



ČVUT v Praze, Fakulta stavební  
Katedra hydrotechniky  
Thákurova 7, 166 29 Praha 6

---

# **Analýza povodňových škod, rizik a ekonomické efektivnosti PPO VD Amerika**

**Protipovodňová ochrana na řece Klabavě**

**Řešitelé:** doc. Dr. Ing. Pavel Fošumpaur  
doc. Ing. Ladislav Satrapa, CSc.  
Ing. Martin Horský, Ph.D.

**Zadavatel:** Sweco Hydroprojekt a.s.  
Táborská 31  
140 16 Praha 4

---

Praha, červenec 2015



OBSAH:

<b>1. ÚVOD .....</b>	<b>3</b>
<b>2. POUŽITÉ PODKLADY .....</b>	<b>4</b>
<b>3. METODIKA ŘEŠENÍ .....</b>	<b>6</b>
3.1 Odhad potenciálních povodňových škod.....	6
3.2 Riziková analýza .....	7
3.2.1 Výpočet povodňového rizika.....	7
3.2.2 Výpočet současné hodnoty rizika.....	9
3.3 Určení ekonomické efektivity PPO .....	9
<b>4. VÝPOČET POTENCIÁLNÍCH POVODŇOVÝCH ŠKOD.....</b>	<b>11</b>
4.1 Současný stav.....	12
4.2 Stav po realizaci VD Amerika.....	13
<b>5. STANOVENÍ POVODŇOVÉHO RIZIKA .....</b>	<b>14</b>
<b>6. URČENÍ EKONOMICKÉ EFEKTIVNOSTI PPO.....</b>	<b>16</b>
<b>7. ZÁVĚR .....</b>	<b>17</b>
<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY .....</b>	<b>18</b>



# 1. Úvod

Předmětem plnění zhotovitele dle smlouvy o dílo je vypracování analýzy povodňových škod a rizik a výpočet ekonomické efektivity pro akci „**PPO VD Amerika**“. Ochrana obcí podél toku Klabavy bude realizována pomocí retenční nádrže na Klabavě ve vojenském újezdě Brdy nad obcí Strašice.

Cílem rizikové analýzy je objektivní kvantifikace povodňových škod a povodňových rizik v zájmové lokalitě, a to pro zadané technické řešení protipovodňových opatření (PPO). Vyčíslená povodňová rizika budou následně porovnána s hodnotami investičních nákladů pomocí analýzy nákladů a užitků. Výsledkem této analýzy je zejména vyhodnocení ekonomické efektivity zadaného PPO.

Posuzované řešení PPO na Klabavě vychází z podkladů od zpracovatele projektové dokumentace, kterým je společnost Sweco Hydroprojekt, a.s. (2015).

Obsahová náplň analýzy je rozdělena do třech základních částí:

a) Odhad potenciálních povodňových škod a počtu ohrožených obyvatel.

Zpracování odhadu povodňových škod vychází jednak z mapových podkladů distribuce majetku v zájmových oblastech a zejména z podrobného místního šetření. Metodika je rámcově popsána ve zprávě, popř. v materiálu: *Návrh metodiky stanovování povodňových rizik a škod v záplavovém území a její ověření v povodí Labe, projekt: VaV/650/502, VÚV, (Metody stanovování potenciálních škod - ČVUT), 2005.*

b) Riziková analýza.

Cílem je výpočet průměrné roční škody, která vychází jednak z rozsahu škod pro stanovená záplavová území a z pravděpodobnosti jejich výskytu. Následně je určeno kapitalizované riziko metodou věčné renty.

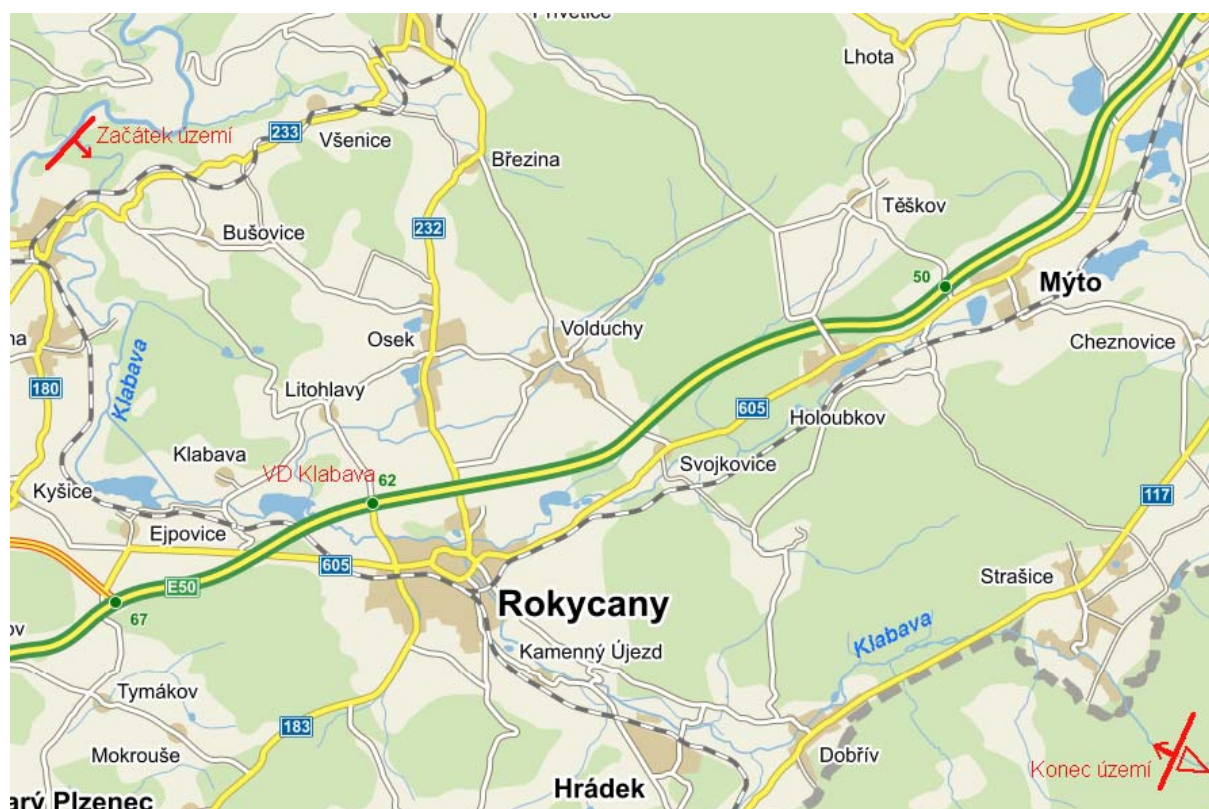
c) Stanovení ekonomické efektivity.

Postup pro stanovení povodňových rizik a ukazatelů ekonomické efektivity prostředků PPO je založen na původní metodice, která vznikla na pracovišti zpracovatele (ČVUT v Praze, Fakulta stavební, Katedra hydrotechniky).

