

**TP 232**

**MINISTERSTVO DOPRAVY**

**ODBOR POZEMNÍCH KOMUNIKACÍ**

# **Propustky a mosty malých rozpětí**

**TECHNICKÉ PODMÍNKY**

Schváleno MD – OPK pod. č.j. 44/2012-120-TN/1  
ze dne 23.4.2012 s účinností od 1.května 2012

Květen 2012

## Obsah

<b>OBSAH.....</b>	<b>2</b>
<b>1 ÚVOD.....</b>	<b>5</b>
1.1 VŠEOBECNĚ .....	5
1.2 VYMEZENÍ PLATNOSTI TP .....	5
1.3 TERMÍNY A DEFINICE .....	5
1.4 POUŽITÉ ZNAČKY A ZKRATKY .....	7
<b>2 ZATŘÍDĚNÍ A KONSTRUKCE PROPUSTKŮ .....</b>	<b>8</b>
2.1 ROZDĚLENÍ PROPUSTKŮ .....	8
2.1.1 Podle konstrukčního uspořádání.....	8
2.1.2 Podle stavebního materiálu.....	9
2.1.3 Podle provedení konstrukce.....	9
2.1.4 Podle tvaru vnitřního průřezu .....	9
2.1.5 Podle polohy osy propustku k ose komunikace.....	9
2.1.6 Podle polohy propustku v tělese komunikace .....	9
<b>3 HYDRAULICKÉ ŘEŠENÍ PROPUSTKŮ .....</b>	<b>10</b>
3.1 REŽIMY PROUDĚNÍ.....	10
3.1.1 Úvod.....	10
3.1.2 Proudění s volnou hladinou (volným vtokem).....	10
3.1.3 Proudění se zahlceným vtokem.....	10
3.1.4 Tlakové proudění.....	11
3.2 ÚPRAVA VTOKOVÉ ČÁSTI PROPUSTKU.....	11
3.2.1 Úvod.....	11
3.2.2 Zahloubení vtoku do propustku .....	12
3.2.3 Propustky s rozšířením ve vtokové části .....	13
3.2.4 Konstrukce pro řízení splávi .....	14
3.3 PROUDĚNÍ PROPUSTKEM S VOLNOU HLADINOU .....	14
3.3.1 Úvod.....	14
3.3.2 Hydraulické řešení propustků s volnou hladinou.....	15
3.3.3 Základní výpočetní schémata .....	17
3.4 PROUDĚNÍ PROPUSTKEM SE ZAHLCENÝM VTOKEM.....	20
3.4.1 Úvod.....	20
3.4.2 Hydraulické řešení propustků se zahlceným vtokem.....	21
3.4.3 Základní výpočetní schémata .....	21
3.5 TLAKOVÉ PROUDĚNÍ PROPUSTKEM .....	23
3.5.1 Úvod.....	23
3.5.2 Hydraulické řešení propustků s tlakovým prouděním.....	24
3.5.3 Základní výpočetní schémata .....	26
3.6 ÚPRAVA ZA VÝTOKEM Z PROPUSTKU .....	28
3.6.1 Úvod.....	28
3.6.2 Riziko eroze.....	28
3.6.3 Rychlosti na výtoku z propustku.....	29
3.6.4 Návrh zařízení pro tlumení energie .....	30
3.6.5 Konstrukce pro ochranu a tlumení energie za výtokem z propustku.....	30
3.6.6 Uklidňovací nádrž.....	33
<b>4 ZÁSADY PRO NAVRHOVÁNÍ A PROJEKTOVÁNÍ PROPUSTKŮ.....</b>	<b>34</b>
4.1 VŠEOBECNĚ .....	34
4.1.1 Údaje o komunikaci a umístění propustku .....	34
4.1.2 Údaje o dotčeném území v okolí propustku.....	34
4.1.3 Hydrologické podklady a potřeba aktualizace dat .....	34
4.2 ZÁSADY NAVRHOVÁNÍ PROPUSTKŮ .....	35
4.2.1 Základní zásady pro navrhování .....	35

Propustky a mosty malých rozpětí

4.2.2	<i>Ochrana propustku před ucpáním splávím a ledy</i> .....	35
4.3	USPOŘÁDÁNÍ PROPUSTKU.....	35
4.3.1	<i>Křížení propustku s pozemní komunikací</i> .....	35
4.3.2	<i>Uspořádání na komunikaci v inundačním území</i> .....	36
4.3.3	<i>Uspořádání propustku na komunikacích vedených podél vodního toku</i> .....	36
4.4	NÁVRH ZALOŽENÍ PROPUSTKU A ÚPRAVA PODLOŽÍ .....	36
4.5	NÁVRH ZÁSYPU PROPUSTKU .....	38
4.6	OCHRANA KONSTRUKCE PROPUSTKU .....	38
4.6.1	<i>Ochrana proti otěru</i> .....	38
4.6.2	<i>Ochrana proti vymílání</i> .....	39
4.6.3	<i>Ochrana proti bludným proudům</i> .....	39
4.6.4	<i>Ochrana proti erozi</i> .....	39
4.7	PŘEHLED KONSTRUKČNÍHO USPOŘÁDÁNÍ PROPUSTKŮ .....	39
4.7.1	<i>Trubní propustky</i> .....	39
4.7.2	<i>Deskové propustky</i> .....	41
4.7.3	<i>Rámové propustky</i> .....	41
4.7.4	<i>Klenbové propustky</i> .....	42
4.7.5	<i>Ostatní typy propustků</i> .....	43
4.7.6	<i>Konstrukční uspořádání čel a křídel propustku</i> .....	43
4.8	KONSTRUKČNÍ POKYNY.....	44
4.8.1	<i>Podélný sklon propustku</i> .....	44
4.8.2	<i>Příčné uspořádání propustku</i> .....	44
4.8.3	<i>Konstrukce trubního propustku</i> .....	45
4.8.4	<i>Vozovky v úseku propustku</i> .....	45
4.8.5	<i>Izolace propustku</i> .....	45
4.8.6	<i>Odvodnění okolí propustku</i> .....	45
4.8.7	<i>Čela, křídla a rub opěr</i> .....	45
4.8.8	<i>Úpravy na vtoku a výtoku</i> .....	46
4.8.9	<i>Šachty, vpusti a příslušenství</i> .....	47
4.8.10	<i>Opevnění koryta</i> .....	48
4.8.11	<i>Propustky pro migraci</i> .....	48
4.9	ZÁSADY PRO ZPRACOVÁNÍ DOKUMENTACE .....	49
<b>5</b>	<b>ZATÍŽENÍ A NAVRHOVÁNÍ KONSTRUKCE PROPUSTKŮ</b> .....	<b>50</b>
5.1	VŠEOBECNĚ .....	50
5.2	ZATÍŽENÍ PROPUSTKŮ .....	50
5.2.1	<i>Zatížení zeminou</i> .....	50
5.2.2	<i>Zatížení proměnné</i> .....	51
5.3	MATERIÁL A PROTIKOROZNÍ OCHRANA .....	52
5.3.1	<i>Materiál konstrukce propustků</i> .....	52
5.3.2	<i>Systém protikorozní ochrany (PKO)</i> .....	52
5.4	NAVRHOVÁNÍ A POSUZOVÁNÍ KONSTRUKCE PROPUSTKŮ .....	53
<b>6</b>	<b>ZATÍŽITELNOST PROPUSTKŮ</b> .....	<b>54</b>
6.1	DEFINICE ZATÍŽITELNOSTI PROPUSTKŮ .....	54
6.2	STANOVENÍ ZATÍŽITELNOSTI PROPUSTKŮ .....	54
<b>7</b>	<b>PROVÁDĚNÍ A KONTROLA</b> .....	<b>56</b>
7.1	ZPŮSOBILOST ZHOTOVITELŮ .....	56
7.2	KONTROLA KVALITY .....	56
7.3	POČÁTEČNÍ ZKOUŠKY TYPY / PRŮKAZNÍ ZKOUŠKY .....	56
7.4	KONTROLNÍ ZKOUŠKY .....	57
<b>8</b>	<b>EVIDENCE, SPRÁVA A ÚDRŽBA</b> .....	<b>58</b>
8.1	EVIDENCE PROPUSTKŮ .....	58
8.2	PROHLÍDKY PROPUSTKŮ .....	58
8.2.1	<i>Všeobecně</i> .....	58
8.2.2	<i>Běžná prohlídka</i> .....	58
8.2.3	<i>Hlavní prohlídka</i> .....	59

Propustky a mosty malých rozpětí

---

8.2.4	Mimořádná prohlídka .....	59
8.2.5	Kontrolní prohlídka.....	60
8.3	POSOUZENÍ STAVU PROPUSTKŮ .....	60
8.4	DIAGNOSTICKÝ PRŮZKUM PROPUSTKŮ .....	60
8.5	ÚDRŽBA PROPUSTKŮ .....	60
8.5.1	Všeobecně .....	60
8.5.2	Nestavební údržba .....	61
8.5.3	Stavební údržba .....	61
8.5.4	Opravy a rekonstrukce stávajících propustků .....	61
9	BEZPEČNOST PRÁCE .....	63
10	LITERATURA .....	64
11	SOUVISEJÍCÍ NORMY A PŘEDPISY .....	65
11.1	SOUVISEJÍCÍ NORMY .....	65
11.2	SOUVISEJÍCÍ PŘEDPISY (VŠE V PLATNÉM ZNĚNÍ) .....	67
PŘÍLOHY .....		70
PŘÍLOHA A	POSTUP PRO VYPRACOVÁNÍ HYDROTECHNICKÉHO VÝPOČTU PROPUSTKU (PŘÍKLADY).....	70
PŘÍLOHA B	PŘÍKLAD MOSTNÍ EVIDENCE PROPUSTKŮ.....	82

## 1 Úvod

### 1.1 Všeobecně

Tyto technické podmínky (dále jen TP) jsou určeny pro projektování, výstavbu a údržbu propustků, které se nacházejí na pozemních komunikacích.

TP stanovují obecné zásady navrhování, provádění, provozování a údržby propustků tak, aby bylo dosaženo požadované životnosti s minimálními finančními nároky.

TP jsou určeny silničním správním úřadům, orgánům a subjektům, které provozují, spravují, udržují a jsou zodpovědné za bezpečnost provozu na pozemních komunikacích.

TP nahrazují stávající typový podklad TyP Trubní propustky z roku 1992 v rozsahu týkající se hydraulického řešení propustků a mostů malých rozpětí (světlosti 2,01 až 5,00 m).

TP navazují na stávající ustanovení týkající se propustků v TP 83, TP 155, TP 204 a dalších rezortních předpisů.

TP obsahují také ustanovení pro navrhování propustků a mostů malých rozpětí z hlediska jejich ochrany a bezpečnosti při převádění povodňových průtoků a kapitulu pro evidenci propustků pozemních komunikací.

TP zahrnují specifikaci povinností při zabezpečení provozu a údržby propustků a mostů malých rozpětí z hlediska protipovodňové ochrany, včetně údržby přilehlých úseků a území v jejich bezprostředním okolí.

### 1.2 Vymezení platnosti TP

TP platí pro návrh, provozování, správu a udržování propustků světlosti 0,40 až 2,00 m na pozemních komunikacích.

TP platí zároveň na hydraulické řešení mostů malých rozpětí (světlosti 2,01 až 5,00 m) - viz kap. 3.

Z problematiky železničních mostů se podle TP bude řešit pro mosty malých rozpětí pouze hledisko hydraulických vlivů na prostorové uspořádání otvorů pod mosty v návaznosti na zvolený typ nosné konstrukce a spodní stavby mostu.

### 1.3 Termíny a definice

Pro účely těchto TP platí termíny a definice uvedené v ČSN 73 6100-1 až 3, ČSN 73 6200, ČSN EN 1990, ČSN EN 1991, ČSN EN 1992-2, ČSN EN 1993-2, ČSN EN 1994-2, ČSN EN 1996-1, ČSN 73 6213, ČSN 73 6221 a ČSN 73 6222.

Základní pojmy z oboru pozemních komunikací jsou uvedeny také v ČSN 73 6133 a ČSN 73 6244.

Dále platí tyto termíny a definice:

**Bystřinné proudění (nadkritické)** – proudění je bystřinné, pokud je Froudovo číslo  $Fr > 1$ .

**Čelo propustku** – konstrukce ukončující trubní těleso (tubus) propustku.

**Česle** – zařízení zabraňující vnikání vodou unášených předmětů do vtokových objektů (zpravidla mříž z rovnoběžných tyčí - česlic).

**Froudovo číslo (Fr)** – bezrozměrné číslo, které udává poměr mezi silou setrvačnou a gravitační působící na tekutinu. Podle toho, která z těchto sil převažuje, se proudění rozlišuje na bystřinné (nadkritické), říční (podkritické) a kritické. Froudovo číslo se stanoví podle rovnice (3.2).

**Inundační území** – část území v okolí vodních toků (říční niva), které je periodicky zaplavované zvýšenými (povodňovými) průtoky.

**Jmenovitá světlost trouby (DN)** – vnitřní průměr, vyjádřený celým číslem v mm, který přibližně odpovídá výrobnímu rozměru. V hydraulických výpočtech se pro zjednodušení používá písmeno **D**.

**Kritická hloubka ( $h_k$ )** – hloubka vody při kritickém proudění.

**Kritické proudění** – proudění je kritické v případě, že je Froudovo číslo  $Fr = 1$ .

**Kritická rychlost ( $v_k$ )** – rychlost proudění vody, při které daný průtok protéká profilem s minimální možnou hodnotou energetické výšky ( $E$ ) průřezu.

**Kruhová trouba** – trouba, jejíž příčný průřez v jedné rovině, kolmé k podélné ose, tvoří soustředný kruh.

**Lože** – tvarově upravená podkladní konstrukce trubního tubusu.

**Manipulační řád** – soubor zásad a pokynů pro manipulaci s vodou k jejímu účelnému a hospodárnému využití podle povolení k nakládání s povrchovými nebo podzemními vodami a stavebního povolení k vodnímu dílu, ke snižování nepříznivých účinků povodní, sucha a ledových jevů, k ochraně a zlepšení jakosti vody, jakož i k zajištění bezpečnosti, stability a spolehlivosti vodního díla.

**m-denní průtok** – průtok, který je v uvažovaném profilu s pravděpodobností dosažen anebo překročen po m-dní v roce.

**Měrný profil** – profil, ve kterém dochází k měření vodních stavů (popř. také průtoků). Může jím být například profil, ve kterém je umístěna limnigrafická stanice.

**Návrhový průtok (NP)** – smluvený průtok, který je použit jako návrhová hydrologická charakteristika.

**n-letý průtok ( $Q_n$ )** – kulminační průtok, který je v uvažovaném profilu v dlouhodobém průměru dosažen nebo překročen jednou za n-let.

**n** = Manningův součinitel drsnosti.

**Odtokový součinitel (C)** – udává podíl objemu spadlých srážkových vod, které z území odečtou po povrchu, vůči celkovému objemu spadlých srážkových vod za určitý časový interval.

**Pohoz** – opevnění tvořené vrstvou kamene, rozhrnutého na upravené dno a svah břehu.

**Povodeň** – je přechodné výrazné zvýšení hladiny vodních toků nebo jiných povrchových vod, při kterém voda již zaplavuje území mimo koryto vodního toku a může způsobit škody. Povodní je i 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.

**Propustek** je mostní objekt, popř. jeho část s kolmou světlostí mostního otvoru do 2,00 m včetně, sloužící zpravidla k příčnému provedení stálých nebo občasných vod, trubních a jiných vedení tělesem komunikace (ČSN 73 6200).

**Průtok (Q)** – objem vody, který proteče daným profilem za jednotku času.

**Přímkové vrcholové zatížení** – zatížení podél dvou protilehlých povrchových přímek, ležících ve svislé rovině, procházející podélnou osu trouby.

**Říční proudění (podkritické)** – proudění je říční, pokud je Froudovo číslo  $Fr < 1$ .

**Skluz** – uměle opevněné koryto s nadkritickým sklonem dna.

**Splávi** – souhrnné označení pro plovoucí předměty unášené samovolně vodním proudem, zejména při povodňových průtocích (vegetační zbytky, předměty splavené z okolí vodních toků, včetně vyvrácených stromů, dřevěných staveb apod.), které mohou být proudem uvedeny do vznosu, pohybovat se po hladině a ohrožovat mostní objekty.

**Trouba** – dutý dílec vyrobený s patkou nebo bez ní, který má stejný tvar vnitřního profilu po celé délce dřívku (stavební délce) s výjimkou úseků spoje.

**Vymílací rychlost** – je rychlost, při jejímž dosažení nebo překročení již dochází k vymílání koryta. Následuje degradace břehů, podezření paty svahu a sesuv břehů. Pro každý typ opevnění nebo materiálu dna a břehů koryta je jiná a lze ji určit i z tabulek vymílacích rychlostí (TP 204, Tab. 6.6).

**Vývar (vývařiště)** – stavebně prohloubená část ve dně koryta, která slouží k tlumení kinetické energie ve vodním skoku (přechod z bystrinného do říčního proudění) a v případě, že je vodní skok oddálený, je stavebními úpravami lokalizován jako vzdutý vodní skok.

## 1.4 Použité značky a zkratky

TP	Technické podmínky
TKP	Technické kvalitativní podmínky staveb pozemních komunikací
ZTKP	Zvláštní technické kvalitativní podmínky staveb pozemních komunikací
TKP-D	Technické kvalitativní podmínky pro dokumentaci staveb pozemních komunikací
TyP	Typový (typizační) podklad
PK	Pozemní komunikace
VNH	Výška návrhové hladiny
VKNH	Výška kontrolní návrhové hladiny
NP	Návrhový průtok
KNP	Kontrolní návrhový průtok
(-)	bezrozměrné číslo (u jednotek)
E	energetická výška
h	hloubka vody
D, resp. a	průměr kruhového propustku, resp. výška obdélníkového propustku
š	šířka
v	průměrná rychlost proudění
IO	sklon dna
IE	sklon čáry energie
Q, resp. Q <sub>D</sub>	průtok, resp. kapacitní průtok
S	průtočná plocha
R	hydraulický poloměr
O	omočený obvod
C	Chézyho rychlostní součinitel
Z <sub>t</sub> , resp. Z <sub>m</sub>	ztráta třením, resp. ztráta místní
L	délka propustku

## 2 ZATŘÍDĚNÍ A KONSTRUKCE PROPUSTKŮ

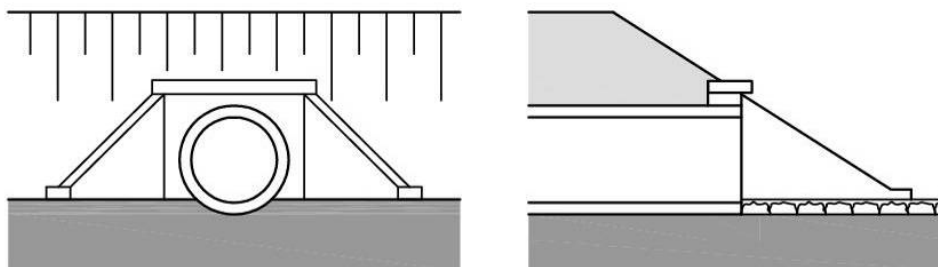
Z hydraulického hlediska se za propustky považují často i mosty malých rozpětí, zřizované ponejvíce v násypech pro převedení vodních toků. Propustky svým počtem tvoří podstatnou část mostních objektů, proto je nutné jim věnovat vzhledem k jejich hospodárnému významu stejnou pozornost jako mostům.

### 2.1 Rozdělení propustků

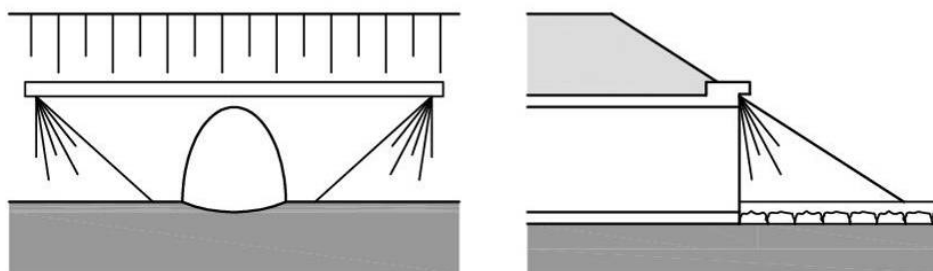
Propustky se rozdělují podle různých hledisek. Základní rozdělení je uvedeno v odstavci 2.1.1 až 2.1.6.

#### 2.1.1 Podle konstrukčního uspořádání

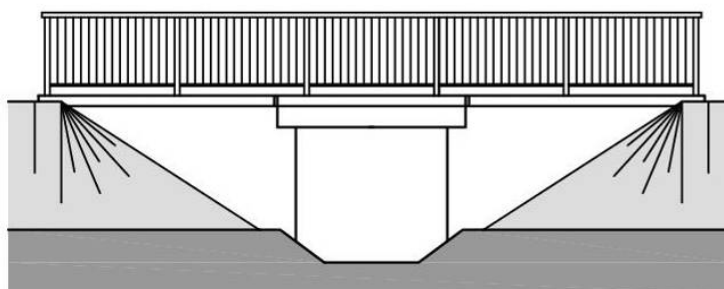
Podle konstrukčního uspořádání se dělí propustky na trubní, deskové, rámové, klenbové a ostatní.



Obr. 2.1 Trubní propustek s přesypávkou a šikmými svahovými křídly

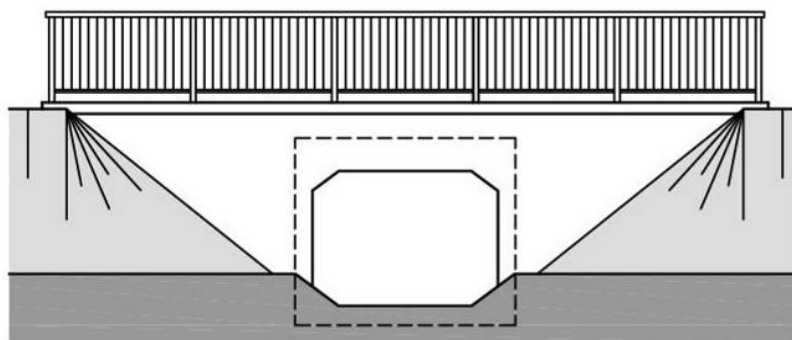


Obr. 2.2 Klenbový propustek s přesypávkou a rovnoběžnými křídly



Obr. 2.3 Deskový propustek bez přesypávky s rovnoběžnými křídly





Obr. 2.4 Rámový propustek bez přesypávky s rovnoběžnými křídly

### 2.1.2 Podle stavebního materiálu

Podle materiálu použitého na nosnou konstrukci se dělí propustky na kamenné, betonové, cihelné, ocelové, plastové a sklolaminátové.

### 2.1.3 Podle provedení konstrukce

Podle provedení nosné konstrukce se rozeznávají betonové propustky monolitické a prefabrikované.

### 2.1.4 Podle tvaru vnitřního průřezu

Podle tvaru příčného řezu se propustky dělí na kruhové, čtyřúhelníkové, tlamové, vejčité a jiné.

### 2.1.5 Podle polohy osy propustku k ose komunikace

(1) Vzhledem k poloze vůči ose komunikace rozeznáváme propustky kolmé (osa propustku svírá s osou komunikace pravý úhel), šikmé (osa propustku svírá s osou komunikace ostrý úhel v rozmezí  $90^\circ$  až  $45^\circ$ ; větší šikmost je nevhodná) a rovnoběžné (osa propustku je rovnoběžná s osou komunikace - sjezdy).

(2) Zvláštní kategorii tvoří propustky polních sjezdů a propustky zabezpečující přejezd příkopu z pozemní komunikace k nemovitostem. Příklad bezpečného provedení viz 4.8.7 (2), Obr 4.16.

### 2.1.6 Podle polohy propustku v tělese komunikace

Vzhledem k poloze propustku v tělese komunikace rozeznáváme propustky s přesypávkou a bez přesypávky.

Další dělení je možné podle účelu jejich použití, podle úpravy vtokové části propustků, podle úpravy výtokové části propustků, podle délky a podélného sklonu propustků, podle hydraulického režimu a parametrů atd.

### 3 HYDRAULICKÉ ŘEŠENÍ PROPUSTKŮ

#### 3.1 Režimy proudění

##### 3.1.1 Úvod

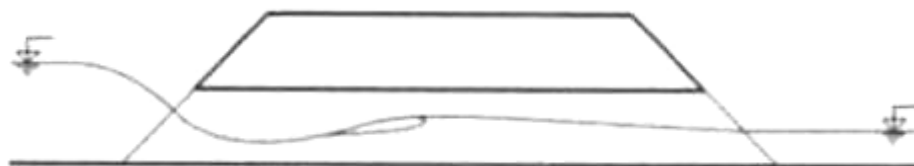
Celková teoretická analýza hydrauliky propustku je složitá a časově náročná. Podmínky proudění se mění propustek od propustku a liší se také v čase. Proudění je vesměs nerovnoměrné, může docházet ke změně režimu proudění z bystřinného do říčního vodním skokem, ke změně z netlakového do tlakového proudění, nebo z tlakového do netlakového proudění. Režim proudění se odvíjí od konfigurace vtokové a výtokové části propustku, geometrie a charakteristik propustku, atd.

V praktických výpočtech se propustky z hydraulického hlediska rozdělují do tří základních skupin:

- propustky s prouděním s volnou hladinou (volným vtokem)
- propustky se zahlceným vtokem
- propustky s tlakovým prouděním

##### 3.1.2 Proudění s volnou hladinou (volným vtokem)

Při tomto typu proudění je volná hladina po celé délce propustku, včetně vtoku a výtoku. Voda v žádném průřezu, ani ve vtoku, nevyplňuje celou plochu příčného řezu propustku.

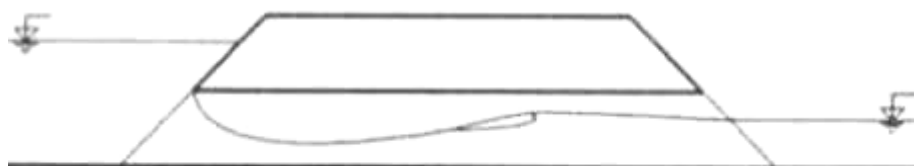


Obr. 3.1 Propustek s volnou hladinou, volný vtok a volný výtok

Stejně jako proudění v otevřeném korytě může být proudění v propustku kategorizováno jako říční, kritické nebo bystřinné. V případě říčního proudění (podkritického) je hloubka vody větší a proudění pomalejší. Při proudění bystřinném (nadkritickém) je hloubka vody malá, ale proudění je rychlejší. Přejdem mezi těmito dvěma režimy je proudění kritické. Podle režimu proudění lze tyto propustky s prouděním o volné hladině dále rozdělit na propustky s volným vtokem neovlivněným dolní vodou a propustky s volným vtokem a volnou hladinou ovlivněnou dolní vodou.

##### 3.1.3 Proudění se zahlceným vtokem

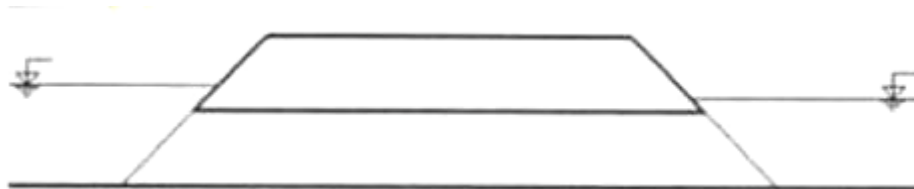
V tomto případě je celý světlý průřez vtokového otvoru zcela zaplněn vodou, hladina vody před vtokem je výše než strop propustku, avšak ve zbývajících částech propustku je volná hladina. Propustek může být dále ovlivněn nebo neovlivněn dolní vodou.



Obr. 3.2 Propustek s volnou hladinou, zahlcený vtok, volný výtok

### 3.1.4 Tlakové proudění

Důvodem vzniku tlakového proudění může být vytvoření zpětného tlaku daného vysokou úrovní hladiny dolní vody za propustkem, případně také vysoká hladina horní vody před ním. Bez ohledu na příčinu, je kapacita propustku v tlakovém režimu proudění ovlivněna podmínkami před a za objektem a hydraulickými charakteristikami propustku. V tomto režimu je propustek v celé délce vyplněn vodou. Stejně tak jako v předchozích případech se mohou vyskytovat dva základní stavy, a to tlakové proudění propustkem ovlivněné dolní vodou nebo neovlivněné dolní vodou.



Obr. 3.3 Propustek s tlakovým prouděním

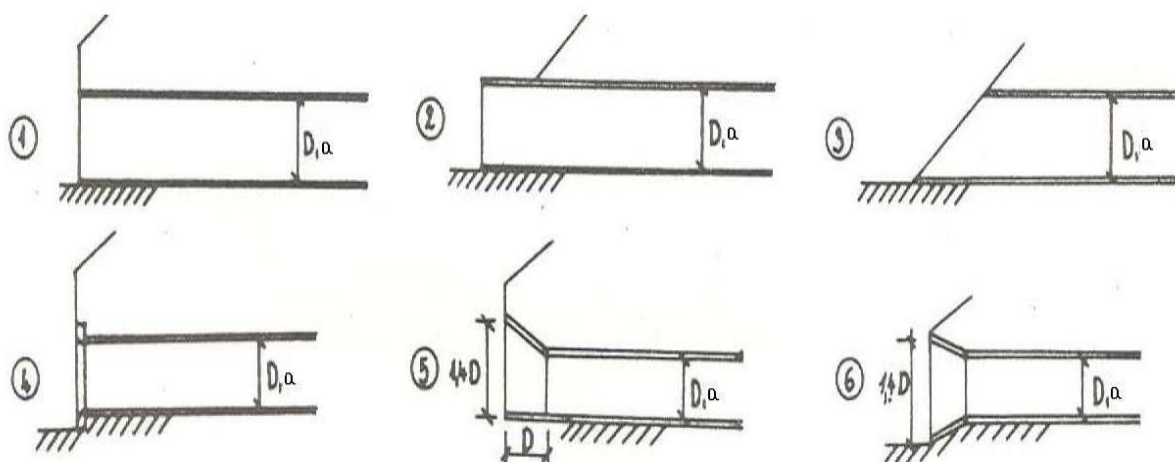
## 3.2 Úprava vtokové části propustku

### 3.2.1 Úvod

Konstrukční uspořádání vtokové a výtokové části propustků jsou při hydraulickém řešení rozhodujícími okrajovými podmínkami. Podstatná část hydraulických ztrát vzniká ve vtoku. Vtok lze navrhnout nezaoblený, který je stavebně jednodušší, ale ztráty jsou značně vyšší, pokud se však vtok do propustku zaoblí nebo se použije rozšíření vtoku, ztráty se značně omezí a tím se zlepší celá hydraulická funkce objektu.

Vhodnou úpravou podmínek na vtoku do propustku lze zredukovat součinitel ztrát na vtoku. Nižší hodnoty součinitele je možné získat také použitím vtoků se zaoblenou vstupní hranou. Naneštěstí konstrukční složitost těchto úprav často převažují nad jejich hydraulickými výhodami.

Vtoková část může mít mnoho podob, některé možné varianty jsou na Obr. 3.4. Zvolená konfigurace vtokové části určuje hodnoty součinitelů – ztrát, rychlostní součinitel, výškového zúžení a zatopení, což má vliv na účinnost propustku. V Tab. 3.1 jsou k nim potom uvedeny hodnoty součinitelů k příslušným variantám uspořádání vtokové části z Obr. 3.4.



