

Michail LEMBÁK *, Vojtěch VÁCLAVÍK **

STOKOVÉ TRUBNÍ VEDENÍ NA PODDOLOVANÉM ÚZEMÍ

SEWER PIPING NETWORK WITHIN UNDERGROUND TERRITORY

Abstrakt

V příspěvku se pojednává o zvláštích při realizaci stokových sítí na poddolovaném území a uvádí se rozbor silových účinků působících na kanalizační trouby.

Abstract

In the paper particular problems of designing and realization of sewer piping networks in undermined territories are discussed and an analysis of force effects acting on sewer pipes is presented.

Key words: sewer piping, sewer designing, sewer pipe load analysis.

Úvod

V dnešní moderní době likvidace tekutých odpadů pomocí soustavného stokového systému a čistírný odpadních vod má stále větší význam. Správný návrh a bezporuchový provoz stoky je jedním ze základních parametrů, které vytvářejí požadované životní prostředí v regionu.

Nebude-li stoková síť sloužit bez poruch, bude docházet především ke vnikání balastních vod do stoky, narušení průběhu čistírenského procesu na čistírnách odpadních vod, ke kontaminaci spodních vod a zdrojů apod.

Uvedená situace může nastat při nesprávném návrhu a provedení stok, zejména na poddolovaném území. Projektant stokových sítí musí velmi pečlivě zvážit jednak trasu trubního vedení a jednak již v projektu zajistit bezporuchovost stoky po celou dobu její životnosti, zejména na poddolovaném území. Proto naší snahou je alespoň ve stručné formě seznámit studenty oboru „Technologie a hospodaření s vodou“ jakož i technickou veřejnost se základními principy navrhování stok na poddolovaném území.

Problematika stokového vedení

Stokovým trubním vedením se rozumí beztlakové přivádění a rozvádění splaškových vod a odvádění vyčištěných vod.

Při navrhování stokového trubního vedení je třeba respektovat ČSN 75 6101 [1] a ČSN 73 0039 [2].

Stokovou síť odvádějící odpadní vody dělíme na soustavy jednotnou a oddílnou. V některých případech (při konfiguraci území, specifických místních poměrech) lze způsoby odvodnění kombinovat v polooddílnou soustavu. Při posuzování volby vhodného odvodňovacího systému je třeba porovnat hlediska investiční a provozní hospodárnosti i hlediska hygienická. Pro volbu některé ze soustav jsou rozhodující: velikost odvodňovaného území, jeho tvar, výškové uspořádání, možnost zatížení recipientu, jeho vodnatost a samočistící schopnost.

* Prof. Ing., CSc., VŠB-TU Ostrava, Hornicko-geologická fakulta, 17. listopadu 15, 708 33 Ostrava

** Ing., VŠB-TU Ostrava, Hornicko-geologická fakulta, 17. listopadu 15, 708 33 Ostrava

Stoková síť pro odvodnění splaškových vod se navrhuje v systému radiálním, větveném, úchytném nebo pásmovém. Kmenová stoka prochází nejnižšími místy území, jednotlivé stoky nejkratším směrem k bodu soustředění.

Pro stoky se doporučuje používat tvary: kruhový, vejčitý, tlamový. Kruhový profil je nejvhodnější pro konstrukci zařízení na jejich čištění, také se nejsnáze vyrábí jako prefabrikáty. Materiály stok se volí podle účelu a plánované životnosti díla.

Stoková trubní vedení musí být navržena tak, aby kdykoliv v průběhu své předpokládané doby životnosti plnila řádně svou funkci nebo aby jejich funkce mohla být obnovena.

Při navrhování stokových trubních vedení na poddolovaném území je třeba přihlížet ke změnám hydraulického režimu (změny sklonu), ke změnám hydrologického režimu (změny velikosti povodí pouze u smíšených kanalizačních stokových sítí) a ke změnám statických podmínek stokových potrubí (zatížení od účinků poddolování).

Nejsou-li k dispozici doplněné báňské podmínky, předpokládá se, že maximální naklonění terénu se projeví ve směru stoky a má vždy opačný smysl.

Sklon stokového potrubí i_{se} se navrhne podle vztahu:

$$i_{se} = i_{se,min} + \mu_i \cdot i_{max} ,$$

kde

$i_{se,min}$ - minimální hodnota sklonu stokového potrubí,

i_{max} - maximální hodnota naklonění terénu,

μ_i - korekční součinitel naklonění terénu dle tab. 2 ČSN 73 00 39 [2].

