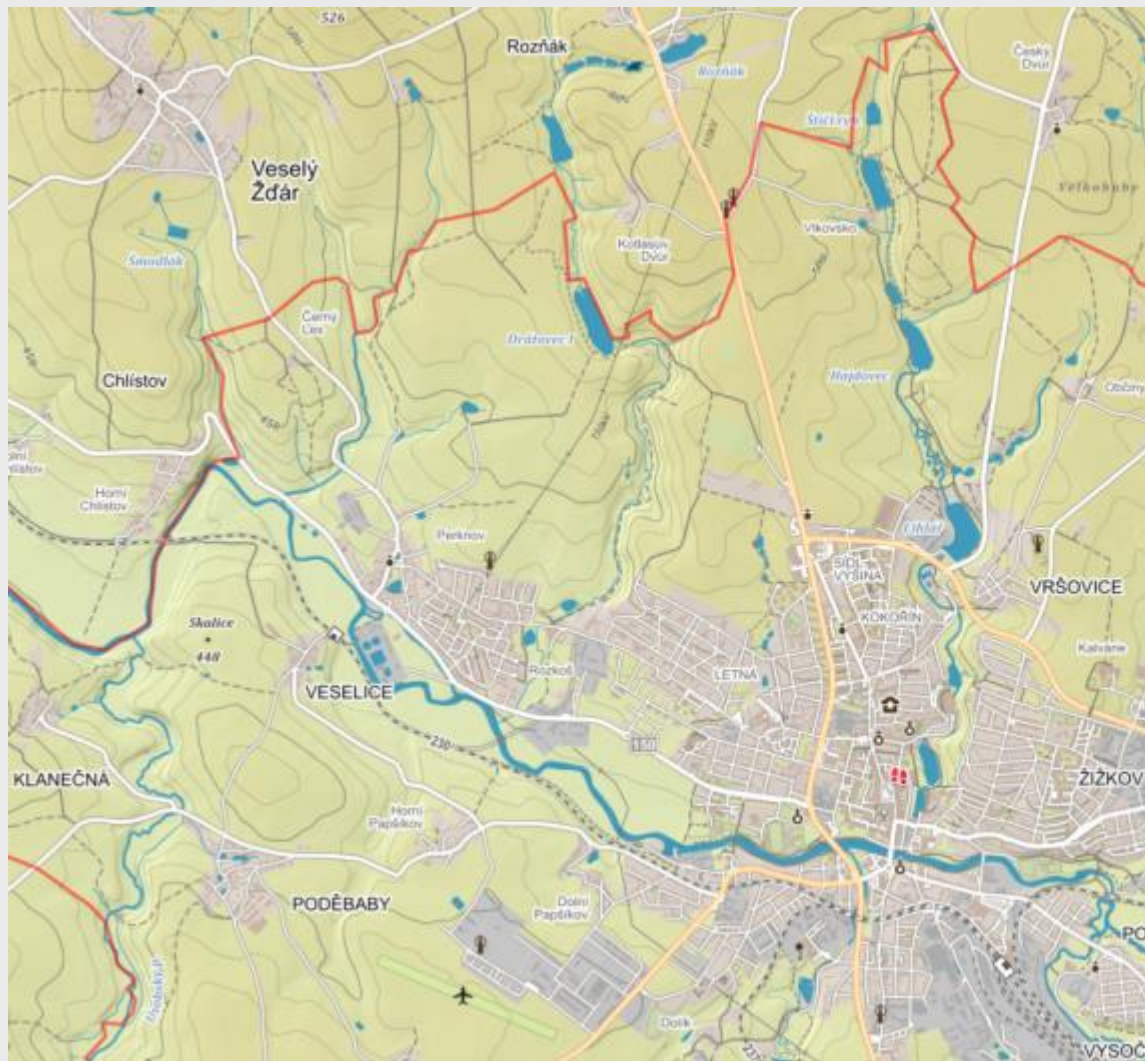
Lesnické využití

- příznivé podmínky pro zakládání porostů v zátopách suchých nádrží
- lesy hospodářské
- lesy zvláštního určení
 - zvýšená půdoochranná nebo krajínotvorná funkce
- speciální kultury
 - rychle rostoucí dřeviny s energetickým využitím