Obr. 3.4 Základní typy vtoků do propustku

Typ vtoku (viz Obr. 3.4)	Součinitel ztrát vtokem $\zeta$	Rychlostní součinitel $\varphi = \frac{l}{\sqrt{l + \zeta}}$	Součinitel výškového zúžení $\kappa$	Součinitel zatopení vtoku $\beta$
1	0,40-0,50	0,85-0,82	0,90	1,20-1,16
2	0,80-0,90	0,75-0,73	0,86	1,09-1,08
3	0,70-0,80	0,77-0,75	0,87	1,10-1,09
4	0,05-0,10	0,98-0,95	0,97	1,45-1,40
5	0,10-0,15	0,95-0,93	0,95	1,40-1,33
6	0,30-0,40	0,88-0,85	0,94	1,40-1,36

Tab. 3.1 Hodnoty součinitelů

Součinitel ztrát vtokem (popř. rychlostní součinitel) charakterizuje ztráty spojené s úpravou vtokové části. Součinitel výškového zúžení určuje hloubku vody za vtokem do propustku, v případě, že není zatopen dolní vodou. Součinitel zatopení stanovuje, zda dochází k zatopení vtokové části do propustku. K tomuto dojde, pokud je splněna nerovnost:

$$h_o > \beta \cdot D \text{ resp. } h_o > \beta \cdot a \quad (3.1)$$

Kde:  $h_o$  je hloubka vody v korytě toku nebo inundačním území před vtokem (m)

$\beta$  je součinitel zatopení vtoku (-)

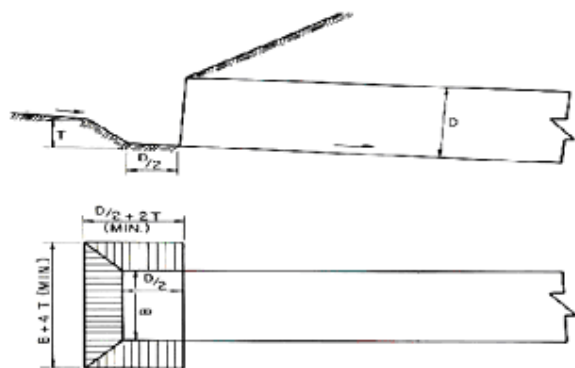
$D$  je průměr kruhového propustku (m)

$a$  je výška obdélníkového propustku (m)

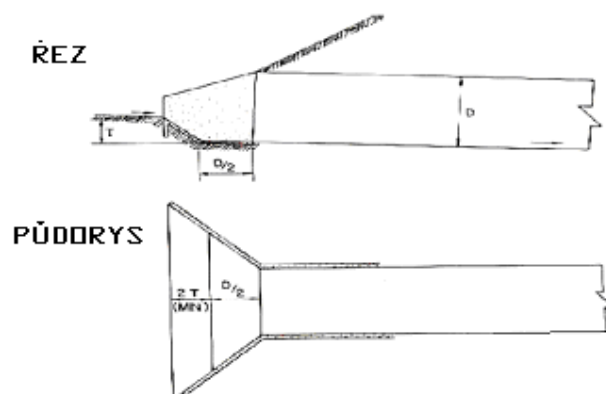
### 3.2.2 Zahloubení vtoku do propustku

Vtok do propustku bývá někdy umístěn pod niveletou stávajícího dna toku, díky čemuž lze pro stejnou úroveň hladiny horní vody získat větší spád. Toto opatření zajistí zvýšení kapacity propustku, ovšem může mít za následek značnou degradaci kanálu před objektem. V případě, že se v dané lokalitě nevyskytují odolné přírodní materiály, je při použití zahloubení často nutné koryto určitým způsobem dodatečně ochránit.

Na Obr. 3.5 a 3.6, kde  $D$  je průměr propustku, jsou znázorněny dvě metody zahloubení vtoku. Obr. 3.5 znázorňuje zahloubení s použitím jímky před vtokem, která je obvykle dlážděna (avšak jsou-li prohlubně malé, není dláždění nezbytně nutné). Obr. 3.6 zobrazuje použití zahloubení s rozšiřujícími se opěrnými zdmi. Opevnění je nezbytné.



Obr. 3.5 Zhloubení s jímkou



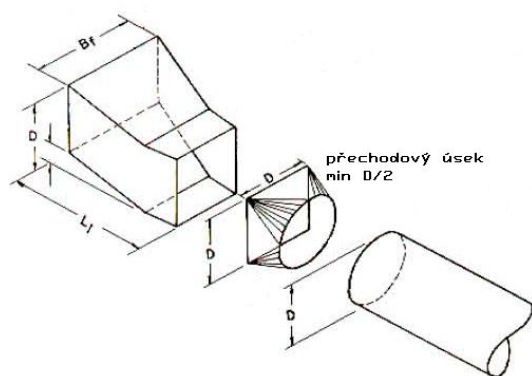
Obr. 3.6 Zhloubení s opěrnými zdmi

Zahloubení se provádí u propustků s bočním rozšířením vtokové části před čelem propustku a u propustků s rozšířením vtokové části směrem vzhůru mezi profilem čela a hrdla.

### 3.2.3 Propustky s rozšířením ve vtokové části

Propustky s rozšířením ve vtokové části mají prodlouženou čelní část a hydraulicky účinné hrdlo. Takováto úprava má za následek zvýšení účinnosti propustku. Rozšíření vtoku lze také doplnit snížením dna, které může být součástí konstrukce propustku nebo může být umístěno před vtokem. Nicméně běžně jsou nejprve aplikovány úpravy vtoků a až v případě potřeby dalších modifikací se využije navíc možnost zahloubení. Účelem úprav je poskytnout větší spád v profilu hrdla pro danou hladinu horní vody. Spád je využit pro zrychlení proudění vody do propustku, a tudíž může docházet k erozi.

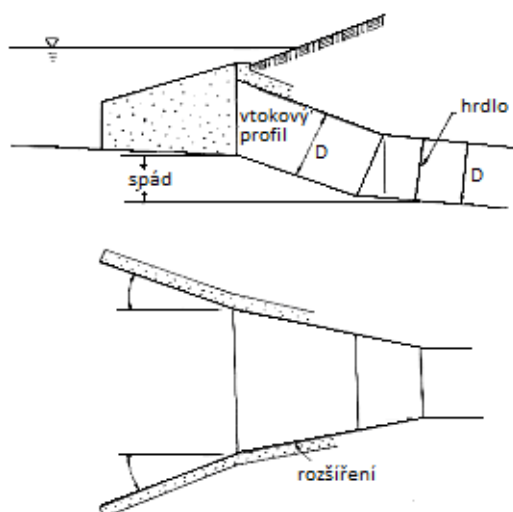
Případnou další úpravou může být zkosení vstupní hrany propustku. Hydraulická účinnost propustků s rozšířením ve vtokové části je ovšem vyšší než u propustků se zkosenými konci operujících za řízení vtokem. Při řízení výtokem je účinnost pro oba typy úprav stejná. V obou případech lze zvolit stejnou hodnotu součinitele místní ztráty, a to  $\zeta = 0,2$ .



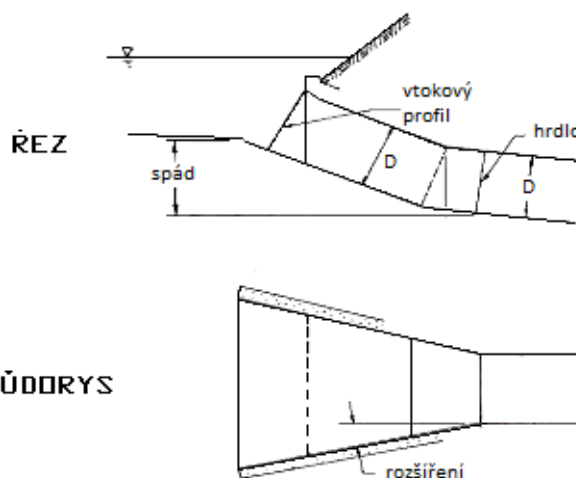
Obr. 3.7 Přechod do propustku

Propustky s rozšířenou vtokovou částí lze rozdělit na propustky s rozšířením z boku a s rozšířením shora. Propustky s bočním rozšířením mají zvětšenou oblast čela s přechodem do potrubí propustku provedeným zúžením bočních zdí. Místo, kde dochází k průniku zužujících se bočních zdí a potrubí, je definováno jako hrdlo propustku. Propustky se vstupní částí rozšířenou směrem nahoru mají, stejně jako předchozí typ, zvětšenou čelní část, která se směrem k potrubí propustku zužuje a setkává se s potrubím v hrdelní části (viz Obr. 3.8 a 3.9). Navíc může být vtoková část také zahloubená (mezi profilem vtoku a hrdla).

Rozšíření je možné aplikovat na propustky kruhového i obdélníkového průřezu. Při použití do kruhového propustku je nutné užít mezi obdélníkovým vtokem a kruhovým tělesem propustku přechod (viz Obr. 3.7).



Obr. 3.8 Rozšířený vtok se svislým čelem



Obr. 3.9 Rozšířený vtok se zkoseným čelem

### 3.2.4 Konstrukce pro řízení splávi

Náchylnost vodního toku k přenášení splávi závisí na využití území povodí, charakteristik toku a inundačního území. Proto je vyžadováno provedení polního průzkumu, který se zaměřuje zejména na průzkum využití území povodí, rychlostí proudění, sklonu a náchylnosti k bleskovým povodním.

Pokud je zjištěn jen malý potenciál, postačí běžný návrh a preventivní údržba. Průchodnosti většiny plovoucího materiálu může pomoci hladký, dobře navržený vtok a vyvarování se použití zkosených vtoků. Pravidelná údržba vtoků snižuje náchylnost k případným problémům a pomáhá k identifikaci propustků, kde mohou být vyžadována konstrukční řešení pro ochranu proti ucpávání.

Základními metodami pro řízení splávi jsou:

- zachycování splávi v nebo nad vtokem propustku
- odklonění splávi od vtoku
- zařízení a úpravy pro usnadnění provedení splávi propustkem.



Obr. 3.10 Deflektor splávi

Posledně jmenované může být provedeno předimenzováním propustku nebo použitím mostu namísto propustku. Pro zlepšení průchodnosti splávi propustkem lze také použít žebra, která zarovnávají splávi s osou toku.

Sběrače před vchodem do propustku zahrnují sítě, plovoucí trámy pro zachycování splávi a usazovací nádrže. Dále lze použít různé deflektory splávi. Mohou to být jednoduché tyče nebo příčky umístěné před vtokem nebo složitě konstrukce tvaru „V“ (viz Obr. 3.10).

## 3.3 Proudění propustkem s volnou hladinou

### 3.3.1 Úvod

Typ proudění se stanoví pomocí bezrozměrného Froudova čísla, které vyjadřuje poměr mezi dvěma silami – setrvačná síla ku gravitační – podle toho, která z těchto dvou sil převažuje, se proudění rozlišuje na bystřinné, říční a kritické. Froudovo číslo se vypočítá pomocí vztahu:

$$Fr = \frac{v}{\sqrt{g \cdot h}} \quad (3.2)$$

Kde:  $v$  je průměrná rychlost proudění ( $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ )

$g$  je gravitační zrychlení ( $9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ )

$h$  je hloubka vody (m); (podíl průtočné plochy a šířky volné vodní hladiny).

Pokud je:

- $Fr > 1,0$  pak se jedná o proudění bystřinné (nadkritické) – voda je mělká a rychlosti proudění jsou vysoké,
- $Fr < 1,0$  pak je proudění říční (podkritické) – hloubka vody je větší a proudění pomalejší,
- $Fr = 1,0$  je proudění kritické.

Výpočtem průběhu hladin ustáleného nerovnoměrného proudění podél celé délky propustku lze stanovit, zda dochází v propustku k proudění s volnou hladinou. Orientačně je možné určit kapacitní průtok propustku pro netlakový režim proudění, u betonového kruhového propustku s uvažováním Manningova součinitele drsnosti (Tab. A. 9)  $n = 0,013 \text{ m.s}^{-1/3}$ , z rovnice:

$$Q_D = 24 \cdot D^{8/3} \cdot \sqrt{I_o} \quad (3.3)$$

Kde  $Q_D$  je kapacitní průtok propustkem při netlakovém režimu ( $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ )

$D$  je průměr kruhového propustku (m)

$I_o$  je sklon dna propustku (-)

Pro proudění s volnou hladinou potom platí, že návrhový průtok ( $Q$ ) musí být menší než průtok kapacitní ( $Q_D$ ):

$$Q < Q_D \quad (3.4)$$

Kde:  $Q$  je návrhový průtok ( $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ).

### 3.3.2 Hydraulické řešení propustků s volnou hladinou

V prvním kroku se musí ověřit, zda je vtok do propustku volný. K tomuto účelu slouží součinitel zatopení vtoku  $\beta$ , jehož hodnota je dána tvarem vtokové části. Některé jeho hodnoty jsou zapsány v Tab. 3.1. Ověření zatopení či nezatopení se provádí pomocí součinu součinitele zatopení a výšky, resp. průměru propustku, jenž se porovná s hloubkou horní vody:

- pokud je  $h_h < \beta \cdot a$ , resp.  $h_h < \beta \cdot D$ , pak je vtok volný
- pokud je  $h_h > \beta \cdot a$ , resp.  $h_h > \beta \cdot D$ , pak je vtok zahlcený (viz kap. 3.4.)

Kde:  $a$ , resp.  $D$  je výška, resp. průměr propustku (m)

$h_h$  je hloubka horní vody (m)

Propustky s volnou hladinou, s nezatopeným vtokem, lze dále rozdělit na propustky zdola zatopené a zdola nezatopené, tedy ovlivněné nebo neovlivněné dolní vodou.

Pro výpočty proudění slouží Bernoulliho rovnice, která vyjadřuje zákon zachování mechanické energie. Rovnice je sepsána pro dva profily, první profil je umístěn před propustkem a druhý v místě největšího zúžení uvnitř propustku:

$$E = h_2 + \frac{\alpha \cdot v_2^2}{2 \cdot g} + \xi \frac{v_2^2}{2 \cdot g} = h_2 + \frac{\alpha \cdot Q^2}{2 \cdot g \cdot \varphi^2 \cdot S_2^2} \quad (3.5)$$

$$E = h_h + \frac{\alpha \cdot v_h^2}{2 \cdot g} \quad (3.6)$$

Kde:  $E$  je energetická výška před propustkem (m)

$h_2 = h_c$  v případě zdola nezatopeného,  $h_c$  je hloubka vody za vtokem (v místě největšího zúžení uvnitř propustku) (m)

$h_2 = h_\sigma$  v případě zdola zatopeného propustku,  $h_\sigma$  je zatopená hloubka (m)

Hloubku vody za vtokem  $h_c$ , lze stanovit pomocí hodnoty kritické hloubky  $h_k$ :

$$h_c = \kappa \cdot h_k \quad (3.7)$$

Kde:  $\kappa$  je součinitel výškového zúžení (-), (viz Tab. 3.1)

$h_k$  je kritická hloubka (m), jež lze například pro kruhový propustek vypočítat rovnicí:

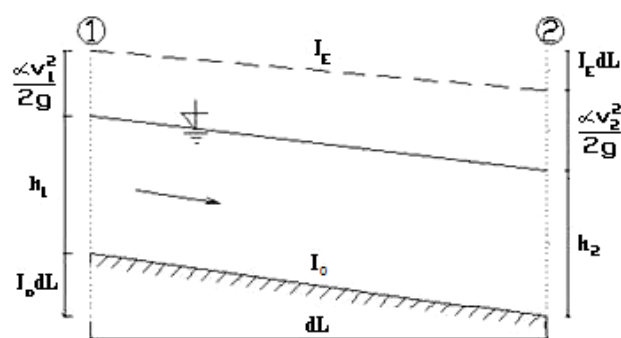
$$h_k = \frac{\sqrt{0,32 \cdot Q}}{\sqrt[4]{D}} \quad (3.8)$$



Pokud je propustek zdola zatopen, je nutné hodnotu  $h_0$  dopočítat z úrovně hladiny na konci propustku. Touto hloubkou může být kritická hloubka nebo hladina dolní vody, vybere se ta vyšší z obou hodnot. Hladinu dolní vody lze určit na základě pozorování, výpočtem od měrného profilu nebo profilu, kde je úroveň hladiny známá. Výpočty se provádí metodou po úsecích, jejíž princip je přiblížen v následujícím textu a také se jí zabývá TP 204, kap. 6.3.

V propustku se předpokládá nerovnoměrné ustálené proudění a pro výpočet průběhu hladin v propustku se použije metoda po úsecích, která vychází z aplikace Bernoulliho rovnice vždy pro dva sousedící výpočtové profily:

$$\frac{\alpha \cdot v_1^2}{2g} + h_1 + I_0 \cdot dL = \frac{\alpha \cdot v_2^2}{2g} + h_2 + I_E \cdot dL \quad (3.9)$$



Kde:

$h_1, h_2$  jsou hloubky proudění v profilech 1 a 2 (m)

$v_1, v_2$  jsou střední profilové rychlosti v profilech 1 a 2 ( $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ )

$I_0$  je sklon dna (-)

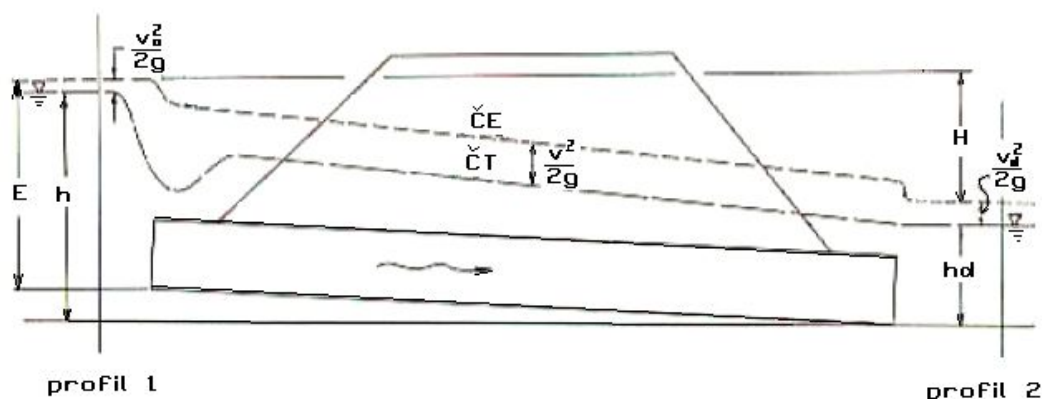
$\alpha$  je Coriolisovo číslo (-)

$dL$  je vzdálenost mezi profily (m)

$I_E$  je sklon čáry energie (-)

Obr. 3.11 Výpočet nerovnoměrného ustáleného proudění

Čára energie (ČE) na Obr. 3.12 reprezentuje celkovou energii v jakémkoliv bodě podél propustku. Při tlakovém proudění jsou čára energie a tlaková čára (ČT) rovnoběžné přímky, vzdálené od sebe na vzdálenost rovnou rychlostní výšce, s výjimkou okolí vtoku, kde dochází ke kontrakci proudu.



Obr. 3.12 Energie při tlakovém proudění - čára energie a čára tlaková

Sklon čáry energie  $I_E$  se stanoví pomocí průměrných hodnot z profilů 1 a 2 ze vztahu:

$$I_E = \frac{Q^2}{C_p^2 \cdot S_p^2 \cdot R_p} \quad (3.10)$$



Kde:  $Q$  je průtok vody ( $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ )

$C_p$  je průměrná hodnota Chézyho rychlostního součinitele ( $\text{m}^{1/2} \cdot \text{s}^{-1}$ )

$S_p$  je průměrná průtočná plocha (m)

$R_p$  je průměrný hydraulický poloměr (m)

Do výpočtů nerovnoměrného proudění je také nutné zahrnout místní ztráty (tj. lokální ztráty jako důsledek deformace rychlostního pole) – na vtoku a výtoku z propustku (náhlým rozšířením proudu), ztráty případným ohybem propustku. Rozdíl hladin v obou profilech s uvážením místních ztrát se stanoví rovnicí:

$$\Delta z = \frac{\alpha \cdot Q^2}{2 \cdot g} \left( \frac{1}{S_2^2} - \frac{1}{S_1^2} \right) + \frac{Q^2}{K_p^2} \cdot dL + \xi \left[ \frac{\alpha}{2 \cdot g} \cdot \left( \frac{Q^2}{S_2^2} - \frac{Q^2}{S_1^2} \right) \right] \quad (3.11)$$

Kde:  $\xi$  je součinitel místní ztráty (viz hydraulické tabulky) (-)

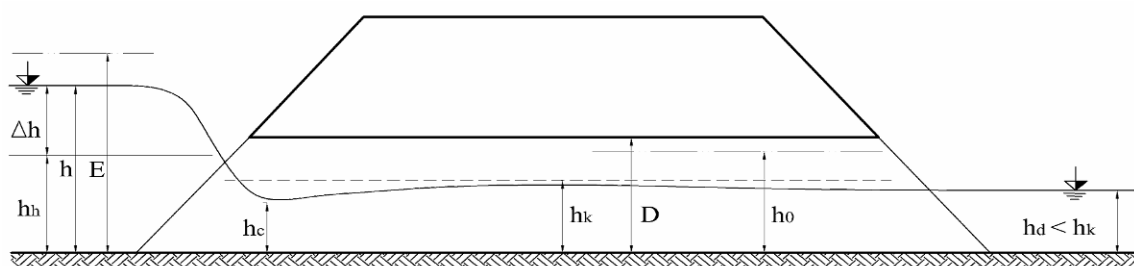
$\Delta z$  je rozdíl hladin v obou profilech (m)

### 3.3.3 Základní výpočetní schémata

Hydraulické výpočty propustků zahrnují výběr druhu propustku, určení podélného profilu propustku, určení minimálních rozměrů propustku, skutečné výšky vzdutí, hloubky vody a rychlosti proudění na výtoku z propustku, hloubky výmolu za propustkem, porovnání s přípustnými hodnotami a návrh opevnění koryta za propustkem. K realizaci je třeba vybrat řešení, které zajišťuje nepřekročení přípustných hodnot vzdutí a rychlostí proudění, jakož i technicko-ekonomicky výhodný návrh opevnění.

Obecně se k hydraulickému výpočtu propustků používá postup založený na aplikaci Bernoulliho rovnice pro vzdutou hloubku před propustkem  $h$  a pro zúženou hloubku  $h_c$  za vtokem.

#### 3.3.3.1 Propustky s volným vtokem a volnou hladinou neovlivněnou dolní vodou



Obr. 3.13 Propustek s volným vtokem neovlivněným dolní vodou

V případě, že vtok není ovlivněn dolní vodou, se zúžená hloubka za vtokem do propustku  $h_c$  stanoví rovnicí:

$$h_c = \kappa \cdot h_k \quad (3.12)$$

Kde:  $h_k$  je kritická hloubka v profilu za vtokem do propustku (m)

$\kappa$  je součinitel výškového zúžení (-), který je funkcí konstrukčního provedení vtokové části.

Kritickou hloubku lze stanovit iteračním způsobem pomocí obecné rovnice kritického proudění ( $S_k$  je průtočná plocha a  $B_k$  je šířka v hladině při kritické hloubce):

$$\frac{\alpha \cdot Q^2}{g} = \frac{S_k^3}{B_k} \quad (3.13)$$

Použít lze také empirické rovnice. Příkladem jsou rovnice (3.14a, resp. b) pro propustek obdélníkového, resp. kruhového průřezu:

$$h_k = \sqrt[3]{\frac{\alpha \cdot Q^2}{g \cdot b^2}}, \text{ resp. } h_k = \frac{\sqrt[3]{0,32 \cdot Q}}{\sqrt[4]{D}} \quad (3.14a, \text{ resp. b})$$

Kde:  $b$  je šířka propustku (m).

Pro daný průtok ( $Q_D$ ) je třeba prokázat, že je menší než průtok kapacitní:

$$Q < Q_D \quad (3.15)$$

Kapacitní průtok se vypočítá za pomoci kombinace rovnice kontinuity a Manningovy rovnice, výsledný vztah pro kapacitní průtok je:

$$Q = v \cdot S = \frac{1}{n} \cdot R^{2/3} \cdot S \cdot \sqrt{I_0} \quad (3.16)$$

Pro betonový propustek kruhového profilu se dosadí za hodnotu Manningova součinitele drsnosti  $n = 0,013 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1/3}$  (viz TP 204, Tab. 6.2) a po dosazení vznikne vztah:

$$Q_D = 24 \cdot D^{8/3} \cdot \sqrt{I_0} \quad (3.17)$$

Pokud je požadavkem vyřešit otázku minimálního průměru propustku kruhového profilu pro návrhový průtok použije se předchozí rovnice, ze které se vyjádří průměr  $D$ :

$$D_{\min} = \left[ \frac{Q}{24 \cdot \sqrt{I_0}} \right]^{3/8} \quad (3.18)$$

Pro hydraulické řešení kruhových propustků s prouděním o volné hladině, bez vlivu dolní vody, lze použít (za předpokladu volby součinitele drsnosti  $n = 0,013 \text{ s} \cdot \text{m}^{-1/3}$ ) zjednodušené výpočtové vztahy uvedené v Tab. 3.2.

Úprava vtoku (viz Obr. 3.4)	Max.hloubka před propustkem	Hloubka zúženého profilu	Maximální průtok	Minimální průměr
1,3	$h_{\max} = 1,2 \cdot D$	$h_c = k \cdot h_k = 0,90 \cdot h_k$	$Q = 1,52 \cdot D^{5/2}$	$D_{\min} = 0,846 \cdot Q^{0,4}$
5,6	$h_{\max} = 1,4 \cdot D$	$h_c = k \cdot h_k = 0,95 \cdot h_k$	$Q = 2,17 \cdot D^{5/2}$	$D_{\min} = 0,734 \cdot Q^{0,4}$

Tab. 3.2 Zjednodušené výpočtové vztahy pro propustky s prouděním o volné hladině

Výpočet vzduť způsobeného propustkem vychází z:

- hodnot průtoku  $Q$
- podélného sklonu  $I_0$
- původní nevzduté hloubky vody  $h_h$
- hloubky vody za propustkem  $h_d$

V prvním kroku se stanoví minimální průměr propustku a zvolí se nejblíže vyšší vyráběný průměr. Následně se stanoví hodnoty kritické hloubky ( $h_k$ ), zúžené hloubky ( $h_c$ ), odpovídající průtočná plocha ( $S_c$ ) a rychlost ( $v_c$ ).

Úroveň vzduté hladiny před propustkem závisí na úrovni volné hladiny za vtokem a na hydraulických podmínkách na vtoku do propustku. Pro energetickou výšku profilu před propustkem platí podle Bernoulliho rovnice

$$E = h_c + \frac{v_c^2}{2 \cdot g \cdot \varphi^2} = h_c + \frac{Q^2}{\varphi^2 \cdot 2 \cdot g \cdot S_c^2} \quad (3.19)$$

Kde  $E$  je energetická výška profilu nad propustkem (m)

$h_c$  je zúžená hloubka za vtokem do propustku (m)

$\varphi$  je rychlostní součinitel (-), (podle tabulky 3.1)

$S_c$  je průřezová plocha v místě zúžené hloubky za vtokem ( $m^2$ )

Energetickou výšku profilu  $E$  lze rovněž vyjádřit v závislosti na hloubce vody před propustkem:

$$E = h + \frac{\alpha \cdot v_h^2}{2 \cdot g} \quad (3.20)$$

odkud

$$h = E - \frac{\alpha \cdot v_h^2}{2 \cdot g} \quad (3.21)$$

Často se uvažuje  $h \approx E$ , takže pro vzduť způsobené propustkem potom platí

$$\Delta h = h - h_h \quad (3.22)$$

Kde:  $h_h$  je původní nevzdutá hloubka v toku (m)

Pro zabezpečení proudění v propustku o volné hladině musí platit podmínky (3.23) a (3.15).

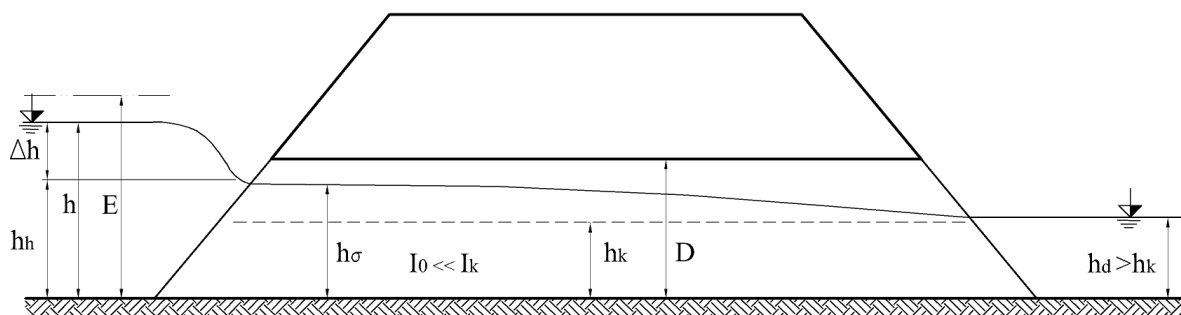
$$I_o \geq I_{omin} = \frac{Q^2}{S_D^2 \cdot C_D^2 \cdot R_D} = \frac{Q^2}{576 \cdot D^{16/3}} \quad (3.23)$$

Podle nerovnice (3.23) je tedy pro zabezpečení proudění o volné hladině vyžadováno, aby byl sklon propustku větší než sklon minimální ( $I_{omin}$ ) a podle druhé nerovnice (3.15) musí být průtok propustkem menší než průtok kapacitní ( $Q_D$ ).

### 3.3.3.2 Propustky s volným vtokem a volnou hladinou ovlivněnou dolní vodou

To, zda bude propustek ovlivněn dolní vodou, záleží na úrovni hladiny dolní vody za propustkem – zda ovlivňuje zúžený profil za vtokem  $h_c$ :

- pokud  $h_d \leq h_k$ , pak se na výtoku z propustku vytvoří hloubka  $h_k$  (kritická hloubka v propustku pro daný průtok) a při výpočtu se postupuje jako v předcházejícím případě
- pokud  $h_d > h_k$  platí, že hloubka na výtoku z propustku je rovna  $h_d$  (hloubka dolní vody) a v propustku je třeba vyšetřit průběh hladiny při nerovnoměrném ustáleném proudění, k čemuž poslouží metoda po úsecích. Jestliže pak ve vtoku vyjde hloubka  $h_\sigma \geq 1,25 \cdot h_k$  (pro kruhové propustky) nebo  $h_\sigma \geq 1,1 \cdot h_k$  (pro propustky obdélníkového průřezu) je vtok ovlivněn dolní vodou.



Obr. 3.14 Propustek s volným vtokem a volnou hladinou ovlivněnou dolní vodou

K hydraulickému výpočtu se použije Bernoulliho rovnice ve tvaru:

$$E = h_\sigma + \frac{v_\sigma^2}{\varphi^2 \cdot 2 \cdot g} = h_\sigma + \frac{Q^2}{\varphi^2 \cdot 2 \cdot g \cdot S_\sigma^2} \quad (3.24)$$

Odtud pro průtok platí

$$Q = \varphi \cdot S_\sigma \cdot \sqrt{2g \cdot (E - h_\sigma)} \quad (3.25)$$

Další výpočet je stejný, jak bylo uvedeno výše.

### 3.4 Proudění propustkem se zahlceným vtokem

#### 3.4.1 Úvod

Při proudění propustkem se zahlceným vtokem je celý světlý průřez otvoru zcela zaplněn vodou, ale ve zbývajících částech propustku voda proudí s volnou hladinou. Při zahlcení vtoku do propustku dochází k největší kontrakci proudu za vtokem a tím také k největšímu zvýšení hladiny před propustkem.

Stejně jako v předcházejícím případě, lze z pohledu režimu proudění tyto propustky rozdělit na dvě dílčí podskupiny:

- propustky se zahlceným vtokem neovlivněným dolní vodou
- propustky se zahlceným vtokem ovlivněným dolní vodou

To, zda je propustek zdola zatopený nebo není, lze zjistit porovnáním hloubky vody za vtokem ( $h_2$ ) a hloubky kritické ( $h_k$ ). Je-li:

- $h_2 < 1,1 \cdot h_k$  pro obdélníkové propustky,  $h_2 < 1,25 \cdot h_k$  pro kruhové propustky, pak je propustek zdola nezatopený

- $h_2 > 1,1 \cdot h_k$  pro obdélníkové propustky,  $h_2 > 1,25 \cdot h_k$  pro kruhové propustky, pak je propustek zdola zatopený

Vtok do propustku je zahlcený, ovšem ve zbývající části propustku proudí voda o volné hladině. Průběh hladiny v propustku lze dopočítat metodou po úsecích.

### 3.4.2 Hydraulické řešení propustků se zahlceným vtokem

Pomocí součinitele zatopení vtoku  $\beta$  se ověří, zda se jedná o zatopený nebo nezatopený vtok do propustku (viz kap. 3.3.2.). Součin výšky propustku a součinitele zatopení vtoku do propustku se porovná s hodnotou kritické hloubky. Pokud je  $h_h > \beta \cdot a$ , pak je vtok zahlcený, kde  $a$  je výška propustku (m) a  $h_h$  je hloubka horní vody (m).