Při příznivé konfiguraci terénu a známém směru a smyslu naklonění terénu podle báňských podmínek se navrhne trasa potrubí tak, aby její sklon v průběhu poddolování území se zvětšoval.

Je-li sklon stokového potrubí a naklonění terénu opačného smyslu, doporučuje se navrhnout potrubí s přiměřenou rezervou průtočnosti.

V případě, není-li možno uložit stokové potrubí ve sklonu podle výše uvedených zásad, lze výjimečně připustit i mírné přetížení potrubí, které však v žádném případě nesmí vést ke zpětnému vzdouvání vody do připojených objektů. Nezávadnou funkci stokového potrubí je třeba prokázat hydraulickým výpočtem za předpokladu nerovnoměrného, popřípadě tlakového průtoku vody.

V případě snížených průtočných rychlostí při zmenšeném sklonu stokových potrubí, což v podstatě vede ke vzniku usazenin, je třeba zabezpečit účinné čištění potrubí.

Velmi důležitým je výběr trubních materiálů, při kterém je nutno respektovat následující požadavky na vlastnosti potrubí:

- potrubí má být co nejpoddajnější, aby se mohlo bez porušení přizpůsobit přetvoření terénu,
- potrubí musí být zhotoveno z materiálů o dostatečné pevnosti, aby vzdorovalo zatížení od účinků poddolování.

Přitom není dovoleno navrhovat trouby spojované na drážku a nedoporučují se trouby kameninové.

Při použití prefabrikovaného trubního materiálu by se měla dávat přednost železobetonovým hrdlovým troubám, zejména vyztužených ocelovou vláknitou vyztuží [7], s hrdly těsněnými pružnými těsníci látkami, které zajišťují poddajnost spojů potrubí i jejich potřebnou tuhost.

Konstrukce a materiály těsnění spojů potrubí (dilatačních spár) musí zabezpečit dostatečnou těsnost při vzájemných posuvech jednotlivých dílů v důsledku zakřivení a vodorovného poměrného přetvoření terénu. Přitom se počítá s maximálním rozevřením a sevřením spáry mezi díly (troubami) podle vztahu:

$$w = L_{dil} \cdot \left(\varepsilon_{max} + \frac{d_e}{R_{min}} \right),$$

kde

- w - maximální rozevření nebo sevření spáry, resp. pohybu konce trouby v hrdle,
- L_{dil} - osová vzdálenost sousedních dilatačních úseků, resp. konce trub,
- ε_{max} - maximální hodnota vodorovného poměrného přetvoření,
- R_{min} - minimální hodnota poloměru zakřivení terénu,
- d_e - vnější průměr potrubí.

Podle uvedeného vzorce lze ověřit, zda nedojde k drcení konců trub nebo jejich vysvlékání z hrdel. S určitou opatrností je nutno přistupovat k používání trub z PVC, které lze připustit jen na staveništích III. až V. skupiny (viz tab. 1 [1]).

Vedle železobetonových hrdlových trub je možno doporučit použití i vibrolisovaných betonových hrdlových trub těsněných pryžovými prstenci.

Při tvrdých, málo stlačitelných základových půdách se trouby ukládají na syké lože z písku nebo proseté zeminy.

Objekty musí být se stokovým potrubím spojeny tak, aby při předpokládaném přetvoření terénu nedošlo k oddělení potrubí od objektu a porušení spoje. Připojení potrubí na objekty ČOV a propojovací potrubí mezi objekty (nádržemi, jímkami) ČOV se doporučuje navrhovat z ocelových trub, které se pružně utěsní v ocelových chráničkách, pevně spojených (zabetonovaných) s konstrukcí připojených objektů.

Zatížení stok

Konstrukce stok se počítají na účinky vnějších sil a dalších vlivů, které určují stav napjatosti a přetvoření podle mezních stavů [3,4]. Na stoky působí tlaky vyvolané zatížením:

- Stálým (způsobené: vlastní hmotností trouby, náplní trouby, zeminou), kde rozeznáváme:
 - a) rýhové zatížení,
 - b) násypové zatížení na tvrdé podpoře a na rostlém terénu, nebo v široké rýze,
 - c) zatížení tunelovými tlaky.
- Nahodilým (dynamicky působícím vozidlem event. plošným zatížením – dopravou a skládkou zemin, prefabrikátů). Zatěžovací stavy náhradních zatížení lze rozdělit:
 - a) symetricky nebo vozidlem s nápravami asymetricky umístěnou nad osou potrubí,
 - b) pásovým vozidlem s nápravou symetricky nebo asymetricky umístěnými nad osou potrubí,
 - c) přímkové a rovnoměrné zatížení.