Další využití

- rekreační
- sportovní
- ÚSES

Havlíčkův Brod



Havlíčkův Brod

- retenční prostor: TTP, tůň s mokřadními společenstvy, rekreace



Havlíčkův Brod



Havlíčkův Brod



Olešnice



Olešnice

- retenční prostor: TTP, vegetace zamokřených lokalit



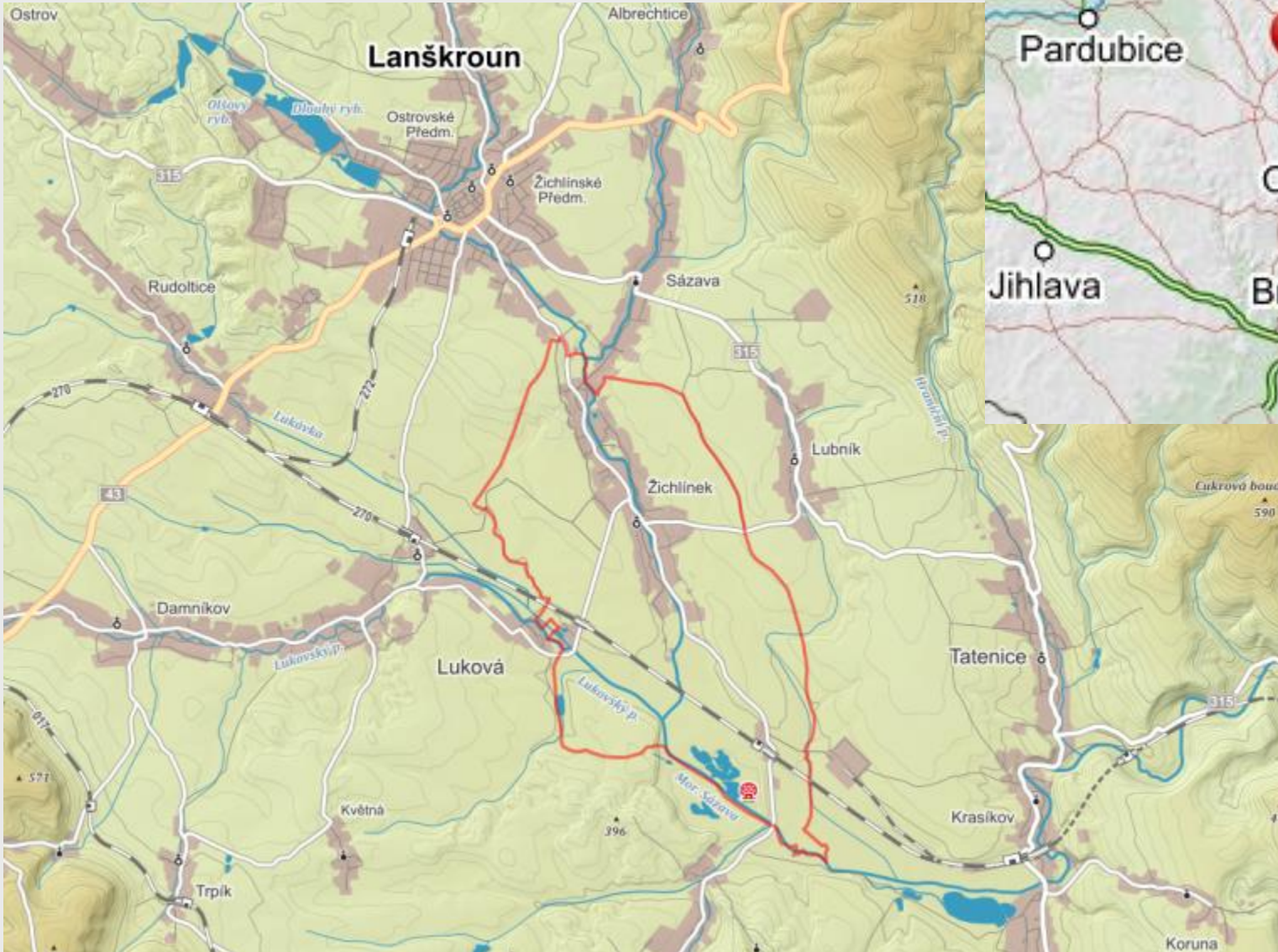
Olešnice



Olešnice



Žichlínek



Žichlínek

- retenční prostor: TTP, tůně s mokřadními společenstvy



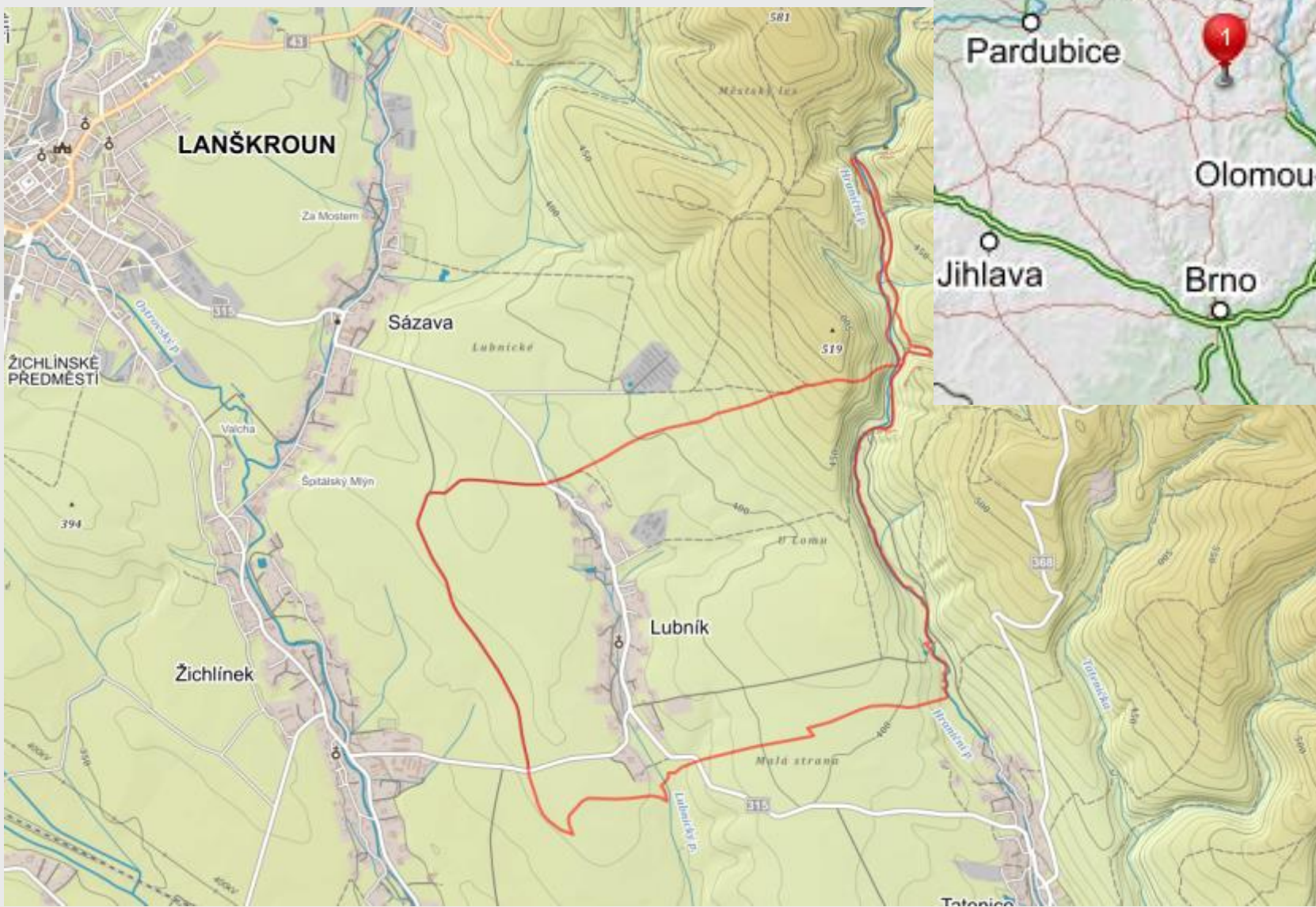
Žichlínek



Žichlínek



Lubník



Lubník

- soustava 3 retenčních nádrží: 1 se stálým nadržením, 2 suché
- retenční prostor: vodní plocha, TTP