## 2. Použité podklady

Základním podkladem pro analýzu povodňových rizik je popis technické koncepce PPO na ochranu obcí podél Klabavy (Sweco Hydroprojekt, 2015). Tato koncepce je dána návrhem retenční nádrže Amerika. Vodní dílo je navrženo jako suchá retenční nádrž na 37,6 ř. km toku Klabavy nad obcí Strašice ve vojenském újezdě Brdy. Plocha povodí k profilu hráze je 69,5 km<sup>2</sup>. Hráz je navržena jako homogenní zemní výšky cca 22m s bezpečnostním přelivem na pravém břehu, který bude ve funkci až po překročení  $Q_{100}$ , a trvale otevřeným výpustním otvorem u dna 1,25 x 1,25 m umístěným v betonovém objektu uprostřed hráze v místě křížení toku. Druhý otvor bude ve výši 70 cm na úrovni bermy koryta a bude trvale uzavřen. Oba otvory budou hrazeny stavidly. Nádrž bude transformovat průtok  $Q_{100}$  (66,7 m<sup>3</sup>/s) pod úroveň  $Q_5$  (cca 19,4 m<sup>3</sup>/s), který lze považovat až na pár lokálních míst na Klabavě za neškodný průtok až po nádrž Klabava. Objem nádrže je cca 2,1 mil. m<sup>3</sup>.

Zájmové území toku, kde byly stanoveny záplavové území na Klabavě před a po realizaci VD Amerika, je znázorněno na obrázku 2.1. Začíná nad obcí Strašice pod profilem plánované nádrže, prochází přes Strašice, Dobřív, Hrádek, Rokycany, VD Klabava, Klabavu, Ejpovice, Kyšice, Dýšina a Chrást a končí soutokem Klabavy s Berounekou.



Obr. 2.1 Situace chráněného zájmového území na Klabavě (podklad: mapy.cz)

Pro kvantifikaci rozsahu povodňových škod bylo dále využito zejména těchto podkladů:

- Digitální katastrální mapy,
- RES - Registr ekonomických subjektů - ČSÚ,
- RSO - Registr sčítacích obvodů - ČSÚ,
- Ortofotomapy,



- Města, obce online - [www.mesta.cz](http://www.mesta.cz),
- Studie záplavových území  $Q_{100}$ ,  $Q_{20}$  a  $Q_5$  před a po realizaci VD Amerika - Doc. Ing. Aleš Havlík, CSc. - Revital.
- Stanovení neškodného průtoku na toku Klabava v úseku ústí do Berounky - Strašice - Doc. Ing. Aleš Havlík, CSc. - Revital.



### 3. Metodika řešení

#### 3.1 Odhad potenciálních povodňových škod

Pro hodnocení potenciálních povodňových škod byla použita metodika ztrátových křivek vyvinutá katedrou hydrotechniky Stavební fakulty ČVUT v Praze [3]. Použitou metodikou byly stanoveny škody v následujících kategoriích majetku:

- Stavební objekty,
- Vybavenost objektů pro bydlení a objektů občanské výstavby,
- Komunikace,
- Železnice,
- Mosty,
- Sportovní plochy,
- Inženýrské sítě,
- Zemědělská rostlinná výroba a pozemky,
- Průmysl
- Dopravní prostředky.

Samotná metoda odhadování vychází ze základního vztahu

$$D_{ik} = Q_{ik} C_k L_k \quad [\text{Kč}] \quad (3.1)$$

kde

- $i$  index objektu v dané kategorii majetku
- $k$  index jednotlivých hodnocených kategorií majetku
- $Q$  množství či velikost zasaženého objektu dle kategorie [ks], [m], [m<sup>2</sup>], nebo [m<sup>3</sup>]
- $C$  jednotková cena měrné jednotky dle hodnocené kategorie v [Kč/ks], [Kč/m], [Kč/m<sup>2</sup>], nebo [Kč/m<sup>3</sup>]
- $L$  hodnota ztráty (škody) [%] pro jednotlivé kategorie vyjádřená v závislosti na zaplavení či hloubce zaplavení
- $D$  hodnota vyčíslené škody daného objektu  $i$  a kategorie  $k$  [Kč]

Základní princip výpočtu pro jednotlivé kategorie škod je stále stejný, pouze je rozdíl v měrných jednotkách a jejich cenách, kde stavební objekty jsou počítány zpravidla v m<sup>3</sup> obestavěného prostoru, infrastruktura v m<sup>2</sup> plochy případně m délky, inženýrské sítě v m délky a zemědělské pozemky v m<sup>2</sup> plochy. Ztrátové křivky se kromě hodnot dělí na křivky závislé (stavební objekty), či nezávislé (inženýrské sítě, infrastruktura, zemědělství) na hloubce zatopení. Jednotlivé jednotkové ceny majetku vycházejí z oficiálních veřejných státem udržovaných statistik a ztrátové funkce jsou výsledkem detailního výzkumu. Vlastní potenciální škody jsou vyjádřeny v intervalu hodnot (min, max), ve kterém by se v případě povodně měla nacházet skutečná škoda. Pro případné další rizikové a ekonomické analýzy se uvažuje střední hodnota škody.

Škody na objektech se sčítají pro jednotlivé kategorie majetku dle vztahu:

$$D_k = \sum_i D_{ik} \quad [\text{Kč}] \quad (3.2)$$



a nakonec celková škoda v hodnoceném území se sčítá přes jednotlivé kategorie majetku pro dané  $Q_n$

$$D = \sum_k D_k \quad [\text{Kč}] \quad (3.3)$$

Potenciální povodňové škody byly vyjádřeny pro jednotlivé zadané průtoky  $Q_5$ ,  $Q_{20}$  a  $Q_{100}$ . V případě vyjádření škod pro PPO byla posuzovaná lokalita vymezena hranicí navržené protipovodňové ochrany a největším rozlivem ( $Q_{100}$ ). Hloubky záplavy byly stanoveny na základě výsledků 1D modelu, případně na základě dodaných kót terénu a hladin rozlivů. Vlastní inventarizace a kategorizace majetku byla provedena na základě dodaných datových podkladů (katastrální mapy, geodetická zaměření, RES, RSO, www.mesta.cz, ortofotomapy a „streetview“ v rámci online map. Na základě zjištěných dat byla vytvořena databáze objektů propojená do dat GIS sloužící jako vstupní podklad pro výpočet. Počty bytů byly stanoveny dle počtu podlaží a ploch obytných objektů zjištěných při šetření. Počty obyvatel byly odhadnuty ze souhrnné statistiky počtu obyvatel připadajících na jeden byt v dané lokalitě dle statistik ČSÚ.

## 3.2 Riziková analýza

### 3.2.1 Výpočet povodňového rizika

Metoda rizikové analýzy umožňuje objektivně vyhodnotit povodňové škody způsobené povodněmi s různou pravděpodobností výskytu. Povodňové riziko je obecně závislé na výši povodňových škod a na pravděpodobnosti jejich vzniku podle vztahu:

Riziko = Škoda x Pravděpodobnost škody.

Pro průměrné povodňové riziko na jeden rok platí:

$$R = E(D) = \int_0^{+\infty} D(Q) \cdot f(Q) dQ \cong \int_{Q_a}^{Q_b} D(Q) \cdot f(Q) dQ \quad (3.4)$$

kde  $R = E(D)$  je průměrné povodňové riziko na jeden rok [Kč/rok],  
 $D(Q)$  je výše škody při průtoku  $Q$  [Kč],  
 $Q$  je průtok [ $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ],  
 $f(Q)$  je hustota pravděpodobnosti ročních kulminačních průtoků [-],  
 $Q_a$ , resp.  $Q_b$  je průtok při kterém právě začínají vznikat škody, resp. průtok při kterém je pravděpodobnost škod již blízká nule [ $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ],  
 $a$ , resp.  $b$  je doba opakování průtoku  $Q_a$ , resp.  $Q_b$  [roky].

