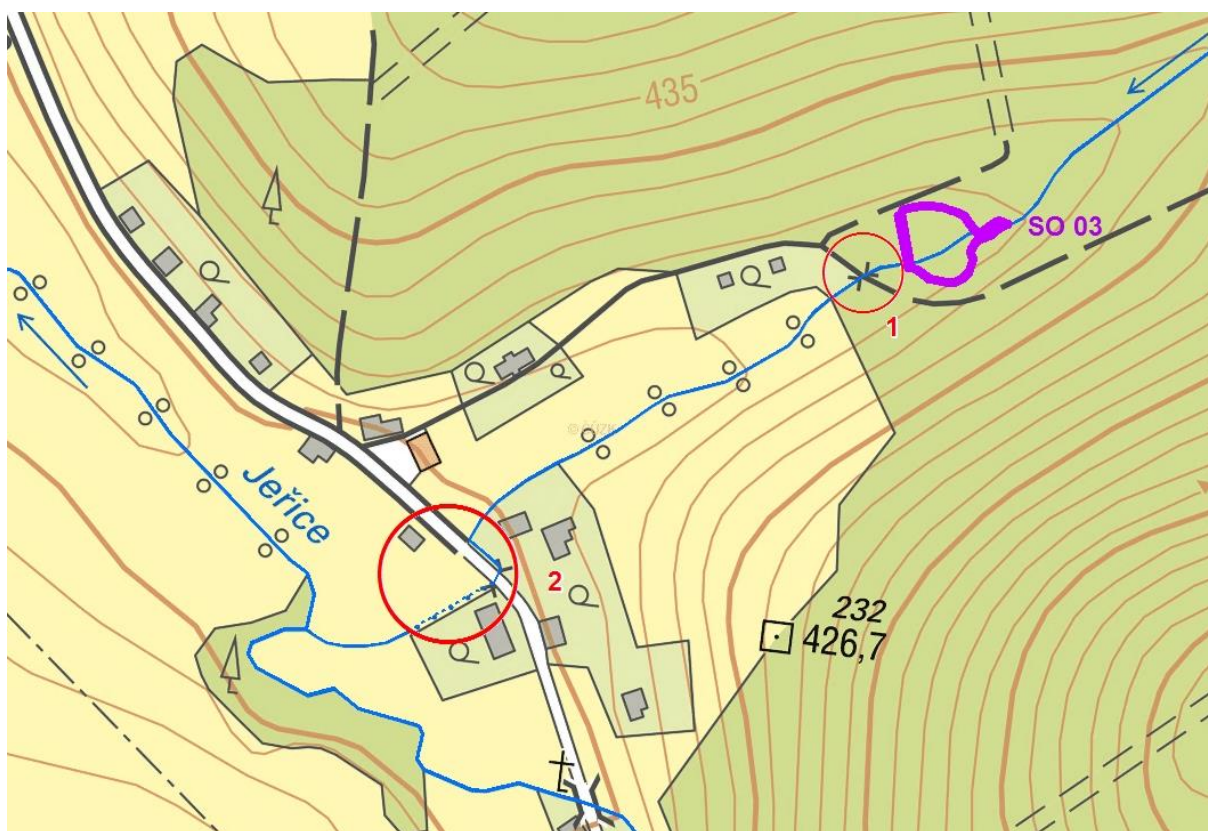


Splaveninový režim pro profil SO 03 Přehrážka / vodní nádrž v Oldřichově v Hájích

1. Místa ohrožená zanášením splaveninami

Retenční přehrážka / vodní nádrž na přítoku Jeřice IDVT 10184109 by měla před nadměrným zanášením popř. poškozením ochránit dvě místa dále po toku: 1 - propustek DN 1000 pod lesní cestou bezprostředně pod navrhovanou stavbou, 2 – úsek se svedením přítoku do silničního příkopu, vpustí pod silnici a následně zatrubněním pod soukromými pozemky. Příkop u silnice se po významnějších srážkách zanáší a voda přetéká přes silnici a ohrožuje přilehlé budovy.



Obrázek 1: Vyznačení kritických míst na přítoku Jeřice pod navrhovaným objektem: 1 – propustek pod lesní cestou, 2 – úsek se svedením přítoku do silničního příkopu, vpustí pod silnici a následně zatrubněním pod soukromými pozemky.