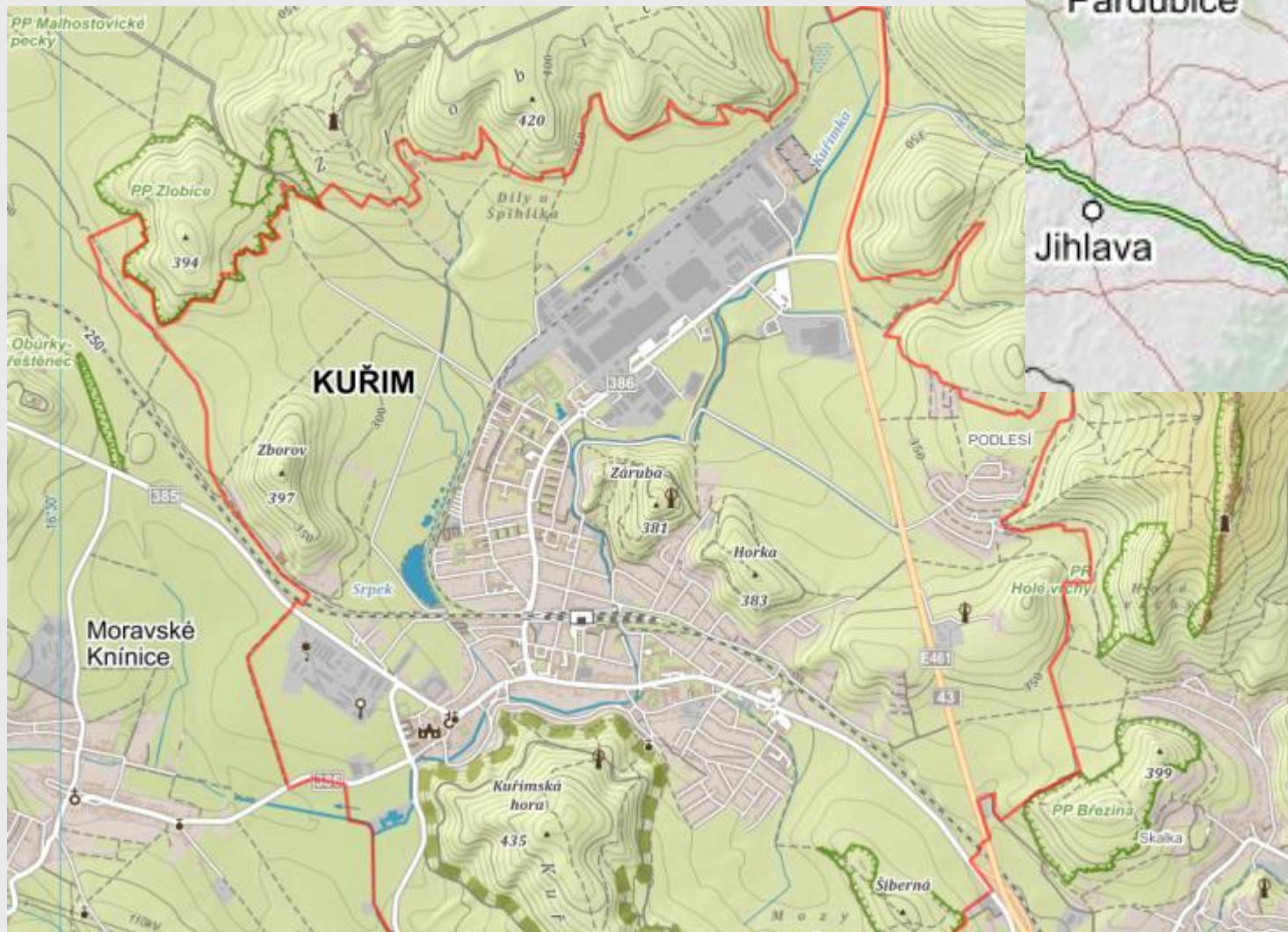
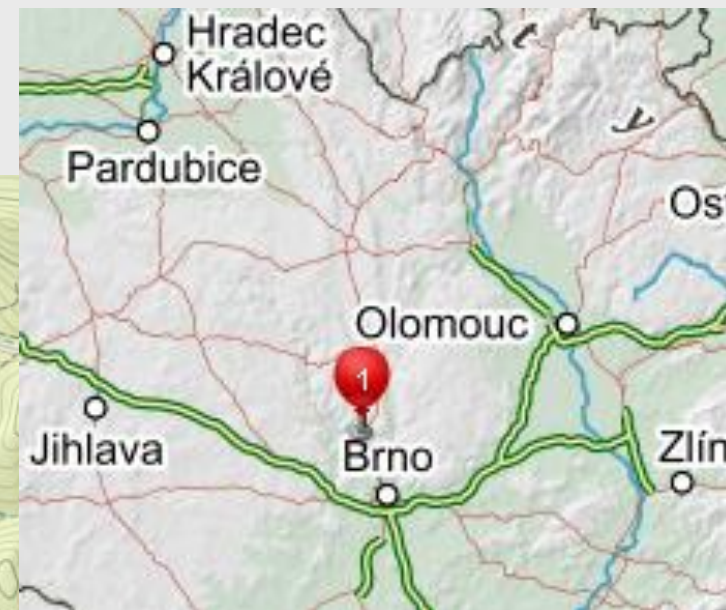
Lubník



Lubník



Kuřim



Kuřim

- retenční prostor: zemědělství (rostlinná výroba)