Distribuční funkce ročních kulminačních průtoků je definována:

$$F(Q_x) = \int_0^{Q_x} f(Q) dQ \quad (3.5)$$

kde  $F(Q_x)$  je hodnota distribuční funkce pro průtok  $Q_x$ , tedy pravděpodobnost, že průtok  $Q_x$  nebude v daném roce překročen. Pro hustotu pravděpodobnosti ročních maxim tudíž platí:



$$f(Q) = \frac{dF(Q)}{dQ} \quad (3.6)$$

Pravděpodobnost překročení je dána pomocí výrazu:

$$P(Q) = 1 - F(Q) \quad (3.7)$$

a proto

$$dP(Q) = -dF(Q) \quad (3.8)$$

Doba opakování  $N$  průtoku  $Q$  je:

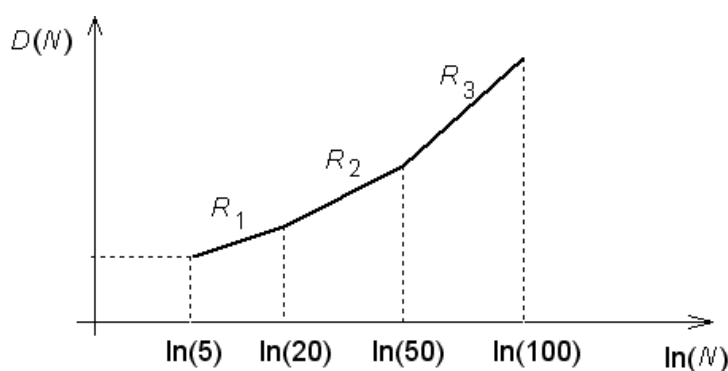
$$N(Q) = -\frac{1}{\ln(1 - P(Q))} \cong \frac{1}{P(Q)} \quad (3.9)$$

Vztah (3.4) lze tudíž s využitím (3.7) a (3.9) zapsat jako:

$$R = \int_{Q_a}^{Q_b} D(Q) \cdot dF(Q) = - \int_{Q_a}^{Q_b} D(Q) \cdot dP(Q) = - \int_a^b D(N) \cdot d \frac{1}{N} \quad (3.10)$$

Vztah (3.10) je již dále snadno numericky řešitelný. Protože funkce  $D(Q)$  popisující hodnoty škod v závislosti na kulminačním průtoku povodně není známa spojitě, ale pouze v diskrétních bodech (podle stanovených záplavových území), vychází řešení obvykle z předpokladu lineární závislosti výše škod na logaritmu doby opakování průtoku [2].

Pro stanovení povodňového rizika na základě povodňových škod pro povodně s různými dobami opakování, např.  $Q_5$ ,  $Q_{20}$ ,  $Q_{50}$  a  $Q_{100}$ , lze řešení zpracovat linearizací po úsecích podle následujícího obr.3.1.



**Obr.3.1** K určení povodňového rizika na základě znalosti povodňových škod pro několik průtoků.

Povodňové riziko se pak určí pro každý interval zvlášť. Celkové povodňové riziko je pak dáno součtem rizik v jednotlivých intervalech:





$$R = \sum_{i=1}^3 R_i \quad [\text{Kč/rok}] \quad (3.11)$$

### 3.2.2 Výpočet současné hodnoty rizika

Pro výpočet současné hodnoty rizika (kapitalizované riziko) je použit diskontní přístup. Výpočet kapitalizovaného rizika je ovlivněn velikostí diskontní sazby. Na základě vývoje diskontní sazby v ČR podle informací ČNB a vzhledem k dalšímu předpokládanému vývoji je uvažována jednotná hodnota diskontní sazby ve výši 3%. Tento předpoklad je v souladu s metodikou pro posuzování akcí zařazených do programu „Prevence před povodněmi II“. Současná hodnota rizika vychází ze vztahu pro výpočet věčné renty:

$$R_s = \frac{R}{DS} \quad (3.12)$$

kde  $R_s$  ... současná hodnota rizika, [Kč]  
 $R$  ... průměrné povodňové riziko na rok, [Kč]  
 $DS$  ... roční diskontní sazba v desetinném tvaru. [-]

### 3.3 Určení ekonomické efektivity PPO

Pro posouzení ekonomické efektivity navrženého systému PPO v zájmové lokalitě se zpravidla využívá analýza nákladů a užitků. Hodnocení pak vychází z porovnání nákladů a kapitalizované hodnoty rizika před a po realizaci PPO. Užitek PPO je dán snížením současné hodnoty rizika vlivem realizace PPO, tedy rozdílem kapitalizovaného rizika před a po realizaci PPO. Pro hodnocení ekonomické efektivity lze pak využít standardní ukazatele analýzy nákladů a užitků:

#### a) Poměrový ukazatel efektivity PPO.

Poměrový ukazatel vyjadřuje poměrnou ekonomickou efektivnost investice. Ukazatel vyjadřuje poměr, kdy v čitateli je redukce současné hodnoty rizika vlivem realizace PPO a ve jmenovateli je hodnota celkových nákladů na PPO:

$$PU = \frac{R_s(\text{bez PPO}) - R_s(\text{po realizaci PPO})}{I} \quad [-] \quad (3.13)$$

kde  $R_s(\text{bez PPO})$  ... hodnota kapitalizovaného rizika před realizací PPO, [Kč]  
 $R_s(\text{po realizaci PPO})$  ... hodnota kapitalizovaného rizika po realizaci PPO, [Kč]  
 $I$  ... celkové náklady na realizaci PPO. [Kč]

Ukazatel  $PU$  vyjadřuje poměrnou ekonomickou efektivnost opatření pomocí bezrozměrné veličiny, která udává o kolik bude sníženo současné riziko jednou korunou investice. V případě, že  $PU$  nabývá hodnot větších než 1, jde z dlouhodobého hlediska o rentabilní investici a naopak.



### b) Absolutní ukazatel efektivnosti PPO.

Tento ukazatel vyjadřuje efektivnost investice v absolutních ekonomických jednotkách. Jeho hodnota je dána ze vztahu:

$$AU = R_s(\text{bez PPO}) - \{I + R_s(\text{po realizaci PPO})\} \quad [\text{Kč}] \quad (3.14)$$

kde význam symbolů je týž jako v popisu ukazatele *PU*. Ukazatel popisuje finanční efekt navrženého PPO z dlouhodobého hlediska ve finančních jednotkách. Kladné hodnoty ukazatele svědčí o ekonomické rentabilitě opatření, záporné hodnoty naopak svědčí o ekonomické nevýhodnosti realizace takového opatření.