Obrázek 2: Propustek DN 1000 pod lesní cestou se nachází bezprostředně pod navrhovanou stavbou



Obrázek 3: U silnice je přítok Jeřice v délce cca 25 m sveden do příkopu podél silnice



Obrázek 4: Příkop podél silnice je zakončen vpustí pro převedení přítoku Jeřice pod silnicí a dále zatrubněním pod soukromými pozemky



Obrázek 5: Do rybníčku na soukromém pozemku je po cca 50 m vyústěno zatrubnění přítoku Jeřice

2. Splaveninová analýza

Odborný odhad množství splavenin v profilu SO 03 vychází z metodiky dle Zuny (Hrazení bystřin, ČVUT, 2008), dále dle ČSN 75 2106 Hrazení bystřin a strží a TNV 75 2102 Úpravy potoků. Zjišťovanými parametry bylo průměrné roční množství splavenin a množství splavenin při extrémním povodňovém průtoku Q_{100} .

Vstupní parametry výpočtu

K výpočtu jednotlivých parametrů je třeba několika mezikroků. Prvním z nich je kategorizace vodního toku. Primárním kritériem je zhodnocení výsledků terénního průzkumu. Sekundárním kritériem může být použití stanovení kategorie vodního toku stanovením koeficientu bystřinnosti K_B , který lze vypočítat následujícím vztahem,

$$K_B = \frac{D \cdot O \cdot dH_s \cdot K_p \cdot K_E \cdot \sqrt{F + 1}}{L_T \cdot \sqrt{Fv + 1}}$$

kde:

D	hustota hydrografické sítě [km/km ²]
O	délka rozvodnice [km]
dH _s	střední výškový rozdíl v povodí [km]
K _p	součinitel závislý na druhu a propustnosti půd [-]
K _E	součinitel vyjdařující intenzitu a rozsah eroze [-]
F	plocha povodí [km ²]
Fv	plocha lesních a lučních porostů [km ²]
L _T	délka hlavního toku [km]

Tabulka 1: Parametry povodí pro výpočet K_B

Vodní tok	Úsek (ř.km)	Délka hlavního toku	Délka všech přítoků celkem	Délka rozvodnice	Plocha povodí	Plocha lesů	Plocha luk a přir. vegetace	Plocha orné půdy
		L _T	L ₁	O	F	S _{les}	S _{louky}	S _{orna}
		[km]	[km]	[km]	[km ²]	[km ²]	[km ²]	[km ²]
pravý přítok Jeřice 2 (n. přehr.)	1 [0.418]	1.86	0.44	4.929	1.05	1.05	0	0

Hustota hydrografické sítě je určena dle následujícího vztahu,

$$D = \frac{L_T + L_1}{F}$$

kde:

D	hustota hydrografické sítě [km/km ²]
L _T	délka hlavního toku [km]
L ₁	délka přítoků [km]
F	plocha povodí [km ²]

Střední výškový rozdíl povodí byl stanoven dle ČSN 75 2106 dle vztahu,

$$dH_s = H_p - H_u$$

kde

dH_s střední výškový rozdíl v povodí [km]

H_p průměrná výška povodí [km]

H_u výška uzávěrového profilu [km]

Dalšími parametry rovnice koeficientu bystřinnosti jsou součinitelé K_p a K_E . Následující tabulka ukazuje jejich hodnoty pro vybrané vodní toky.

Tabulka 2: Hodnoty koeficientů K_E a K_p dle půdní mapy

Vodní tok	Úsek (ř.km)	Součinitel závislý na druhu a propustnosti půd	Součinitel vyjadřující intenzitu a rozsah eroze
		K_p	K_E
		[-]	[-]
Profil SO 03	1 [0.418]	0.75	0.45

Výsledné hodnoty koeficientu bystřinnosti K_B po dosazení vstupních hodnot jsou zobrazeny v následující tabulce.

Tabulka 3: Koeficient bystřinnosti K_B

Vodní tok	Úsek (ř.km)	Koeficient bystřinnosti
		K_B
		[-]
Profil SO 03	1 [0.415]	0.254

Kategorie jednotlivých toků dle koeficientu bystřinnosti jsou zobrazeny v následující tabulce.

Tabulka 4: Mezní hodnoty koeficientu bystřinnosti K_B

Kategorie	K_B
Potoky nížin	< 0.040
Potoky pahorkatin	0.040 - 0.065
Podhorské potoky	0.050 - 0.080
Horské potoky	0.070 - 0.150
Bystřiny	> 0.100

Průměrná roční tvorba splavenin

V návrhové praxi se používá empiricko-teoretický výpočetní postup dle Gavriloviče. Jako vstupní údaje pro výpočty byly zjištěny fyzicko-geografické parametry posuzovaného povodí z topografické mapy ZM10. Údaje byly doplněny o poznatky z terénních průzkumů.