Kuřim



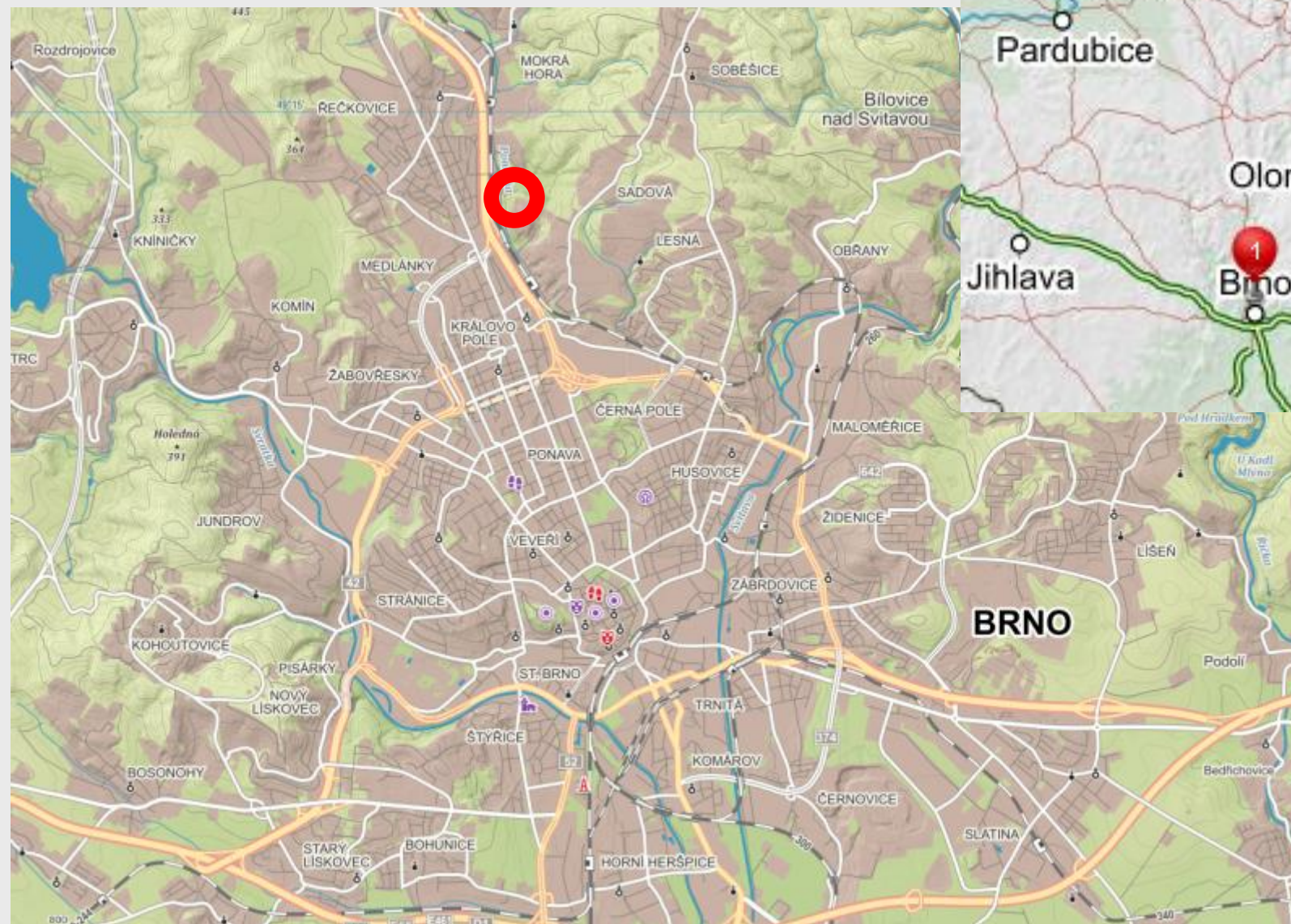
Kuřim



Kuřim

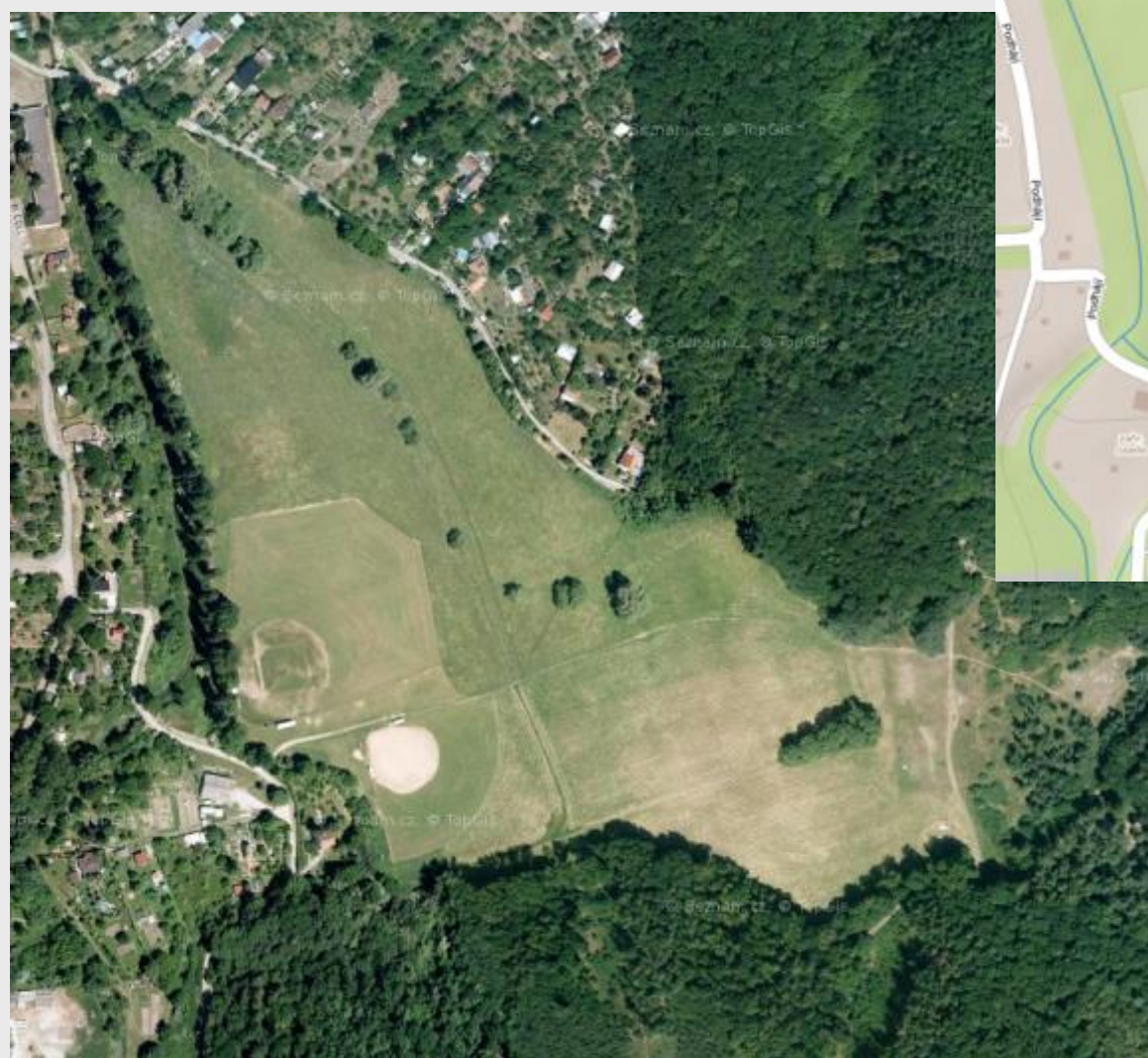


Brno – Řečkovice



Brno – Řečkovice

- retenční prostor: TTP, rekreace