Pro výpočty opět slouží Bernoulliho rovnice, zapsaná pro dva sousedící profily:

$$E = h_2 + \frac{\alpha \cdot v_2^2}{2 \cdot g} + \xi \frac{v_2^2}{2 \cdot g} = h_2 + \frac{\alpha \cdot Q^2}{\varphi^2 \cdot 2 \cdot g \cdot S_2^2} \quad (3.26)$$

$$E = h + \frac{\alpha \cdot v_h^2}{2 \cdot g} \quad (3.27)$$

Kde:  $E$  je energetická výška před propustkem (m)

$h_2 = h_c$  v případě zdola nezatopeného,  $h_c$  je hloubka vody za vtokem (v místě největšího zúžení uvnitř propustku) (m)

$h_2 = h_\sigma$  v případě zdola zatopeného propustku,  $h_\sigma$  je zatopená hloubka (m)

Hloubku vody za vtokem  $h_c$ , lze stanovit v případě zdola nezatopeného propustku kruhového, resp. obdélníkového průřezu, pomocí rovnice:

$$h_c = 0,6 \cdot D, \text{ resp. } h_c = 0,62 \cdot a \quad (3.28)$$

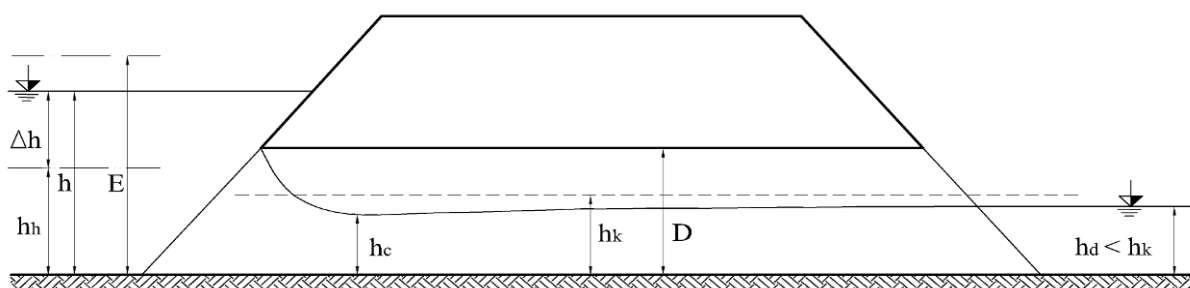
Kde:  $a$  je výška propustku (m)

$D$  je průměr propustku (m)

V případě zdola zatopeného propustku se, stejně jako v předchozí kapitole, musí hodnota zatopené hloubky  $h_\sigma$  dopočítat z úrovně hladiny na konci propustku metodou po úsecích (metoda je popsána v kap. 3.3.2). Se znalostí zatopené hloubky  $h_\sigma$  je možné určit energetickou výšku před propustkem  $E$ .

### 3.4.3 Základní výpočetní schémata

#### 3.4.3.1 Propustky se zahlceným vtokem neovlivněným dolní vodou s prouděním o volné hladině



Obr. 3.15 Propustek se zahlceným vtokem neovlivněným dolní vodou

Pro řešení propustku opět platí Bernoulliho rovnice ve tvaru (3.19). V případě zahlceného vtoku však dochází k větší kontrakci proudu. Tuto zúženou hloubku za vtokem do propustku lze stanovit použitím rovnice (3.28).

Pro hydraulické řešení kruhových propustků se zahlceným vtokem, ale neovlivněných dolní vodou, je možné použít (za předpokladu volby Manningova součinitele drsnosti  $n = 0,013 \text{ m.s}^{-1/3}$ ) zjednodušené výpočtové vztahy z Tab. 3.3.

Úprava vtoku (viz Obr. 3.4)	Hloubka před propustkem	Poměry v zúženém profilu		Podmínka pro průtok $Q < Q_D$	Minimální průměr
1, 3	$h > 1,2 \cdot D$	$h_c = 0,6 \cdot D$	$S_c = 0,62 \cdot S_D$	$Q < 24 \cdot D^{8/3} \cdot I_0^{1/2}$	$D_{\min} = \left[ \frac{Q}{24 \cdot I_0^{1/2}} \right]^{3/8}$
5, 6	$h > 1,4 \cdot D$				

Tab. 3.3 Zjednodušené výpočtové vztahy pro propustky se zahlceným vtokem

Výpočet vzduť způsobeného propustkem vychází z:

- hodnot průtoku  $Q$
- podélného sklonu  $I_0$
- původní nevzduté hloubky vody  $h_h$
- hloubky vody za propustkem  $h_d$

Na začátku výpočtu je nutné odhadnout poměr (hodnota se volí mezi 1,4 až 2,0 a předpokládá se, že  $E = h$ ):

$$p = \frac{E}{D} = \frac{h}{D} \quad (3.29)$$

Použitím rovnice ((3.30) – pro výpočet průtoku) a odhadnutého poměru (3.29) se vypočítá průměr potrubí propustku (3.31).

$$Q = S_c \cdot v_c = \varphi \cdot S_c \cdot \sqrt{2g \cdot (E - h_c)} \quad (3.30)$$

$$D = 0,785 \cdot \left[ \frac{Q^2}{p - 0,6} \right]^{1/5} \quad (3.31)$$

Na základě spočítaného průměru propustku se zvolí nejbližší vyšší vyráběný průměr. Použitím Bernoulliho rovnice, vyjádřené pro profil před propustkem a profil v zúžené části za vtokem do propustku (rovnice (3.19)), lze vypočítat energetickou výšku před propustkem  $E$ . Z Tab. 3.1 se použije hodnota rychlostního součinitele  $\varphi = 0,85$ . Výsledná rovnice pro výpočet energetické výšky  $E$  (pro kruhový propustek) se запиše do tvaru:

$$E = 0,6 \cdot D + 0,298 \cdot \frac{Q^2}{D^4} \quad (3.32)$$

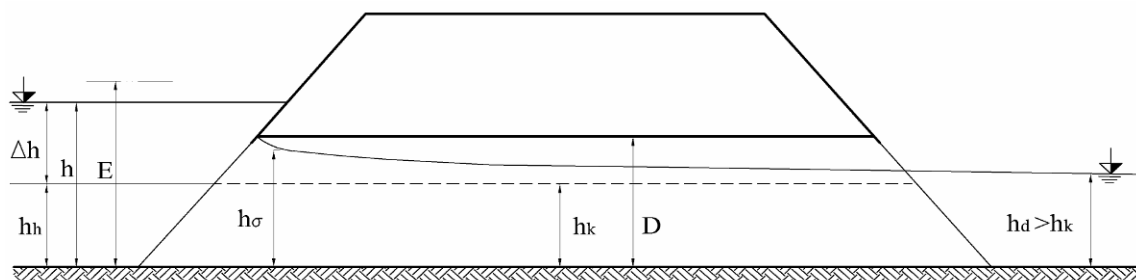
Hloubka vody se opět zjednodušeně uvažuje  $h \approx E$ , takže pro vzduť způsobené propustkem platí:

$$\Delta h = h - h_h \quad (3.33)$$

Následně je potřeba ověřit, jestli je skutečná hodnota poměru  $p = E/D$  v dostatečné shodě s odhadem. Pokud tomu není, je nutné výpočet opravit. Zapotřebí je také ověřit, zdali jsou

splněny počáteční předpoklady zahlcení vtoku horní vodou. Nakonec, pokud vše vyhovuje, se provede podrobný výpočet průběhu hladiny v propustku.

### 3.4.3.2 Propustky se zahlceným vtokem ovlivněným dolní vodou, proudění s volnou hladinou



Obr. 3.16 Propustek se zahlceným vtokem ovlivněným dolní vodou

Zúžený profil za vtokem je ovlivněn, pokud je hloubka dolní vody  $h_d > h_k$  (kritická hloubka). K tomuto dochází v případě propustků s malými sklony dna nebo velkou hloubkou dolní vody. Ze známé hladiny dolní vody se metodou po úsecích dopočítá proti směru proudění (neboť se jedná o proudění říční) zatopená hloubka vody za vtokem do propustku  $h_\sigma$ . Pro energetickou výšku před propustkem platí rovnice (3.24). Pro výpočet průtoku pak platí rovnice:

$$Q = \varphi \cdot S_\sigma \cdot \sqrt{2g \cdot (E - h_\sigma)} \quad (3.34)$$

## 3.5 Tlakové proudění propustkem

### 3.5.1 Úvod

Tlakové proudění v propustku může být způsobeno vytvořením zpětného tlaku od dolní vody za propustkem nebo může být dáno vysokou úrovní hladiny horní vody před ním. Celková kapacita propustku je při tlakovém proudění vody v propustku funkcí podmínek před a za objektem a hydraulickými charakteristikami propustku.

K tlakovému proudění dochází, pokud je průtok v propustku ( $Q$ ) větší než průtok při zcela zaplněném profilu za předpokladu beztlakového režimu proudění (tj. kapacitní průtok  $Q_D$ ).

$$Q > Q_D \quad (3.35)$$

Tento průtok  $Q_D$  se stanoví použitím rovnice kontinuity a Manningovy rovnice (3.16).

Pro propustek kruhového profilu lze tuto rovnici upravit do tvaru:

$$Q_D = \frac{0,312}{n} \cdot D^{8/3} \cdot I_o^{1/2} \quad (3.36)$$

Pokud se předpokládá kruhový betonový propustek, lze při uvažování Manningova součinitele drsnosti  $n = 0,013 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1/3}$  zapsat předchozí rovnici do tvaru:

$$Q_D = 24 \cdot D^{8/3} \cdot I_o^{1/2} \quad (3.37)$$

V propustku může nastat tlakové proudění na celé délce nebo jenom na jeho části. K plně tlakovému proudění na celé délce propustku dochází jen zřídka, většinou alespoň část propustku proudí s volnou hladinou. V takovém případě se pro analýzu proudění provádí výpočty průběhu hladiny vody.

### 3.5.2 Hydraulické řešení propustků s tlakovým prouděním

Po stránce hydraulické jde v případě výpočtu tlakových propustků o krátká potrubí. Vtoková ztráta ( $Z_v$ ) se stanoví ze vztahu:

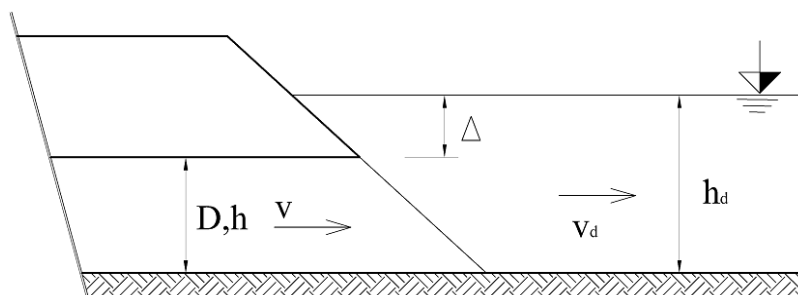
$$Z_v = \xi \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g} \quad (3.38)$$

Kde:  $\xi$  je součinitel ztráty vtokem (viz Tab. 3.1)

Ztrátový součinitel ( $\xi$ ) se volí pro rozšířený vtok 0,1 a pro vtok ostrohranný 0,5 až 0,78.

U propustků jsou tlakové výšky relativně malé proti rozměrům příčného průřezu. Proto i když voda za propustkem zcela zahlcuje výtokový průřez ( $h_d > D$ , resp.  $a$ ), nemusí být ještě zaručeno tlakové proudění. Tedy i v případě, že je voda před vtokem i za vtokem výše než strop propustku, neznamená to, že proudění v propustku bude plně tlakové po celé jeho délce. Uvnitř objektu se může objevit volná hladina, může zde vzniknout vodní skok. Podobné průtokové režimy bývají nestálé, vznikají při ní pulsace a nárazy při pohybu vzduchu po délce propustku. Z těchto důvodů je vhodné při přesnější analýze počítat objekty tohoto typu jednak jako propustky se zahlceným vtokem, jednak jako propustky tlakové a z těchto výsledků se zvolí ten méně příznivý.

Propustky s tlakovým režimem proudění mohou mít výtok zatopený nebo nezatopený dolní vodou. Podmínku, určující zatopení nebo nezatopení výtoku, lze odvodit pomocí Bernoulliho rovnice pro profil v místě výtoku z propustku a za propustkem. Pomocí této rovnice se stanoví maximální převýšení dolní vody nad propustkem, kdy lze ještě tvrdit, že se jedná o výtok nezatopený dolní vodou.



Obr. 3.17 Podmínka zatopeného výtoku

Úpravou Bernoulliho rovnice se získá podmínka zatopení:

$$\Delta \geq \frac{v_d \cdot (v - v_d)}{g} \quad (3.39)$$

Kde:  $v_d$  je střední profilová rychlost v korytě (inundačním území) za propustkem ( $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ )

$v$  je rychlost v propustku při tlakovém proudění ( $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ )

$\Delta$  je převýšení hladiny dolní vody nad horní hranou propustku (m), které se stanoví:

$$\Delta = h_d - D \quad (3.40)$$

$h_d$  je hloubka vody za výtokem z propustku (m)



**3.5.2.1 Propustky s tlakovým prouděním po celé délce**

Propustky s tlakovým prouděním po celé jeho délce lze dále rozlišit na:

- tlakové propustky s výtokem zatopeným dolní vodou
- tlakové propustky s výtokem nezatopeným dolní vodou

V případě plně tlakového proudění po celé délce propustku s výtokem zatopeným dolní vodou se pro výpočty použije Bernoulliho rovnice, která se zapíše pro profil na vtoku a na výtoku z propustku ve formě:

$$h_h + \frac{\alpha \cdot v_h^2}{2 \cdot g} + I_0 \cdot L = h_d + \frac{\alpha \cdot v_d^2}{2 \cdot g} + \sum Z_m + Z_t \quad (3.41)$$

$$\sum Z_m = Z_v + Z_r \quad (3.42)$$

Kde:  $\sum Z_m$  je součet místních ztrát (m)

$Z_v$  je ztráta vtokem (viz rovnice (3.38)) (m)

$Z_t$  je ztráta třením v propustku (m):

$$Z_t = I_E \cdot L \quad (3.43)$$

Pro vyjádření sklonu čáry energie  $I_E$  poslouží Darcy-Weisbachova rovnice:

$$I_E = \frac{\lambda}{D} \cdot \frac{v^2}{2g} \quad (3.44)$$

Kde:  $\lambda$  je součinitel ztrát třením (-)

$L$  je délka propustku (m)

$v$  je rychlost uvnitř propustku ( $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ ), která se stanoví rovnicí kontinuity:

$$v = \frac{Q}{S} \quad (3.45)$$

Kde:  $S$  je průtočná plocha propustku ( $\text{m}^2$ )

$Z_r$  je (Bordova) ztráta náhlým rozšířením za výtokem z propustku (m):

$$Z_r = \frac{(v - v_d)^2}{2 \cdot g} \quad (3.46)$$

$h_h$  je hloubka vody před propustkem (m)

$v_h$  je rychlost proudění před propustkem ( $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ )

$v_d$  je rychlost v korytě za propustkem ( $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ )

Kromě již zmíněných místních ztrát (vtokem, rozšířením), mohou být v propustku další možné ztráty a to místní ztráty zakřivením propustku, spojením nebo připojením, místní ztráty na česlích. Tyto ztráty by bylo při důsledném výpočtu vhodné také započítat.

Je-li proudění v propustku tlakové po celé jeho délce a výtok není zatopen dolní vodou, zapíše Bernoulliho rovnice do tvaru:

$$h_h + \frac{\alpha \cdot v_h^2}{2 \cdot g} + I_0 \cdot L = D + \frac{\alpha \cdot v^2}{2 \cdot g} + Z_v + Z_t \quad (3.47)$$

**3.5.2.2 Tlakové proudění na části propustku**

Další variantou, častěji se v přírodě vyskytující, je tlakové proudění objevující se jen na části propustku. Většinou se jedná o režim, kdy v přední části propustku dochází k tlakovému proudění a ve zbytku propustku je proudění s volnou hladinou. Pak se kombinuje postup výpočtu pro plně tlakové proudění vody v propustku a proudění s volnou hladinou.

### 3.5.2.3 Přelévání koruny pozemní komunikace

Za extrémních situací, při velkých povodních může také dojít k přetékání vody přes korunu pozemní komunikace. Postup výpočtu bude obdobný jako při proudění přes konstrukci přelivu. Výpočet se bude řídit rovnicí:

$$Q_o = m \cdot b \cdot \sqrt{2 \cdot g} \cdot h_o^{3/2} \quad (3.48)$$

Kde:  $Q_o$  je průtok přetékající přes korunu pozemní komunikace ( $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ )

$m$  je součinitel přepadu (-)

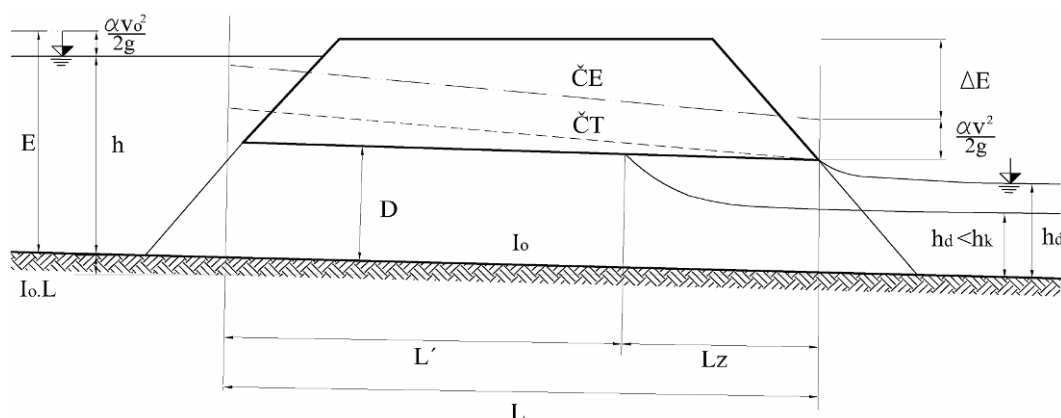
$b$  je délka přelévání komunikace (m)

$h_o$  je hloubka před propustkem, měřená od koruny pozemní komunikace k hladině vody (m); (pouze v případě, že se zanedbá přítoková rychlost, pro přesný výpočet je nutné ještě přičíst rychlostní výšku, pak je  $h_o$  definováno:  $h_o = v_o^2/2g + h$ )

Součet průtoku propustkem a průtoku přes korunu pozemní komunikace je roven celkovému průtoku.

### 3.5.3 Základní výpočetní schémata

#### 3.5.3.1 Propustky s tlakovým prouděním, výtok není zatopen dolní vodou



Obr. 3.18 Propustek s tlakovým prouděním a výtokem nezatopeným dolní vodou

Vtok je zatopen, v přední části propustku se vyskytuje tlakové proudění, které postupně přechází v proudění netlakové. Pro hloubku ve výtokovém profilu propustku ( $h_v$ ) platí jedna z následujících variant:

- a) jestliže je  $h_k > D$ , pak  $h_v = D$
- b) jestliže je  $h_d < h_k < D$ , pak  $h_v = h_k$
- c) jestliže je  $h_k < h_d < D$ , pak  $h_v = h_d$

Ad a)  $h_k > D$

První případ ( $h_v = D$ ) se vyskytuje nejčastěji. Propustek se následně řeší jako krátké potrubí, opět s použitím Bernoulliho rovnice, zapsanou pro dva profily – na vtoku do propustku a na jeho výtoku:

$$E = (I_E - I_0) \cdot L + (1 + \xi) \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g} + D \quad (3.49)$$

Kde:  $I_0$  je sklon dna propustku (-)

$I_E$  je sklon čáry energie (-):

Dosazením rovnice (3.44) do rovnice (3.49), ji lze zapsat ve tvaru:

$$E = \left(1 + \xi + \lambda \cdot \frac{L}{D}\right) \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g} + D - I_0 \cdot L \quad (3.50)$$

Kde:  $\lambda$  je součinitel tření (-), pro betonové potrubí lze tento součinitel stanovit pomocí empirického vztahu:

$$\lambda = \frac{0,01668}{D^{0,281}} \quad (3.51)$$

Předpokládá-li se, že  $h = E$  (tedy zanedbá se rychlostní výška před vtokem), pak lze k výpočtu průtoku použít rovnici:

$$Q = S \cdot \sqrt{2 \cdot g} \cdot \sqrt{\frac{h - D + I_0 \cdot L}{1 + \xi + \lambda \cdot \frac{L}{D}}} \quad (3.52)$$

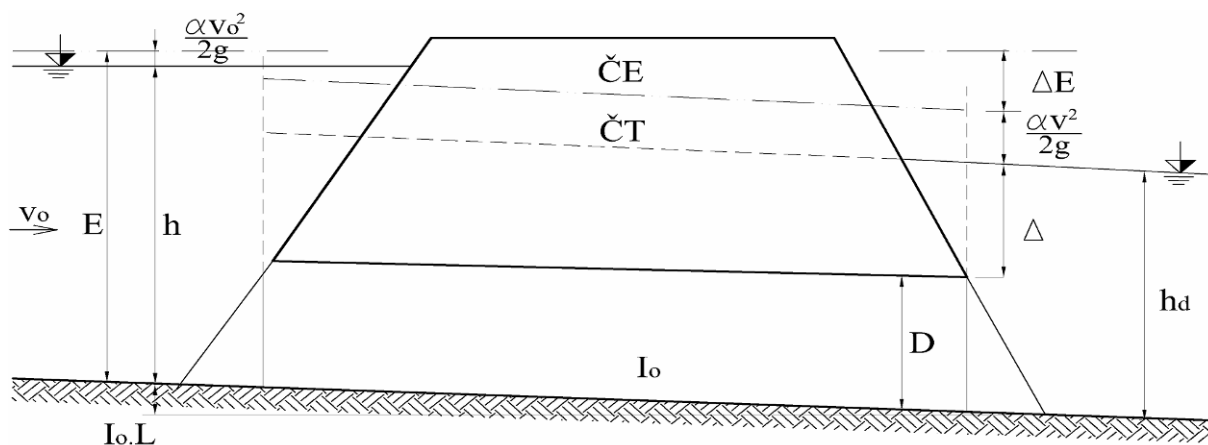
Popřípadě, pokud se použije empirická rovnice (3.51) pro vyjádření součinitele tření, má rovnice pro výpočet průtoku podobu:

$$Q = 3,48 \cdot D^2 \sqrt{\frac{h - D + I_0 \cdot L}{1 + \xi + 0,0211 \cdot \frac{L}{D^{4/3}}}} \quad (3.53)$$

Ad b), c)  $h_d < h_k < D$ ;  $h_k < h_d < D$

V obou případech platí, že hloubka vody v propustku je menší než jeho průměr  $h_v < D$ . V těchto případech se použije metoda po úsecích pro výpočet hladiny ustáleného nerovnoměrného proudění. Výpočet začíná na výtoku z propustku, počítá se proti směru proudění a hledá se vzdálenost  $L_z$ , od které nastane tlakové proudění. Odtud se dále počítá podle výše uvedených rovnic.

### 3.5.3.2 Propustky s tlakovým prouděním, výtok je zatopen dolní vodou



Obr. 3.19 Propustek s tlakovým prouděním a výtokem zatopeným dolní vodou

V tomto případě platí, že:  $Q > Q_D$  a  $\Delta > \Delta_{min}$ . Propustek se počítá jako krátké potrubí z Bernoulliho rovnice:

$$E = (I_E - I_0) \cdot L + (1 + \xi) \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g} + D + \Delta - \Delta_{min} \quad (3.54)$$

Kde:

$$\Delta = h_d - D \quad (3.55)$$

$$\Delta_{min} = \frac{v_d \cdot (v - v_d)}{g} \quad (3.56)$$

Pro výpočet sklonu čáry energie  $I_E$  se použije opět Darcy-Weisbachova rovnice (3.44), pak lze rovnici (3.54) upravit do tvaru:

$$E = \left( 1 + \xi + \lambda \cdot \frac{L}{D} \right) \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g} - I_o \cdot L + h_d - \Delta_{min} \quad (3.57)$$

Předpokládá-li se, že  $h = E$  (tedy zanedbá se rychlostní výšky před vtokem), pak lze k výpočtu průtoku použít rovnici:

$$Q = S \cdot \sqrt{2 \cdot g} \cdot \sqrt{\frac{h - h_d + I_o \cdot L + \Delta_{min}}{1 + \xi + \lambda \cdot \frac{L}{D}}} \quad (3.58)$$

### 3.6 Úprava za výtokem z propustku

#### 3.6.1 Úvod

Zadržování a soustřeďování povrchového odtoku a omezení přirozených vodních cest má za následek zvýšení potenciálu k erozivní činnosti. K ochraně koryta a přilehlých oblastí je někdy nezbytné tlumení energie vody.

Úprava prostoru za výtakovou částí je rozhodující pro tlumení energie vody vytékající z propustku. V případě zatopeného i nezatopeného výtoku je nutné posoudit, jaké zde budou rychlostní poměry a zda je nezbytné přistoupit k opevnění celého koryta či jeho části nebo inundačního území pod výtokem z propustku.

#### 3.6.2 Riziko eroze

##### 3.6.2.1 Eroze u vtoku do propustku

Je vhodné se zabývat otázkou eroze nejen na výtoku z propustku, ale také na jeho vtoku. Eroze u vtoku, způsobená víry a prouděním kolem opěr, není obecně hlavním problémem. Avšak mohou se vyskytnout i určité výjimky, například pokud tok v oblasti před propustkem není uspořádán s osou propustku, může být vyžadován určitý stupeň ochrany. Oblast s největším potenciálem k poškození je vně ostrého ohybu, kde se průtok musí stočit ke vstupu do propustku.

Proudící voda bude za návrhového průtoku normálně zadržena v prostoru u vtoku do propustku, odkud bude zrychlovat na relativně krátké vzdálenosti. K velkému vzrůstu rychlosti dochází na vzdálenosti rovné výšce propustku. Rychlost poblíž vtoku ( $v_i$ ) může být rovna zhruba podílu průtoku a plochy otvoru propustku:

$$v_i = \frac{Q}{S} \quad (3.59)$$

Pokud se osadí propustek do svahu násypu, použije se jako prevence proti erozi:

- propustek s čelem souběžným s korunou propustku,
- propustek s krátkým čelem a křídly.

Takovýmto opatřením se navíc zkrátí celková délka propustku. Alternativně lze také volit ochranu pomocí vydláždění svahů nebo použitím záhozu, avšak betonové konstrukce pevně upevněné k porubí propustku jsou bezpečnější.

### 3.6.2.2 Eroze u výtoku z propustku

Lokální eroze za propustkem je naprosto běžným jevem, který je důsledkem vysokých rychlostí proudění na výtoku. Vliv vysokých rychlostí však dosahuje pouze do určité omezené vzdálenosti za ním.

Největší rychlosti jsou vytvářeny na koncích dlouhých, hladkých propustků kruhového profilu a na tocích s velkými sklony. Tyto propustky budou bez pochyby ve většině případů vyžadovat ochranu koryta na výtoku. Nicméně ochrana je často nutná také u propustků se středními sklony.

Základním požadavkem konstrukčního řešení vtokové části propustku je dosažení požadované kapacity propustku a snížení místních ztrát vtokem. Hlavním požadavkem výtokové části je umožnění vytvoření hladkého přechodu proudu zpět do přirozeného koryta toku nebo do prostoru, kde bude tlumena energie vody. Konstrukce na výtoku by měla poskytnout rovnoměrné rozšíření proudu bez jeho nadměrného rozdělování nebo turbulence.

Není možné uspokojit jak vstupní, tak výstupní požadavky stejnou koncovou úpravou nebo návrhem. Řádně navržený výtok z propustku je základem pro účinný návrh prostředku pro tlumení energie a v některých případech může podstatně snížit nebo eliminovat potřebu pro ostatní koncové úpravy.

Ochrana výtokové části může být rozmanitá – od prostého záhozu až ke složitým a finančně nákladným konstrukcím pro tlumení energie. V některých případech postačí pro tlumení energie pouze použití drsného materiálu propustku nebo zmenšení sklonu. K zajištění ochrany může také posloužit betonová deska, která ochraňuje koryto a rozděluje nebo rozšiřuje proud. Pokud jsou rychlosti na výtoku příliš vysoké, způsobují za propustkem rozsáhlé problémy a mělo by se uvažovat o tlumení energie vývazy, stupni ve dně nebo uklidňovacími nádržemi za výtokem.

### 3.6.3 Rychlosti na výtoku z propustku

Základem pro správný návrh úpravy za výtokem z propustku je řádné stanovení výtokové rychlosti proudu. Rychlosti na výtoku z propustků s malými nebo středními sklony jsou zřídka menší než  $3 \text{ m.s}^{-1}$  a mohou dosahovat až  $9 \text{ m.s}^{-1}$ . V případě propustků s velkými sklony může být tato rychlost dokonce ještě vyšší. Za takovýchto podmínek je rozumné zhodnotit možnost snižování rychlosti již uvnitř propustku.

Obecně je při posuzování rychlosti na výtoku z propustku prvním krokem vypočítat normální hloubku vody v dolním korytě. Pakliže je hloubka dolní vody malá, bude voda v propustku u výtoku proudit za kritické hloubky.

Na propustcích s malými a středními sklony lze rychlost snížit zvětšením rozměrů propustku. Pokud voda blízko výtoku dosahuje kritické hloubky, nebude mít změna sklonu (bude-li tento sklon nižší než kritický) propustku ani změna odporu žádný vliv na změnu hloubky vody na výtoku a tím pádem ani na výtokovou rychlost.

Většina propustků s velkými sklony dosahuje proudění na výtoku normální hloubky (pro výpočet se použije rovnice (3.16)). Pak má zvětšení propustku jen malý vliv na rychlost. Určitého snížení rychlosti na výtoku je možné dosáhnout zdvojením propustku. Redukce průtoku v potrubí propustku má při stejném sklonu za následek snížení rychlostí za normální hloubky. Snížení rychlosti je též možné zvýšením drsnosti (namísto hladkého potrubí se použije potrubí s vyšší drsností). Při použití této metody je však nutné si uvědomit, že

případná změna podmínek z bystřinného proudění do říčního může mít za následek značné změny hladiny horní vody.

Další případnou variantou je nahrazení velkého sklonu propustku měnícím se sklonem. V části za vtokem je sklon větší a tím pádem jsou hloubky menší, rychlosti větší, za zlomem je potom sklon mírnější, hloubka vyšší a rychlosti nižší.

Rychlosti proudění ve výtokovém profilu propustku se určí pomocí vzorce:

$$v_v = \frac{Q}{S_v} \quad (3.60)$$

Kde:  $S_v$  je plocha příčného profilu na výtoku příslušející hloubce  $h_v$   
 $h_v$  je hloubka vody ve výtokovém profilu (m)

### 3.6.4 Návrh zařízení pro tlumení energie

Pro návrh vhodné ochrany vodního toku je nezbytné zajistit následující charakteristiky koryta:

- sklon, příčné profily
- normální hloubka, rychlost
- materiál dna a břehů koryta
- charakteristiky na výstupu z propustku
- výskyt splávi

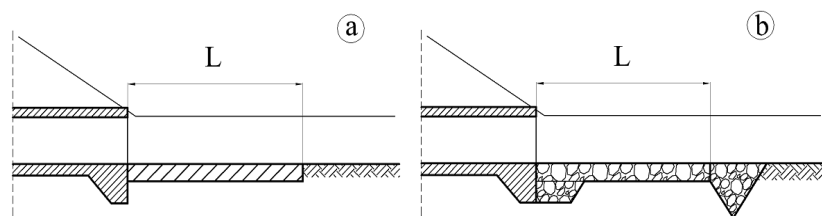
Návrh způsobu tlumení energie je funkcí průtoku. Nejprve se stanoví proudění na výstupu z propustku, na základě kterého se určí velikost výmolu s ohledem na materiál koryta.

Pokud výsledky indikují potřebu tlumení energie, určí se různé potenciální varianty, podle nákladů na výstavbu a provoz zařízení a charakteristik propustku jako:

- rozsah Froudova čísla pro nejlepší účinnost
- rychlost proudění
- údržba, provozní problémy nebo problémy s umístěním
- maximální rozměry
- limitující charakteristiky jako je sklon propustku, drsnost nebo jeho tvar

### 3.6.5 Konstrukce pro ochranu a tlumení energie za výtokem z propustku

Pokud se na výtoku z propustku vyskytuje říční proudění, použije se opevnění koryta nebo inundačního území bezprostředně za ním, aby se minimalizovaly erozní účinky vytékající vody. Jako opevnění může být použita betonová deska (Obr. 3.20a) nebo kamenná dlažba (Obr. 3.20b).



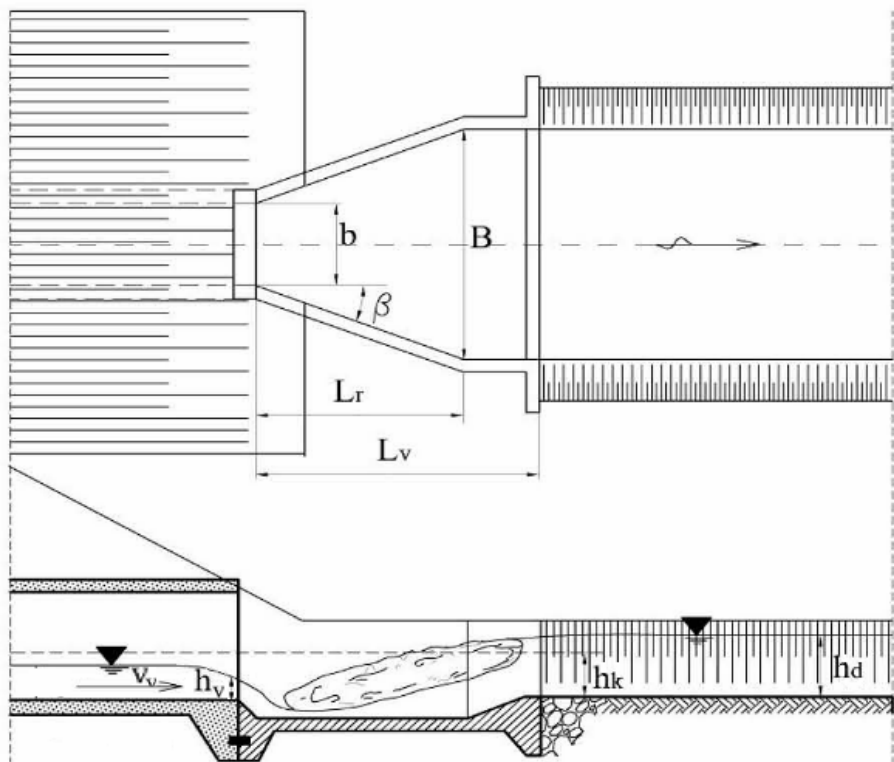
Obr. 3.20 Způsoby opevnění koryta za výtokem z propustku

Je-li proudění na výtoku bystřinné, je nutné použít pro tlumení kinetické energie vývar. Ve vývaru dochází ke změně charakteru proudění z bystřinného do říčního ve vodním skoku. Často se používá tzv. divergentní, tedy ve směru proudění se rozšiřující se vývar (viz Obr. 3.21).