### c) Doba návratnosti.

Tento ukazatel slouží pro orientační vyčíslení ekonomické efektivnosti PPO pomocí doby návratnosti. Porovnání doby návratnosti jednotlivých PPO s mezními únosnými hodnotami podle tuzemských a zahraničních zkušeností poskytne další nástroj pro objektivní posouzení akcí v mezinárodním kontextu. Hodnota doby návratnosti je dána podle vztahu:

$$DN = \frac{I}{R(\text{bez PPO}) - R(\text{po realizaci PPO})} \quad [\text{roky}] \quad (3.15)$$

kde  $I$  ... celkové náklady na realizaci PPO, [Kč]  
 $R(\text{bez PPO})$  ... průměrné roční riziko před realizací PPO, [Kč.rok<sup>-1</sup>]  
 $R(\text{po realizaci PPO})$  ... průměrné roční riziko po realizaci PPO. [Kč.rok<sup>-1</sup>]



## 4. Výpočet potenciálních povodňových škod

Výpočet potenciálních povodňových škod byl proveden pro současný stav a stav po realizaci VD Amerika pro průtoky  $Q_5$ ,  $Q_{20}$  a  $Q_{100}$  v rozsahu zájmového území Klabavy od profilu nádrže VD Amerika v ř. km 37,6 nad obcí Strašice až po soutok s Beroukou. Dle použitých zdrojů dochází ke škodám v zájmovém území již při průtocích  $Q_5$ . Vlastní výpočet potenciálních škod a rizik byl proveden dle metodiky uvedené v kapitole 3.1 pro zájmové území vymezené čarou rozlivu  $Q_{100}$  za současného stavu. Zájmové území je zobrazeno na obrázku 2.1 a v příloze 1 v mapě ohroženého majetku.

V zájmovém území o rozloze cca 408 ha při rozlivu  $Q_{100}$  se nachází zejména majetek bytového charakteru (rodinné a bytové domy), několik průmyslových objektů a objekty občanské vybavenosti. Jedná se o cca 131 rodinných domů 1-2 podlažních včetně několika bytových domů, některé s podsklepením a s úrovní prvního obytného podlaží v úrovni terénu nebo jen měrně zvýšeným. Součástí většiny domů jsou i přístavby s příslušenstvím zahrad nebo garážemi. Průmysl je zastoupen několika areály v obcích podél celého toku. Z větších objektů občanské vybavenosti se pak jedná o objekty služeb a obchodu a sportovní areály včetně koupaliště a golfového hřiště. Hloubky záplavy pro jednotlivé průtoky byly zjištěny z kót hladin a dle zaměření terénu.

Následující tabulky 4.1 a 4.4 uvádí rozsah škod pro jednotlivé průtoky  $Q_N$  (současný stav a stav po realizaci VD Amerika) pro jednotlivé kategorie majetku (viz kapitola 3.1). Jedná se o škody na budovách, vybavení domácností, vybavení objektů občanské vybavenosti, sportovních plochách, komunikacích (železnice, silnice), mostech, veškerých inženýrských sítích, v průmyslu a zemědělství. Významný podíl škod pak připadá na komunikace, zejména tedy na mosty. Které jsou započítávány, pokud dojde k vylití vody přes mostovku. Veškeré hodnoty jsou uvedeny v tisících Kč. V závěru tabulky je uveden celkový součet škod pro jednotlivé průtoky.

Tabulky 4.2 a 4.5 v následujících kapitolách uvádí rozsah ohroženého majetku, který odpovídá vypočteným škodám. U budov se jedná o počet objektů, jak je identifikovatelný dle dodaných podkladů, map a ortofot a nemusí nutně korespondovat s počty nemovitostí dle č.p. Vybavení domácností je uvedeno v počtu bytových jednotek ohrožených přímým zaplavením. Rozsah škody vybavení objektů občanské vybavenosti je uváděn v plošné výměře v  $m^2$  dotčených objektů. Výměry komunikací jsou uváděny u silnic v plošné výměře v  $m^2$  zatopených komunikací a u železnic jde o délku v m zaplavených kolejí. Výměry inženýrských sítí jsou odvozeny od délek souběžných pozemních komunikací v m. Škody v průmyslu jsou vázány na plošné výměry průmyslových objektů v  $m^2$ . U zemědělství se jedná o výměry zaplavených zemědělských pozemků v hektarech včetně zahrad a parků. Dopravní prostředky jsou pak hodnoceny přes plochy zaplavených intravilánů obcí s hloubkou převyšující 30 cm. Podrobnější popis viz kapitola 3.1.

Poslední tabulky 4.3 a 4.6 (pro oba stavy) uvádí rozsahy ohroženého území v hektarech a počty ohrožených obyvatel. Jedná se čistě o území rozlivu N-letých průtoků mimo koryto toku. Při výpočtu ohrožených obyvatel se vycházelo z podkladů RSO a ze statistik sčítání lidu domů a bytů. V případě počtu obyvatel se jedná pouze o orientační hodnoty, které se nutně neshodují s evidencí obyvatel.



## 4.1 Současný stav

Jak je patrné z tabulky, potenciální povodňové škody při průtoku  $Q_{100}$  se budou pohybovat v kolem 488 mil Kč. Škody při průtoku  $Q_{20}$  a  $Q_5$  jsou pak 138 mil. Kč a 35 mil. Kč.

**Tab. 4.1** Potenciální povodňové škody pro jednotlivé průtoky a kategorie majetku.

Průtok	$Q_5$	$Q_{20}$	$Q_{100}$
Škoda na [tis. Kč]			
budovách	5 357	25 043	132 715
vybavení domácností	1 022	4 677	69 149
občanská vybavenost	383	5 353	17 728
komunikace, zp. plochy	1 722	3 904	11 488
mosty	907	23 976	68 160
infrastruktura	2 024	4 779	12 318
sportovní plochy	2 327	17 564	32 655
průmysl	15 742	43 499	124 840
zemědělství, pozemky	1 871	2 716	4 205
dopravních prostředcích	3 806	6 234	15 225
<b>Celkem</b>	<b>35 161</b>	<b>137 747</b>	<b>488 483</b>

**Tab. 4.2** Rozsah ohroženého majetku.

Škoda na	$Q_5$	$Q_{20}$	$Q_{100}$	jednotka
budovy dle počtu	28	116	480	ks
budovy dle plochy	9 478	31 379	136 468	m <sup>2</sup>
objekty dle č.p.	20	68	397	ks
vybavení domácností	5	22	329	ks
občanská vybavenost	213	2 975	9 852	m <sup>2</sup>
komunikace, zp. plochy	17 492	39 733	117 047	m <sup>2</sup>
železnice	18	23	29	m
mosty (jen ohrožené)	5	14	38	ks
infrastruktura	3 945	9 316	24 011	m
sportovní plochy	9 142	69 015	128 310	m <sup>2</sup>
průmysl	5 420	14 977	36 670	m <sup>2</sup>
zemědělství, pozemky	120.7	175.2	271.3	ha
dopravní prostředky	29	48	116	ha

**Tab. 4.3** Rozsah ohroženého území a obyvatel.

Rozsah ohrožení	$Q_5$	$Q_{20}$	$Q_{100}$	jednotka
ohrožené území	155.4	243.3	407.6	ha
ohrožení obyvatelé	34	140	1426	lidé



## 4.2 Stav po realizaci VD Amerika

Jak je patrné z tabulky, realizací VD Amerika budou významně sníženy povodňové škody při  $Q_{100}$  z 488 mil. Kč na 109, tedy o více než 3/4. Obdobně je tomu i u nižších průtoků, což je patrné z tabulky 4.4.