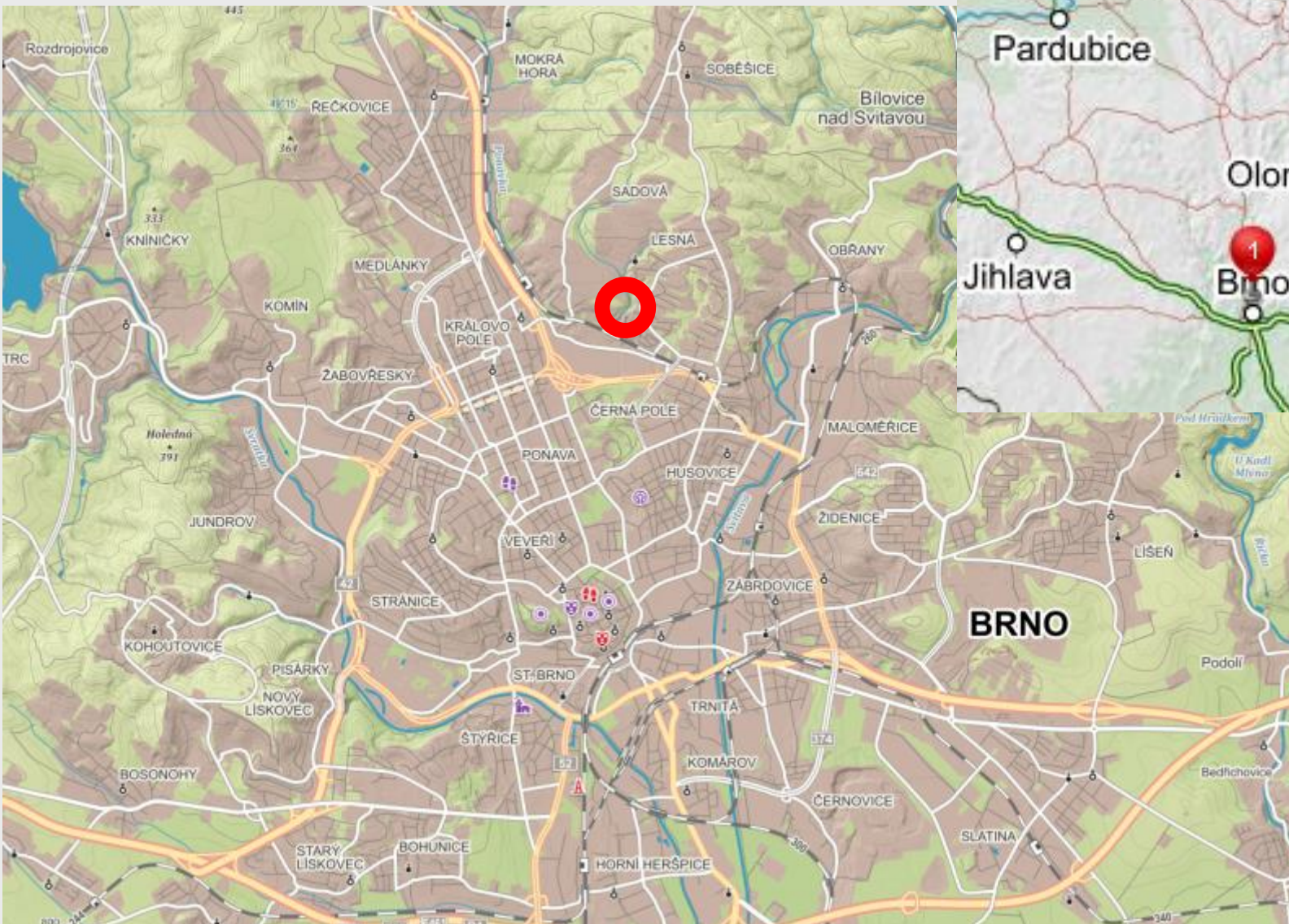
Brno – Řečkovice



Brno – Řečkovice

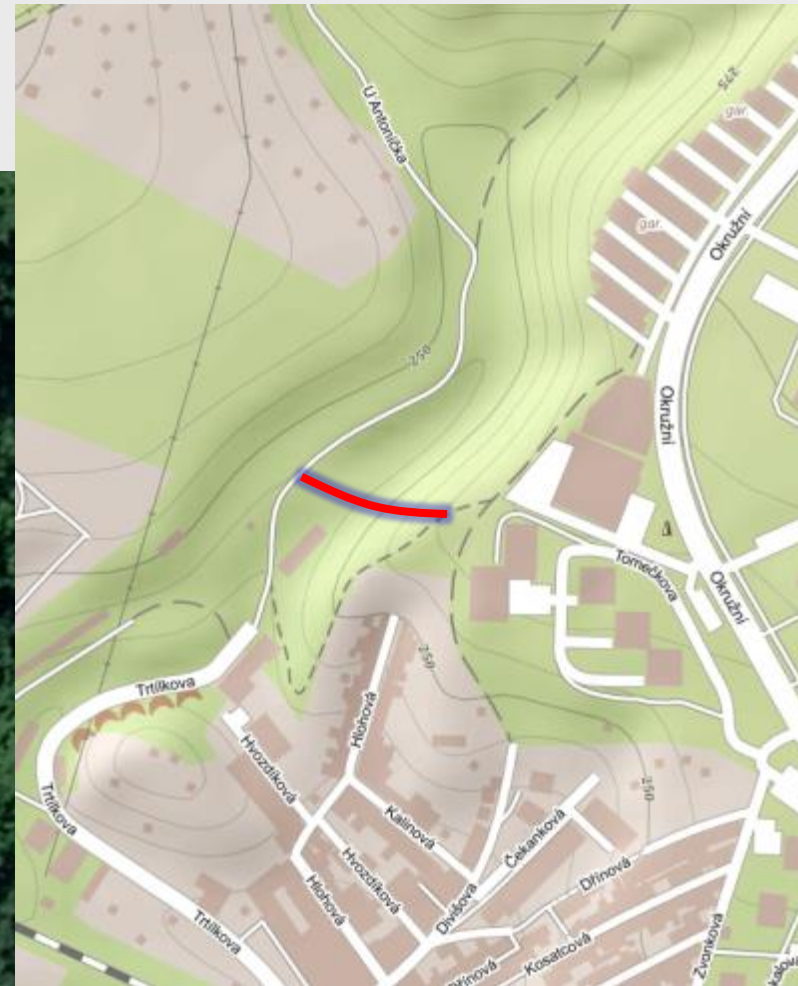


Brno – Lesná



Brno – Lesná

- retenční prostor: lesní porost