Roční produkce erozních produktů, tedy množství potenciálních splavenin, které mohou za průměrných srážko-odtokových situací v povodí vzniknout v průběhu ročního období, se vypočte z následujícího vztahu,

$$W_s = 3,14 \cdot K_T \cdot H_a \cdot F \cdot Z^{1.5}$$

kde:

W_s	roční produkce splavenin [m^3/rok]
H_a	střední dlouhodobý úhrn srážek [mm]
K_T	parametr spočtený dle vztahu $K_T = (t/10 + 0,1)^{0,5}$
t	střední roční teplota [$^{\circ}C$]
F	plocha povodí [km^2]
Z	faktor erozní ohroženosti [-]

Teplotní parametr K_T byl vypočítán na základě střední roční teploty, která se v řešeném povodí pohybuje okolo $7^{\circ}C$. Ta byla společně se středním dlouhodobým úhrnem srážek (800 mm) převzata z Atlasu podnebí ČR.

Potenciální ohrožení povodí vodní erozí vyjadřuje faktor erozní ohroženosti Z , který se vypočte dle následujícího vztahu,

$$Z = K_V \cdot K_P \cdot (K_E + \sqrt{i_p})$$

kde:

Z	faktor erozní ohroženosti [-]
i_p	střední sklon svahů povodí [-]
K_V	součinitel protierozní účinnosti vegetačního krytu [-]
K_P	součinitel závislý na druhu a propustnosti půd [-]
K_E	součinitel vyjadřující intenzitu a rozsah eroze [-]

V následující tabulce jsou vstupní parametry pro výpočet faktoru erozní ohroženosti.

Tabulka 5: Vstupní parametry pro výpočet faktoru erozní ohrožení Z

Vodní tok	Úsek (ř.km)	Střední sklon svahů povodí	Součinitel protierozní účinnosti vegetačního krytu	Součinitel závislý na druhu a propustnosti půd	Součinitel vyjadřující intenzitu a rozsah eroze	Faktor erozní ohroženosti
		i_p	K_V	K_P	K_E	Z
		[-]	[-]	[-]	[-]	[-]
Profil SO 03	1 [0.418]	0.288	0.250	0.75	0.42	0.179

V další tabulce jsou vstupní parametry pro výpočet a následně výsledné hodnoty roční produkce splavenin W_s .

Tabulka 6: Výpočet roční produkce splavenin W_s

Vodní tok	Úsek (ř.km)	Teplotní parametr	Střední dlouhodobý úhrn srážek	Plocha povodí	Faktor erozní ohroženosti	Roční produkce splavenin
		K_T	H_a	F	Z	W_s
		[-]	[mm]	[km^2]	[-]	[m^3/rok]
Profil SO 03	1 [0.418]	0.906	1050	1.05	0.179	239

Část objemu erozních produktů je ve fázi transportu zachycena mikroreléfem terénu a ukládá se např. v místech poklesu sklonu svahů. Část objemu splavenin se ukládá ve vodopisné síti v korytech a podél břehů a není dopravena až do výpočetního profilu. Roční produkci W_S je proto třeba redukovat součinitelem retenční a retardační schopnosti povodí k_R s použitím následujícího vztahu,

$$k_R = \frac{\sqrt{O \cdot dH_S}}{0,25 \cdot (L_P + 10)}$$

kde:

k_R součinitel retence a retardace

O délka rozvodnice [km]

dHS střední výškový rozdíl povodí [km]

LP délka údolí toku [km]

Tabulka 7: Výpočet koeficientu retence a retardace k_R

Vodní tok	Úsek (ř.km)	Délka rozvodnice	Střední výškový rozdíl v povodí	Délka údolí toku	Součinitel retence a retardace
		O	dH _S	L _P	k _R
		[km]	[km]	[km]	[-]
Profil SO 03	1 [0.418]	4.929	0.130	1.96	0.268

Redukovaný objem splavenin, který se spočte vynásobením součinitelem retence a retardace k_R a roční produkce splavenin W_S , představuje množství splavenin, které může být ročně dopraveno do vodopisné sítě a v ní transportováno. K pohybu splavenin ve vodopisné síti dochází za zvýšených průtoků, při kterých se hrubší splaveniny pohybují sunutím po dně a jemné písčité a hlinité částice jsou nesený v zákalu vody jako suspenze. Pro určení podílu splavenin transportovaných v suspenzi je třeba stanovit koeficient vznášených splavenin k_S . U horských bystřin nepřesahuje zastoupení splavenin o velikosti zrna menším než 3 mm 15 – 20 %. U nížinných potoků se dá očekávat podíl kolem 60 %.