**Tab. 4.4** Potenciální povodňové škody pro jednotlivé průtoky a kategorie majetku.

Průtok	$Q_5$	$Q_{20}$	$Q_{100}$
<b>Škoda na [tis. Kč]</b>			
budovách	1 043	10 870	16 602
vybavení domácností	382	2 075	1 966
občanská vybavenost	383	5 070	5 890
komunikace, zp. plochy	1 229	2 630	3 448
mosty	475	11 988	35 040
infrastruktura	1 472	3 261	4 388
sportovní plochy	2 020	8 817	12 289
průmysl	314	5 478	21 392
zemědělství, pozemky	1 457	2 308	2 719
dopravních prostředcích	1 116	4 069	5 145
<b>Celkem</b>	<b>9 891</b>	<b>56 565</b>	<b>108 879</b>

**Tab. 4.5** Rozsah ohroženého majetku.

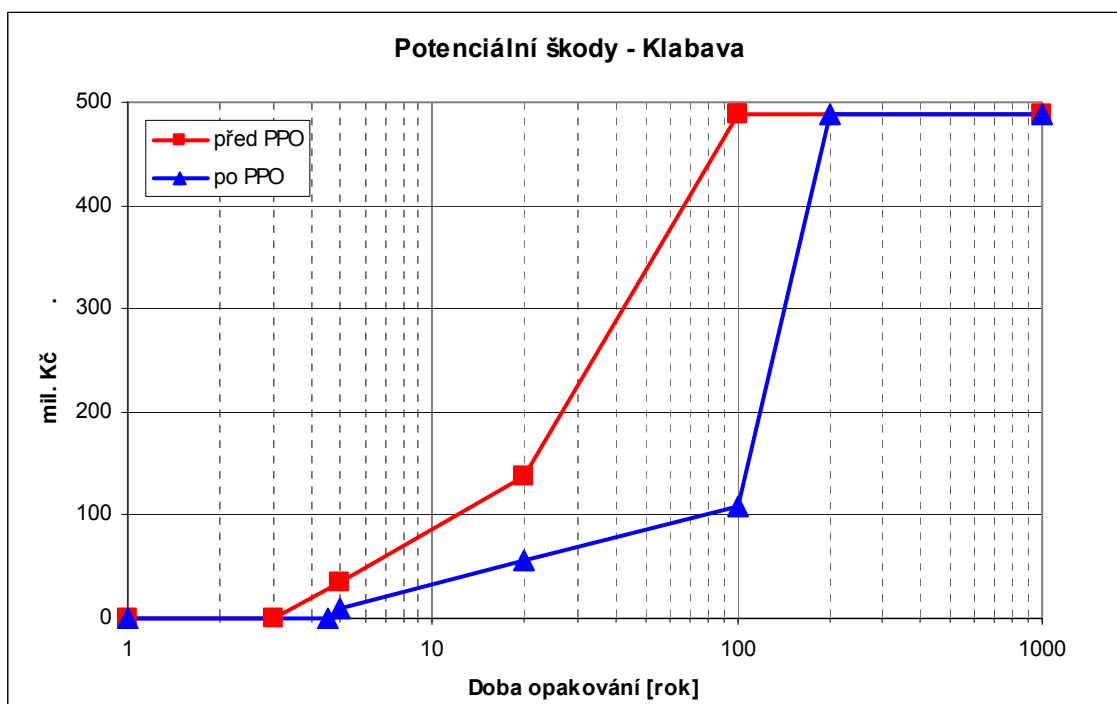
Škoda na	$Q_5$	$Q_{20}$	$Q_{100}$	jednotka
budovy dle počtu	18	64	106	ks
budovy dle plochy	1 377	8 895	16 479	m <sup>2</sup>
objekty dle č.p.	15	35	67	ks
vybavení domácností	2	10	9	ks
občanská vybavenost	213	2 817	3 273	m <sup>2</sup>
komunikace, zp. plochy	12 457	26 742	35 047	m <sup>2</sup>
železnice	18	20	23	m
mosty (jen ohrožené)	3	8	17	ks
infrastruktura	2 869	6 356	8 553	m
sportovní plochy	7 938	34 644	48 287	m <sup>2</sup>
průmysl	108	1 886	6 284	m <sup>2</sup>
zemědělství, pozemky	94.0	148.9	175.4	ha
dopravní prostředky	9	31	39	ha

**Tab. 4.6** Rozsah ohroženého území a obyvatel.

Rozsah ohrožení	$Q_5$	$Q_{20}$	$Q_{100}$	jednotka
ohrožené území	132.0	189.0	233.7	ha
ohrožení obyvatelé	6	46	86	lidé

## 5. Stanovení povodňového rizika

V této kapitole jsou podle postupu popsaného v části 3.2 určena povodňová rizika v zájmovém území Klabavy. Povodňové škody byly vyčísleny pro průtok  $Q_5$ ,  $Q_{20}$  a  $Q_{100}$  dle části 4. Hodnota neškodného průtoku je různá v dílčích úsecích toku (viz studie Stanovení neškodného průtoku na toku Klabava v úseku ústí do Berounky - Strašice - Doc. Ing. Aleš Havlík, CSc. - REVITAL) a je menší než  $Q_5$ , při vyšších průtocích jsou postupně zatápěny intravilány obcí podél Klabavy až po soutok s Beroučkou. V následujícím obr. 5.1 je vyneseno průběh průměrných povodňových škod v závislosti na kulminačním průtoku povodně, resp. jeho doby opakování (Probability–Damage Curve). V grafu je pro ilustraci znázorněn průběh povodňových škod pro stav před realizací PPO-současný stav (červená linka) a pro stav po realizaci PPO (modrá linka). Škody za současného stavu začínají vznikat cca od „3-letého“ průtoku, což odpovídá navazujícímu průběhu škod při 5 a 20 letém průtoku. Po realizaci opatření začínají škody vznikat před dosažením 5-letého průtoku. Dále je zavedena úvaha, že při překročení průtoku  $Q_{100}$  se bude transformační účinek postupně snižovat a při  $Q_{200}$  budou škody stejné, jako v současném stavu. Protože není známa výše povodňových škod pro průtoky větší než  $Q_{100}$ , je uvažována jejich konstantní výše. Vzhledem ke skutečnosti, že pro výpočet užítu z PPO je důležitý rozdíl mezi rizikem před a po realizaci, je uvedený předpoklad korektní a na výpočet redukce rizika vlivem realizace PPO má zanedbatelný vliv.



**Obr. 5.1** Závislost mezi dobou opakování kulminačního průtoku a výší škod.

Následně byla výpočtem dle části 3.2 určena hodnota průměrné roční škody (rizika) před realizací PPO (pro současný stav) a po realizaci PPO na úroveň  $Q_{100}$ . Výsledky jsou uvedeny v tab. 5.1, která zároveň obsahuje hodnoty kapitalizovaného rizika (současnou hodnotu povodňových škod).



**Tab. 5.1** Hodnoty průměrného ročního a kapitalizovaného rizika v zájmové lokalitě podél Klabavy před a po realizaci PPO.

Návrhový průtok PPO	Riziko [tis.Kč/rok]		Kapital. riziko [tis.Kč]	
	před realizací PPO	po realizaci PPO	před realizací PPO	po realizaci PPO
$Q_{100}$	<b>29 739</b>	<b>11 170</b>	<b>991 290</b>	<b>372 332</b>

Realizací opatření dojde ke snížení rizika o **18 568 tis. Kč/rok**, tedy snížení kapitalizovaného rizika o **619,0 mil. Kč**, což představuje zároveň hodnotu **limitních nákladů na realizaci opatření (VD Amerika)**, které ještě zaručují ekonomickou efektivnost navrhovaného opatření.