### 3.6.5.1 Vývar

Při posuzování potřeby použití opevnění prostoru za propustkem se vychází z rychlosti na výtoku  $v_v$  (rovnice (3.63)) a nevymílací rychlosti  $v_{nr}$ . Pokud je  $v_v > 1,2 v_{nr}$ , je nutné úsek za výtokem opevnit.

Úsek za korytem má být navržen tak, aby se proudění symetricky rozšiřovalo ze šířky výtoku  $b$  na šířku zpevněného koryta  $B$  (Obr. 3.21).



Obr. 3.21 Tlumení kinetické energie vodního proudu za výtokem z propustku vývarem

Úhel  $\beta$  odchýlení stěn vyústního úseku od osy koryta lze při bystrinném proudění určit pomocí vzorce:

$$\beta = \arctg \left( \frac{l}{0,3 \cdot Fr_v + 0,54} \right) \quad (3.61)$$

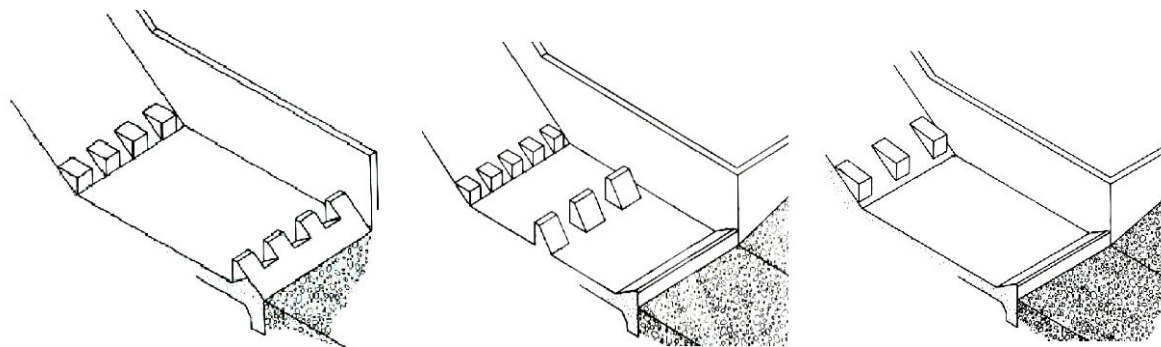
Kde  $Fr_v = \frac{v_v^2}{g \cdot h_v}$  je Froudovo číslo ve výtokovém profilu (-)

Délku divergentního úseku za vyústěním propustku lze vypočítat pomocí vztahu:

$$L_r = \frac{B - b}{2 \cdot \tg \beta} \quad (3.62)$$

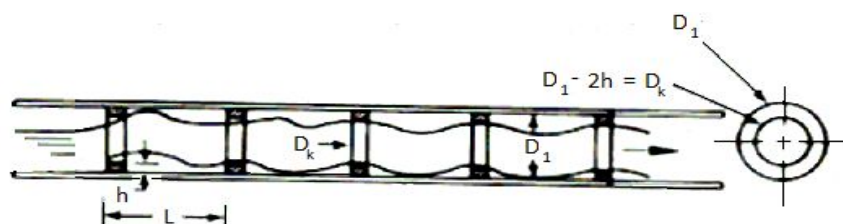
V této rovnici se má za  $B$  dosazovat šířka koryta rovná 3 až 5násobku světlosti propustku. K většímu tlumení energie je možné také použít překážky v proudění, prahy a další zdrsňující prvky. Tímto se vyvolá větší odpor proudění. Zdrsňující prvky jsou používány pro stabilizaci vodního skoku a zkrácení délky vývaru. Prvky musí být dostatečně ukotvené, aby odolaly odporovým silám.

Několik ukázek možného uspořádání prostoru vývaru jsou na Obr. 3.22:



Obr. 3.22 Možná uspořádání vývaru

Kromě prostoru vývaru je možné tyto prvky umístit také dovnitř tělesa propustky, na výstupu z něj nebo na vstupu do koryta. V situacích, kdy je možnost tlumení energie na výstupu z propustky omezena a kde není z důvodu řízení vtokem využita kapacita, lze zdrsňující prvky umístit v tělese propustky. Při proudění vody pak dochází k vytvoření série vodních skoků a přelivů uvnitř propustky, které udržují proudění na zhruba kritické rychlosti a to dokonce i na sklonech, které by jinak byly charakterizovány vysoce bystřinnými rychlostmi. Takovýto způsob úpravy je optimální k tlumení energie na strmých sklonech. Na základě zkušeností bylo zjištěno, že je dostačující čtyři až pět řad prvků s výškou mezi 5-10% průměru propustky. V případě propustky kruhového profilu, lze do prostoru propustky vložit kroužky (viz Obr. 3.23).

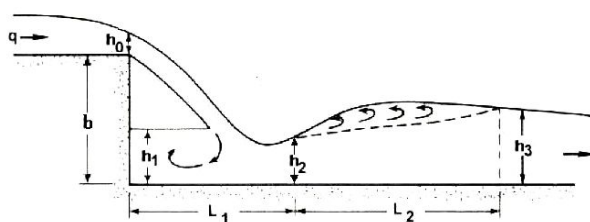


Obr. 3.23 Převalující se proudění v propustce kruhového průřezu

### 3.6.5.2 Stupně ve dně

Běžně používaným způsobem tlumení energie jsou stupně ve dně, jejichž aplikací lze snížit sklon dna toku. Kontinuální strmý sklon dna se přemění na sérii menších sklonů a svislých stupňů, pomocí čehož dojde ke zpomalení proudění.

Je nutné pak tlumit kinetickou energii vody pod stupni pomocí desky nebo vývaru. Voda dopadající na desku nebo do vývaru mění směr proudění a dochází ke vzniku turbulencí a tím k tlumení energie. Také v tomto případě lze pro podporu tlumení energie použít překážky, které zvýší odpor vůči proudění. Díky těmto konstrukcím lze vývar nebo desku zkrátit.



Obr. 3.24 Konstrukce stupně

Geometrie proudění na přímých stupních (Obr. 3.24) může být popsána tzv. číslem snížení, které je definováno jako:

$$N_d = q^2 / gb^3 \quad (3.63)$$

Kde:  $q$  je specifický průtok ( $\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ )  
 $g$  je tíhové zrychlení ( $9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ )  
 $b$  je výška stupně ( $\text{m}$ )

Pro konstrukci stupně platí podle výzkumu



propustků U. S. Army Corps of Engineers (USACE) vztahy:

$$L_1 / b = 4,30 \cdot N_d^{0,27} \quad (3.64)$$

$$h_1 / b = 1,00 \cdot N_d^{0,22} \quad (3.65)$$

$$h_2 / b = 0,54 \cdot N_d^{0,425} \quad (3.66)$$

$$h_3 / b = 1,66 \cdot N_d^{0,27} \quad (3.67)$$

Kde:  $L_1$  je délka stupně, tj. vzdálenost od paty stupně do místa hloubky  $h_2$  (m)

$h_1$  je hloubka pod stupněm (přímo u paty) (m)

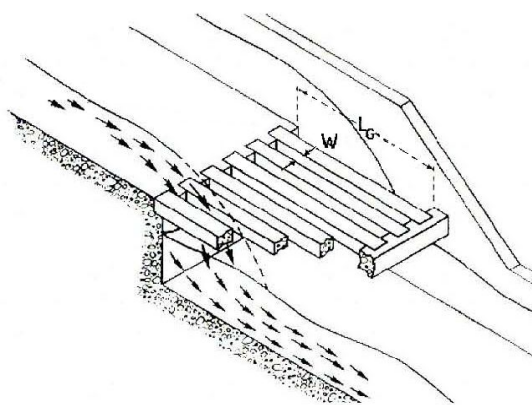
$h_2$  je hloubka proudění na začátku vodního skoku (m)

$h_3$  je hloubka dolní vody vzájemná k hloubce  $h_2$  (m)

Následně se vypočítaná druhá vzájemná hloubka  $h_3$  porovná s hloubkou vody v korytě  $h_d$ .

Pokud je:

- $h_d > h_3$  pak bude vodní skok zatopený
- $h_d = h_3$  pak se vodní skok začne tvořit v hloubce  $h_2$
- $h_d < h_3$  pak bude vodní skok postupovat po směru toku, v tomto případě je nezbytné učinit opatření (vytvoření desky na úrovni dna a přidání koncového prahu a rozrážeče nebo vytvoření desky pod úrovní dna a přidání koncového prahu)



Obr. 3.25 Stupeň s roštem

Spolu se stupněm ve dně je možné také použít konstrukci roštu, díky kterému je přitékající celkový proud při průchodu mřížkou rozdělen na několik proudů. Tyto proudy pak padají téměř vertikálně směrem do dolního koryta, což má za následek tlumení energie vody.

Tento typ návrhu je používán v oblastech většího výskytu spláví. Splávi přeplová přes mříž a padá do sběrné plochy, odkud se zboku odstraní a voda zbavená splávi může volně odtékat.

Při návrhu se doporučuje postupovat podle rovnice (3.68), podle které je délka nosníku  $L_G$ :

$$L_G = (Q) / C \cdot (W) \cdot N \cdot (2 \cdot g \cdot h_0)^{1/2} \quad (3.68)$$

Kde:  $C$  je empirický součinitel roven 0,245 (-)

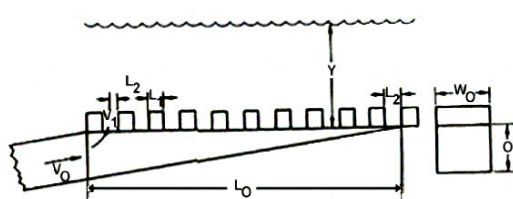
$W$  je šířka štěrbin (m)

$N$  je počet štěrbin nebo mezer mezi nosníky

$h_0$  je hloubka vody nad stupněm, tedy přepadová výška (m), (viz Obr. 3.25)

Sklon mřížky má být asi  $3^\circ$  směrem po proudu, aby bylo umožněno samočištění konstrukce.

### 3.6.6 Uklidňovací nádrž



Obr. 3.26 Rozdělovací uklidňovací nádrž

K tlumení energie v uklidňovací nádrži dochází změnou směru pohybu vody z horizontálního do směru vertikálního. Na Obr. 3.26 je příklad rozdělovací uklidňovací nádrže, jež tlumí přebytečnou kinetickou energii proudění vody směrem vzhůru namísto konvenčního horizontálního proudění nebo vertikálního proudění směru dolů. Proudění směřuje vzhůru do oblasti dolní vody.

## **4 ZÁSADY PRO NAVRHOVÁNÍ A PROJEKTOVÁNÍ PROPUSTKŮ**

### **4.1 Všeobecně**

(1) Základní zásady prostorového uspořádání propustků musí být v souladu s ČSN 73 6201 a propustek musí být navržen tak, aby nebyl brzděn odtok vody a ohrožena bezpečnost převáděné komunikace.

(2) Propustky musí být průchodné nebo alespoň průlezné s minimálním rozměrem otvoru 600 mm, přičemž v odůvodněných případech je možno připustit minimální rozměr propustku 400 mm (viz vyhláška 104/1997 Sb., v platném znění).

(3) Světlost propustku musí umožnit volný průtok návrhové vody při zohlednění podmínek týkajících se rychlosti průtoku, stupně zaplnění potrubí propustku a podélného sklonu jeho dna.

(4) Uvedené konstrukční zásady lze v přiměřeném rozsahu použít i pro mosty malých rozpětí (světlosti 2,01 až 5,00 m).

#### **4.1.1 Údaje o komunikaci a umístění propustku**

(1) Údaje o umístění propustku zahrnují zejména název vodoteče, profil koryta vodního toku (soustředěné koryto, inundační území), charakter a výšku břehů, úhel křížení, délku přemostění a výšku nivelety křižující či souběžné komunikace.

(2) Údaje o převáděné komunikaci a propustku zahrnují druh, třídu a číslo komunikace, staničení, evidenční číslo propustku, druh navrhovaného propustku, geologické podmínky, vymílací rychlosti a způsob založení podpěr a křídel.

#### **4.1.2 Údaje o dotčeném území v okolí propustku**

(1) Jedná se zejména o územní plán dotčeného území, charakter a plochu povodí, morfologii území (vhodné mapové podklady), charakter příbřežních zón a zástavbu podél vodního toku.

(2) Dále je nutno zohlednit rozsah a charakter zalesněných a zemědělsky využívaných ploch, odhad nebezpečí transportu spláví a soupis předmětů a objektů hrožících splavením za povodně.

(3) Při návrhu je nutno zohlednit sklon území, odtokový součinitel a odtokové poměry před propustkem.

#### **4.1.3 Hydrologické podklady a potřeba aktualizace dat**

(1) Návrhy zhotovitele musí zohlednit hydrologické a meteorologické poměry v oblasti stavby.

(2) Srážko-odtokové charakteristiky území, průtoky v tocích, převládající směry větrů a jejich rychlosti, výskyt častých mlh, mrazové charakteristiky a teploty vzduchu zjištěné zhotovitelem v příslušných podkladech nebo u institucí, které se zabývají příslušnou tematikou, se použijí v návrhových metodách požadovaných těmito TP nebo v dalších obecně užívaných postupech.

(3) Příslušná aktuální data dodá:

pro vodní toky s vlastním povodím ČHMÚ,

pro umělé vodní toky se postupuje podle ČSN 73 6101, odd. 12.5,

pro odvodnění území kolem PK příkopy se N-leté průtoky určí postupem dle přílohy A.3.1.

(4) Vždy je nutné žádat ČHMÚ o poslední aktuální data. ČHMÚ poskytuje informace o rozsahu období, ve kterém byla data shromážděna a podle kterých byly statisticky určeny N-leté a M-denní průtoky.

## **4.2 Zásady navrhování propustků**

### **4.2.1 Základní zásady pro navrhování**

(1) Při stanovování návrhových parametrů propustku podle ČSN 73 6201 je třeba zvážit požadavky na spolehlivost bezporuchového provozu propustku i z hlediska nebezpečí jeho ohrožení vyplývající z ledových jevů ve vodním toku - vlivu délky mrazového období, formy chodu ledů a ledové tříště a nebezpečí tvorby nápěchů a ledové zácpy.

(2) Návrhy propustků přes vodní toky a jejich inundační území musí odpovídat požadavkům ČSN 75 2130. Propustky, zejména jejich půdorysné a výškové uspořádání a jejich umístění do terénu ve vztahu k vodnímu toku a přilehlé údolní nivě, se mají navrhovat tak, aby nevytvářely překážku přirozenému odtoku vody při všech odtokových stavech.

(3) Současně má návrh přiměřeně vyhovět zájmům revitalizace, biodiverzity, rozvoje území apod. Přednostně se mají navrhovat mostní objekty tak, aby nebyly negativně ovlivněny zájmy ochrany vod a vodních toků.

(4) Na vybraných důležitých propustcích se doporučuje ke sledování VNH a VKNH osadit vodočetné latě.

### **4.2.2 Ochrana propustku před ucpáním splávím a ledy**

(1) Na toku, kde se vyskytuje splávi, je nutné účelnou ochranou zamezit ucpání mostního otvoru nesenými předměty.

(2) Opatření proti ucpáním splávím jsou shrnuty v TP 204, kap. 11. Konstrukce pro řízení spláví jsou uvedeny v článku 3.2.4.

## **4.3 Uspořádání propustku**

### **4.3.1 Křížení propustku s pozemní komunikací**

(1) Křížení propustku s pozemní komunikací se navrhuje pokud možno tak, aby délka propustku byla co nejkratší. Propustky spojující silniční příkopy musí být umístěny kolmo k ose PK.

(2) Vyústění propustku by mělo být pokud možno do konkávního břehu, úhel osy propustku a úhel osy vodního toku by měl být větší než 30°, tak aby osa propustku navazovala ve směru proudění vodního toku.

(3) Další podrobnosti o situačním návrhu propustků při křížení s vodními toky jsou obsaženy v TP 204 v kap. 4.

#### **4.3.2 Uspořádání na komunikaci v inundačním území**

(1) Prostorové uspořádání mostních otvorů přes vodní tok (druh nosné konstrukce, poloha a půdorysné uspořádání spodní stavby, tvar a poloha podpěr a křídel, navrhované opevnění) musí odpovídat důležitosti, velikosti i charakteru vodního toku a složitosti poměrů křížení vodního toku. Tomu musí odpovídat rozsah a podrobnost hydraulického řešení a pro něj použitého modelového prostředku (viz kap. 3).

(2) Další podrobnosti o situačním návrhu propustků v inundačním území jsou obsaženy v TP 204.

#### **4.3.3 Uspořádání propustku na komunikacích vedených podél vodního toku**

(1) Jedná se o souběžně vedené příkopy či rigoly při komunikacích vedených při břehu toku, odvodňovacích příkopů a převedení vod propustky na druhou stranu komunikace a zaústění do toku.

(2) Další podrobnosti o situačním návrhu propustků vedených podél vodního toku jsou v TP 204.

### **4.4 Návrh založení propustku a úprava podloží**

(1) Hloubku základové spáry udává projekt, který přihlédne i ke klimatu lokality výstavby. Pokud je hloubením základové rýhy porušen stav zeminy v základové spáře, musí se před betonáží základu upravit popř. navrhnout zlepšení zeminy (podle TP 94).

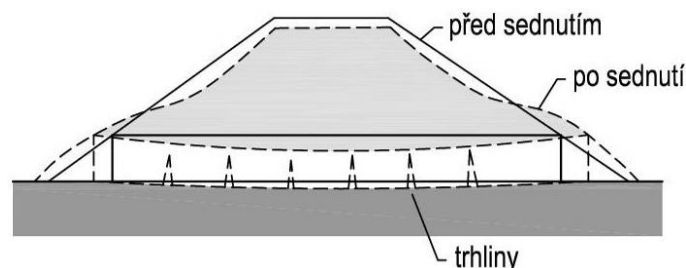
(2) V případě zakládání propustku na jemnozrnných, organických, jílovitých či objemově nestálých zeminách je možné odstranit nevyhovující zeminu v podloží a nahradit ji vrstvou písku, popř. štěrkopísku nebo provést úpravu základové půdy podle TP 94 oddělenou výztužnou nebo separační geotextilií. V případě zakládání na skalních horninách je nutno rovněž zajistit pod troubou pískové či štěrkopískové podkladní lože min. tloušťky 200 mm.

(3) Kontaktní vrstvu v podloží musí tedy tvořit hladký rovný homogenní polštář tl. min. 200 mm z nenamrzavé hrubozrnné zeminy s nízkou efektivní soudržností případně těžným nebo drceným kamenivem o velikosti zrna max. 22 mm. Zhutnění musí odpovídat min.  $I_D = 0,80$ . Není-li statickým výpočtem stanoveno jinak, musí být minimální únosnost podloží ve styku s plastovou troubou 200 kPa, modul přetvárnosti min. 30 MPa a úhel vnitřního tření této horní vrstvy min 36°. U dvoutrubních objektů musí být tyto požadavky splněny bez ohledu na průměr trouby.

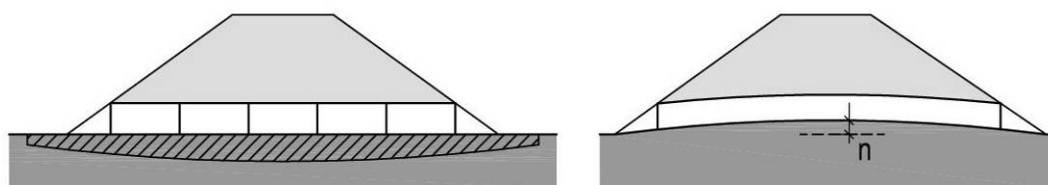
(4) Propustky mají v poměru k průřezu značnou délku. Zatížení násypem se po délce mění, sednutí dosahuje uprostřed délky 1/100 až 1/25 výšky násypu a protažení rozjížděním násypu po délce až 1/100 délky (Obr. 4.1).

(5) Z důvodů sednutí je nutno použít stavební úpravy, omezující tyto nepříznivé účinky, jako např. založení na podsypnou vrstvu proměnné tloušťky, převýšení střední části před zatížením, rozdělení dilatačními spárami (Obr. 4.2) apod. S ohledem na rozjíždění násypu do stran při sedání je u šikmých propustků nebezpečí „ustřížení“, tj. vyosení

jednotlivých částí. Z tohoto důvodu není správné navrhovat propustky šikmé, ale zásadně kolmé k ose převáděné komunikace.

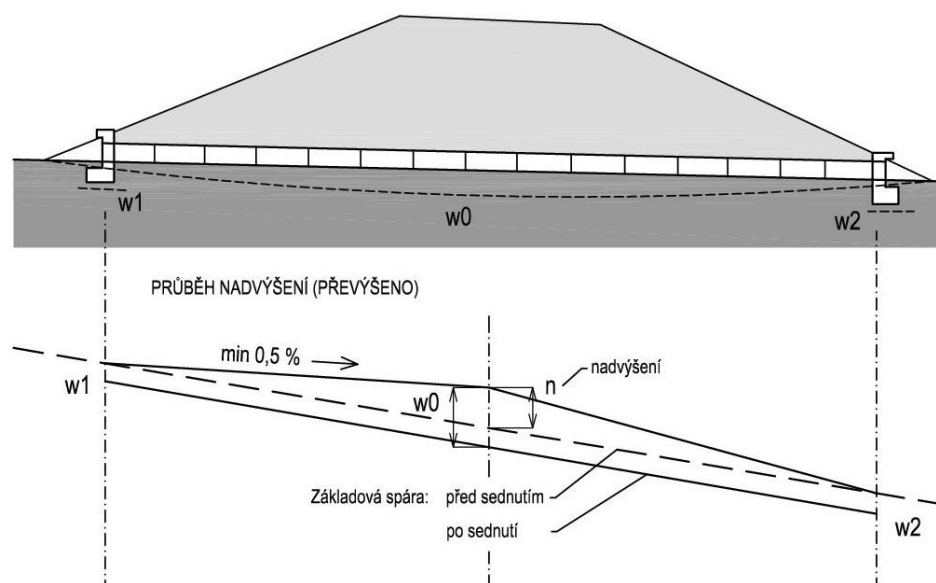


Obr. 4.1 Deformace propustku



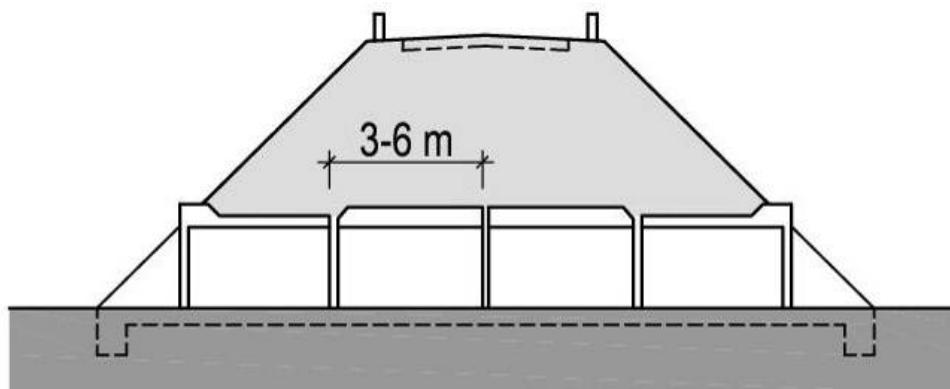
Obr. 4.2 Stavební úpravy omezující deformace propustku

(6) Při očekávaném sednutí se provede podle statického výpočtu nadvýšení podloží v podélném směru objektu (podrobněji Typ 92). Nadvýšení propustku  $n$  se stanoví jako rozdíl sedání v ose násypu a pod čely propustku (v místě vyústění) (Obr. 4.3). Sedáním způsobená deformace propustku společně s deformací podloží vede ke změně spádových poměrů. U dlouhých propustků nebo málo únosného podloží je nutné stanovit časový průběh sedání a určit redukci nadvýšení vzhledem k předpokládané životnosti propustku.

Obr. 4.3 Stanovení nadvýšení  $n$ 

(7) Tam, kde není možno dosáhnout předepsaných parametrů zemin v podloží, tj. např. při výskytu organických zemin nebo zemin s vyšší plasticitou, je nutno navrhnout zlepšení zemin (podle TP 94) nebo výměnu zemin z podloží.

(8) Po délce jsou propustky zpravidla děleny na pásy dlouhé 3 až 6 m (Obr. 4.4), dělení je dáno vzdáleností dilatačních spár a provedením propustku.



Obr. 4.4 Propustek ve vysokém násypu

## 4.5 Návrh zásypu propustku

(1) Zásyp, obsyp a jeho zhutnění se navrhne podle projektové dokumentace v souladu s TKP - Kap. 4. Pro zásyp a obsyp jsou vhodné hrubozrnné a nenamrzavé materiály jako např. písek a štěrk dobře zrněný o velikosti zrn, které umožní např. zaplnění prostoru mezi žebry korugace a dobré přilnutí k potrubí.

(2) Zasypávání a hutnění se provádí na obou stranách symetricky (výškový rozdíl max. 300 mm) ve vrstvách max. 300 mm. Při hutnění je nutno dosáhnout míry zhutnění  $I_D = 0,85$  podle ČSN 73 6244.

(3) Nad vrcholem konstrukce trubního propustku musí být dodržena tloušťka obsypu min. 0,25 DN. Minimální vzdálenost nivelety od vrcholu propustku se stanoví podle tuhosti propustku, min. však 0,60 m.

(4) Pro zásyp a obsyp potrubí jsou nepřípustné jemnozrnné zeminy, organické zeminy, zmrzlé zeminy a zeminy s kousky ledu. Během provádění zásypu a hutnění se musí průběžně sledovat horizontální deformace nivelety případně konvergence profilu zasypávaného potrubí, která nesmí přesáhnout u trubního propustku hodnotu 0,03 DN, příp. vypočtenou krátkodobou deformaci. Měření provádí zhotovitel objektu a po srovnání s projektovanými hodnotami výsledky předává objednateli.

## 4.6 Ochrana konstrukce propustku

### 4.6.1 Ochrana proti otěru

(1) V případech, kde je silnější nebo rychlejší tok vody protékající objektem, je účelné zvolit větší profil a osadit konstrukci propustku o 0,20 m níže než je dno vodoteče a dosáhnout tak usazení naplavenin, které ochrání povrch konstrukce před otěrem.

(2) Vhodnou povrchovou ochranou je rovněž polymerová laminovaná folie minimální tloušťky 200  $\mu\text{m}$ .



Obr. 4.5 Příkladů úpravy dna propustku

#### 4.6.2 Ochrana proti vymílání

(1) Jako vhodnou ochranu proti vymílání je účelné navrhnout na vtoku i výtoku betonový, kamenný nebo štetový práh, případně chránit patu svahu proti erozi při velké vodě.

#### 4.6.3 Ochrana proti bludným proudům

(1) Ochranou proti bludným proudům se objekt opatřuje na základě výsledků korozního průzkumu podle TP 124. Může se zajistit např. pomocí uzemnění ocelovou páskou.

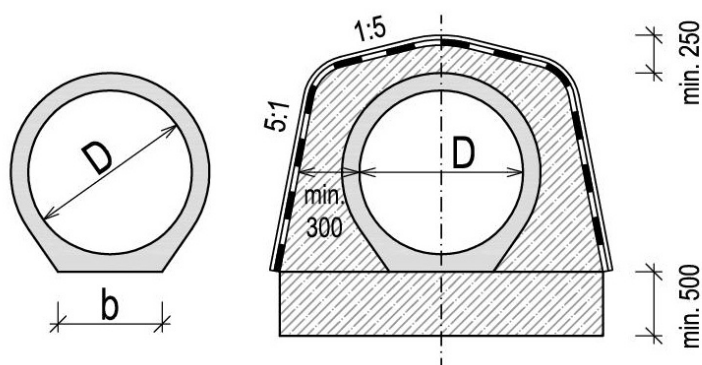
#### 4.6.4 Ochrana proti erozi

(1) Pomocí geologického průzkumu se posoudí stabilita svahů před propustkem. Další podrobnosti o erozi jsou popsány v článku 3.6.2. Postup návrhu opevnění na ochranu proti erozi způsobené vymílacími rychlostmi je uveden v článcích 4.8.8 a 4.8.10.

### 4.7 Přehled konstrukčního uspořádání propustků

#### 4.7.1 Trubní propustky

(1) Na pozemních komunikacích se používají trouby z prostého a železového betonu průměru 0,60 až 2,00 m zpravidla při tloušťce stěny 60 až 170 mm.

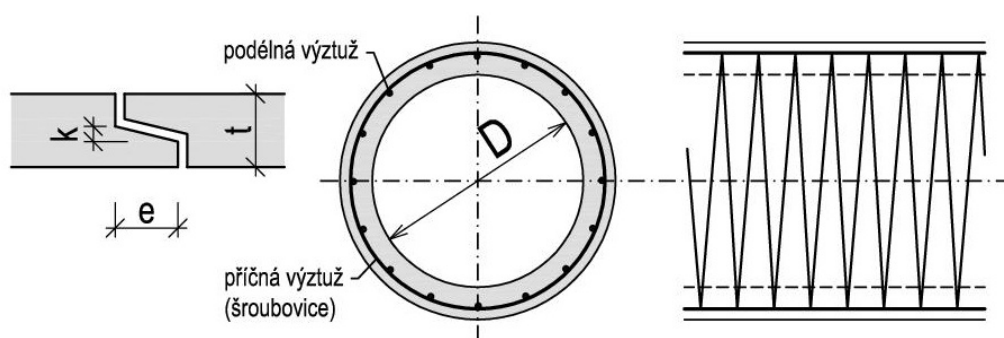


Obr. 4.6 Trouby z prostého betonu

(2) Trouby z prostého betonu světlosti 0,60 až 1,00 m se používají jen na účelových komunikacích; pod silničními komunikacemi lze trouby z prostého betonu použít, jen když se obetonují (viz Obr. 4.6).

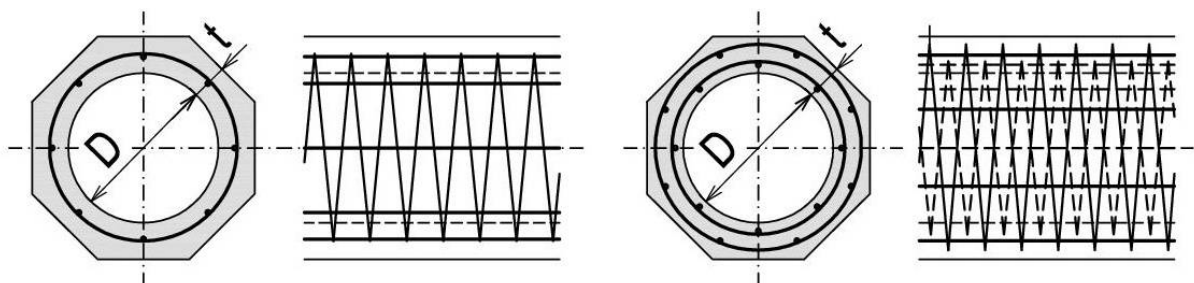
(3) V případě sjezdů a nájezdů na pozemní komunikace a při délce propustku do 6,00 m lze navrhovat troubu o světlosti 0,40 m – viz § 12 vyhlášky 104/1997 Sb., v platném znění.

(4) Trouby ze železobetonu jsou používány nejčastěji a jsou navrhovány pro několik konstrukčních druhů podle velikosti zatížení. Kruhové trouby délky 1,00 m, vyztužené šroubovicí s podélnými pruty, se spojují na ozub nebo na drážku (viz Obr. 4.7 a Obr. 4.9). Vyrábějí se nastojato. Používají se pro silniční propustky ve vysokých násypech.