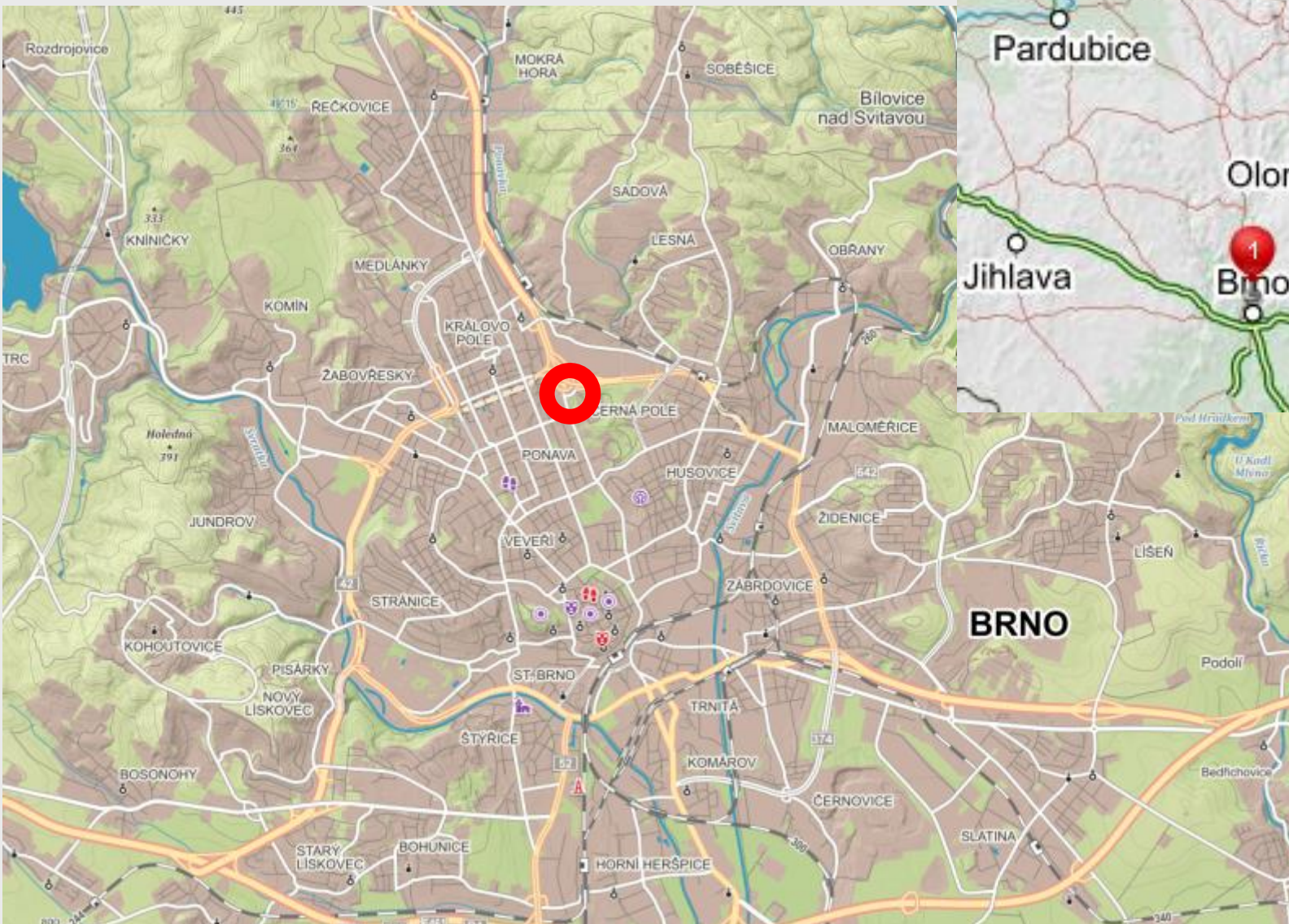
Brno – Lesná



Brno – Lesná

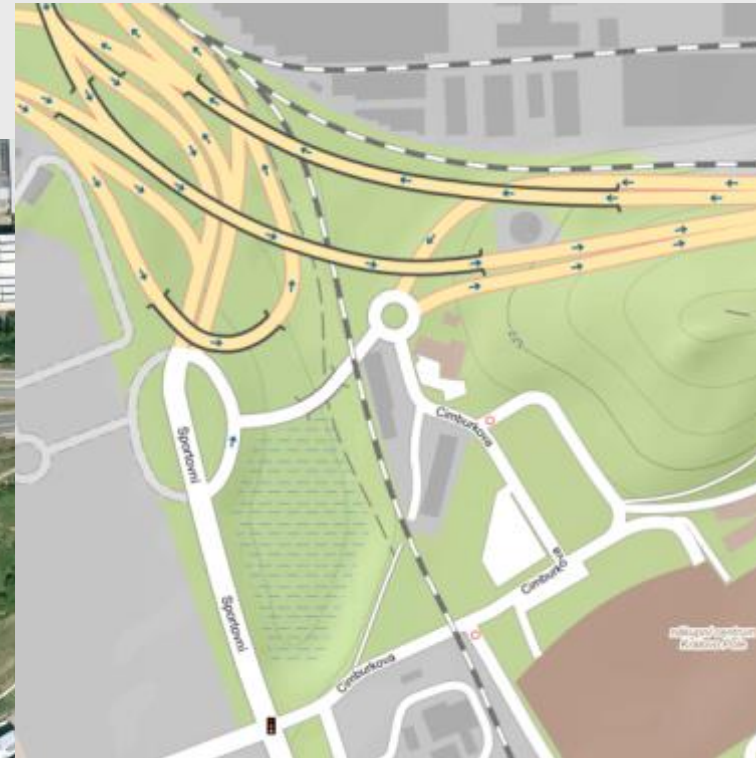


Brno – Ponava



Brno – Ponava