## 6. Určení ekonomické efektivity PPO

Pomocí postupu, který je uvedený v kapitole 3.3 můžeme stanovit ekonomické parametry opatření (efektivnost, dobu návratnosti). Spočtené parametry jsou shrnuty v tabulce 6.1. V první části je v prvním sloupci uveden přínos opatření jako redukce kapitalizovaného rizika. Porovnáním s náklady na opatření (druhý sloupec) vychází ekonomická efektivnost 1.133, což znamená, že opatření je ekonomicky efektivní s absolutní efektivností **72 817 tis. Kč**. Doba návratnosti pak vychází kolem 29 let.

**Tab. 6.1** Hodnoty ekonomických parametrů PPO VD Amerika v zájmové lokalitě podél toku Klabavy.

*lokalita:* **Červený potok**

Míra ochrany pro průtok:	Redukce rizika [tis. Kč]	Náklady [tis. Kč]	Poměrová efektivnost [-]	Absolutní efektivnost [tis. Kč]	Doba návratnosti [roky]
$Q_{100}$	618 959	546 141	<b>1.133</b>	72 817	29

Míra ochrany pro průtok:	Poměrová efektivnost			limitní náklady [tis. Kč]
	1.0	1.1	2.0	
$Q_{100}$	618 959	562 690	309 480	

V druhé části tabulky jsou pak uvedeny limitní náklady pro dosažení poměrových efektivností 1,0, 1,1 a 2,0 pro navržené opatření s mírou ochrany  $Q_{100}$ . Jednotlivé parametry je možné při změně nákladů na opatření snadno přepočítat podle postupu, který je uvedený v kapitole 3.3.





## 7. Závěr

Předmětem plnění bylo vypracování analýzy povodňových škod a rizik pro akci „**PPO VD Amerika**“. Riziková analýza byla vypracována pro vymezené území rozlivem  $Q_{100}$ .

Zpráva je obsahově rozdělena do tří částí:

- a) odhad povodňových škod v daných lokalitách pro zadané varianty PPO,
- b) analýza povodňových rizik,
- c) postup pro stanovení ekonomické efektivity.

Provedená riziková analýza vychází z šetření povodňových škod pro stanovená záplavová území. Výsledkem je stanovení ročního povodňového rizika (průměrná roční škoda) a současné hodnoty povodňového rizika z dlouhodobého hlediska. Tyto hodnoty jsou stanoveny pro současný stav před realizací PPO a pro stav po realizaci PPO. Na základě těchto podkladů je stanovena redukce povodňového rizika vlivem realizace PPO. Základní výsledky studie lze shrnout do následujících bodů:

- současná míra ochrany obcí podél Červeného potoka je místy nižší, než  $Q_5$ . Při překročení tohoto průtoku jsou intravilány obcí postupně zatápěny,
- analýzou povodňových škod a rizik bylo zjištěno, že realizace stavby PPO bude ekonomicky efektivní do celkových nákladů **619,0 mil. Kč** (do této hodnoty nákladů je ukazatel poměrné ekonomické efektivity  $PU > 1,0$ ). Jedná se o redukci kapitalizovaného rizika vlivem výstavby plánovaného PPO,
- současný odhad nákladů Sweco Hydroprojekt na realizaci akce dle ceníku ÚRS Praha, a.s činí **546.141 mil. Kč** bez DPH, čemuž odpovídá poměrná ekonomická efektivnost  **$PU = 1.133$** . Akce tedy je ekonomicky efektivní. V případě úpravy nákladů je možné jednoduše efektivnost přepočítat podle vztahů 3.13, 3.14 a 3.15 v kapitole 3.3,
- navrženým opatřením bude chráněno při průtoku  $Q_{100}$  přibližně **1340** obyvatel (z cca 1426 ohrožených) a cca 174 ha území.

Závěrem lze konstatovat, že všechny cíle studie podle zadání byly splněny a dosažené výsledky budou sloužit v rámci další přípravy realizace projektu.

V Praze dne 15. 7. 2015

Doc. Dr. Ing. Pavel Fošumpaur

Ing. Martin Horský, Ph.D.

Doc. Ing. Ladislav Satrapa, CSc.



## Seznam použité literatury

1. Čihák, F., Satrapa, L., Fošumpaur, P.: Metodika pro posuzování akcí k zařazení do II. etapy programu „Prevence před povodněmi“ (r. 2006-2010), Fakulta stavební, ČVUT v Praze, 2005.
2. Posílení rizikové analýzy a stanovení aktivních zón v Českém vodním hospodářství, Nizozemský program „Partners for Water“, Ministerstvo zemědělství České republiky, ARCADIS, 24. května 2004, [www.mze.cz](http://www.mze.cz).
3. Návrh metodiky stanovování povodňových rizik a škod v záplavovém území a její ověření v povodí Labe, projekt: VaV/650/502, VÚV, (Metody stanovování potenciálních škod - ČVUT), 2005.
4. Satrapa, L., Fošumpaur, P., Horský, M.: Analýza povodňových škod, rizik a ekonomické efektivity PPO obce Chodouň. ČVUT v Praze, Fakulta stavební, 2010.