Obr. 4.7 Kruhové trouby vyztužené

Pro propustky se dříve používaly trouby s vnějším osmiúhelníkovým průřezem (tzv. RT o světlosti trub od 0,60 do 1,25 m – viz Obr. 4.8) nebo trouby tzv. Vianini.



Obr. 4.8 Trouby systému RT



Obr. 4.9 Styky trub

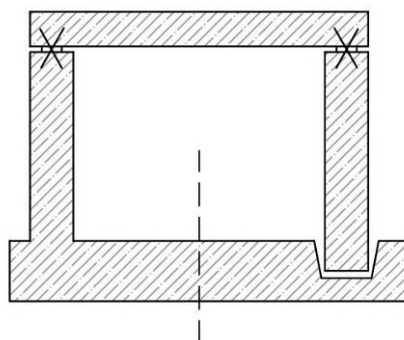
(5) Betonové trouby, které se vyrábějí odstředivým způsobem, jsou zvláště vhodné pro předpínání. Předpjaté trouby mají proti jiným takovým troubám tu přednost, že při přechodném přetížení nedojde k jejich zničení.

(6) Přehled nejběžněji užívaných trub je uveden v TP 37, Tab. 1.



#### 4.7.2 Deskové propustky

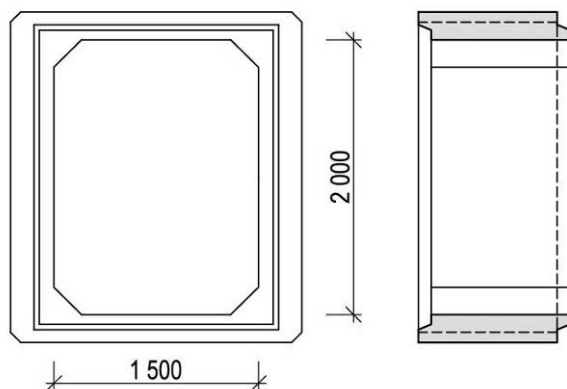
- (1) Deskové propustky jsou tvořeny opěrami a nosnou deskou. Protože světlost je malá, mívají opěry zpravidla společný základ. Desku i vertikální prvky je možné prefabrikovat, základ je většinou monolitický.
- (2) Deskové propustky se často navrhují jako rozpěrákové konstrukce, tj. s vrubovým kloubem na obou opěrách (viz Obr. 4.10).
- (3) Deskové propustky pod násypy mohou být hospodárné jen pro menší světlosti a jako rozpěráková konstrukce, nepřesahuje-li výška nadloží asi 10 m.
- (4) Po délce jsou propustky děleny zpravidla na pásy dlouhé 4 až 6 m.



Obr. 4.10 Deskový propustek

#### 4.7.3 Rámové propustky

- (1) Propustky vytvořené jako uzavřené rámy jsou úsporné a staticky výhodné. Tloušťky konstrukčních částí (stěny, horní a spodní desky) jsou menší než u propustků deskových a navíc jsou odolnější proti deformacím terénu.
- (2) V současné době se u nás používají rámy skladebné délky 1,0 m, světlostí 2,0/1,0 m, 2,0/1,5 m, 2,5/2,0 m a 3,0/2,0 m. Dají se použít nastojato i naležato. Součástí propustků jsou rámové dílce, křídla, římsy a prahy.



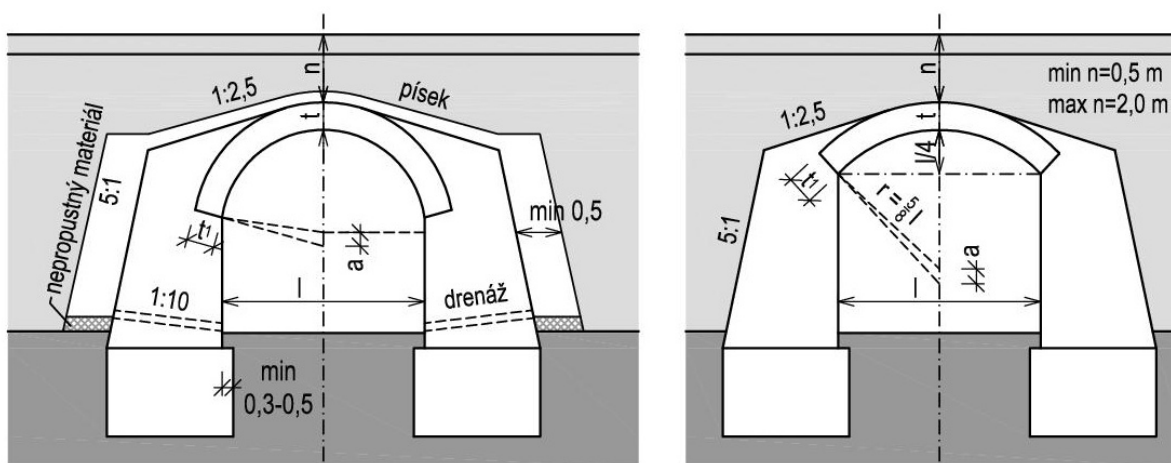
**Poznámka:**

Dříve navrhované a prováděné uzavřené rámové propustky tzv. IZM (Obr. 4.11) byly navrženy na zatěžovací třídu A pro objekty bez přesypávky, pro nahodilé zatížení při výšce přesypávky 6 m resp. 12 m a pro hromadnou městskou dopravu.

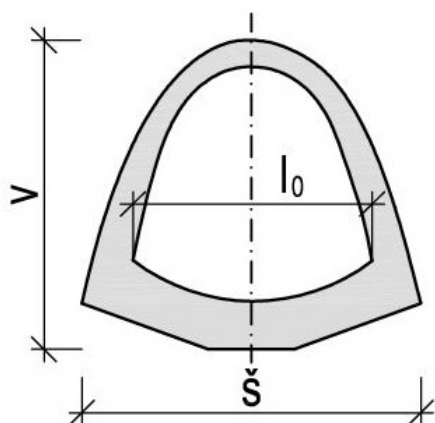
Obr. 4.11 Uzavřený rám IZM-pro světlost 2,0/1,5 m

#### 4.7.4 Klenbové propustky

(1) Klenbové propustky (polokruhové klenby, segmentové klenby, eliptické klenby, parabolické klenby) jsou vhodné i pro větší výšky násypu. Klenby polokruhové a segmentové byly normalizovány – navazují na klenbové mosty (viz Obr. 4.12). Klenbové propustky se dříve prováděly z kamene nebo cihel, nyní nejčastěji z prostého betonu nebo ze železobetonu.



Obr. 4.12 Propustek s polokruhovou nebo segmentovou klenbou



Obr. 4.13 Propustek parabolický

**Poznámka:**

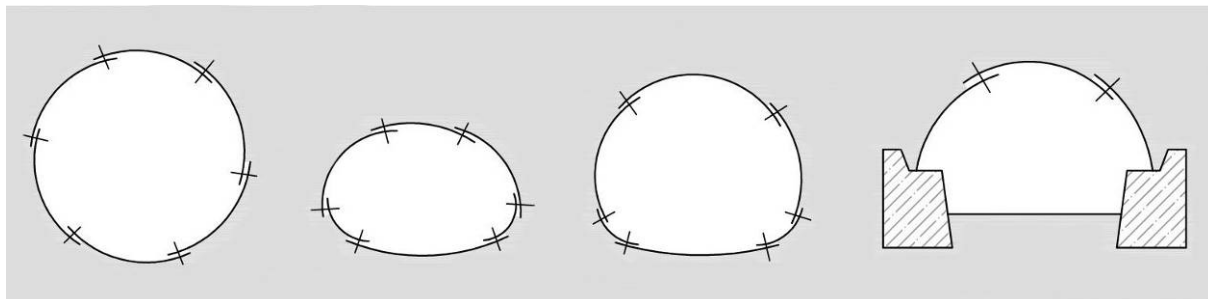
Parabolické propustky (Obr. 4.13) ze železobetonu byly typizovány pro světlosti 1,0 m, 1,5 m a 2,0 m pro výšky nadloží do 6,0 m, od 6,0 m do 9,0 m a od 9,0 m do 12,0 m.

(2) Střednice klenby je dána tvarem výslednicové čáry od zatížení násypem a dalších stálých složek zatížení.

(3) Klenuté konstrukce lze rozdělit ze statického hlediska na konstrukce působící samostatně, kdy okolní zásyp působí pouze jako zatížení, a na konstrukce spolupůsobící se zásypem - ocelové z vlnitého plechu nebo betonové, obvykle prefabrikované.

(4) Tenkostěnné přesýpané obloukové železobetonové propustky a mosty malých rozpětí mají vlastní tenkostěnnou prefabrikovanou klenbu konstrukčně vytvořenou zpravidla jako polygon z rovinných železobetonových prvků (šířky 1,50 a 2,25 m) s optimální délkou. Tloušťka desky se navrhuje s ohledem na poměr výšky přesýpávky k rozpětí klenby asi 0,15 až 0,30 m.

(5) Tenkostěnné přesýpané obloukové plechové propustky a mosty malých rozpětí obvykle s navrženou konstrukcí z montovaných skruží (např. TUBOSIDER) – viz Obr. 4.14. Skruže jsou lisovány po dílech z ocelového plechu tloušťky 2 až 8 mm, který je po vytváření žárově pozinkován. Pro navrhování a provádění skruží s použitím ocelových trub z vlnitého plechu platí TP 157.



Obr. 4.14 Základní průřezy propustků z plechových skruží (*kruhový, obloukový, tunelový, klenbový*)

#### 4.7.5 Ostatní typy propustků

(1) Mezi další typy propustků patří propustky s použitím korugovaných plastových trub (TP 177) a jiné propustky - např. polyetylenové trouby kruhového profilu a ocelové flexibilní trouby tlamovitého profilu. Dále lze použít trouby ze sklolaminátu (minimální požadavky stanovuje ČSN EN 14364) a litinové trouby ze šedé nebo tvárné litiny (TP 83).

#### 4.7.6 Konstrukční uspořádání čel a křídel propustku

(1) Čelo propustku zajišťuje zemní těleso, do kterého zasahuje, převádí proudění vody z otevřeného koryta do profilu propustku a musí odolávat vlivům proudící vody s dostatečnou životností. Důležité je také, že čelo musí splňovat estetické požadavky a bezpečnost provozu.

(2) Čela propustků se rozdělují podle způsobu provádění na čela monolitická nebo prefabrikovaná. Z hlediska polohy vůči ose propustku se rozeznávají čela kolmá a šikmá (z hlediska polohy vůči ose převáděné komunikace se jedná o čela šikmá a rovnoběžná - viz 2.1.1). Podle tvaru křídel se rozlišuje čelo s křídly rovnoběžnými a čelo s křídly svahovými.

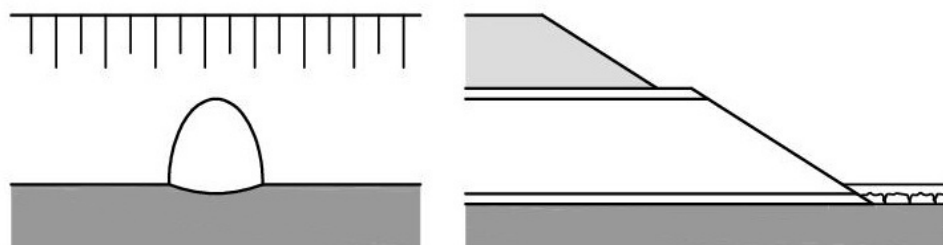
(3) Monolitické čelo umožňuje co nejvíce přizpůsobení místním podmínkám, což zaručuje kvalitní zapracování propustku do zemního tělesa.

(4) Čelo s křídly rovnoběžnými s osou komunikace je zapuštěno do zemního tělesa. Prostor pro plynulé zaústění koryta souběžného s osou komunikace, uzavřený svahovými kužely, musí být zpevněn.

(5) Čelo s křídly svahovými má křídla kolmá nebo šikmá k ose komunikace. Horní hrana křídel kopíruje svahování zemního tělesa. Z tohoto důvodu jsou u sklonu svahu nad 1:1,5 křídla delší než u čela s křídly rovnoběžnými. Díky tomu jsou křídla menší a užší než u typu popsaného v odstavci (4). Jako celek je tento typ stabilnější. Zpevnění svahu před čelem částečně zajišťují křídla. Před čelem není vytvořen prostor pro plynulé zaústění koryta, souběžného s osou komunikace.

(6) Podrobnosti o provádění i údržbě čel propustků jsou obsaženy např. v TP 37.

(7) Alternativně se používají také propustky bez čel jako součást násypového tělesa (viz Obr. 4.15). Tyto propustky jsou zakončeny pouze seříznutou troubou kopírující sklon násypu s tím, že část násypu kolem vyústění trouby musí být zpevněna (např. viz TP 177).



Obr. 4.15 Příklad propustku bez čela

## 4.8 Konstrukční pokyny

### 4.8.1 Podélný sklon propustku

(1) Podélný sklon propustku závisí na konfiguraci terénu. Spolu s množstvím vody a drsností povrchu je rozhodující pro rychlost vody. Minimální sklon nesmí klesnout pod 0,5 % (viz ČSN 73 6201). Maximální sklon (resp. max. rychlost vody) je omezen druhem materiálu, přičemž sklon nemá přesáhnout 5 %.

(2) U železobetonových hrdlových trub lze uvažovat s rychlostmi vody cca 5 až 6 m.s<sup>-1</sup>, čemuž odpovídají spády do cca 5 až 6 %.

(3) Vzhledem k tomu, že založení propustku se navrhuje zásadně do rostlého terénu, je nutné v případech, kdy výškový rozdíl dna příkopu na vtoku (případně i menší vodoteče) a dna výtoku přesahuje max. možný spád, řešit vtok nikoliv čelem a křídly, ale přes vtokovou jámku.

(4) Ustanovení pro založení propustku s ohledem na sedání pod násypem obsahuje kapitola 4.4.

### 4.8.2 Příčné uspořádání propustku

(1) Rozměry průtočného profilu propustku se stanoví hydrotechnickým výpočtem, přičemž nejmenší světlost otvoru je 0,60 m, v odůvodněných případech pouze průměr 0,40 m (viz vyhl. č. 104/1997 Sb., v platném znění). Doporučené rozměry otvorů propustků jsou v závislosti na sklonu dna a délce propustku uvedeny v ČSN 73 6201 a TP 83. Minimální rozměr 0,60 m do maximálního zpravidla užívaného výškového rozměru 3,00 m se doporučuje volit jen pro propustky, jejichž délka nepřekročí 15,00 m. Rozměr průtočného profilu propustku o větší délce má být volen s ohledem na potřebu jejich čištění a prohlídek od 0,80 m výše.

(2) Návrhové parametry propustků jsou uvedeny v ČSN 73 6201 a TP 83.

#### **4.8.3 Konstrukce trubního propustku**

1) Pro trubní propustky se zpravidla používají železobetonové trouby hrdlové nebo s perem a polodrážkou o světlosti DN 600 až 1600 mm. Minimální rozměr otvoru je dán možností údržby a kontroly propustku.

(2) Způsob uložení trub je různý podle únosnosti podloží. Na ulehých štěrkových nebo pískových vrstvách se mohou trouby ukládat přímo na rostlý terén, u jílových a hlinitých půd se zadasá jako podklad štěrkopísková vrstva, jejíž tloušťka, závislá na podloží, bývá 0,10 až 0,40 m. Podle okolností se vrstva, která vystupuje 0,15 až 0,20 m nad dno trouby, zpevní cementovou maltou. Na nestejnorodém podloží se tuhé trouby ukládají na betonový práh tloušťky nejméně 0,20 m se spárami asi po 4,00 m, vybetonovaný na štěrkopískovém podkladu tloušťky cca 0,20 m.

(3) Konstrukce trubních propustků se převážně navrhuje z prefabrikovaných dílců s největší světlostí cca 1600 mm. Používá se až pět profilů s konfigurací tři ve spodní vrstvě a dva nad nimi.

(4) Konstrukce deskové, rámové nebo klenbové, případně konstrukce z ocelových trub se navrhuje s přihlédnutím k hydraulickému řešení jako propustky nebo mosty malých rozpětí.

#### **4.8.4 Vozovky v úseku propustku**

(1) Pro vozovku rámového a deskového propustku nebo mostu malého rozpětí bez přesypávky platí ČSN 73 6242.

(2) V případě propustků a mostů malých rozpětí s přesypávkou probíhá stejná vozovka jako v přilehlém úseku pozemní komunikace.

#### **4.8.5 Izolace propustku**

(1) Trubní propustky s betonovými troubami se zpravidla neizolují. Vnější povrch betonových trub by se však měl opatřit alespoň penetračním nátěrem a jedním krycím nátěrem a zakrýt vrstvou zeminy tloušťky cca 150 mm. Násyp v okolí propustku je nutno náležitě ztuhnout.

(2) U propustků deskových a rámových s přesypávkou se izolace řeší v závislosti na úpravě nosné konstrukce. Pro propustky deskové a rámové a mosty malých rozpětí bez přesypávky platí pro izolační systém ČSN 73 6242.

#### **4.8.6 Odvodnění okolí propustku**

(1) Odvodnění okolí propustku tvoří otevřené (příkopy, rigoly a skluzy), uzavřené (trativody - vsakovací drenáž, odvodňovací potrubí) nebo kombinované odvodňovací zařízení.

(2) Odvodnění okolí propustku uvádí ČSN 73 6101 a TP 83.

#### **4.8.7 Čela, křídla a rub opěr**

(1) Čela propustků se navrhuje z monolitického betonu nebo prefabrikovaná, přičemž výhodou prefabrikovaných čel je urychlení výstavby a nevýhodou je snížená možnost jejich využití.



Obr. 4.16 Prefabrikované bezpečnostní šikmé čelo

(2) V případě sjezdů a samostatných sjezdů z komunikací přes příkopy je, z hlediska bezpečnosti provozu, vhodné navrhnout šikmá čela (např. viz Obr. 4.16), případně „pružná“ čela. Šikmá čela jsou zvláště vhodná u propustků z tenkostěnných trub (ocelových, plastových, sklolaminátových atp.). Opevnění se obvykle nenavrhuje.

Obdobnou úpravu je vhodné přednostně navrhovat i u souběžných „malých“ vodotečí, kde kolmé čelo není potřebné z jiného (např. hydraulického) hlediska a tvořilo by pevnou překážku.

(3) Podle polohy křídel vůči čelu se navrhují křídla čelní rovnoběžná (pohledově tvoří čelo a křídlo jeden celek), šikmá (křídlo je vychýleno směrem od osy čela) a kolmá (křídlo je postaveno v pravém úhlu vůči čelu). Svahová čela jsou položena ve shodném sklonu na svah zemního tělesa.

(4) Rubové plochy je nutno opatřit dostatečným odvodněním, drenážní vrstvou, aby se voda za rubem neshromažďovala. Postupuje se podle ČSN 73 6244 a v návaznosti na řešení celé přechodové oblasti. Drenážní vrstva musí mít jednak funkci pro svislou drenáž a jednak funkci filtrační proti zaplavení jemnými částicemi. Obě tyto funkce musí být zajištěny i při bočním tlaku, který vzniká zásypem za opěrou.

(5) Drenážní vrstvu za rubem je nutno ukončit drenážním potrubím v patě rubu navrženém podle ČSN 73 6244. Vyústění drenáže musí být provedeno odpadním potrubím do výtokového objektu, umístěného v patách opěr nebo ve svahu nebo s napojením na jiný drenážní, případně odvodňovací systém.

(6) Shromážděná voda svým hydrostatickým tlakem způsobuje zvětšení namáhání konstrukcí a hydroizolací, zvláště těsnění. Dále shromážděná voda za konstrukcemi může porušit konstrukce i hydroizolaci svými agresivními účinky a objemovými změnami při zmrazení a tání.

#### 4.8.8 Úpravy na vtoku a výtoku

(1) V mnoha případech způsobuje umístění propustku do toku zúžení průtočné plochy koryta. Zúžením koryta dochází ke vzduť vody nad propustkem a tím i ke zvětšení rychlosti proudění v zúženém profilu. Hydraulické řešení propustků obsahuje kap. 3 pro proudění s volnou hladinou, proudění se zahlceným vtokem a s tlakovým prouděním.

(2) Propustky na tocích, v jejichž korytech je prudký pohyb vody, musí mít příslušně upravený vtok a výtok, umožňující průtok bez změny jeho charakteru (viz kap. 3.6.2).

(3) Hladina vzduté vody před propustkem se určí podle čl. 12.2.4 normy ČSN 73 6201 a smí vystoupit nejvýše do úrovně ve smyslu požadavků normy ČSN 73 6101.

(4) Podmínky pro návrh mostního objektu se zahlceným vtokem obsahuje ČSN 73 6201, kap. 12.2. Podmínky pro polohu hladiny  $Q_{100}$  vzhledem k úrovni koruny silnice nebo dálnice stanovuje ČSN 73 6101.

(5) Pro správnou funkci propustku je třeba, aby terén před vtokem a za výtokem byl upraven a opevněn tak, aby zvýšené namáhání vodou nezpůsobilo porušení břehů a jejich nestabilitu, což by mohlo vést ke snížení průtočného profilu a tím i k vybřežení vody (viz kap. 3.6.2).

(6) Dno před propustkem je vhodné opevnit ve vzdálenosti 3 až 5 h od čela propustku, kde h je u kruhového průřezu DN a u jiného průřezu je to největší rozměr propustku (viz také článek 3.6.2.1).

(7) Úprava výtokové části za propustkem je rozhodující pro utlumení energie vody vytékající z propustku. Řešení výtokové části propustku je obsaženo v článku 3.6.5.

(8) V případě říčního proudění na výtoku se opevňuje koryto bezprostředně za propustkem do vzdálenosti 5 až 7 h, kde h je opět u kruhového průřezu DN a u jiného průřezu je to největší rozměr propustku.

Opevnění je realizováno jako deska z betonu (podle ČSN EN 206-1) a nebo z kamenné dlažby do betonu (viz články 3.6.5 a 4.8.10).

(9) Pokud voda opouští propustek v bystřinném režimu, je nutné na konci propustku vybudovat vývar za účelem tlumení kinetické energie vody. Ve vývaru dochází k přechodu bystřinného proudění zpět na říční pomocí jevu, který se nazývá vodní skok. Postup návrhu vývařiště je stejný jako při návrhu tlumení energie vzdouvacího objektu. Řešení vývaru je obsaženo v článku 3.6.5.1.

(10) K tlumení energie vody a snížení sklonu dna toku je možno navrhnout ve dně stupně (viz článek 3.6.5.2), případně navrhnout ukliďňovací nádrž (viz článek 3.6.6).

#### **4.8.9 Šachty, vpusti a příslušenství**

(1) Šachty se obvykle navrhují z prefabrikovaných betonových a železobetonových dílů nebo se instalují již jako hotový výrobek (např. plastové). Ve výjimečných případech mohou být zděné nebo monolitické betonové.

(2) Světlý profil revizních šachet pro přístup obsluhy nesmí být menší než 1,00 m. U hlubších šachet je možno vstupní komín provést i v průměru 0,80 m. Přitom ve spodní části musí zůstat volný profil min. 1,00 m alespoň na výšku 1,80 m (stojící dospělá postava). Pokud není nutný sestup obsluhy do revizní šachty, je možno užít i šachet menšího průměru, který však bude dostatečný z hlediska technologie potřebné pro údržbu a kontrolu systému, minimálně však 0,50 m.

(3) Poklop šachty musí vyhovovat ČSN EN 124.

(4) Všeobecné požadavky a zkušební metody pro vyráběná litinová a hliníková stupadla, používaná ke vstupu do šachet a jiných podzemních vstupních objektů jsou uvedeny v ČSN EN 13101.

(5) Podrobnosti o šachtách a zásady jejich návrhu obsahuje TP 83.

#### **4.8.10 Opevnění koryta**

(1) Pokud v některých částech koryta nejsou dno či svahy odolné proti vymílání je nutné tuto část opevnit vhodným materiálem.

(2) Volba rozsahu a typu opevnění je podstatná pro stabilitu i hospodárnost celé stavby. Volbu rozsahu a typu opevnění a zásady návrhu opevnění obsahuje TP 204.

(3) Nejčastěji se navrhuje kamenná dlažba z kamenů o tl. 150 až 200 mm do betonového lože z vodostavebního betonu podle specifikace ČSN EN 206-1. Pro menší vymílací rychlosti je možno opevnit koryto i kamenným záhozem či vegetačním opevněním.

(4) Příkopy je možno opevňovat buď tvárnicemi, pohozeným kamenitým materiálem nebo vegetačně osetím. O typu opevnění rozhoduje podélný sklon dna - viz ČSN 73 6101 a dále podmínka, že příkop musí odolávat bez poškození do průtoku alespoň dvacetileté vody. O typu opevnění rozhoduje i hledisko zajištění nepropustnosti příkopů v ochranných pásmech vodárenských zařízení. Viz TP 83.

#### **4.8.11 Propustky pro migraci**

(1) Propustky jsou obvykle navrhovány k převádění příležitostných průtoků srážkových vod, popřípadě drobných stálých vodotečí. Pokud nejsou trvale protékané vodou, slouží často jako podchody pro zvířata do velikosti lišky, jezevce a vydry. Mají-li propustky plnit rovněž funkci průchodů pro faunu, je nutné při jejich navrhování respektovat dané zásady. Řešení přechodnosti dálnic a silnic obsahuje TP 180.

(2) V případě oplocení dálnice je třeba řešit vyústění propustků zásadně vně zaplaceného prostoru. Před vtokem do propustku se doporučuje nenavrhovat usazovací jímky s kolmými stěnami. Tyto jímky jsou velmi často pastí na drobné živočichy (obojživelníky, drobné hlodavce, ježky a další). Propustky je třeba řešit v jednotném spádu tak, aby nevznikala trvale zatopená místa.

(3) Pokud jsou propustky používány k převádění trvalých průtoků, měl by být vždy preferován rámový typ s nezpevněným dnem. Trubní propustky protékané vodou jsou pro většinu živočichů zcela nevyužitelné.

(4) Obě vyústění propustků je třeba řešit přírodním způsobem tak, aby živočichové byli do propustku přirozeně naváděni.

(5) Pokud mají propustky sloužit i pro migraci obojživelníků, musí být obě vyústění "bezbariérová", tzn. bez překážek vyšších než 0,10 m. Dále viz TP 180.



#### **4.9 Zásady pro zpracování dokumentace**

(1) Zásady pro zpracování projektové dokumentace určují zákon č. 183/2006 Sb., o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon), ve znění pozdějších předpisů, Vyhláška č. 499/2006 Sb. a Vyhláška č. 146/2008 Sb.

(2) Rozsah a členění dokumentace je uvedeno v TKP – D, Kap. 6 Mostní objekty a konstrukce a působnost projektanta je dána MP SJ-PK, část II/1.

(3) Vodoprávní jednání se řídí podle zákona č.254/2001 Sb. o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon), ve znění pozdějších předpisů - zejména § 115.

(4) Postup orgánů moci výkonné, orgánů územních samosprávných celků a jiných orgánů právnických a fyzických osob, pokud vykonávají působnost v oblasti veřejné správy, definuje zákon č. 500/2004 Sb., správní řád, ve znění pozdějších předpisů.

## 5 ZATÍŽENÍ A NAVRHOVÁNÍ KONSTRUKCE PROPUSTKŮ

### 5.1 Všeobecně

(1) Jednotlivé druhy zatížení stanovuje Eurokód 1, který byl do naší soustavy norem zaveden pod označením ČSN EN 1991-1-1 až ČSN EN 1991-1-7 a ČSN EN 1991-2.

(2) Při návrhu a posouzení propustku je nutno uvažovat zatížení stálé zahrnující vlastní tíhu propustku, tíhu zeminy - násypu resp. zásypu, svršku (např. silničního), vliv sedání podloží a některé druhy geotechnického zatížení (např. účinky zemního tlaku).

(3) U násypů je nutno zohlednit i vliv sil způsobených rozjížděním násypu v podélném směru propustku.

(4) Mezi zatížení proměnné se uvažuje především zatížení dopravou (silniční, městská kolejová doprava, chodci, popř. se jedná o kombinovanou dopravu), zvětšení zemního tlaku, zatížení vodou (hydrostatický a hydrodynamický tlak, vztlak) a teplotou. Charakteristickým znakem propustku je, že se zatížení vozidly nepřenáší na konstrukci přímo, nýbrž přes násyp, a že délka propustku bývá značně větší než jeho rozpětí.

(5) Ve výpočtech se uvažují jednak reprezentativní hodnoty a jednak návrhové hodnoty zatížení (dříve výpočtové provozní nebo výpočtové extrémní zatížení). Mezi základní reprezentativní hodnoty patří hodnota charakteristická (dříve normová nebo výpočtová provozní) a dále hodnoty pro proměnné zatížení – kombinační, občasné, časté a kvazistálé, tj. hodnoty charakteristické upravené (většinou snížené) pomocí součinitelů kombinace (pro most a tím i pro propustek jsou uvedeny v příloze A2 ČSN EN 1990). Hodnoty návrhové se stanovují z hodnot reprezentativních upravených pomocí dílčích součinitelů spolehlivosti pro zatížení (součinitelů zatížení).

(6) Z jednotlivých účinků od zatížení se stanovují jejich kombinace pro trvalé popř. dočasné návrhové situace nebo při působení mimořádného zatížení (např. při povodních) pro mimořádnou návrhovou situaci nebo seismickou návrhovou situaci. U propustku s malou nebo nulovou výškou násypu se může uplatnit i vliv únavy, tzn. únavová návrhová situace.

### 5.2 Zatížení propustků

#### 5.2.1 Zatížení zeminou

(1) Tlak zeminy (svislý nebo vodorovný) může být rozhodující částí celkového zatížení. Velikost tlaku závisí na složení a výšce násypu (včetně tloušťky vozovky), na druhu podloží a uložení propustku, na tvaru příčného řezu a na způsobu zasypávání propustku.

(2) S ohledem na význam zatížení násypem je jeho výška nad propustkem s přesypávkou omezena minimální hodnotou 0,60 m, což přibližně odpovídá tloušťce vozovky a maximální hodnotou (uváděnou u některých typů propustků např. z prefabrikátů) cca 8,00 až 10,00 m. Optimální výška násypu nad propustkem z hlediska jeho namáhání je 1,50 m, u propustků polních cest a sjezdů se upraví podle velikosti zatížení.

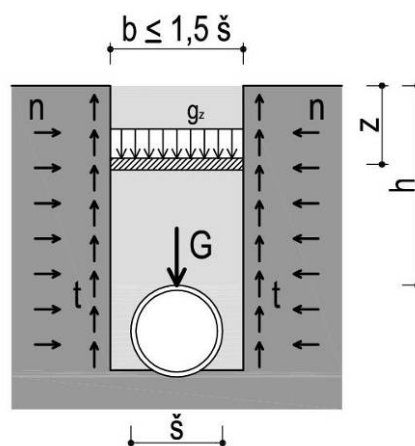
(3) Postupy pro stanovení velikosti vodorovného zemního tlaku jsou uvedeny v ČSN EN 1997 - 1, popř. ve zbytkové normě ČSN 73 0037 a v TP 144.

(4) Zatížení zeminou nad propustkem (svislý tlak) se podle konstrukce propustku, jeho tuhosti a uložení (v rýze nebo v násypu) uvažuje jako zatížení rýhové nebo zatížení násypové. Uvedené druhy zatížení zeminou je možné uvažovat u propustků s větší tuhostí, tj. v případě propustků betonových, železobetonových popř. předpjatých. Při nižší tuhosti konstrukce propustků je nutno počítat interakci se zeminou násypu.

### 5.2.1.1 Rýhové zatížení

(1) Zatížení rýhové působí na propustek uložený do rýhy (o šířce maximálně 1,5 násobek vnějšího rozměru propustku) v rostlé zemině, která se po uložení propustku zasype. U tohoto typu zatížení se předpokládá, že zemina v rýze tlačí na propustek svoji hmotností. Tření sedajícího zásypu o stěny rýhy tento svislý zemní tlak zmenšuje. Obecně toto řešení není pro propustky typické.

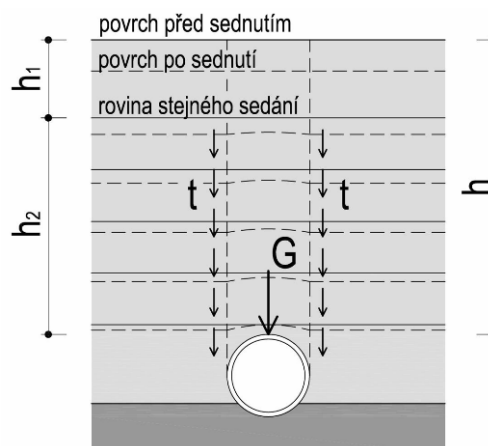
(2) Velikost zatížení zásypovou zeminou v úrovni horního povrchu propustku se určuje ze sil od vlastní tíhy zásypové zeminy a tření na styku rostlé a zásypové zeminy (viz Obr. 5.1). Výpočet velikosti rýhového zatížení lze nalézt v literatuře uvedené v kap. 10.