- retenční prostor: mokřadní biotop



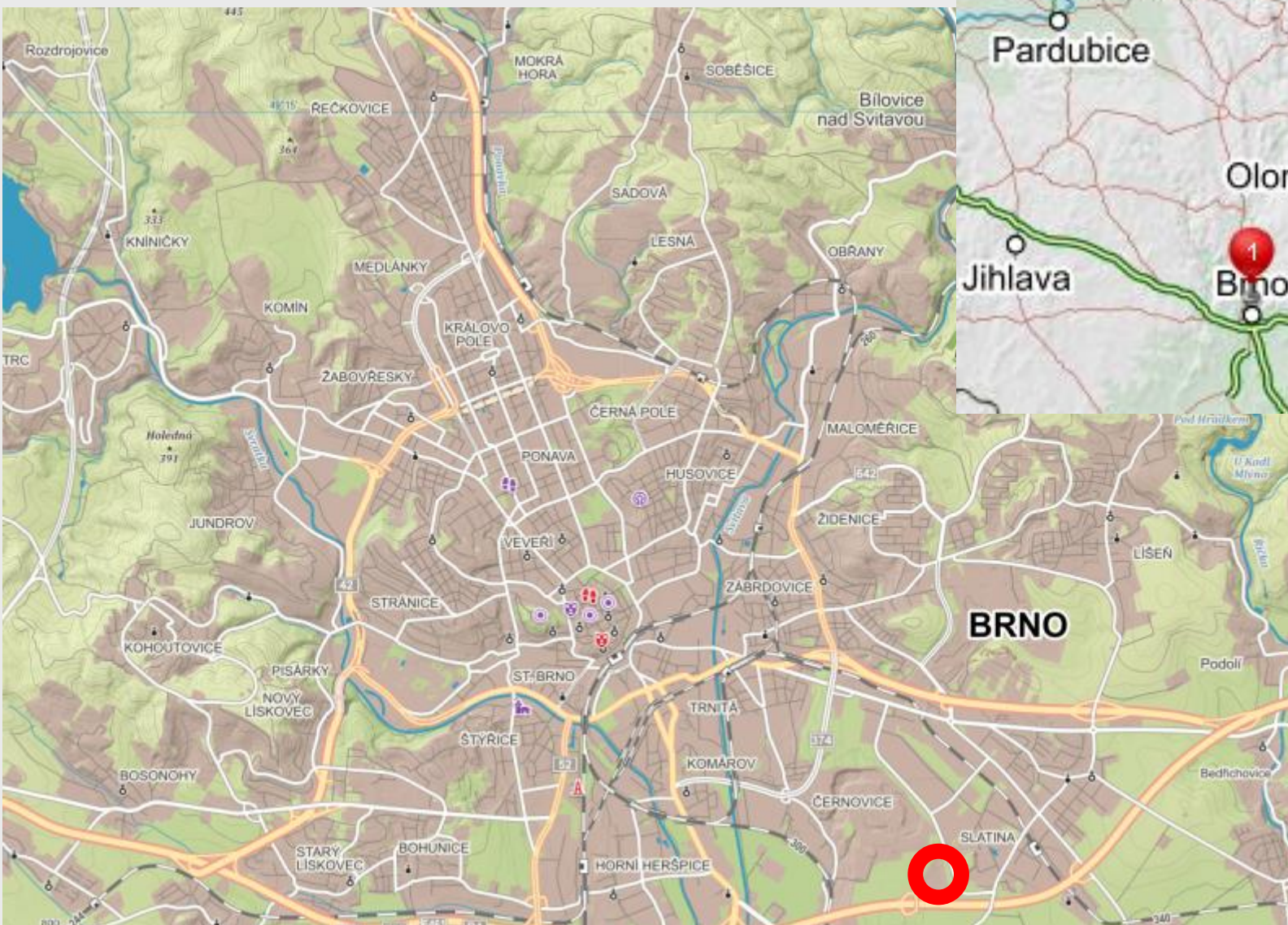
Brno – Ponava



Brno – Ponava

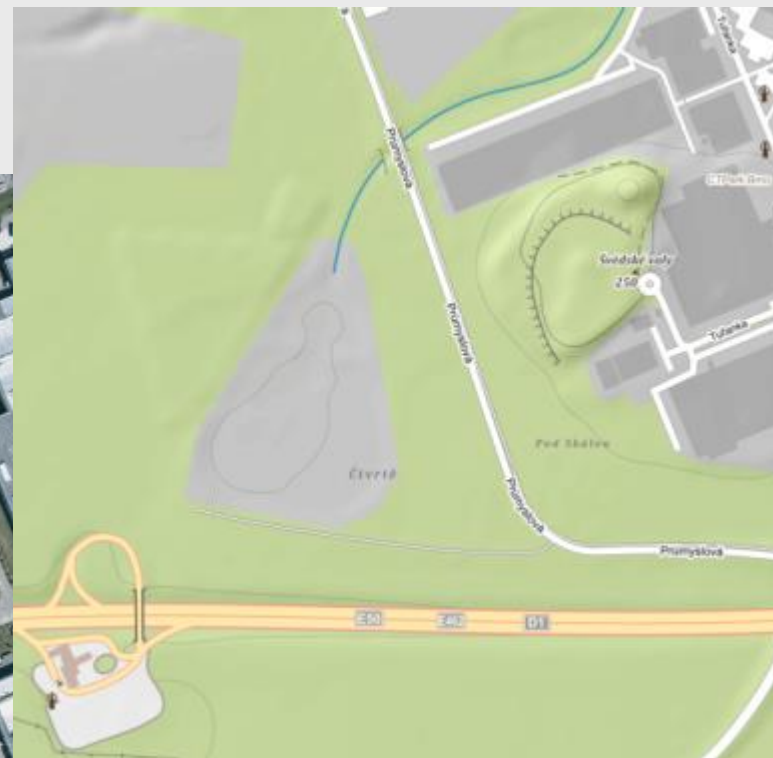
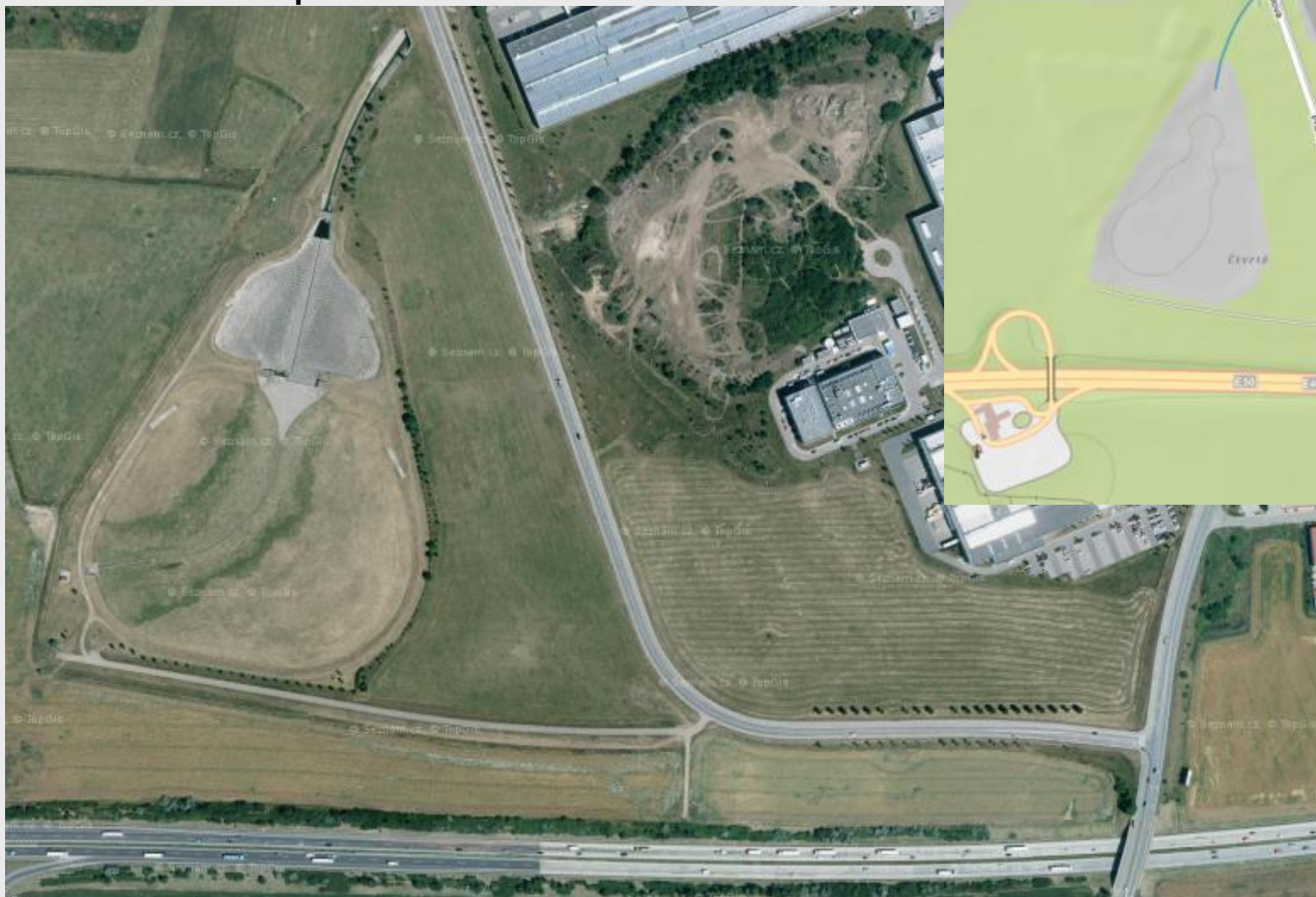