# Ohrožený majetek - Klabava

List 1

M1:15 000

## Komunikace

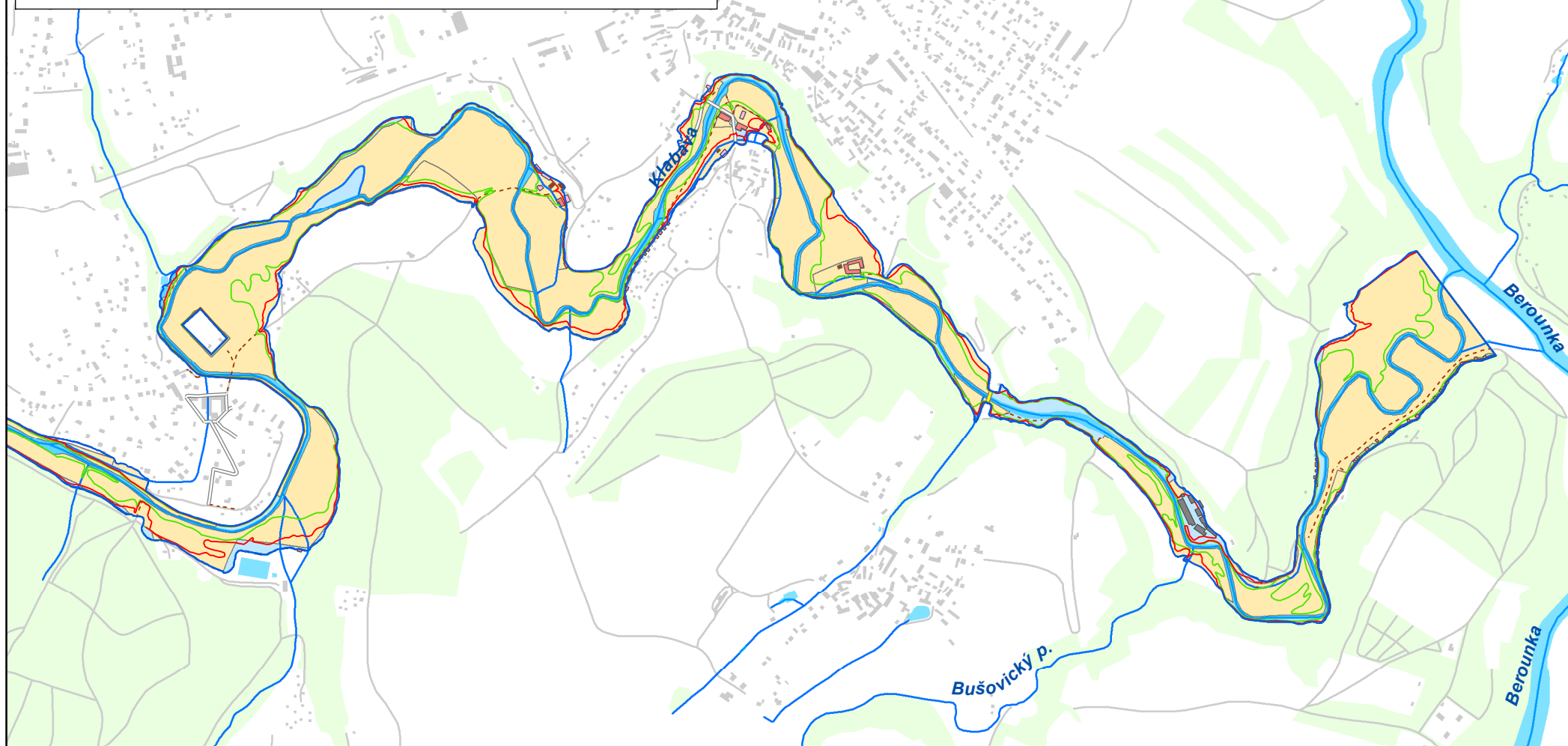
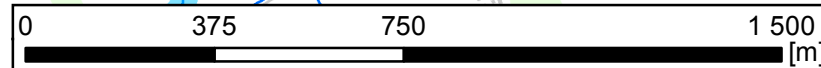
- cesta
- ulice
- silnice, dálnice
- železnice
- most
- zemědělství, zahrady, parky
- lesní půda