Obr. 5.1 Rýhové zatížení

### 5.2.1.2 Násypové zatížení

(1) Zatížení násypové působí na propustek uložený v násypu. Vyšší násyp vedle propustku sedá více než násyp nad propustkem (brání tomu také tuhost propustku). Na hranici obou částí násypu vznikají třecí síly, které propustek přitěžují. Tyto síly závisí na druhu materiálu násypu, na výšce násypu, na zhutnění zeminy, na uložení propustku a rozdílu v sedání podloží. Při nízkých násypech se smykové síly projeví v plné hodnotě, při vyšších násypech jen částečně a jen do určité výšky nad propustkem – do tzv. roviny stejného sedání.



Obr. 5.2 Násypové zatížení

(2) Velikost zatížení zeminou v úrovni horního povrchu propustku se určuje ze sil od vlastní tíhy zásypové zeminy a tření ve svislých rovinách nad okraji propustku (viz Obr. 5.2). Výpočet velikosti násypového zatížení lze nalézt v literatuře uvedené v kap. 10.

## 5.2.2 Zatížení proměnné

(1) Rozhodující zatížení proměnné je zatížení dopravou. Roznášení tohoto zatížení násypem se uvažuje jako v pružném poloprostoru. Přibližně lze stanovit roznášení pomocí rovin odkloněných 30 stupňů od svislé roviny.

(2) Účinek zatížení dopravou s ohledem na jeho roznos s výškou násypu významně klesá. Při násypech nad propustkem o výšce cca 1,50 m bude toto zatížení od osamělých břemen prakticky rovnoměrné, což vede k jednoduššímu statickému řešení.

(3) Účinky zvětšeného zemního tlaku od pohyblivého zatížení lze stanovit v závislosti na charakteru tlaku podle ČSN EN 1997-1.

(4) Dynamické účinky pro zatížení dopravou se uvažují podle ČSN EN 1991-2 – pro pozemní komunikace jsou již zahrnuty v jednotlivých sestavách. Vliv výšky násypu lze uplatnit při snížení těchto účinků.

(5) Při stanovení zatížení vodou lze postupovat podle ČSN EN 1991-1-6, přičemž účinky tlaku nebo vztlaku vody by se měly ověřit podle ČSN EN 1997-1. Hodnoty zatížení konstrukce propustku hydrostatickým a hydrodynamickým tlakem lze uvažovat podle ČSN 73 6503.

(6) Účinky od teploty lze stanovit podle ustanovení ČSN EN 1991-1-5.

(7) Ve výpočtu je nutno zohlednit i vliv dalších zatížení v dočasných situacích vznikajících např. při výstavbě propustku (viz ČSN EN 1991-1-6) a případná mimořádná zatížení (viz ČSN EN 1991-1-7).

## **5.3 Materiál a protikorozní ochrana**

### **5.3.1 Materiál konstrukce propustků**

(1) Základní požadavky na složení, vlastnosti a jakost materiálu konstrukce propustků stanovují příslušné normy a předpisy podle jednotlivých druhů materiálu (pro beton ČSN EN 206-1, ČSN EN 1766 a TKP, Kap. 18, pro ocel ČSN EN 10025 a TKP, Kap. 19, pro výztuž do betonu ČSN EN 10080, ČSN 420139, pro malty pro zdění ČSN EN 998-2 atd.).

(2) Pro výpočet konstrukce se používají pevnosti, limity přetvoření, moduly pružnosti a hodnoty dalších mechanických vlastností podle norem pro navrhování (viz ČSN EN 1992-1-1 pro beton, ČSN EN 1993-1-1 pro ocel atd.), podle kterých se uvažují také součinitelé spolehlivosti materiálu.

(3) Vlastnosti zemin v podloží a v násypech se stanoví na základě provedeného průzkumu a zkoušek (podrobnosti viz např. ČSN EN 1997-2, popř. ČSN 73 6133).

### **5.3.2 Systém protikorozní ochrany (PKO)**

(1) Požadavky na PKO konstrukce propustku musí být v souladu s platnými předpisy podle příslušných druhů materiálů.

(2) U betonových konstrukcí tvoří PKO navržený druh betonu odolný pro stupeň agresivity prostředí podle ČSN EN 206-1 a tloušťka krycí vrstvy podle ČSN EN 1992 a TKP, Kap. 18. V případě prefabrikovaných konstrukcí musí PKO případných spojů ocelových součástí odpovídat požadavkům TKP, Kap. 19, platí též pro ocelové prvky mostního vybavení.

(3) U ocelových konstrukcí se navrhuje PKO podle korozního zatížení v souladu s TKP, Kap. 19 a v případě povlaků ze žárového zinku musí jeho vlastnosti vyhovovat také ČSN EN ISO 1461 a ČSN EN ISO 2063.

#### **5.4 Navrhování a posuzování konstrukce propustků**

(1) Základní principy navrhování podle evropských předpisů jsou uvedeny v ČSN EN 1990. Návrh a posouzení konstrukce se provádí podle příslušných Eurokódů 2 až 9, které byly zavedeny do naší soustavy norem jako ČSN EN 1992 až ČSN EN 1999.

(2) Ustanovení pro výpočet konstrukcí jsou uvedena v návrhových normách podle jednotlivých materiálů, např. v ČSN EN 1992 pro beton, ČSN EN 1993 pro ocel, ČSN EN 1994 pro ocelobetonové konstrukce a ČSN EN 1996 a ČSN 73 6213 pro zdivo.

(3) Pro trubní propustky platí ČSN 72 3149, dále ČSN EN 1916 pro trouby a tvarovky z prostého betonu, drátkobetonu a železobetonu, ČSN EN 640 a ČSN EN 641 pro železobetonové tlakové trouby a ČSN EN 642 pro tlakové trouby z předpjatého betonu. Další ustanovení jsou obsažena v ČSN EN 1295-1 pro potrubí uložené v zemi a obecně i v ČSN EN 639 jako společné požadavky na betonové trouby. V ČSN EN 14844 jsou uvedeny některé podrobnosti pro prvky pro inženýrské sítě - např. pro rámové propustky.

(4) S ohledem na působící vnitřní síly je nutno výpočet konstrukce provádět pro namáhání příčného řezu (pro příčný směr) a pro nosíkové namáhání (pro podélný směr).

(5) V případě použití vrcholového zatížení (tlaku), což je přímkové zatížení působící např. ve vrcholu trouby, je možné prokázat dostatečnou únosnost propustku porovnáním síly stanovené od zatížení s hodnotou uváděného vrcholového tlaku (výrobce musí v případě pochybností doložit svůj statický výpočet zaručující dostatečnou únosnost). Z hlediska vrcholového zatížení je výhodnější uložení propustku do betonu než do zeminy.

(6) V návrhu propustku je nutno u vyšších a širších násypů stanovit sedání propustku (princip výpočtu sedání viz ČSN EN 1997-1). Na základě velikosti sedání a jeho průběhu po délce propustku se pro zachování podélných spádových poměrů musí navrhnout nadvýšení (jeho hodnoty odpovídají velikosti sedání).

## 6 ZATÍŽITELNOST PROPUSTKŮ

### 6.1 Definice zatížitelnosti propustků

(1) Zatížitelnost propustku pozemní komunikace je horní mez hmotností dána největší hodnotou z hmotností každého z vozidel, jejichž jízdu lze na propustku dovolit za předem daných podmínek z hlediska využití materiálu, stability konstrukce, schémat vozidel atd. Pro propustky na pozemních komunikacích se rozeznává analogicky jako pro mosty zatížitelnost normální, výhradní, výjimečná, jednou nápravou a rovnoměrným zatížením (viz ČSN 73 6200 a ČSN 73 6222).

(2) Zatížitelnost propustku se uvažuje nejnižší hodnotou ze zatížitelnosti jednotlivých prvků a částí konstrukce propustku podle způsobu jeho provedení (propustek, čela propustku, křídla) včetně uložení a podloží.

### 6.2 Stanovení zatížitelnosti propustků

(1) Zatížitelnost propustku pozemní komunikace se stanovuje obdobně jako pro mosty pozemních komunikací podle ČSN 73 6222, případně je možno u propustků navržených podle norem a předpisů před účinností EN postupovat podle TP 200. Při stanovení zatížitelnosti propustku pro sdruženou dopravu se postupuje podle ČSN 73 6222.

(2) Pro stanovení zatížitelnosti propustku pro městskou kolejovou dopravu lze použít ustanovení informativní národní přílohy NB k ČSN EN 1991-2 a přiměřeně, z hlediska zásad výpočtu, i zvláštní předpis SŽDC SR 5(S), který používá stejný princip, tj. princip stanovení přechodnosti kolejových vozidel (definice přechodnosti viz ČSN 73 6200 a ČSN EN 15528).

(3) Zatížitelnost propustku pozemní komunikace se může podle ČSN 73 6222 stanovit podrobným statickým výpočtem nebo kombinovaným statickým výpočtem nebo způsobem podle zvláštních předpisů (např. podle TP 199). Orientační odhad zatížitelnosti lze pro vybrané typy propustků stanovit podle TP 224.

(4) Při výpočtu zatížitelnosti propustku se vychází z geometrických parametrů propustku, hodnot jednotlivých zatížení podle ČSN EN 1990, ČSN EN 1991-1-1 až 7, ČSN EN 1991-2 a ČSN 73 6222 a charakteristik materiálů podle ČSN EN 1990 a řady návrhových norem ČSN EN 1992 až 1999. Při určování vlastností materiálů existujících konstrukcí lze postupovat podle ČSN ISO 13822. U kombinovaného statického výpočtu je možno využít předpisy pro zatížení a navrhování platné v době vypracování realizační projektové dokumentace (viz TP 200).

(5) Při výpočtu zatížitelnosti se k odlehčujícím účinkům pohyblivého zatížení nepřihlíží, pokud se nejedná o zatížení od konkrétního vozidla nebo soupravy.

(6) Podmínky pro kombinace zatížení včetně součinitelů kombinace jsou uvedeny v ČSN 73 6222.

(7) Při výpočtu zatížitelnosti propustku se musí přihlídnout ke skutečnému stavu jednotlivých částí a prvků propustku stanoveným odborným statickým zhodnocením nebo odborným statickým posouzením (viz ČSN 73 6222).

(8) Při stanovování zatížitelnosti propustku z prefabrikátů je nutno přihlídnout k doporučeným minimálním a maximálním výškám násypu popř. k jiným podmínkám – viz např. příslušné typové podklady.

(9) Při stanovování zatížitelnosti je možné, při roznesení zatížení na převážnou část propustku v podélném směru, uvažovat známé hodnoty vrcholového zatížení.

(10) V případě propustku s převrstvenou vozovkou je možno v odůvodněných případech uvažovat spolupůsobení vozovkového souvrství s nosnou konstrukcí propustku (v závislosti na stavu propustku). Při výpočtu zatížitelnosti je možno pro tento případ u určitých druhů konstrukce propustků bez přesypávky postupovat podle TP 216.

(11) Výpočtový model a vlastnosti materiálů pro stanovení zatížitelnosti se mohou, v případě pochybností a komplikovaných podmínek, ověřit zatěžovací zkouškou provedenou podle ČSN 73 6209.

(12) U propustků pozemních komunikací se stanovuje v souladu s ČSN 73 6222 zatížitelnost normální, výhradní a výjimečná, zatížitelnosti na jednu jednoduchou nápravu a zatížitelnost rovnoměrným zatížením. Vzhledem k únosnosti vozovky stanovuje ČSN 73 6222 maximální velikost jednotlivých druhů zatížitelnosti.

(13) Charakteristika a způsob určování jednotlivých druhů zatížitelnosti propustků pozemních komunikací včetně zohlednění dynamických účinků dopravního zatížení se uvažují analogicky jako pro mosty pozemních komunikací podle ČSN 73 6222, kde jsou uvedena podrobná ustanovení.

(14) Výjimečná zatížitelnost se nemusí stanovovat pro propustek, který se nachází na účelové komunikaci nebo v místě, kde není možný přejezd zvláštních vozidel.

## **7 PROVÁDĚNÍ A KONTROLA**

### **7.1 Způsobilost zhotovitelů**

(1) Zhotovitel / podzhotovitel musí prokázat způsobilost k zajištění jakosti při provádění silničních a stavebních prací v souvislosti s výstavbou propustků pozemních komunikací podle metodického pokynu Systém jakosti v oboru pozemních komunikací (MP SJ-PK – část II/2, II/3 a II/4 - Věstník dopravy č. 25/2010).

(2) Zhotovitel / podzhotovitel je povinen prokázat, že disponuje potřebným počtem pracovníků předepsané kvalifikace a potřebným technicky způsobilým strojním a dalším vybavením. Zkušenost s prováděním prací prokazuje zhotovitel / podzhotovitel také referenčním listem provedených prací stejného nebo podobného zaměření. Zhotovitel / podzhotovitel je povinen prokázat též způsobilost zkušeben, kontrolního systému a dalších činností, které mohou ovlivnit jakost prací. V případě neprovádí-li zhotovitel zkoušky vlastní laboratoří se způsobilostí podle MP SJ-PK - část II/3, musí zhotovitel prokázat smluvně zabezpečený vztah s laboratoří se způsobilostí podle téhož MP - část II/3.

(3) Jakost výroby a provádění je považována za zajištěnou, jsou-li splněny požadavky MP SJ-PK, Obchodních podmínek staveb PK, ZDS, resp. smlouvy o dílo a příslušných ustanovení těchto TP.

### **7.2 Kontrola kvality**

(1) Všechny výrobky, stavební materiály a směsi, které budou použity ke stavbě, předloží zhotovitel objednateli ke schválení a zároveň doloží doklady o posouzení shody ve smyslu zákona č. 22/1997 Sb. ve znění pozdějších předpisů nebo ověření vhodnosti ve smyslu metodického pokynu SJ-PK - část II/5 - Věstník dopravy č. 25/2010, a to:

- a) „Prohlášení o shodě“ vydané výrobcem/dovozcem/zplnomocněným zástupcem v případě stavebních výrobků, na které se vztahuje nařízení vlády č. 163/2002 Sb. ve znění NV č. 312/2005 Sb.,
- b) „ES prohlášení o shodě“ vydané výrobcem/dovozcem/zplnomocněným zástupcem v případě stavebních výrobků označovaných CE, na které je vydána harmonizovaná norma nebo evropské technické schválení (ETA), a na které se vztahuje nařízení vlády č. 190/2002 Sb. ve znění pozdějších předpisů,
- c) „Prohlášení shody“ vydané výrobcem/dovozcem nebo „Certifikát“ vydaný certifikačním orgánem. Oba tyto dokumenty vydané v souladu s platným metodickým pokynem SJ-PK - část II/5 v případě „ostatních výrobků“.

### **7.3 Počáteční zkoušky typu / průkazní zkoušky**

(1) Počáteční zkoušky typu / průkazní zkoušky materiálů, stavebních výrobků a prvků propustků pozemních komunikací podle příslušných kapitol TKP zajišťuje zhotovitel stavby u výrobce/dovozce, přičemž protokoly s výsledky zkoušek a posouzení splnění kvalitativních parametrů podle příslušných ČSN, TP, příp. doklad o splnění zvýšených a dalších technických požadavků dle ZTKP, jsou přílohou dokladu o vydaném prohlášení o shodě.



(2) Průkazní zkoušky musí být provedeny laboratoří se způsobilostí podle části II/3 MP SJ-PK Zkušebnictví, viz. Věstník dopravy č. 25/2010.

#### **7.4 Kontrolní zkoušky**

(1) Kontrolní zkoušky zajišťuje zhotovitel za účelem zjištění, zda jakostní vlastnosti vstupních materiálů a výsledků technologických procesů odpovídají smluvním požadavkům, prohlášením o shodě a počátečním zkouškám typu/průkazním zkouškám. Zhotovitel je povinen zajistit provádění kontrolních zkoušek v četnostech a rozsahu stanoveném příslušnými normami, TP, TKP případně ZTKP a smlouvou. Výsledky zkoušek se protokolují a jsou součástí stavebního deníku a dokladu pro převzetí prací.

(2) Kontrolní zkoušky musí být provedeny laboratoří se způsobilostí podle metodického pokynu SJ-PK - část II/3 – Zkušebnictví – Věstník dopravy č. 25/2010. Tato laboratoř musí být odsouhlasena objednatelem/správcem stavby. Objednateli/správcí stavby nebo jím pověřené osobě musí zhotovitel umožnit přístup do laboratoří, na staveniště a do skladů.

(3) V rámci kontrolní zkoušky se kontrolují projektované návrhové parametry jako např. rovinnost a sklon dna, rozměrové a geometrické tolerance, průtočná kapacita či správné osazení do terénu.

## **8 EVIDENCE, SPRÁVA A ÚDRŽBA**

### **8.1 Evidence propustků**

(1) V rámci technické péče o pozemní komunikace se vede evidence propustků pozemních komunikací (viz ČSN 73 6220), kterou zabezpečuje vlastník pozemní komunikace.

(2) Součástí evidence (pasportu) propustků jsou databáze objektů se seznamy propustků (registr objektů), evidenční listy propustků, záznamy z prohlídek propustků, mostní mapy a mostní archiv.

(3) Každý propustek vedený v evidenci se označí evidenčním číslem podle ČSN 73 6220.

(4) Pro zavedení evidence propustků pro obce s rozšířenou pravomocí je možné využít jako jednu z možností příkladu v Příloze B, která obsahuje také záznamový list propustku.

(5) S vytvořenou databází je nutné pracovat, vyhodnocovat položky a po projednání výsledky analýzy archivovat.

### **8.2 Prohlídky propustků**

#### **8.2.1 Všeobecně**

(1) Pro prohlídku propustků pozemních komunikací platí přiměřeně ČSN 73 6221, přičemž se provádějí prohlídky běžné, hlavní, mimořádné nebo kontrolní.

(2) Běžné prohlídky propustků pozemních komunikací může vykonávat fyzická osoba s osvědčením k výkonu běžných prohlídek mostů pozemních komunikací (viz Metodický pokyn MD Oprávnění k výkonu prohlídek mostů pozemních komunikací z 24.8.2009).

(3) Hlavní nebo mimořádné prohlídky může vykonávat fyzická osoba s oprávněním k výkonu hlavních a mimořádných prohlídek mostů pozemních komunikací (viz Metodický pokyn MD Oprávnění k výkonu prohlídek mostů pozemních komunikací z 24.8.2009).

#### **8.2.2 Běžná prohlídka**

(1) Běžnou prohlídku vykonává/zajišťuje správce propustku nejméně jedenkrát ročně.

(2) V záznamu běžné prohlídky se navrhne provedení hlavní prohlídky u propustku splňující zařazení do klasifikačního stupně stavu V až VII.

(3) Při běžné prohlídce se prohlízejí všechny přístupné části propustku (dostupné bez demontáže nebo odstranění jiné části).

(4) Při prohlídce je nutné sledovat bezpečnost a použitelnost propustku a to především stav spodní stavby (viditelné sedání a deformace podpěr, deformace a vydutí zdiva křidel) a nosné konstrukce. Doporučuje se vždy po větším průtoku zjištění zanesení propustku.

(5) Výsledkem běžné prohlídky propustku je návrh opatření, který je podkladem pro provádění běžné údržby propustku resp. případný návrh na provedení hlavní/mimořádné prohlídky propustku.

(6) Při každé běžné prohlídce se sepiše záznam, kde se uvedou případné závady s návrhem na nezbytná opatření na provedení údržby a oprav (včetně případného návrhu na zajištění hlavní nebo mimořádné prohlídky propustku nebo diagnostického průzkumu). Současně se navrhnou případné změny údajů v pasportu, ke kterým došlo od minulé prohlídky.

### **8.2.3 Hlavní prohlídka**

(1) Hlavní prohlídku propustku zajišťuje u oprávněné osoby správce propustku, a to u trvalých propustků na základě požadavku uvedeném v záznamu z běžné prohlídky resp. při klasifikačním stupni stavu V až VII v intervalech nejdéle 6 roků.

(2) Výsledkem hlavní (mimořádné) prohlídky propustku je jednoznačné definování stavu propustku tak, aby bylo možné definovat požadavky údržbových prací pro daný objekt (v rámci běžné nebo stavební údržby) nebo navrhnout další podrobný diagnostický průzkum, který přesně stanoví rozsah poškození objektu a následný rozsah potřebných oprav (součástí tohoto hodnocení je provedení statického výpočtu zatížitelnosti propustku) nebo přímé zařazení propustku do seznamu investičních akcí a řešení přestavby propustku jako celku. Při hlavních prohlídkách se prověřují všechny části propustku z hlediska jejich spolehlivosti.

(3) Při každé hlavní nebo mimořádné prohlídce se jako součást prohlídky provede:

- popis částí propustku,
- popis stavu a závad částí propustku,
- hodnocení péče o propustek a kvalita práce při údržbě a opravách,
- návrh opatření pro údržbu a opravy včetně termínů pro odstranění závady,
- potvrzení nebo změna hodnocení stavu propustku a zatížitelnosti,
- specifikace případných požadavků na nutnost nového určení zatížitelnosti nebo diagnostického průzkumu,
- stanovení termínu následné hlavní prohlídky.

### **8.2.4 Mimořádná prohlídka**

(1) Mimořádnou prohlídku propustku zajišťuje u oprávněné fyzická osoby správce propustku, a to:

- a) po živelných pohromách (povodních, pohybu ledu, zemětřesení) nebo po dopravní nehodě,
- b) po zjištění pohybu svážného území v bezprostředním okolí propustku,
- c) po výskytu důlních škod zjištěných v bezprostředním okolí propustku na poddolovaném území,
- d) při průvodních příznacích nebezpečného oslabení (koroze, hnilobou, živočišnými škůdci apod., při nadměrné deformaci jednotlivých částí, při trhlinách zjištěných v období mezi hlavními prohlídkami pokud mají vliv na zatížitelnost propustku),
- e) po zjištění nebezpečných jevů za jízdy vozidel,
- f) před a po mimořádných přepravách nadměrně těžkých nákladů,
- g) před uplynutím záruční doby na příslušnou dodávku stavebních prací,
- h) po zjištění zanesení/ucpání celého profilu propustku.

(2) Mimořádnou prohlídkou se stanoví okamžitý stav propustku po mimořádné události.

### **8.2.5 Kontrolní prohlídka**

- (1) Při kontrolních prohlídkách propustků pozemních komunikací se provádí kontrola výkonu běžných a hlavních prohlídek propustků a plnění navržených opatření.
- (2) Kontrolní prohlídky zajišťuje nadřízený správní orgán správce propustku.

## **8.3 Posouzení stavu propustků**

- (1) Stav propustku se posoudí na základě běžné nebo hlavní prohlídky analogicky jako pro mosty pozemních komunikací podle ČSN 73 6221.
- (2) Hodnocení stavu propustku se provede s ohledem na vliv degradace konstrukce a nutnost provedení opravy stanovením klasifikačního stupně pro spolehlivost konstrukce (stupně I až IV), bezpečnost provozu (stupeň 1 až 5) a naléhavost odstranění závady (odstranění do 10 let, do 5 let, do 1 roku atd.).
- (3) Hodnocení závad propustku a klasifikační stupně se stanoví analogicky jako pro mosty pozemních komunikací podle ČSN 73 6221, přičemž je možno použít i Katalog závad mostních objektů PK, TP 82, TP 86, TP 120, TP 121, TP 124, TP 197, TP 199, TP 203, TP 216, TKP, Kap. 18 a 19, TP Zásady omezení trhlin na betonových mostech.

## **8.4 Diagnostický průzkum propustků**

- (1) Účelem diagnostického průzkumu propustků je stanovení příčin vad a poruch, jejich vývoje a případně stanovení zbytkové životnosti propustků.
- (2) Pravidla pro provádění diagnostického průzkumu propustků stanovují TP 72.
- (3) Zhotovitel diagnostického průzkumu musí prokázat způsobilost pro jeho provádění podle MP SJ-PK – část II/2.

## **8.5 Údržba propustků**

### **8.5.1 Všeobecně**

- (1) Povinnost vykonávat údržbu nebo opravy na propustcích vyplývá z obecně platných právních předpisů a počíná vydáním povolení k uvedení propustku do trvalého užívání.
- (2) Údržba se v rámci technické péče o propustky provádí na základě prohlídek a výsledků diagnostického průzkumu.
- (3) Skutečný stav propustku se určí prohlídkou podle ČSN 73 6221 nebo diagnostickým průzkumem. Přitom se připouští u různých prvků konstrukce propustku použít různý způsob zohlednění stavu prvku konstrukce.
- (4) Životnost propustku závisí na konstrukčním návrhu a návrhu detailů, druhu a kvalitě betonu a jeho zpracování, postupech výstavby a údržbě. Důležité jsou změny ve způsobu užívání, zatížení a vliv prostředí (viz ČSN EN 206-1, TP 175, TKP, Kap. 18 a 19). Významný podíl na životnosti má vodotěsnost konstrukce a zcela zásadní význam u nepřesýpaných

propustků deskových a rámových má ochrana konstrukce proti zatékání vody (izolační souvrství, vodotěsnost spár a v uložení nosné konstrukce, a pod.).

(5) Z hlediska vztahu druhu údržby na stav propustku lze konstrukci orientačně zařadit takto:

- nestavební a stavební údržba ..... klas. stupeň stavu I až III,
- stavební údržba a oprava ..... klas. stupeň stavu IV,
- oprava a rekonstrukce (přestavba)..... klas. stupeň stavu V až VII.

(6) Obecná doporučení pro provádění údržby jsou uvedena v ČSN 73 6221, příloha A.

Údržba se musí vykonávat pravidelně a zodpovědně. Z ekonomického hlediska obecně platí, že pravidelná údržba je vždy levnější než jakákoli oprava.

#### **8.5.2 Nestavební údržba**

(1) Nestavební údržba propustků pozemních komunikací zahrnuje zejména práce, jako jsou čištění a údržby povrchů vozovky, chodníků, odrazných pruhů, krajnic, zábradlí, svodidel a dopravního značení.

(2) Součástí nestavební údržby je pravidelné čištění odvodňovacích zařízení, skluzů u křídel a krajních šachet kanalizace, čištění říms a nosné konstrukce v dosahu zablácení.

(3) Do nestavební údržby dále patří odstraňování uchycené vegetace ze všech částí propustku, odstraňování nánosů včetně čištění dna toku a vysekání porostu, odstraňování sněhu a náledí (zimní údržba) a očištění od posypových prostředků po zimním období.

#### **8.5.3 Stavební údržba**

(1) Patří sem také zednické práce jako spárování zdiva, vysprávkování omítek a krycích vrstev výztuže, vyplnění dutin ve zdivu podpěr a kleneb, provádění stříkaných omítek (torkretů bez nosné výztuže) a stříkaných betonů.

(2) Stavební údržba zahrnuje i obnovu nátěrů a povlaků betonových a ocelových částí propustků, vysprávkování dlažby svahů, podpěr, křídel i údržbu ochranného zařízení proti bludným proudům (viz TP 124).

#### **8.5.4 Opravy a rekonstrukce stávajících propustků**

(1) Oprava propustku se provádí na základě výsledků běžné, hlavní nebo mimořádné prohlídky nebo na základě diagnostického průzkumu. S ohledem na rozsah a velikost zjištěných závad a poruch je nutno rozhodnout, zda jejich odstranění bude zajištěno opravou nebo rekonstrukcí.

(2) Při provádění oprav je nutné postupovat podle projektové dokumentace pro opravu propustku nebo mostu malého rozpětí a kvalita prováděných prací musí v případě propustků pozemních komunikací odpovídat TKP, Kap. 18 a 19. Projektová dokumentace musí předepsat způsob kontroly kvality provedených prací. Musí se plně využít zákonné nebo smluvně upravené záruční doby a před jejím ukončením je nutné provést mimořádnou nebo hlavní prohlídku rekonstruovaného propustku.

(3) U starých propustků na silnicích III. třídy a účelových komunikacích se stále ještě vyskytují propustky, u kterých jsou použity tzv. prvky ZORÉS nebo výmětové roury, položené na ocelové nosníky. Na nich bývá uložena betonová nebo v horším případě pouze štěrková

vrstva. Prvky ZORÉS jsou většinou zcela zkorodované. Takové propustky vyžadují okamžitou rekonstrukci, neboť nelze zajistit bezpečnost provozu.

(4) Při údržbě a opravách propustků je nutno dodržovat ustanovení příslušných bezpečnostních předpisů a podle toho, jaké omezení dopravy si uvedené úkony vyžadují, je provádět bez uzavírky, s částečnou nebo úplnou uzavírkou.

(5) Rekonstrukce propustku přes vodní toky na stávajících komunikacích, které neumožňují úpravu výškových poměrů převáděné komunikace v okolí propustku, je nutné (viz ČSN 73 6201, čl. 12.2.6) navrhnout tak, aby dosavadní kapacita mostních otvorů nebyla zmenšena.

## 9 BEZPEČNOST PRÁCE

(1) Zajištění bezpečnosti a ochrany zdraví při práci (BOZP) a požární ochrany (PO) se řídí těmito základními právními předpisy:

zákonem č. 262/2006 Sb., zákoníkem práce, zákonem č. 309/2006 Sb., zákonem o zajištění dalších podmínek BOZP, vyhláškou 246/2001 Sb., vyhláškou o požární prevenci, nařízením vlády č. 591/2006 Sb., nařízením vlády č. 362/2005 Sb., vyhláškou č. 48/1982 Sb., nařízením vlády č. 101/2005 Sb., zákonem č. 133/1985 Sb., zákonem o požární ochraně, zákonem č. 258/2000 Sb., vše v platném znění.

(2) Stavební práce včetně obsluhy technického zařízení mohou provádět osoby starší 18-ti let, odborně a zdravotně způsobilé. Činnost musí být organizována vedoucím a práce mohou být zahájeny a vykonávány pouze tehdy, nedochází-li k vzájemnému ohrožení a není-li ohroženo zdraví osob.

(3) Pracovníci - účastníci výstavby musí být řádně a prokazatelně vyškoleni z bezpečnostních předpisů týkajících se jejich činnosti v souladu s nařízením vlády č. 591/2006 Sb.

(4) Každý pracovník, který se podílí na činnosti při výstavbě svodidel, zábradlí nebo tlumičů nárazu musí být prokazatelně seznámen s TPP, s riziky na pracovišti, s vlastnostmi nebezpečných látek a s návody na obsluhu používaného zařízení. Všichni pracovníci musí být chráněni před pracovními a zdravotními riziky přidělenými účinnými osobními ochrannými pracovními prostředky. Všichni pracovníci na stavbě musí mít ochrannou přilbu a výstražnou vestu s dostatečně výrazným reflexním značením.

5) Pracovníci musí být chráněni před odletujícími částicemi a při práci ve výšce nebo nad volnou hloubkou musí být přednostně uplatněna kolektivní ochrana pracovníků (zábrany) před osobními ochrannými pracovními prostředky pro práci ve výšce a nad volnou hloubkou. Demontážní a bourací práce nad sebou jsou zakázány.

(6) Vazači a všichni dělníci podílející se na uchycování dílců do závěsných prvků a na dalších manipulacích s nimi musí projít odborným školením a složit vazačské zkoušky.

(7) Při práci se sypkým materiálem je třeba se řídit ustanoveními nařízení vlády č. 378/2001 Sb.

(8) Při práci v prostorech nebo místech s nebezpečím vzniku požáru (svařování, pálení, broušení atd.) je nutné vystavit příkaz na práci dle vyhlášky č. 87/2000 Sb.

(9) Zvláštní podmínky pro bezpečnost a hygienu práce je povinen zhotovitel zpracovat zejména pro technologické operace, které se týkají přípravy povrchu (odsekávání, frézování, broušení, tryskání pískem nebo vysokotlakým vodním paprskem).

(10) Na staveništi musí být k dispozici technické nebo bezpečnostní listy pro všechny typy používaných stavebních hmot s uvedením jejich zdravotní bezpečnosti, resp. postupu při kontaminaci očí či pokožky nebo vdechnutí.

(11) Na pracovišti musí být prostředky pro poskytování první pomoci a ruční hasicí přístroje.