Množství dnových splavenin, které lze v průměrném roce očekávat v posuzovaném profilu, pak udává rovnice:

$$W_{SPL} = (1 - k_S) \cdot k_R \cdot W_S$$

kde:

k_R součinitel retence a retardace

k_S koeficient vznášených splavenin

W_S roční produkce splavenin [m³/rok]

W_{SPL} průměrná roční produkce splavenin [m³/rok]

Tabulka 8: Výpočet průměrné roční produkce splavenin

Vodní tok	Úsek (ř.km)	Roční produkce splavenin	Součinitel retence a retardace	Koeficient vznášených splavenin	Průměrná roční produkce splavenin
		W _S	k _R	k _S	W _{SPL}
		[m ³]	[-]	[-]	[m ³]
Profil SO 03	1 [0.418]	239	0.268	0.27	47

Tvorba splavenin při průtoku Q_{100}

Orientační výpočet množství splavenin přisunutých z povodí do posuzovaného profilu při průtoku Q_{100} je založen na posouzení největšího možného transportu splavenin ve vodopisné síti povodí za kulminačního průtoku Q_{100} . Výpočet se provádí za předpokladu, že tento průtok vznikne za extrémní srážko-odtokové situace při přívalové srážce s vysokou intenzitou, a dále doba trvání kritické srážky t_D bude stejná jako doba koncentrace. Doba průtoku splavenin v kulminačním průtoku od začátku pohybu splavenin do jejich sedimentace je podle empirických poznatků přibližně 66 % doby trvání srážky.

Objem splavenin, vzniklých v povodí a ve vodopisné síti a uvolněných z akumulací splavenin, a unášených vodou za extrémního odtoku, lze stanovit použitím následujícího empirického vztahu dle Herheudlitze.

$$Q_{SPL} = \frac{2 \cdot m \cdot n \cdot Q_{100}}{\rho_s}$$

Objem splavenin transportovaných za této srážko – odtokové situace je dán součinem doby trvání průtoku splavenin t_{SPL} a podílu splavenin v celkovém odtoku vody podle následující rovnice,

$$W = t_{SPL} \cdot Q_{SPL}$$

kde:

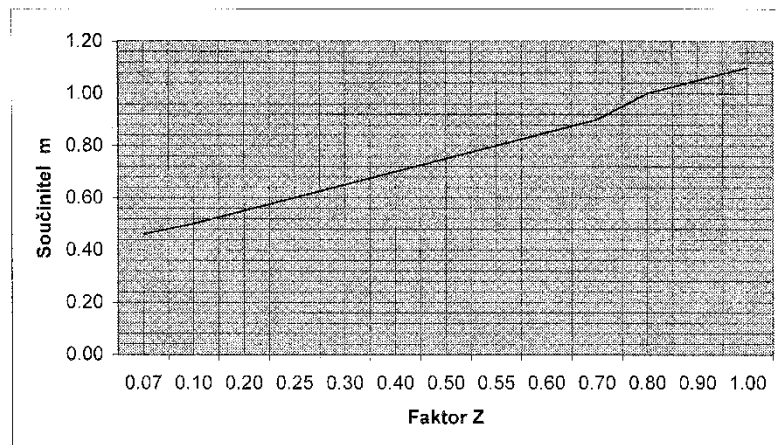
- W objem transportovaných splavenin [m^3]
- Q_{SPL} průtok splavenin [m^3/s]
- m součinitel závislý na faktoru erozní ohroženosti povodí
- n součinitel závislý na sklonu údolí toku
- ρ_s měrná hmotnost splavenin [t/m^3]
- t_{SPL} doba trvání průtoku splavenin [s] = 0,66. t_D (doba koncentrace)

Měrná hmotnost splavenin byla určena dle převládajících hornin v povodích. Pro dané povodí byla měrná tíha splavenin ρ_s stanovena jako 2.7 [t/m^3].