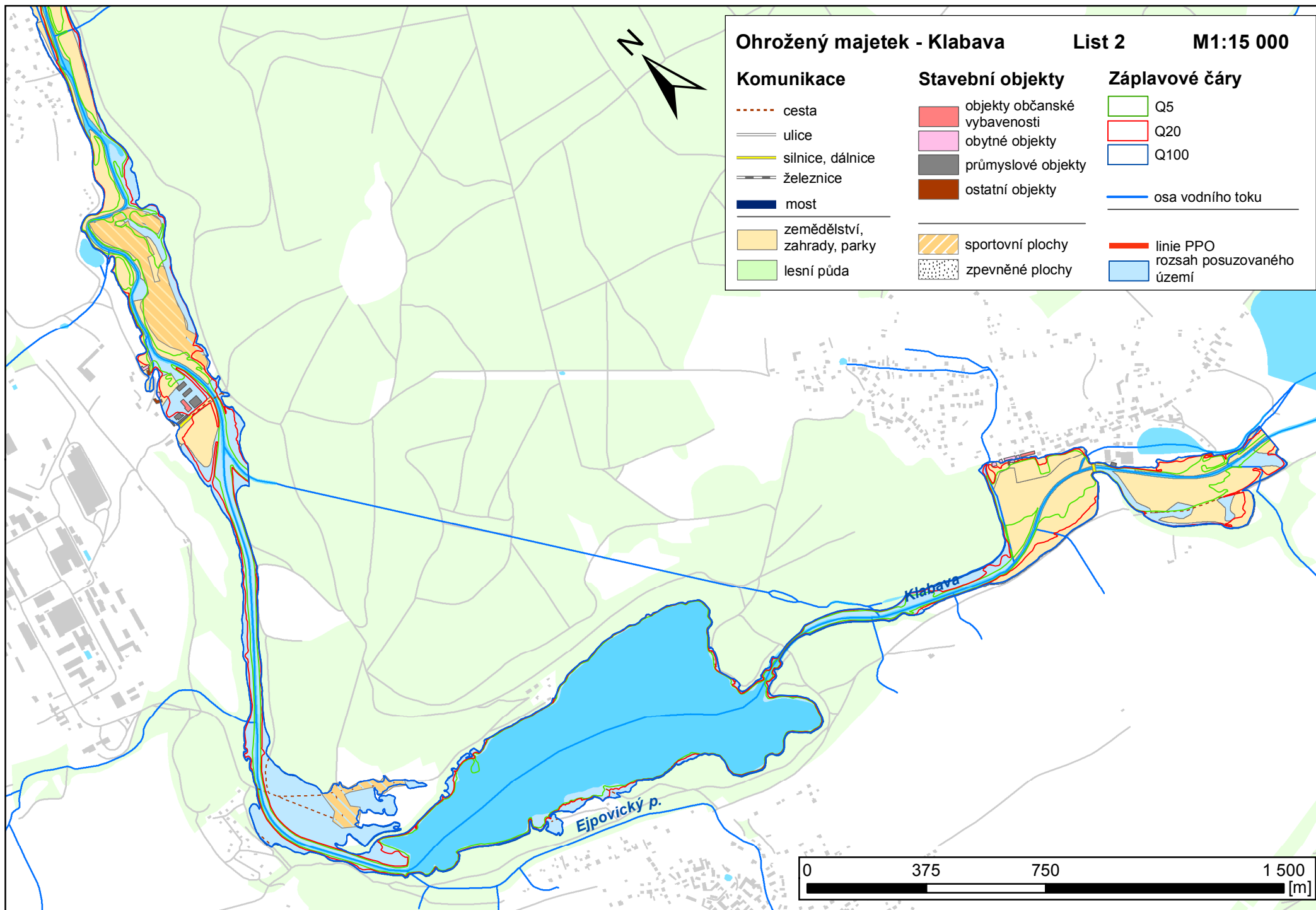
## Stavební objekty

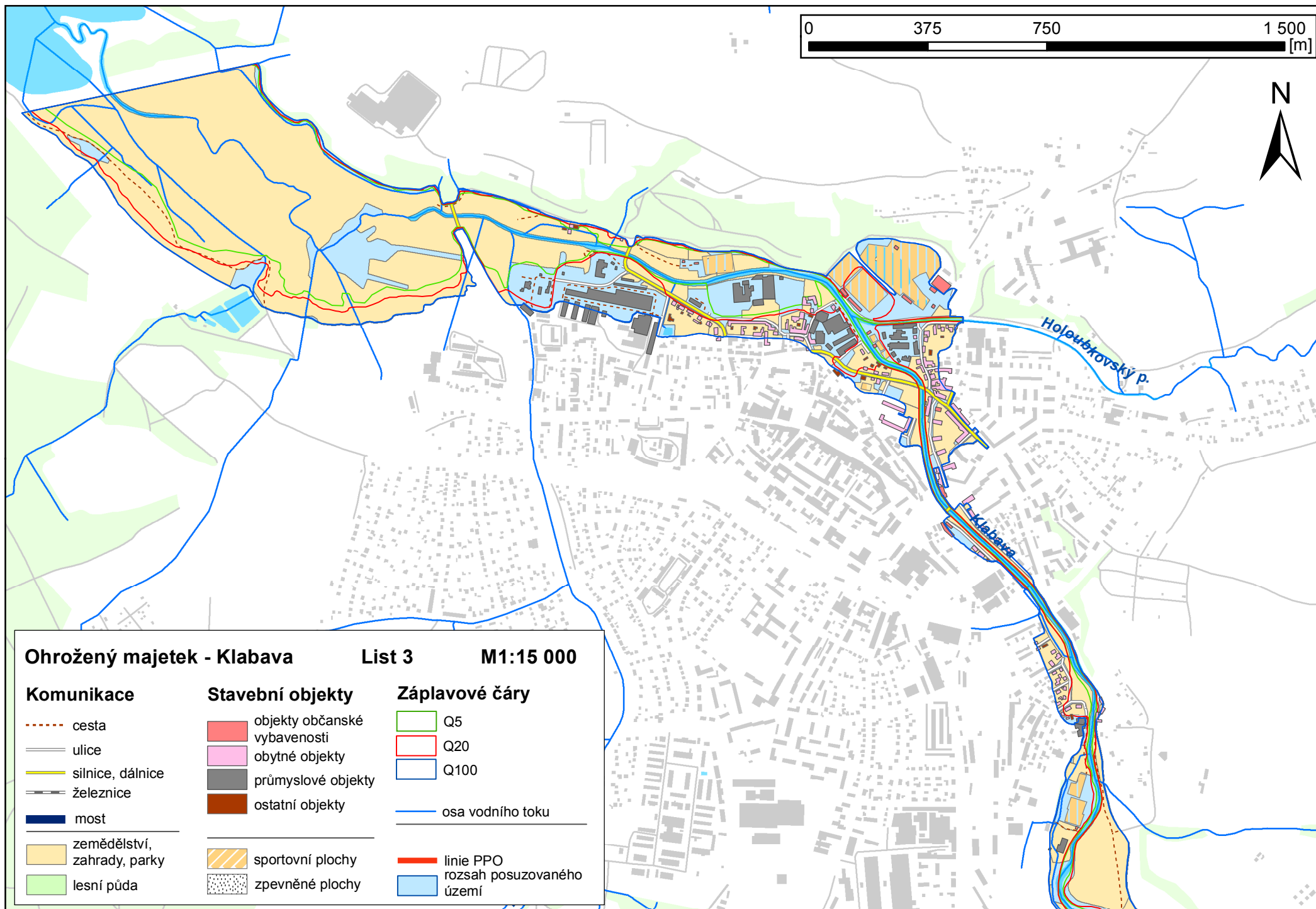
- objekty občanské vybavenosti
- obytné objekty
- průmyslové objekty
- ostatní objekty
- sportovní plochy
- zpevněné plochy

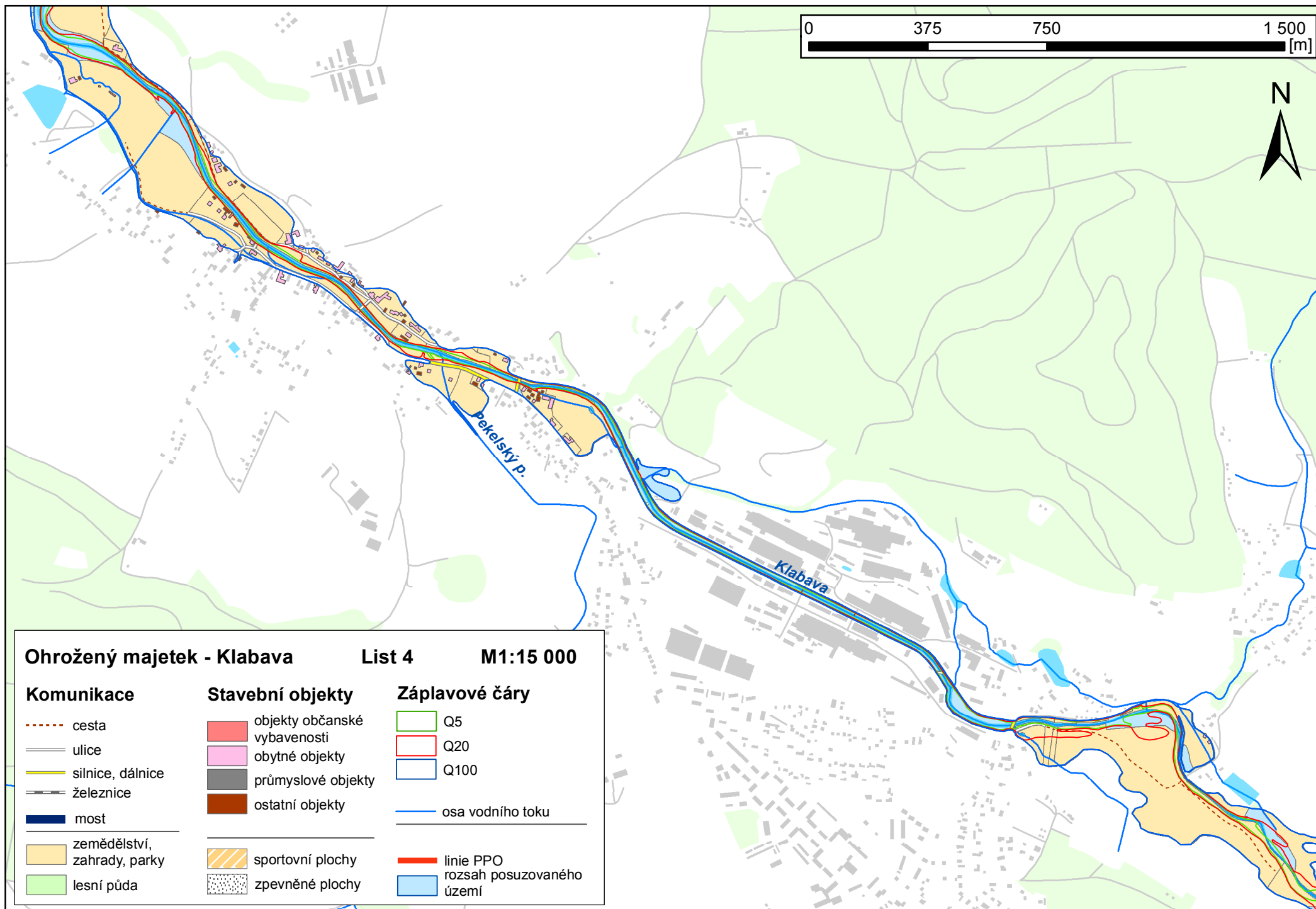
## Záplavové čáry

- Q5
- Q20
- Q100
- osa vodního toku
- linie PPO
- rozsah posuzovaného území











# Ohrožený majetek - Klabava

List 5

M1:15 000

## Komunikace

- cesta
- ulice
- silnice, dálnice
- železnice
- most
- zemědělství, zahrady, parky
- lesní půda

## Stavební objekty

- objekty občanské vybavenosti
- obytné objekty
- průmyslové objekty
- ostatní objekty
- sportovní plochy
- zpevněné plochy

## Záplavové čáry

- Q5
- Q20
- Q100
- osa vodního toku
- linie PPO
- rozsah posuzovaného území