## 10 LITERATURA

- JANDA, L., KLESNER, Z., ZVARA, J.: *Betonové mosty*, SNTL/ALFA Praha, 1988
- KLIMEŠ, J., ZŮDA, K.: *Betonové mosty I. Mosty z prostého a železového betonu*, SNTL/ALFA Praha, 1968
- SEČKÁŘ, M.: *Betonové mosty I*, VUTIUM Brno, 1998
- KLEISNER, Z.: *Betonové mosty pro obor vodohospodářský*, skriptum, VUT Brno, 1972
- HAVLÍK, V., MAREŠOVÁ, I.: *Hydraulika - Příklady*, skripta ČVUT Praha, 1997
- KUNŠTÁTSKÝ, J.: *Hydraulické výpočty propustků a mostů*, SNTL Praha, 1956
- MATOUŠEK, V.: *Teplotní a ledový režim vodních toků*, Praha, 1980
- HAVLÍK, V., MAREŠOVÁ, I.: *Hydraulika II - Příklady*, skripta ČVUT Praha, 1995
- BOOR, B., KUNŠTÁČKÝ, J., PATOČKA, C.: *Hydraulika pro vodohospodářské stavby*, SNTL Praha, 1968
- ČÁBELKA, J., GABRIEL, P.: *Matematické a fyzikální modelování v hydrotechnice – výzkum na hydraulických modelech a ve skutečnosti*, díl I., Academia Praha, 1987
- ŠULC, J., JANDORA, J.: *Hydraulika, Modul 01*, VUT Brno: Elektronické studijní opory, 2006
- PŘÍHODA, J., LOUDA, P.: *Matematické modelování turbulentního proudění*, ČVUT Praha, 2007
- U. S. ARMY CORPS OF ENGINEERS (USACE): *Hydraulic Design of Energy Dissipators for Culverts and Channels*, 1983
- U. S. ARMY CORPS OF ENGINEERS (USACE): *Hydraulic Design of Highway Culverts*, 1985



## 11 SOUVISEJÍCÍ NORMY A PŘEDPISY

### 11.1 Související normy

ČSN 42 0139 Ocel pro výztuž do betonu – Svařitelná betonářská ocel žebírková a hladká

ČSN 72 3149 Navrhovanie betónových rúr

ČSN 73 0037 Zemní tlak na stavební konstrukce

ČSN 73 6100 Názvosloví pozemních komunikací, části 1, 2 a 3

ČSN 73 6101 Projektování silnic a dálnic

ČSN 73 6133 Návrh a provádění zemního tělesa pozemních komunikací

ČSN 73 6200 Mosty – Terminologie a třídění

ČSN 73 6201 Projektování mostních objektů

ČSN 73 6209 Zatěžovací zkoušky mostů

ČSN 73 6213 Navrhování zděných mostních konstrukcí

ČSN 73 6220 Evidence mostních objektů pozemních komunikací

ČSN 73 6221 Prohlídky mostů pozemních komunikací

ČSN 73 6222 Zatížitelnost mostů pozemních komunikací

ČSN 73 6242 Navrhování a provádění vozovek na mostech pozemních komunikací

ČSN 73 6244 Přechody mostů pozemních komunikací

ČSN 73 6503 Zatížení vodohospodářských staveb vodním tlakem

ČSN 73 6530 Vodní hospodářství. Názvosloví hydrologie

ČSN 75 0101 Vodní hospodářství - Základní terminologie

ČSN 75 0102 Vodní hospodářství - Terminologie v hydromechanice

ČSN 75 0120 Vodní hospodářství - Terminologie hydrotechniky

ČSN 75 0130 Vodní hospodářství. Názvosloví ochrany vod a procesů změn jakosti vod

ČSN 75 0140 Vodní hospodářství. Názvosloví hydromeliorací

ČSN 75 0142 Vodní hospodářství. Názvosloví protierozní ochrany půdy

ČSN 75 0170 Vodní hospodářství. Názvosloví jakosti vod.

TNV 75 2103 Úpravy řek

ČSN 75 2130 Křížení a souběhy vodních toků s dráhami, pozemními komunikacemi a vedeními

ČSN EN 124 Poklopy a vtokové mříže pro dopravní plochy

ČSN EN 13101 Stupadla pro podzemní vstupní šachty, požadavky k označování, zkoušení a hodnocení shody

ČSN EN 206-1 Beton – Část 1: Specifikace, vlastnosti, výroba a shoda

ČSN EN 10025 Výrobky válcované za tepla z konstrukčních ocelí - část 1: Všeobecné technické dodací podmínky

ČSN EN 10080 Ocel pro výztuž do betonu – Svařitelná betonářská ocel – Všeobecně

ČSN EN 1990 Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí

- 
- ČSN EN 1991-1-1 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-1: Obecná zatížení - Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb
- ČSN EN 1991-1-2 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-2: Obecná zatížení - Zatížení konstrukcí vystavených účinkům požáru
- ČSN EN 1991-1-3 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-3: Obecná zatížení - Zatížení sněhem
- ČSN EN 1991-1-4 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-4: Obecná zatížení - Zatížení větrem
- ČSN EN 1991-1-5 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-5: Obecná zatížení - Zatížení teplotou
- ČSN EN 1991-1-6 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-6: Obecná zatížení - Zatížení během provádění
- ČSN EN 1991-2 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 2: Zatížení mostů dopravou
- ČSN EN 1992-1-1 Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí - Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby
- ČSN EN 1992-2: Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí - Část 2: Betonové mosty - Navrhování a konstrukční zásady
- ČSN EN 1993-1-1 Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí - Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby
- ČSN EN 1993-2: Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí - Část 2: Ocelové mosty
- ČSN EN 1994-2: Eurokód 4: Navrhování spřažených ocelobetonových konstrukcí - Část 2: Obecná pravidla a pravidla pro mosty
- ČSN EN 1995-1-1 Eurokód 5: Navrhování dřevěných konstrukcí - Část 1-1: Obecná pravidla - Společná pravidla a pravidla pro pozemní stavby
- ČSN EN 1996-1-1 Eurokód 6: Navrhování zděných konstrukcí
- ČSN EN 1997-1 Eurokód 7: Navrhování geotechnických konstrukcí - Část 1: Obecná pravidla
- ČSN EN 1997-2 Eurokód 7: Navrhování geotechnických konstrukcí - Část 2: Průzkum a zkoušení základové půdy
- ČSN EN 639 Společné požadavky na betonové tlakové trouby, včetně spojů a tvarovek
- ČSN EN 640 Železobetonové tlakové trouby a tlakové trouby s rozptýlenou výztuží (bez plechové válcové vložky), včetně spojů a tvarovek
- ČSN EN 641 Železobetonové tlakové trouby s plechovou válcovou vložkou, včetně spojů a tvarovek
- ČSN EN 642 Tlakové trouby z předpjatého betonu s plechovou válcovou vložkou a bez plechové válcové vložky, včetně spojů a tvarovek a zvláštní požadavky na předpínací výztuž pro trouby
- ČSN EN 998-2 Specifikace malt pro zdivo - Část 2: Malty pro zdění
- ČSN EN 1916 Trouby a tvarovky z prostého betonu, drátkobetonu a železobetonu
- ČSN EN 14364 Tlakové a beztlakové plastové potrubní systémy pro kanalizační přípojky a stokové sítě - Reaktoplasty vyztužené skleněnými vlákny (GRP) na bázi nenasyčených polyesterových pryskyřic (UP) - Specifikace pro trubky, tvarovky a spoje
- ČSN EN 14844 +A1 Betonové prefabrikáty - Prostorové prvky pro inženýrské sítě

ČSN EN 1295-1 Statický návrh potrubí uloženého v zemi pro různé zatěžovací podmínky –  
Část 1: Všeobecné požadavky

ČSN EN 15528 Železniční aplikace - Traťové třídy zatížení pro určení vztahu mezi dovoleným  
zatížením infrastruktury a maximálním zatížením vozidly

ČSN EN ISO 1461 Žárové povlaky zinku nanášené ponorem na železných a ocelových  
výrobcích - Specifikace a zkušební metody

ČSN EN ISO 2063 Žárové stříkání - Kovové a jiné anorganické povlaky - Zinek, hliník a jejich  
slitiny

ČSN ISO 13822 Zásady navrhování konstrukcí – Hodnocení existujících konstrukcí

ČSN EN 1766 (732116) Výrobky a systémy pro ochranu a opravy betonových konstrukcí -  
Zkušební metody - Referenční betony pro zkoušky.

## **11.2 Související předpisy (vše v platném znění)**

Vyhláška č. 48/1982 Sb. Českého úřadu bezpečnosti práce kterou se stanoví základní  
požadavky k zajištění bezpečnosti práce a technických zařízení

Vyhláška č. 87/2000 Sb., kterou se stanoví podmínky požární bezpečnosti při svařování a  
nahřívání živců v tavných nádobách

Vyhláška č. 104/1997 Sb., kterou se provádí zákon o pozemních komunikacích, ve znění  
pozdějších předpisů

Vyhláška č. 146/2008 Sb. o rozsahu a obsahu projektové dokumentace dopravních staveb

Vyhláška č. 246/2001 Sb. o stanovení podmínek požární bezpečnosti a výkonu státního  
požárního dozoru (vyhláška o požární prevenci)

Vyhláška č. 499/2006 Sb. o dokumentaci staveb

Nařízení vlády č. 163/2002 Sb. kterým se stanoví technické požadavky na vybrané stavební  
výrobky, ve znění nařízení vlády č.312/2005 Sb. ze dne 13. července 2005.

Nařízení vlády č. 378/2001 Sb., kterým se stanoví bližší požadavky na bezpečný provoz a  
používání strojů, technických zařízení, přístrojů a nářadí

Zákon č. 13/1997 Sb., zákon o pozemních komunikacích ve znění pozdějších předpisů

Zákon č. 22/1997 Sb., o technických požadavcích na výrobky ve znění pozdějších předpisů

Zákon č. 183/2006 Sb., stavební zákon ve znění pozdějších předpisů

Zákon č. 254/2001 Sb., vodní zákon, ve znění pozdějších předpisů

Technické kvalitativní podmínky pro dokumentaci staveb pozemních komunikací (TKP-D)

Technické kvalitativní podmínky staveb pozemních komunikací (TKP)

TP 37 Provádění prefabrikovaných a monolitických čel silničních propustků, IMOS, 1990

TP 72 Diagnostický průzkum mostů pozemních komunikací, Pontex, 2009

TP 82 Katalog poruch netuhých vozovek, PavEx Consulting, 2010

TP 83 Odvodnění pozemních komunikací, PGP, 2008

TP 86 Mostní závěry, PGP, 2009

TP 94 Úprava zemin, ARCADIS Geotechnika, 2009

TP 120 Údržba, opravy a rekonstrukce betonových mostů pozemních komunikací, Pontex,  
2010

- TP 121 Zkušební a diagnostické postupy pro mosty a ostatní konstrukce PK, Pontex, Zpracování v roce 2012
- TP 124 Základní ochranná opatření pro omezení vlivu bludných proudů na mostní objekty a ostatní betonové konstrukce pozemních komunikací, JEKU Praha, 2009
- TP 144 Doporučení pro navrhování nových a posuzování stávajících betonových mostů pozemních komunikací, ČVUT, PGP, 2010
- TP 155 Betonové mosty a konstrukce staveb pozemních komunikací, ŘSD, PGP, Zpracování v roce 2012
- TP 157 Mostní objekty pozemních komunikací s použitím ocelových trub z vlnitého plechu, ŘSD, PGP, 2004
- TP 175 Stanovení životnosti betonových konstrukcí objektů pozemních komunikací, SVÚOM, 2006, změna 1/2009
- TP 177 Mostní objekty pozemních komunikací s použitím korugovaných plastových trub, ŘSD, PGP, 2006
- TP 180 Migrační objekty pro zajištění průchodnosti dálnic a silnic pro volně žijící živočichy, EVERNIA, 2006
- TP 197 Mosty a konstrukce pozemních komunikací z patinujících ocelí, Mott MacDonald, 2008, 2. díl 2010
- TP 199 Zatížitelnost zděných klenbových mostů, ČVUT, PGP, 2008, , dodatek č. 1, 2010
- TP 200 Stanovení zatížitelnosti mostů pozemních komunikací navržených podle norem a předpisů platných před účinností EN, ČVUT, PGP, 2008
- TP 203 Ocelová svodidla (svodnicového typu), Dopravoprojekt, 2010
- TP 204 Hydrotechnické posouzení mostních objektů na vodních tocích, VÚV, 2009
- TP 216 Navrhování, provádění, prohlídky, údržba, opravy a rekonstrukce ocelových a ocelobetonových mostů pozemních komunikací, ČVUT, PGP, 2010
- TP 224 Ověřování existujících betonových mostů pozemních komunikací, ČVUT, PGP, 2010
- MP SJ-PK Metodický pokyn Systém jakosti v oboru pozemních komunikací (SJ-PK) č.j. 20840/01-120 z 10.4.2001, v platném znění (Věstník dopravy 25/2010)
- MP Metodický pokyn Oprávnění k výkonu prohlídek mostů pozemních komunikací č.j. 61/2009-120-SS/2 z 24. srpna 2009, který nabyl účinnosti od 1.9.2009 (Věstník dopravy 19/2009).

#### Poznámka

Předpisy a dokumentace pro PK a další informace, podkladové materiály, jsou uvedeny na webové adrese Politika jakosti pozemních komunikací [www.pjpk.cz](http://www.pjpk.cz).

# PŘÍLOHY

**PŘÍLOHY****Příloha A Postup pro vypracování hydrotechnického výpočtu propustku (příklady)**

Příloha A obsahuje příklady hydrotechnických výpočtů pro následující případy:

- A.1 Proudění propustkem s volnou hladinou
  - A. 1.1 Propustky s volným vtokem a volnou hladinou neovlivněnou dolní vodou
  - A. 1.2 Propustky s volným vtokem a volnou hladinou ovlivněnou dolní vodou
- A.2 Proudění propustkem se zahlceným vtokem
- A.3 Tlakové proudění propustkem
  - A. 3.1 Propustek s tlakovým prouděním po celé délce
  - A. 3.2 Propustek s tlakovým prouděním na jeho části

A dále tabulky hodnot Manningova součinitele drsnosti v části A. 4 (Tab. A. 8 a A. 9).

**Všeobecně:**

Propustky se podle ČSN 736201 (článku 12.2.4) mohou navrhovat se zahlceným vtokem, pokud jsou splněny podmínky uvedené v 12.2.4 a) nebo 12.2.4 b).

Uvedené přílohy hydrotechnických výpočtů jsou zpracovány v souladu s ustanoveními kap. 3 s tím, že jsou uvažovány tyto způsoby proudění: proudění propustkem s volnou hladinou (neovlivněnou a ovlivněnou dolní vodou), proudění propustkem se zahlceným vtokem a tlakové proudění propustkem (po celé délce a na jeho části).

**A.1 Proudění propustkem s volnou hladinou****A.1.1 Propustky s volným vtokem a volnou hladinou neovlivněnou dolní vodou****Zadání:**

Je nutné navrhnout rozměry propustku na křížení vodního toku s pozemní komunikací s velkou intenzitou provozu, ale snadno nahraditelnou objížďkami. Pro vodní tok byly získány záznamy N-letých průtoků, které jsou zapsány v Tab. A. 1. Délka propustku je 20 m a sklon 0,0025. Výchozí kontrolní návrhová hloubka vody, která byla stanovena metodou popsanou v TP 204, kap. 6.3, je 0,35 m. Vtok do propustku bude ostrohranný, nerozšířený (typ 1, viz Obr. 3.4, Tab. 3.1). Na základě požadavku vodoprávního úřadu je nutno propustek navrhnout s volnou hladinou a MVV podle tabulky 12.1 ČSN 73 6201.

roky	1	2	5	10	20	50	100
$Q_N (m^3 \cdot s^{-1})$	0,12	0,16	0,26	0,35	0,44	0,51	0,72

Tab. A. 1 N-leté průtoky

**Řešení:**

V prvním kroku se stanoví na základě získaných záznamů N-letých průtoků návrhový a kontrolní návrhový průtok v souladu s čl. 12 normy ČSN 73 6201. K určení návrhového průtoky (NP) a kontrolního návrhového průtoky (KNP) se použije tabulka 12.1 normy. Na základě dopravního významu komunikace se stanoví návrhová kategorie. Silnice s velkou intenzitou provozu, ale snadno nahraditelnou objížďkami spadá do druhé kategorie, která je charakteristická pro objekty s možností krátkodobého přerušení provozu do 5-ti dnů.

Ze zadané tabulky N-letých průtoků (Tab. A. 1) se vypočítá variační rozpětí  $Q_{100}/Q_1$ :  
 $Q_{100}/Q_1 = 0,72/0,12 = 6,0$ , tzn., že spadá do rozpětí 5 až 8 (Tab. 12.1 ČSN 736201)

Návrhovým průtokem je tedy  $NP = Q_{100} = 0,72 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$

Kontrolním návrhovým průtokem je  $KNP = 1,20 \cdot Q_{100} = 0,86 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$

Podle tabulky 12.1 normy je (pro kategorii 2, variační rozpětí 5 až 8) minimální volná výška  $MVV = 0,5 \text{ m}$  nad  $KNH$ . Proto je nutné vypočítat kontrolní návrhovou hladinu.

Propustek lze navrhnout kruhového nebo obdélníkového profilu:

#### A.1.1.1 Propustek kruhového profilu

Propustek bude navržen železobetonový, kruhového profilu. Při dimenzování objektu se nejprve provede prvotní odhad, jehož správnost se následně ověří výpočtem. Průměr se vzhledem k požadavkům normy navrhne na  $D = 1,2 \text{ m}$ .

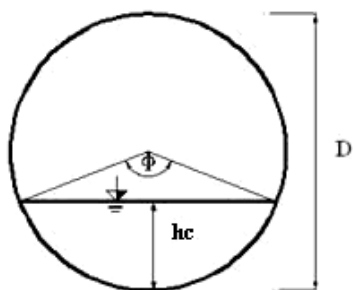
V dalším kroku je nutné posoudit vzduť způsobené propustkem, tedy stanovit se kontrolní návrhová hladina ( $KNH$ ).

Kritická hloubka se určí iteračním postupem (odhad hodnoty  $h_k$ , vyjádření levé a pravé strany rovnice) z obecné rovnice kritického proudění (3.13) nebo pomocí empirické rovnice pro propustek kruhového profilu (3.14b).

$$h_k = \frac{\sqrt{0,32 \cdot Q}}{\sqrt[4]{D}} = \frac{\sqrt{0,32 \cdot 0,86}}{\sqrt[4]{1,2}} = 0,50 \text{ m}$$

Hloubka v zúženém průřezu za vtokem se stanoví (rovnice (3.12))

$$h_c = \kappa \cdot h_k = 0,9 \cdot 0,50 \text{ m} = 0,45 \text{ m}$$



Obr. A. 1 Odvození hloubky  $h_c$

Průtočná plocha zúženého průřezu se určí následujícím postupem (odvození podle Obr. A. 1):

$$h_c = \frac{D}{2} \cdot \left(1 - \cos \frac{\Phi}{2}\right) \text{ z této rovnice se vyjádří}$$

$$\cos \frac{\Phi}{2} = 1 - \frac{2h_c}{D} = 1 - \frac{2 \cdot 0,45}{1,2} = 0,25 \rightarrow \Phi = 2,6400 \text{ rad}$$

Na základě znalosti tohoto úhlu je průtočná plocha ( $S_c$ ):

$$S_c = \frac{D^2}{8} \cdot (\Phi - \sin \Phi) = \frac{1,2^2}{8} \cdot (2,6400 - 0,4808) = 0,39 \text{ m}^2$$

Rychlost v zúženém průřezu je:  $v_c = Q/S_c = 0,86/0,39 = 2,21 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

Energetická výška před propustkem  $E$  se stanoví z Bernoulliho rovnice (3.19):

$$E = h_c + \frac{v_c^2}{2 \cdot g} = 0,45 + \frac{2,21^2}{2 \cdot 9,81} = 0,70 \text{ m}$$

Pokud se předpokládá rychlostní výška před propustkem zanedbatelná  $v_0^2/2g = 0$  bude hloubka vody před propustkem rovna energetické výšce  $KNH = E$ .

$MVV$  byla stanovena na  $0,50 \text{ m}$ . Pro trubní propustky neplatí podmínka pro klenby dle 12.2.2 b) normy ČSN 73 6201. Vypočítaná kontrolní návrhová hladina je  $KNH = 0,70 \text{ m}$ . Průměr propustku je  $1,2 \text{ m}$ . Navržený propustek tedy vyhovuje požadavkům normy ČSN 73 6201, neboť:

$$MVV + KNH = 0,50 + 0,70 = 1,2 \text{ m} \leq D = 1,2 \text{ m}$$

Hladina vody za propustkem nemá vliv na průtočnost, protože:

$$h_d = 0,35 \text{ m} < h_k = 0,50 \text{ m}$$

#### A.1.1.2 Propustek obdélníkového profilu

Propustek bude navržen železobetonový, obdélníkového profilu. Rozměry propustku se zvolí 1,2 m x 1,1 m (šířka x výška). Takto na počátku zvolený rozměr propustku je nutné následně posoudit.

Opět je základním úkolem posoudit vzduť způsobené propustkem, tedy stanovit kontrolní návrhovou hladinu (KNH).

Kritická hloubka se určí iteračním postupem (odhad hodnoty  $h_k$ , vyjádření levé a pravé strany rovnice) z obecné rovnice kritického proudění (3.13) nebo pomocí empirické rovnice pro propustek obdélníkového profilu (3.14a).

$$h_k = \sqrt[3]{\frac{\alpha \cdot Q^2}{g \cdot b^2}} = \sqrt[3]{\frac{1,0 \cdot 0,86^2}{9,81 \cdot 1,2^2}} = 0,37 \text{ m}$$

Hloubka v zúženém průřezu za vtokem se stanoví (rovnice (3.12)):

$$h_c = \kappa \cdot h_k = 0,9 \cdot 0,37 \text{ m} = 0,34 \text{ m}$$

Určí se zúžená průtočná plocha ( $S_c$ ):

$$S_c = b \cdot h_c = 1,2 \cdot 0,34 = 0,41 \text{ m}^2$$

Rychlost v zúženém průřezu je:  $v_c = Q/S_c = 0,86/0,41 = 2,13 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

Energetická výška před propustkem E se stanoví z Bernoulliho rovnice (3.19):

$$E = h_c + \frac{v_c^2}{2 \cdot g} = 0,34 + \frac{2,13^2}{2 \cdot 9,81} = 0,57 \text{ m}$$

Pokud se předpokládá rychlostní výška před propustkem zanedbatelná  $v_0^2/2g = 0$  bude hloubka vody před propustkem rovna energetické výšce  $KNH = E$ .

MVV byla stanovena na 0,5 m. Vypočítaná kontrolní návrhová hladina je  $KNH = 0,57 \text{ m}$ . Výška propustku je 1,1 m. Navržený propustek vyhovuje požadavkům normy ČSN 73 6201, neboť:

$$MVV + KNH = 0,5 + 0,57 = 1,07 \text{ m} \leq \text{výška propustku} = 1,10 \text{ m}$$

#### A.1.2 Propustky s volným vtokem a volnou hladinou ovlivněnou dolní vodou

##### Zadání:

Pro předcházející příklad (A. 1.1 – pro návrh propustku obdélníkového profilu) je vyžadováno zjistit o kolik se zvýší kontrolní návrhová hladina, pokud se voda za propustkem vzduje a dosahuje hloubky dolní vody  $h_d = 0,7 \text{ m}$ .

##### Řešení:

Hladina dolní vody ( $h_d$ ) se nejprve porovná s kritickou hloubkou. Pokud vyjde  $h_d > h_k$  bude nutné vyšetřit průběh hladiny při nerovnoměrném proudění v propustku. Jestliže ve vtoku vyjde hloubka  $h_0 > 1,1 h_k$  (podmínka pro obdélníkový propustek), je vtok ovlivněn dolní vodou a rovnice pro stanovení energetické výšky se přetransformuje do jiného tvaru než v příkladu předcházejícím.

(Pozn.: u kruhového propustku by podmínka pro ovlivnění dolní vodou vypadala:  $h_0 > 1,25 h_k$ )



Kritická hloubka se vypočítá z obecné rovnice kritického proudění (3.13) nebo pomocí empirické rovnice pro propustek obdélníkového profilu (3.14a).

$$h_k = \sqrt[3]{\frac{\alpha \cdot Q^2}{g \cdot b^2}} = \sqrt[3]{\frac{1,0 \cdot 0,86^2}{9,81 \cdot 1,2^2}} = 0,37 \text{ m}$$

$$h_d = 0,7 \text{ m} > h_k = 0,37 \text{ m}$$

V takovém případě je nutné dopočítat metodou po úsecích průběh hladin v propustku. Tato metoda je vysvětlena v části 3.3.2 a také v TP 204, kap. 6.3.

Výpočet vychází z hladiny na konci propustku a postupuje se proti směru proudění, protože se jedná o proudění říční (hloubka  $h_d > h_k$ ). Hloubka vody na konci propustku je rovna hloubce  $h_d = 0,7 \text{ m}$ . Tato hloubka je tedy dolní okrajovou podmínkou (DOP).

Propustek je vyroben z betonu – z hydraulických tabulek byla zvolena hodnota Manningova součinitele drsnosti  $n = 0,015 \text{ s} \cdot \text{m}^{-1/3}$ . Vzdálenost výpočtových profilů byla volena  $dL = 5 \text{ m}$ .

Výpočty vychází z rovnic (3.9), (3.10):

$$\frac{\alpha \cdot v_l^2}{2g} + h_l + I_0 \cdot dL = \frac{\alpha \cdot v_2^2}{2g} + h_2 + I_E \cdot dL$$

Kde levá strana rovnice (L str.) vyjadřuje energetickou výšku v profilu nacházejícího se výše proti proudu a pravá strana (P str.) energetickou výšku v profilu níže. Rovnice vyjadřuje zákon zachování mechanické energie, energetické výšky v obou profilech (levá i pravá strana rovnice) se tedy musí vzájemně rovnat.

$$I_E = \frac{Q^2}{C_p^2 \cdot S_p^2 \cdot R_p} = \frac{Q^2}{K_p^2}; I_E \cdot dL = Z_t$$

Výpočet vychází z dolní okrajové podmínky (DOP) a iterací (volba hloubky vody  $h$  v profilu ležícím výše, porovnání levé a pravé strany rovnice dokud se vzájemně nerovnájí) se dopočítá hloubka v sousedním profilu, který je vzdálen 5 m proti proudu.

Následující tabulka zachycuje postup výpočtu průběhu hladin metodou po úsecích:

h (m)	S (m <sup>2</sup> )	O (m)	R (m)	C (m <sup>1/2</sup> ·s <sup>-1</sup> )	v (m·s <sup>-1</sup> )	v <sup>2</sup> /2g (m)	Sp (m <sup>2</sup> )	Op (m)	Rp (m)	Cp (m <sup>1/2</sup> ·s <sup>-1</sup> )	Zt (m)	L str.	P str.
0.700	0.840	2.600	0.323	55.224	1.024	0.053							
0.692	0.830	2.584	0.321	55.175	1.036	0.055	0.835	2.592	0.322	55.199	0.005	0.759	0.759
0.684	0.821	2.568	0.320	55.125	1.048	0.056	0.826	2.576	0.320	55.150	0.006	0.752	0.752
0.676	0.811	2.552	0.318	55.074	1.060	0.057	0.816	2.560	0.319	55.100	0.006	0.746	0.746
0.668	0.802	2.536	0.316	55.023	1.073	0.059	0.806	2.544	0.317	54.049	0.006	0.739	0.739

Tab. A. 2 Průběh hladin v propustku určená metodou po úsecích

Metodou po úsecích byla dopočítána zatopená hloubka  $h_\sigma = 0,668 \text{ m}$ .

$h_\sigma = 0,668 \text{ m} > 1,1 h_k = 1,1 \cdot 0,37 = 0,41 \text{ m}$ , tzn., že vtok do propustku je ovlivněn dolní vodou.

Nyní se postupuje obdobně jako v předcházejícím případě. Dopočítá se plocha  $S_\sigma$ :

$$S_\sigma = b \cdot h_\sigma = 1,2 \cdot 0,65 = 0,80 \text{ m}^2$$

Rychlost v zúženém zatopeném průřezu je:  $v_\sigma = Q/S_\sigma = 0,86/0,78 = 1,07 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

Energetická výška před propustkem E se stanoví z Bernoulliho rovnice (3.24):

$$E = h_\sigma + \frac{v_\sigma^2}{2 \cdot g} = 0,67 + \frac{1,07^2}{2 \cdot 9,81} = 0,73 \text{ m}$$

Pokud se předpokládá rychlostní výška před propustkem zanedbatelná  $v_0^2/2g = 0$  bude hloubka vody před propustkem rovna energetické výšce  $KNH = E$ .

Porovnáme-li tedy předchozí výsledek, při neovlivnění dolní vodou, s novým výsledkem při ovlivnění:

$$E_{neov} = 0,57 \text{ m} \times E_{ovliv} = 0,73 \text{ m}$$

Rozdíl bude **0,16 m**.

Pokud by zde byla voda zavzduť trvale, musela by se v souladu s čl. 12 normy ČSN 73 6201 zvětšit výška propustku minimálně na:

$$0,73 + 0,50 = 1,23 \text{ m}$$

Navrhl by se tedy např. propustek s rozměry **1,2 x 1,25 m**

## A.2 Proudění propustkem se zahlceným vtokem

### Zadání:

Změnami v povodí vodního toku, který kříží komunikaci s možností krátkodobého přerušení provozu, se zvýšily N-leté průtoky dle Tab. A. 3. Stávající propustek je průměru 1,0 m a jeho sklon je  $I_0 = 0,01$ . Vtok do propustku je ostrohranný nerozšířený (typ 1, viz Obr. 3.4, Tab. 3.1), krátkým skluzem za objektem je zajištěno, že výtok je volný. Je nutné posoudit, zda stávající propustek vyhovuje požadavkům normy ČSN 73 6201 i po změnách v povodí. Vzhledem k tomu, že se jedná o vodní tok s výskytem transportu spláví, není dle ČSN 736201 přípustné, aby byl vtok propustku zahlcen. Pokud nebude tato podmínka splněna je nutno navrhnout vyhovující profil.

roky	1	2	5	10	20	50	100
$Q_N (\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1})$	0,14	0,25	0,38	0,50	0,78	0,94	1,31

Tab. A .3 N-leté průtoky

### Řešení:

V prvním kroku se stanoví na základě získaných záznamů N-letých průtoků návrhový a kontrolní návrhový průtok v souladu s čl. 12 normy ČSN 73 6201. K určení návrhového průtoku (NP) a kontrolního návrhového průtoku (KNP) se použije tabulka 12.1 normy. Na základě dopravního významu komunikace se stanoví návrhová kategorie. Silnice s možností krátkodobého přerušení provozu se řadí do kategorie 2.

Ze zadané tabulky N-letých průtoků (Tab. A. 3) se vypočítá variační rozpětí  $Q_{100}/Q_1$ :

$$Q_{100}/Q_1 = 1,31/0,14 = 9,4, \text{ tzn., že se řadí do rozsahu nad } 8$$

$$\text{Návrhový průtokem je tedy } NP = Q_{100} = 1,31 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$$

$$\text{Kontrolním návrhovým průtokem je } KNP = 1,4 \cdot Q_{100} = 1,84 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$$

Podle tabulky 12.1 normy je (pro kategorii 2, variační rozpětí nad 8) minimální volná výška  $MVV = 0,5 \text{ m}$  nad  $KNH$  (podle charakteru povodí nehrozí velké nebezpečí ucpání mostního otvoru nánosy a splávím). Proto je nutné určit kontrolní návrhovou hladinu.

Ověří se, zda změnami průtoku nedochází v propustku k tlakovému proudění. Kapacitní průtok (tj. průtok odpovídající rovnoměrnému proudění o volné hladině při plném plnění propustku) se určí rovnicí (3.37):

$$Q_D = 24 \cdot D^{8/3} \cdot I_0^{1/2} = 24 \cdot 1,0^{8/3} \cdot 0,01^{1/2} = 2,40 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$$

Tento kapacitní průtok se porovná s návrhovým průtokem  $KNP = 1,84 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$

$Q_D = 2,40 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1} > KNP = 1,84 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ , tudíž se jedná o netlakové proudění.

Proudění v propustku je tedy o volné hladině. Vzhledem ke zvýšení průtoku se předpokládá proudění se zahlceným vtokem. Krátký skluz zamezuje tomu, aby měla dolní voda vliv. Zúžená hloubka za vtokem se pak stanoví podle rovnice:

$$h_c = 0,60 \cdot D = 0,60 \cdot 1,0 = 0,60 \text{ m}$$

Výpočet energetické výšky před propustkem je možné provést ze zjednodušené rovnice (3.32):

$$E = 0,6 \cdot D + 0,289 \cdot \frac{Q^2}{D^4} = 0,6 \cdot 1,0 + 0,289 \cdot \frac{1,84^2}{1,0^4} = 1,58 \text{ m}$$

V dalším kroku je potřeba předpoklad zatopeného vtoku ověřit. Protože  $E > \beta \cdot D$ , tedy  $1,58 > 1,2 \cdot 1,0 = 1,20 \text{ m}$ , je předpoklad zatopeného vtoku splněn.

Pokud se předpokládá rychlostní výška před propustkem zanedbatelná  $v_0^2 / 2g = 0$  bude hloubka vody před propustkem rovna energetické výšce  $KNH = E$ .

$$KNH = E = 1,58 \text{ m}$$

Průměr propustku je  $D = 1,0 \text{ m}$

Z uvedeného je evidentní, že propustek požadavkům nevyhoví. Postup pro návrh nového propustku, který by požadavkům normy vyhověl, je uveden v příkladu A. 1. 1.