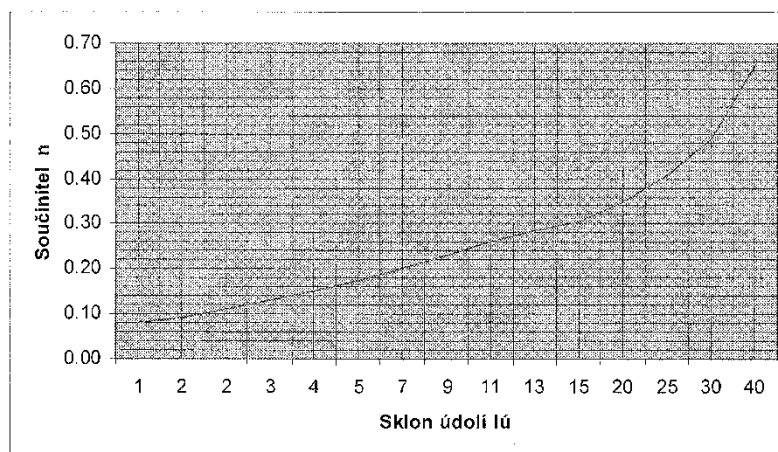
Doba trvání kritické srážky je stanovena za předpokladu, že kulminační průtok vznikne v době koncentrace vody z celého povodí, a to jako součet doby dotoku po svahu a doby dotoku v korytě. Byl použit odvozený vzorec z výpočtu Clarkova jednotkového hydrogramu. Ten vychází z vypočtených CN křivek a je používán pro výpočty srážko-odtokových modelů

Součinitel m je závislý na faktoru erozní ohroženosti povodí Z . Součinitel n se určuje v závislosti na sklonu údolí. Oba součinitele byly odečteny z následujících obrázků

Součinitel faktoru erozní ohroženosti m



Součinitel sklonu údolí n



Obrázek 6 a 7: Stanovení součinitelů n a m

Tabulka 9: Objem transportovaných splavenin W

Vodní tok	Úsek (ř.km)	Součinitel závislý na faktoru erozní ohroženosti povodí	Součinitel závislý na sklonu údolí toku	Kulminační průtok	Měrná hmotnost splavenin	Doba koncentrace	Doba trvání průtoku splavenin	Objem transportovaných splavenin
		m	n	Q_{100}	ρ_s	t_b	t_{SPL}	W
		[-]	[-]	[m ³ /s]	[t/m ³]	[s]	[s]	[m ³]
Profil SO 03	1 [0.418]	0.540	0.280	3.57	2.700	4795	3165	1265

Stejně jako při výpočtu průměrného ročního objemu splavenin je třeba redukovat hodnotu transportovaných splavenin koeficienty k_R a k_S , viz následující tabulka. Opět dochází k sedimentaci splavenin v povodí v prohloubeninách a podél toku v nivě a transportu hrubých částic sunutím po dně a proudění jemných částic v suspenzi.

$$W_{S100} = (1 - k_S) \cdot k_R \cdot W$$

Tabulka 10: Množství splavenin při extrémním průtoku Q_{100}

Vodní tok	Úsek (ř.km)	Objem transportovaných splavenin	Součinitel retence a retardace	Koeficient vznášených splavenin	Objem splavenin při extrémním průtoku Q_{100}
		W	k_R	k_S	W_{S100}
		[m ³]	[-]	[-]	[m ³]
Profil SO 03	1 [0.418]	1265	0,268	0.27	247

3. Závěr

Výstavba přehrážky / vodní nádrže na přítoku Jeřice IDVT 10184109 by měla omezit zanášení úseku toku v místě propustku, silničního příkopu a zatrubnění. Podle splaveninové analýzy činí v profilu navrhované stavby průměrné roční množství splavenin 47 m³ a množství splavenin při extrémním povodňovém průtoku Q_{100} 247 m³. Výchozí objem nádrže při předpokládaném stálém nadržení činí 300 m³. Při průměrném ročním zanášení bude podle splaveninové analýzy retenční prostor zcela zaplněn sedimenty za cca 6 let. Při výskytu 100-leté povodně bude najednou zaneseno cca 80 % retenčního prostoru. Za daných podmínek a odhadech rychlosti zanášení lze uvažovat s periodou odtěžování sedimentu jednou za cca 3 roky. Bude tak zajištěna rezerva pro výskyt náhlé větší povodně a při samotném odtěžování by mělo být méně narušováno litorální pásmo.