Brno – Černovická terasa



Brno – Černovická terasa

- retenční prostor: zatravnění



Brno – Černovická terasa



Manipulační řád

- souhrn předpisů, zásad a směrnic podle kterých se provádí veškeré manipulace s vodou v nádrži (vyhl. č. 216/2011 Sb.)
- obsah MŘ
 - účel a popis vodní nádrže
 - pravidla pro manipulaci
 - odběry vody
 - vypouštění a plnění nádrže
 - manipulace k ochraně a zlepšení jakosti vody
 - manipulace k zabezpečení ekologických funkcí
 - bezpečnostní opatření a manipulace za krizových situací
 - pozorování a měření na nádrži

Provozní řád

- souhrn předpisů, směrnic a pokynů pro obsluhu a údržbu zařízení nádrže (vyhl. č. 216/2011 Sb.)
- obsah
 - provozní předpisy jednotlivých zařízení
 - pokyny a údaje o provádění pozorování
 - lhůty a pokyny pro provádění prohlídek a kontrol
 - program technicko-bezpečnostního dohledu nad VD
 - povinnosti obsluhy VD za mimořádných situací, hlídkové služby při nebezpečí povodně
 - požadavky na údržbu objektů a zařízení (čištění, nátěry, ...)
 - pokyny zajišťující bezpečnost prací při provozu a údržbě
 - pokyny pro vedení provozního deníku
 - zákazy platné na VD

Provoz a údržba suchých nádrží a jejich hrází

Travní pokryv

- dodatečný osev svahů vhodnými druhy trav, případně položení travního drnu včetně doplnění ornice se zhutněním
- odstranění nerovností a ostatních poškození (např. krtince)
- pravidelné sečení namáhaných ploch (návodní svah) několikrát ročně s odstraněním naplaveného a posečeného materiálu – alternativně spásání

Dřeviny

- na hrázích často rozvoj náletových dřevin / výsadba v rámci výstavby
- Metodický pokyn k TBD nad VD MZe č.j. 37380/2010-15000, kap. C k ošetřování, údržbě a ochraně vegetace na sypaných hrázích malých vodních nádrží při jejich výstavbě, stavebních změnách a provozu
- výskyt dřevin možný, pokud se neprojeví negativní účinky

Provoz a údržba suchých nádrží a jejich hrází

Dřeviny

- nevhodné dřeviny s mělkým kořenovým systémem
- odolnost proti vývratu větrem (dub, jilm, javor, lípa)
- lokální poškození hráze okolo dřevin při silném proudění/vlnění
- vznik dutin a průsakových cest v případě uhnívajících kořenů za přístupu vzduchu (vůči rozkladu odolný dub, jilm)
- husté keře mohou bránit výkonu TBD
 - snížená přehlednost hráze, ztížená kontrola deformací a průsaků
- vzrostlé stromy a keře na koruně hráze překážkou pro průjezd při údržbě a mimořádných situacích
- zarůstání hrázových přelivů a odpadů od nich – snížení průtočné kapacity
- možný negativní vliv na stavební objekty – mechanické porušení

Provoz a údržba suchých nádrží a jejich hrází

Dřeviny – podmínky pro zachování v tělese hráze

- umístění alespoň 6 m od stavebních objektů v tělese hráze
- kořenový systém mimo těsnící prvek nehomogenních hrází
- dřeviny na vzdušném svahu umístěny tak, aby nezhoršovaly funkci odvodňovacích prvků a umožnily sledování průsaků
- stromy v zátopě dostatečně daleko od paty hráze – nebezpečí výmolů v hrázi při proudění vody a vrůstání do tělesa hráze
- v podhrází minimální vzdálenost 10 m od vzdušní paty hráze
- dřeviny v zátopě nesmí snižovat kapacitu objektů
- pravidelné prořezávky
- odumřelé kořeny třeba vykopat a hráz sanovat

Provoz a údržba suchých nádrží a jejich hrází

Stavební objekty v hrázi

- údržba příslušenství VD
 - spodní výpusti a uzávěry, bezpečnostní přelivy
- kontrola poškození stavebních částí (trhliny) i technologického zařízení
 - pohyblivost a manipulovatelnost uzávěrů, rezivění vodicích drážek, stav nátěrů konstrukcí

Ostatní údržba

- drenážní systém, dlažby a ostatní opevnění
- cesty, schody, rampy
- kontrola stavu díla po povodňové události
- jednorázový pojezd vibračním válcem (jaro + podzim)
 - stlačení dutin v důsledku mrazu a hlodavců

Provoz a údržba suchých nádrží a jejich hrází

Ochrana před živočichy

- bobři, ondatry, nutrie, křečci, hraboši, myši, krtci, rejsci, lišky, tchoři, lasičky, kuny
- ohrožení stability a bezpečnosti hráze
 - průsakové cesty v tělese hráze a jejím podloží
 - poškození těsnění hráze a porušení povrchu
 - poškození travních drnů a kořenového systému dřevin
- sanace nor – vykopání + zásyp soudržnou zeminou se zhutněním po vrstvách
- opatření proti hlodavcům – ztenčení humózní vrstvy, zabudování hrubozrnného materiálu
- opevnění břehů toku v zátopě kamenným záhozem / rovnaninou
- vertikální bariéry u paty hráze – štět. stěny, rýhy vyplněné štěrkem

Děkuji za pozornost!

Ing. Petr Pelikán, Ph.D.

Ústav inženýrských staveb, tvorby a ochrany krajiny

Lesnická a dřevařská fakulta

Mendelova univerzita v Brně

Zemědělská 3, 613 00 Brno