Propustek bude nově navržen na průměr  $D = 1,5 \text{ m}$ .

Postupem podle A. 1. 1 se zjistí (postup není uveden), že energetická výška před propustkem je  $E = 0,98 \text{ m}$ . Rychlostní výška před propustkem je zanedbatelná a proto je  $E = KNH$ .

MVV byla stanovena na  $0,50 \text{ m}$  nad  $KNH$ . Vypočítaná kontrolní návrhová hladina je  $KNH = 0,98 \text{ m}$ . Průměr propustku je  $1,5 \text{ m}$ . Navržený propustek nyní již vyhovuje požadavkům normy ČSN 73 6201, neboť:

$$MVV + KNH = 0,50 + 0,98 = 1,48 \text{ m} \leq D = 1,50 \text{ m}$$

### A.3 Tlakové proudění propustkem

#### A.3.1 Propustek s tlakovým prouděním po celé délce

##### Zadání:

Propustek, který kříží komunikaci snadno nahraditelnou objížďkami, odvádí srážkovou vodu z přilehlého povodí. Z mapových podkladů byla určena odvodňovaná plocha  $A = 0,55 \text{ km}^2$ . Tato plocha je tvořena z 35% lesem, 20% zahradami, 25% poli, 10% zástavbou, 10% silnicemi. Záznamy zjištěných srážkových intenzit jsou zapsány v Tab. A. 4.

Betonový propustek je kruhového profilu  $D = 1,1 \text{ m}$ , jeho délka je  $25 \text{ m}$  a sklon dna  $I_0 = 0,0001$ . Hloubka dolní vody resp. průřezová rychlost byla stanovena na  $h_d = 1,45 \text{ m}$ , resp.  $v_d = 1,15 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  (jejich určení viz TP 204, kap. 6.3). Vtok je rozšířený (typu 5, viz Obr. 3.4, Tab. 3.1). S ohledem na inundační území byla maximální dovolená úroveň hladiny horní vody stanovena na kótě  $246,10 \text{ m.n.m.}$  Kóta dna toku před objektem je  $243,86 \text{ m.n.m.}$  Je nutné posoudit, zda propustek tomuto limitu vyhoví.

roky	1	2	5	10	20	50	100
$i_N (\text{l} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{ha}^{-1})$	113	157	177	204	233	259	291

Tab. A. 4 Srážkové intenzity v dotčené oblasti  $T=15 \text{ min}$

**Řešení:**

Stejně jako v předchozích případech se musí návrhový (NP) a kontrolní návrhový průtok (KNP) stanovit v souladu s čl. 12 normy ČSN 73 6201, podle tabulky 12.1. Na základě dopravního významu komunikace se stanoví návrhová kategorie. Silnice, která je snadno nahraditelná objížďkami se řadí do kategorie 3.

Jelikož propustek odvodňuje povodí, pro které nejsou záznamy N-letých průtoků k dispozici, je nutné si tyto údaje dopočítat ze zjištěných srážkových intenzit (srážkové mapy, data od ČHMÚ) dotčené oblasti. Pro výpočet kulminačního průtoku se použije racionální metoda (metoda součinitele odtoku), ve které jsou ztráty dešťové vody v povodí zakomponovány do empiricky stanovených hodnot odtokového koeficientu. Tento součinitel (C) je poměrem mezi objemem odtoku a srážky za určitý časový interval. Racionální metoda, která vychází ze vzorce:

$$Q = C \cdot i \cdot A$$

Odtokový součinitel je funkcí druhu plochy a jeho hodnoty lze nalézt v hydrologických tabulkách. V tomto příkladu se vyskytuje 5 různých druhů ploch, každá s jiným součinitelem. V Tab. A. 5. jsou zapsány jednotlivé povrchy, jim odpovídající odtokové koeficienty a příslušné plochy.

Povrch	C <sub>i</sub> (-)	A <sub>i</sub> (%)	A <sub>i</sub> (ha)
Les	0,05	35	19,25
Zahrada	0,10	20	11,00
Pole	0,10	25	13,75
Zástavba	0,90	10	5,50
Silnice	0,80	10	5,50
celkem		100%	A = 55 ha

Tab. A.5 Stanovení odtokového součinitele

(Pozn.: Součinitel pro zástavbu – tašková střecha)

Odtokový součinitel pro celou plochu se stanoví jako vážený průměr z jednotlivých ploch:

$$C = \frac{1}{A} \cdot \sum C_i \cdot A_i = 0,23$$

Použitím rovnice  $Q = C \cdot i_N \cdot A$  lze již dopočítat N-leté průtoky, tyto jsou v Tab. A. 6.

roky	1	2	5	10	20	50	100
Q <sub>N</sub> (m <sup>3</sup> ·s <sup>-1</sup> )	1,44	2,01	2,26	2,61	2,98	3,31	3,72

Tab. A. 6 Vypočítané N-leté průtoky

Z Tab. A. 6 se vypočítá variační rozpětí Q<sub>100</sub>/Q<sub>1</sub>:

Q<sub>100</sub>/Q<sub>1</sub> = 3,72/1,44 = 2,58, tzn., že se řadí do variačního rozpětí do 5

Návrhovým průtokem je tedy NP = Q<sub>50</sub> = 3,31 m<sup>3</sup>·s<sup>-1</sup>

Kontrolním návrhovým průtokem je KNP = Q<sub>100</sub> = 3,72 m<sup>3</sup>·s<sup>-1</sup>

Parametry propustku (zejména pak jeho velmi malý sklon) a průtoky nasvědčují tomu, že se bude jednat o tlakové proudění. To se ověří výpočtem kapacitního průtoku. Kapacitní průtok (tj. průtok odpovídající rovnoměrnému proudění o volné hladině při plném plnění propustku) se určí pomocí kombinace rovnice kontinuity a Manningovy rovnice (3.37) (Manningův součinitel drsnosti  $n = 0,013 \text{ s.m}^{-1/3}$ ):

$$Q_D = 24 \cdot D^{8/3} \cdot I_0^{1/2} = 24 \cdot 1,1^{8/3} \cdot 0,0001^{1/2} = 0,31 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$$

Tento kapacitní průtok se porovná s návrhovým průtokem  $NP = 3,31 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$

$Q_D = 0,31 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1} < NP = 3,31 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ , tudíž se jedná o tlakové proudění.

Vzhledem k velké hloubce dolní vody lze předpokládat zatopený výtok. K posouzení toho, zda jde skutečně o zatopený výtok, je nutné stanovit průřezovou rychlost v propustku:

$$v = \frac{Q}{S_D} = \frac{3,31}{\frac{\pi \cdot 1,1^2}{4}} = 3,49 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

*Pozn.: rychlost v propustku (v) by neměla překročit hodnotu  $5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  (při vyšších rychlostech by mohlo docházet k ohrožení konstrukce objektu a koryta za propustkem)*

$$\text{a podmínku zatopení (3.39): } \Delta_{\min} = \frac{v_D \cdot (v - v_D)}{g} = \frac{1,15 \cdot (3,49 - 1,15)}{9,81} = 0,27 \text{ m}$$

Převýšení hladiny dolní vody nad horní hranou propustku  $\Delta$  se vypočítá podle rovnice (3.40):

$$\Delta = h_d - D = 1,45 - 1,1 = 0,35 \text{ m}$$

Předpoklad zatopeného výtoku je tedy splněn, neboť  $\Delta > \Delta_{\min}$ , tj.  $0,35 \text{ m} > 0,27 \text{ m}$

Sklon čáry energie  $I_E$  se určí z Chézyho rovnice ( $C = 1/n \cdot R^{1/6}$ ):

$$I_E = \frac{Q^2}{C^2 \cdot S^2 \cdot R} = \frac{3,31^2}{(1/0,013 \cdot 0,28^{1/6})^2 \cdot 0,95^2 \cdot 0,28} = 0,0115$$

Energetická výška před propustkem se vypočítá použitím rovnice (3.54):

$$E = (I_E - I_0) \cdot L + (1 + \xi) \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g} + D + \Delta - \Delta_{\min}$$

Součinitel ztráty vtokem pro typ vtoku do propustku 5 je  $\xi = 0,1$ .

$$E = (0,0115 - 0,0001) \cdot 25 + (1 + 0,1) \cdot \frac{3,49^2}{2 \cdot 9,81} + 1,1 + 0,35 - 0,27 = 2,14 \text{ m}$$

Pokud se předpokládá rychlostní výška před propustkem zanedbatelná  $\frac{v_0^2}{2 \cdot g} = 0$  bude

hloubka vody před propustkem rovna energetické výšce  $h = E$ , tj.  $h = 2,14 \text{ m}$ .

Ještě je nutné posoudit zatopení vtoku do propustku, vtok je zatopen pokud:

$h > \beta \cdot D \rightarrow 2,14 \text{ m} > 1,4 \cdot 1,1 = 1,54 \text{ m} \rightarrow$  což znamená, že předpoklad zatopeného vtoku je splněn.

Kóta dna před propustkem je 243,86 m.n.m. Dopočítaná kóta hladiny pro návrhový průtok ( $H_{NH}$ ) je:

$$H_{NH} = 243,86 + 2,14 = \mathbf{246,00 \text{ m.n.m.}}$$

Požadavkem bylo nepřekročení úrovně hladiny  $H_{\max} = 246,10 \text{ m.n.m.}$  Propustek danému limitu vyhoví neboť:

$$H_{NH} = 246,00 \text{ m.n.m.} \leq H_{\max} = 246,10 \text{ m.n.m.}$$

**A.3.2 Propustek s tlakovým prouděním na jeho části****Zadání:**

Pro zadání z předchozího příkladu (A.3.1) je vyžadováno stanovit úroveň hladiny vody před propustkem pro případ, kdy se voda za propustkem rozlévá do volna (hladina dolní vody je velmi malá).

**Řešení:**

Vzhledem k velmi nízké hladině dolní vody nebude mít dolní voda na proudění vliv a tlakové proudění bude jen na části propustku za vtokem. V určité vzdálenosti od výtoku ( $L_z$ ) bude tlakové proudění přecházet v proudění s volnou hladinou. V případě, že je hladina dolní vody malá, proudí voda u výtoku za kritické hloubky.

Návrhový průtok byl v předchozím příkladu (A. 3. 1) stanoven na  $NP = 3,31 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  a bylo dokázáno, že se jedná o proudění tlakové s rychlostí  $v = 3,49 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ .

Jelikož se voda za objektem rozlévá do volna, jedná se o proudění neovlivněné dolní vodou a hloubka vody zde bude dosahovat kritické hloubky. Kritická hloubka se pro propustek kruhového průřezu vypočítá použitím empirické rovnice (3.14b):

$$h_k = h_v = \frac{\sqrt{0,32 \cdot Q}}{\sqrt[4]{D}} = \frac{\sqrt{0,32 \cdot 3,31}}{\sqrt[4]{1,1}} = 1,01 \text{ m}$$

$$v_k = v_v = \frac{Q}{\frac{D^2}{8} \cdot (\Phi - \sin \Phi)} = \frac{3,31}{\frac{1,1^2}{8} \cdot (5,0897 - \sin 5,0897)} = 3,64 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$\text{kde: } \cos \frac{\Phi}{2} = 1 - \frac{2h_v}{D}$$

Nyní je nutné určit vzdálenost od výtoku ( $L_z$ ), kde dochází k přechodu z tlakového proudění na proudění s volnou hladinou. Pro výpočet je možné použít dvě metody.

- První je přibližné stanovení této vzdálenosti pomocí vzorce (viz TP 204, rovnice (10.31)):

$$L_z = \frac{E_v - E_d}{I_o - I_{Ep}}$$

$I_{Ep}$  je sklon čáry energie pro průměrnou hloubku  $h_p = 0,5 \cdot (D + h_v)$

$$E_v = h_v + \frac{v_v^2}{2g} = 1,01 + \frac{3,64^2}{2 \cdot 9,81} = 1,679 \text{ m}$$

$$E_d = D + \frac{v^2}{2g} = 1,10 + \frac{3,49^2}{2 \cdot 9,81} = 1,719 \text{ m}$$

$$h_p = 0,5 \cdot (D + h_v) = 0,5 \cdot (1,1 + 1,005) = 1,053 \text{ m}$$

$$S_p = \frac{D^2}{8} \cdot (\Phi - \sin \Phi) = \frac{1,1^2}{8} \cdot (5,4456 - \sin 5,4456) = 0,936 \text{ m}^2$$

$$O_p = \Phi \cdot \frac{D}{2} = 5,4456 \cdot \frac{1,1}{2} = 2,995 \text{ m}$$

$$R = S / O = 0,936 / 2,995 = 0,313 \text{ m} ; C = 1 / n \cdot R_p^{1/6} = 1 / 0,013 \cdot 0,313^{1/6} = 63,368 \text{ m}^{1/2} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$I_{Ep} = \frac{Q^2}{C_p^2 \cdot S_p^2 \cdot R_p} = \frac{3,31^2}{63,368^2 \cdot 0,936^2 \cdot 0,313} = 0,00998$$

$$L_z = \frac{E_v - E_d}{I_o - I_{Ep}} = \frac{1,679 - 1,719}{0,0001 - 0,00998} = 4,091 \text{ m}$$

- Nebo druhou (a přesnější) možností je vypočítat tuto vzdálenost metodou po úsecích, díky které se zjistí i průběh hladiny vody v části propustku s volnou hladinou. Výpočet je uveden v Tab. A. 7. Princip výpočtu je podrobně popsán v kap. 3.3.2, v TP 204, kap. 6.3 a také v příkladu A. 1. 2.

h	Φ	S	O	R	C	v	v <sup>2</sup> /2g	dL	Sp	Op	Rp	Cp	Zt	L str	P str
(m)	(rad)	(m <sup>2</sup> )	(m)	(m)	(m <sup>1/2</sup> .s <sup>-1</sup> )	(m.s <sup>-1</sup> )	(m)	(m)	(m <sup>2</sup> )	(m)	(m)	(m <sup>1/2</sup> .s <sup>-1</sup> )	(m)		
1.005	5.090	0.910	2.799	0.325	63.790	3.638	0.674								
1.047	5.398	0.934	2.969	0.314	63.432	3.548	0.642	1.000	0.920	2.880	0.320	63.610	0.010	1.689	1.689
1.070	5.620	0.943	3.091	0.305	63.116	3.512	0.629	1.000	0.940	3.030	0.310	63.270	0.010	1.699	1.699
1.087	5.847	0.948	3.216	0.295	62.756	3.493	0.622	1.000	0.950	3.150	0.300	62.940	0.010	1.709	1.709
1.100	6.283	0.950	3.456	0.275	62.031	3.485	0.619	0.950	0.950	3.340	0.290	62.390	0.010	1.719	1.719
							L <sub>z</sub> =	3.95	m						

Tab. A. 7 Stanovení L<sub>z</sub> metodou po úsecích

Z výsledků je evidentní, že se vypočítané vzdálenosti L<sub>z</sub> z obou metod poměrně shodují. Za přesnější výsledek se bude považovat hodnota získaná metodou po úsecích, tedy L<sub>z</sub> = 3,95 m. Nyní víme, že plně tlakové proudění se vyskytuje na délce 25 – 3,95 = 21,05 m a na zbylé části propustku proudí voda s volnou hladinou.

V dalším kroku je již možné určit energetickou výšku před propustkem, a to za použití rovnice (3.49):

$$E = (I_E - I_0) \cdot L + (1 + \xi) \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g} + D = (0,01148 - 0,0001) \cdot (25 - 3,95) + (1 + 0,1) \cdot \frac{3,49^2}{2 \cdot 9,81} + 1,1 = 2,02 \text{ m}$$

Pokud se předpokládá rychlostní výška před propustkem zanedbatelná  $\frac{v_0^2}{2 \cdot g} = 0$  bude

hloubka vody před propustkem rovna energetické výšce h = E, tj. h = 2,02 m.

Ještě je nutné posoudit zatopení vtoku do propustku, vtok je zatopen pokud:

$h > \beta \cdot D \rightarrow 2,02 \text{ m} > 1,4 \cdot 1,1 = 1,54 \text{ m} \rightarrow$  což znamená, že předpoklad zatopeného vtoku je splněn.

Kóta dna před propustkem je 243,86 m.n.m. Dopočítaná kóta hladiny pro návrhový průtok (H<sub>NH</sub>) je:

$$H_{NH} = 243,86 + 2,02 = \mathbf{245,88 \text{ m.n.m.}}$$

Požadavkem bylo nepřekročení úrovně hladiny H<sub>max</sub> = 246,10 m.n.m. Propustek danému limitu vyhoví neboť:

$$H_{NH} = 245,88 \text{ m.n.m} \leq H_{max} = 246,10 \text{ m.n.m}$$

Porovnáním výsledků pro zatopený (A. 3. 1) a nezatopený výtok (A. 3. 2) zjistíme, že rozdíl v obou případech činí:

$$246,00 - 245,88 = \mathbf{0,12 \text{ m}}$$

**A.4 Tabulky Manningova součinitele drsnosti (n):**

Druh koryta a jeho popis	n		
	min.	stř.	max.
<b>A. Uzavřené profily částečně plněné</b>			
I. Kovové materiály			
1. Ocelová potrubí svařovaná	0,010	0,012	0,014
2. Litinové potrubí	0,010	0,014	0,016
II. Nekomové materiály			
1. Plastické hmoty	0,008	0,009	0,010
2. Hlazená cementová malta	0,011	0,013	0,015
4. Beton			
a) do kovové formy	0,012	0,013	0,014
b) do dřevěné formy	0,012	0,016	0,020
c) propustky (event. se slabými nánosy)	0,010	0,012	0,014
d) rovný kanalizační odpad s revizními šachtami a vpustěmi	0,013	0,015	0,017
5. Kamenina - odpadní potrubí, drenážní trubky	0,011	0,013	0,017
6. Zdivo			
a) zvonivky	0,011	0,013	0,015
b) obyčejné cihly do cementové malty	0,012	0,015	0,017
<b>B. Otevřené profily s částečně nebo zcela umělým povrchem</b>			
I. Kovové materiály			
1. Hladký kovový povrch			
a) nenatřený	0,012	0,013	0,017
b) natřený	0,011	0,012	0,014
II. Nekomové materiály			
1. Cementový povrch			
a) vyhlazený	0,010	0,011	0,013
b) běžná omítka	0,011	0,013	0,015
2. Dřevo			
a) hoblované	0,010	0,012	0,015
b) nehoblované	0,011	0,013	0,015
c) potažené lepenkou	0,010	0,014	0,017
3. Beton			
a) hlazený ocelovým hladítkem	0,011	0,013	0,015
b) zatřený dřevěným hladítkem	0,013	0,015	0,016
c) nazatřený	0,014	0,017	0,020
d) torkretovaný, rovný povrch	0,016	0,019	0,023
e) torkretovaný, vlnitý povrch	0,018	0,022	0,025
f) na dobře vyhloubené skále	0,017	0,020	
g) na nepravidelně vyhloubené skále	0,022	0,027	
4. Betonové dno se stěnami			
a) z opracovaného kamene do betonu	0,015	0,017	0,020
b) ze zdiva z lomového kamene - omítnutého	0,016	0,020	0,024
c) ze zdiva z lomového kamene - neomítnutého	0,020	0,025	0,030
5. Štěrkové dno se stěnami			
a) z betonu	0,015	0,019	0,025
b) ze smíšeného kamene do betonu	0,020	0,023	0,026
c) z lomového kamene na sucho, nebo s pohozením	0,023	0,033	0,036
6. cihly do cementové malty	0,012	0,015	0,018
7. Kamenné opevnění			
a) dlažby s vylitím spar cementovopu maltou	0,017	0,025	0,030
b) dlažby na sucho	0,023	0,032	0,035
9. Vegetační opevnění	0,030		0,500

Tab. A. 8: Tabulky Manningova součinitele drsnosti (n)- druhy koryta A,B



Druh koryta a jeho popis	n		
	min.	stř.	max.
<b>C. Koryta vyhloubená dozery a bagry</b>			
1. Přímé zemní kanály, stejnozměrný materiál			
a) čisté, nedávno dokončené, pravidelný profil	0,016	0,018	0,020
b) štěrkové koryto s pravidelným profilem	0,022	0,025	0,030
c) zarostlé krátkou travou, málo plevelů	0,022	0,027	0,033
2. Zemní kanály křivočaré s malými rychlostmi			
a) bez vegetace	0,023	0,025	0,030
b) s travou a s menším množstvím plevelů	0,025	0,030	0,033
c) hlinité dno a štěrkové svahy	0,028	0,030	0,035
d) kamenité dno a zaplevelené břehy	0,025	0,035	0,040
e) na dně valouny, čisté břehy	0,030	0,040	0,050
3. Kanály ve skalních horninách	0,025	0,035	0,050
4. Kanály při nedostatečné technické údržbě, plevelné trávy a křoviny			
a) hustý plevel stejné výšky jako hloubka	0,050	0,080	0,120
b) čisté dno, na březích křoviny	0,040	0,050	0,080
c) husté křoviny, vysoký vodní stav	0,080	0,100	0,140
<b>D. Přirozené vodní toky</b>			
I. Malé toky se šířkou hladiny při velké vodě < 30 m			
1. Rovinné toky			
a) čisté, přímé, zaplněný profil, bez peřejí a tůní	0,025	0,030	0,033
b) totéž, ale s přítomností kamenů a plevelů	0,030	0,035	0,040
c) zakřivená trasa, čisté koryto s tůněmi a peřejemi (brody)	0,033	0,040	0,045
d) se zákruty, tůněmi a brody, větší množství kamenů	0,045	0,050	0,060
e) bahnité úseky, hluboké tůně, zarostlé plevely, při malých rychlostech vody	0,050	0,070	0,080
2. Horské toky, bez vegetace v korytě, břehy obvykle strmé, stromy a keře na březích zaplavené při vysokém vodním stavu	0,030	0,045	0,070
II. Velké vodní toky, šířka hladiny při povodni > 30 m			
1. Pravidelný profil bez balvanů a keřů	0,025		0,060
2. Nepravidelný a drsný profil	0,035		0,100
III. Inundační území			
1. Pastviny bez křovin			
a) s nízkou travou	0,025	0,030	0,035
b) s vysokou travou	0,030	0,035	0,050
2. Zemědělsky obhospodařované plochy			
a) neoseté, bez vegetace	0,020	0,030	0,040
b) dozrálé osevy	0,025	0,035	0,050
3. Křoviny			
a) jednotlivé keře, hustý plevel	0,035	0,050	0,070
b) řídké keře a stromy v zimě	0,035	0,050	0,060
c) řídké keře a stromy v létě	0,040	0,060	0,080
d) křoviny střední a velké hustoty v zimě	0,045	0,070	0,110
e) střední až velká hustota křovin v létě	0,070	0,100	0,160
4. Stromy - hustý vrbový porost v létě			
a) hustý vrbový porost v létě	0,110	0,150	0,200
b) vykácené území s pařezy, bez zmlazení	0,030	0,040	0,050
c) totéž, ale se silným zmlazením pařezů	0,050	0,060	0,080

Tab. A. 9: Tabulky Manningova součinitele drsnosti (n)- druhy koryta C,D

## **Příloha B      Příklad mostní evidence propustků**

(ve smyslu kap. 8, článek 8.1.(4) těchto TP)

Příloha B obsahuje:

- B.1      Aplikace pro evidenci propustků
  - B.1.1    Nastavení aplikace
  - B.1.2    Práce s programem
  - B.1.3    Pokročilé ovládání
  - B.1.4    Karta uživatele
- B.2      Záznamový list propustku

### **B.1      Aplikace pro evidenci propustků**

Aplikace je určena pro evidenci propustků a mostů malých rozpětí. Snahou bylo vytvořit jednoduchou aplikaci, která podpoří vytvářenou normu a poskytne správcům propustků levný, nenáročný nástroj, který neodradí od pořizování nových záznamů.

#### **B.1.1    Nastavení aplikace**

Nejdříve je nutné aplikaci nainstalovat. Při prvním spuštění uživatel se buď přihlásí do programu pomocí svých přihlašovacích údajů z internetové databáze, nebo vyplní své údaje.

##### **B.1.1.1    Nový uživatel**

Pokud uživatel nemá přihlašovací údaje do internetové databáze, je nutné vyplnit základní údaje. Je potřeba vyplnit své jméno, kraj, okres a název správní jednotky kde se propustky nacházejí.

##### **B.1.1.2    Registrace do internetové databáze**

Pokud chce uživatel získat přístup do internetové databáze, vybere internetovou databázi a vyplní svůj email, na který bude odeslán přihlašovací kód. Tuto operaci je nutné provádět při připojení k Internetu.

Po obdržení kódu je potřeba v aplikaci vyplnit jaké chce mít uživatel přihlašovací jméno a heslo do přihlašovacího systému a vložit do formuláře přihlašovací kód, který mu byl zaslán na email.

##### **B.1.1.3    Stávající uživatel**

Pokud uživatel má přihlašovací údaje, stačí zadat tyto údaje. Po úspěšném přihlášení budou načteny uživatelská data z Internetu a bude možné stáhnout záznamy z internetové databáze.

#### **B.1.2    Práce s programem**

##### **B.1.2.1    Nový objekt**

Pro vložení nového propustku je potřeba zvolit „Nový objekt“ a vyplnit číslo silnice a číslo propustku. Tyto údaje musí být jedinečné v rámci uživatelské databáze.

##### **B.1.2.2    Formulář**

Formulář byl vytvořen, aby pomohl uživateli v terénu sbírat data. Uživatel si ho vytiskne a v terénu do něj zapisuje jednotlivé informace. Následně data přepíše do aplikace.

### **B.1.2.3 Základní ovládání**

V základním ovládání (viz. obrázek aplikace) uživatel vidí na každém řádku údaje propustků, a může je upravovat, tisknout, mazat a uzamknout. Pokud uživatel smaže řádek, řádek bude smazán pouze v aplikaci. Tato změna se neprojeví v internetové databázi. Pokud uživatel uzamkne řádek, propustek již nebude možné editovat. Uzamčené řádky mají pro rozlišení podtržené texty. Uzamčení propustku je nutné pro synchronizaci dat s internetovou databází.

### **Editace řádku**

Editace záznamů je podobná jako v uživateli známém programu MS Excel. Změny dat se okamžitě projevují. Uživatel nemusí data ukládat. Na řádku jsou zobrazeny buď základní sloupce, které je potřeba vyplnit, nebo pomocí funkce „Všechna pole“ lze zobrazit a následně editovat všechny sloupce propustku.

### **Práce s fotodokumentací**

Fotodokumentaci je možné přidat poklepáním na řádku na „Fotky“ a následně vložit fotky z počítače. Není omezená velikost a počet fotek.

### **B.1.3 Pokročilé ovládání**

Aplikace se snaží přizpůsobit uživateli. Proto je možné přepnout do „Pokročilého ovládání“, které umožňuje prohlížení údajů pomocí řádků a následnou editaci v „Editační kartě“. Tisk a uzamykání řádku je stejný jako v „Základním ovládání“.

#### **B.1.3.1 Editační karta**

Editace karta je rozčleněna na několik tematických oblastí, mezi kterými lze přepínat. Pokud propustek není uzamčen, data lze editovat. Změny se okamžitě projeví, není potřeba záznam ukládat. Vkládání fotodokumentace probíhá podobně jak v „Základním ovládání“.

#### **B.1.3.2 Export dat**

Pokud uživatel chce exportovat data, zvolí na hlavní obrazovce „Synchronizace“ a následně „Export“. Data budou uživateli poskytnuta ve výměnném formátu XML.

#### **B.1.3.3 Synchronizace dat**

Synchronizace slouží ke stažení aktuálních dat z internetové databáze nebo exportu uzamčených propustků do internetové databáze. Pro synchronizaci dat je nutné být registrován v internetové databázi (viz Registrace do internetové databáze) a mít přístup k internetu. Všechna stažená data jsou uzamčená, to znamená, že již není možné je editovat. Před synchronizací uživatel vidí, které propustky budou staženy a exportovány (výběr je možné upravit odškrtnutím nechtěných záznamů), vyplní svoje přihlašovací heslo do internetové a stiskne „Synchronizovat“. Data budou synchronizována. Po skončení se uživateli zobrazí hlášení a průběhu synchronizace. Momentálně při synchronizaci není synchronizována fotodokumentace.

### **B.1.4 Karta uživatele**

Na kartu uživatele se uživatel dostane poklepáním na své jméno v levém horním rohu aplikace. Zde je možné aktualizovat uživatelská data z internetové databáze (po zadání hesla), smazat uživatele a vybrat používanou databázi. Uživatel může mít aktuální pouze jednu databázi (správce objektů).

Obr. B.1 Obrazovka programu pro evidenci propustků



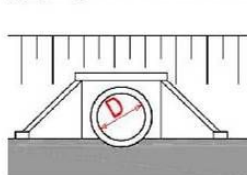
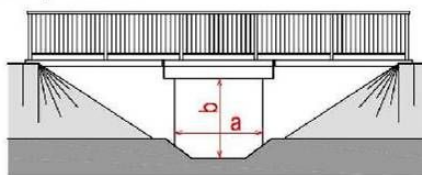
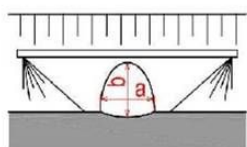
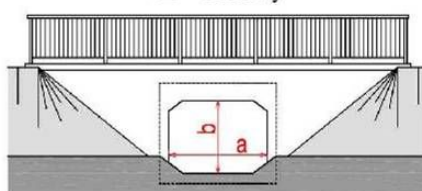
## B.2 Záznamový list propustku

### ZÁZNAMOVÝ LIST PROPUSTKU

Katastrální obec:
Okres:
Kraj:
Správce:
Předmět přemostění:

Evidenční číslo propustku: 

#### Typ propustku a světlé rozměry otvoru:


☐ Trubní

☐ Deskový

☐ Klenbový

☐ Rámový

Počet otvorů: .....

Světlé rozměry otvoru:

D = .....

a = .....

b = .....

☐ Přesýpaný ☐ Nepřesýpaný

☐ Kolmý ☐ Šikmý

☐ Inundace ☐ Stálý průtok

Převažující materiál:

☐ Beton ☐ Zdivo

☐ Ocel ☐ Jiný

.....

#### Příčné uspořádání:



Silniční propustek:

☐ V širé trati (extravilán) ☐ V obci

Volná šířka: v.š. = .....

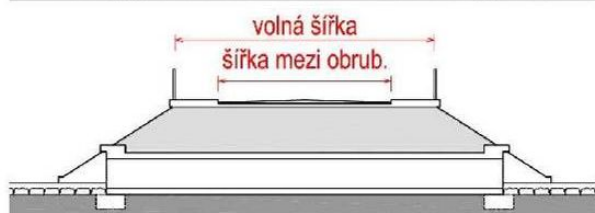
Šířka koruny: š.k. = .....

Šířka mezi obrub.: š.ob. = .....

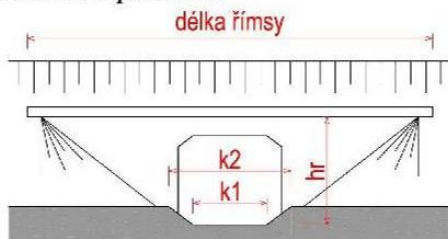
Délka svahu: dl.s. = .....

Délka propustku: dl.p. = .....

Odhad nadnásypu: n = .....



#### Podélné uspořádání:



Šířka koryta v patě: k1 = .....

Šířka koryta v koruně: k2 = .....

Délka římsy: d.ř. = .....

Výška římsy nad dnem: hr = .....

Evid. list vypracoval:	Datum:	Podpis:
------------------------	--------	---------

**TECHNICKÉ PODMÍNKY      TP-232 Propustky a mosty malých rozpětí**

Vydalo:	Ministerstvo dopravy Odbor pozemních komunikací
Zpracoval:	DIVYP BRNO s.r.o Doc. Ing. Jan Tomek, CSc. Ing. Josef Panáček, Ing. Radim Nečas, Ph.D., Ing. Jan Koláček, Doc. Ing. Jaroslav Veselý, CSc., Ing. Daniel Picka, Bc. Jakub Dubrovský  VÚV v.v.i. Ing. Pavel Balvín, Ing. Miroslava Benešová
Tech. redakční rada:	Mgr. V. Mráz (MD-OPK), Ing. J. Sláma, CSc., Ing. M. Bělík, Ing. Z. Černý, Ing. J. Hromádko, RNDr. D. Dvořák (ŘSD ČR), Ing. P. Klimeš (EUROVIA), Ing. J. Vodička (ASPK), Ing. P. Minařík, Doc. Ing. V. Hrdoušek (ČVUT), Ing. D. Šimlerová, Ing. J. Volek, Ing. Nechmač (PGP)
Počet stran:	68 + 17 přílohy
Formát:	A4
Distributor:	DIVYP Brno s.r.o. Hlavní 80, 624 00 Brno