Vlastní hmotnost trouby, jejíž vliv je nepatrný se nahrazuje náhradním vrcholovým tlakem:

$$g_r = \gamma_0 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot [d_e^2 - (d_e - 2t)^2]$$

kde γ_0 - měrná hmotnost materiálu stoky,

d_e - vnější průměr stoky,

t - tloušťka stěn trouby.

Náhradní vrcholový tlak

$$\overline{F_g} = 0,813 \cdot g_r$$

s uvažovaným součinitelem zatížení

$$F_g = \overline{F}_g \cdot \gamma_f \quad [kN \cdot m^{-1}],$$

kde γ_f součinitel zatížení dle [8], tab. 1.

Hmotnost náplně trouby

$$g_v = \gamma_v \cdot \frac{\pi}{4} \cdot d_e^2,$$

kde γ_v je měrná hmotnost vody.

Náhradní vrcholový tlak je

$$\overline{F}_v = 0,813 \cdot g_v$$

s uvažovaným součinitelem zatížení $F_v = \overline{F}_v \cdot \gamma_f \quad [kN \cdot m^{-1}]$.

Rýhové zatížení ve vrcholu trouby (úzká rýha)

$$\overline{F}_z = c_1 \cdot \gamma_z \cdot b^2 \quad [MP \cdot m^{-1}]$$

$$F_z = \overline{F}_z \cdot \gamma_f \quad [MP \cdot m^{-1}],$$

kde

c_1 - součinitel rýhového zatížení

b - šířka rýhy

$$c_1 = \frac{1 - e^{-\frac{2 \cdot k \cdot h}{b}}}{2 \cdot k} \quad k = \frac{\sqrt{\operatorname{tg}^2 \varphi + 1} - \operatorname{tg} \varphi}{\sqrt{\operatorname{tg}^2 \varphi + 1} + \operatorname{tg} \varphi} \cdot \operatorname{tg} \varphi$$

φ - úhel vnitřního tření zeminy (výkopu)

$\overline{\varphi}$ - úhel vnitřního tření rostlého materiálu a výkopku

Zatížení v široké rýze

$$\overline{F}_z = K \cdot \gamma_z \cdot d_e \cdot h \quad [kN \cdot m^{-1}]$$

$$F_z = \overline{F}_z \cdot \gamma_f \quad [kN \cdot m^{-1}],$$

kde $K = \frac{20b + h}{20b + 5h} \cdot \frac{1,5b + 1,7d_e}{b + 2,2d_e}$,

příčemž

h - výška nadloží nad vrcholem stoky,

γ_z - objemová hmotnost zeminy,

K - součinitel násypového zatížení,

d_e - vnější průměr trouby,

b - šířka rýhy ve vrcholu stoky.

Zatížení tunelovými tlaky

Je-li materiál nad relativně mělkou štolou sytký, lze zatížení vyjádřit obdobně jako rýhové:

$$\overline{F} = g \cdot b_1 = \frac{\gamma \cdot b_1^2 - 2c \cdot b_1}{2k \cdot \operatorname{tg} \varphi} \quad [kN \cdot m^{-1}]$$

$$F = \overline{F} \cdot \gamma_f \quad [kN \cdot m^{-1}]$$

kde

$$g = \frac{e^{-2k \cdot \text{tg} \varphi \frac{h}{b_1} + \gamma_z \cdot b_1 - 2c}}{2k \cdot \text{tg} \varphi}$$

kde k - součinitel vyjadřující vztah mezi svislým a vodorovným tlakem,

c - smykové napětí v nestlačené zemině,

b_1 - šířka stoky.

Dynamické účinky pohyblivého zatížení lze vyjádřit násobením statického svislého pohyblivého zatížení dynamickým součinitelem $\delta_r = 1,5$, který se s větší hloubkou zmenšuje. Snižuje se o hodnotu $0,1 \cdot \delta_r \cdot (H - 0,5)$, kde H je výška od konstrukce stoky k terénu, pak:

$$\delta_r = \delta_r - 0,1 \delta_r \cdot (H - 0,5)$$

Zatížení ideálním vozidlem s nápravou symetricky umístěnou nad osou stoky

Svislou složku napětí v bodech vodorovné roviny ve vrcholu trouby podle [4] lze určit:

$$\sigma_z = \sigma_{z1} + \sigma_{z2}$$

Svislé napětí v libovolném bodě se určí:

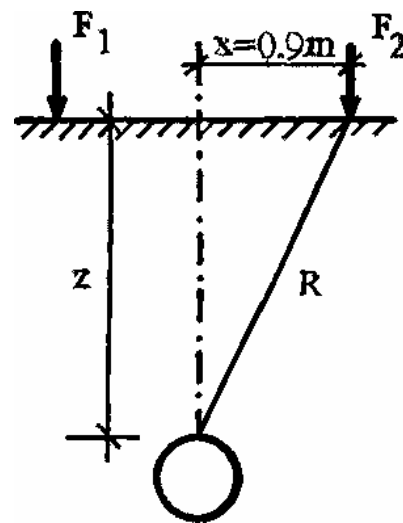
$$\sigma_{z1,2} = \frac{3F \cdot z}{2\pi \cdot R^5} \quad [kN \cdot m^{-2}],$$

kde

$$R = \sqrt{x^2 + z^2}$$

$$\bar{g} = \sigma_{z1,2} \quad [kN \cdot m^{-2}]$$

$$g = \bar{g} \cdot \gamma_f \cdot d_e \cdot \delta \quad [kN \cdot m^{-2}]$$



Obr. 1. Vozidlo s nápravou symetricky nad osou stoky

Zatížení ideálním vozidlem s nápravou asymetricky umístěnou nad osou stoky

I v tomto případě svislá složka napětí v bodech vodorovné roviny ve vrcholu trouby se určí z výrazu:

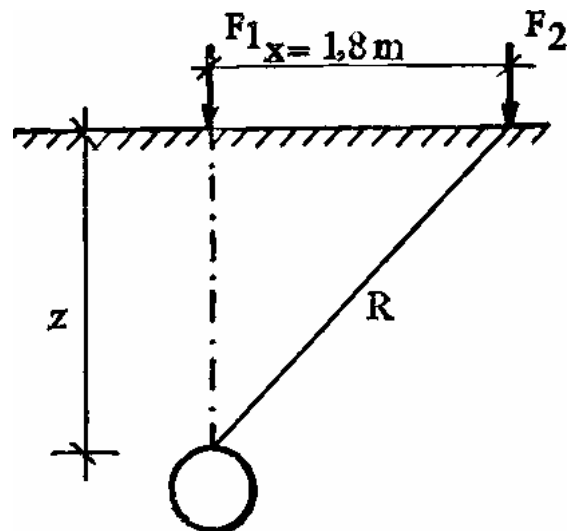
$$\sigma_z = \sigma_{z1} + \sigma_{z2},$$

kde

$$\sigma_{z1} = \frac{3F_1 \cdot z^3}{2\pi \cdot R^5}, \text{ přitom se připouští, že } R=z, \text{ pak}$$

$$\sigma_{z1} = \frac{3F_1}{2\pi \cdot R^2}$$

$$\sigma_{z2} = \frac{3F_2 \cdot z^3}{2\pi \cdot R^5}; \quad R = \sqrt{x^2 + z^2}$$



Obr. 2. Vozidlo s nápravou asymetricky nad osou stoky

$$\bar{g} = \sigma_z \quad [kN \cdot m^{-2}]$$

$$g = \bar{g} \cdot \gamma_f \cdot d_e \cdot \delta \quad [kN \cdot m^{-2}]$$

Z uvedeného postupu určení zatížení na kanalizační trouby vyplývá, že statický výpočet únosnosti trub by měl provádět statik, avšak i vodohospodář by měl být seznámen alespoň s charakterem, podmínkami a zvláštnostmi působení zatížení na tyto trouby. Při znalosti výrobcem garantované únosnosti trouby ve vrcholu se může navrhnout způsob a hloubka založení stoky.

Závěry

V předkládaném příspěvku je proveden stručný rozbor problematiky provádění a navrhování kanalizačních trub na poddolovaném území, který podle našeho názoru prohloubí znalosti studentům v oboru „Technologie a hospodaření s vodou“ jakož i odborníkům při navrhování a rekonstrukcích stok ve specifických podmínkách.

Literatura

- [1] ČSN 75 6101: Stokové sítě a kanalizační přípojky.
- [2] ČSN 73 0039: Navrhování objektů na poddolovaném území. Základní ustanovení.
- [3] Nypl, V., Haloun, R.: Komplexní projekt ZI (Stokování). *Skriptum, Praha, ČVUT, 1990, s. 43 – 51.*
- [4] Nypl, V., Synáčková, M.: Zdravotně inženýrské stavby 30 (Stokování). *Skriptum, Praha, ČVUT, 1998, s. 107 – 115.*
- [5] Fresenins, W.: Waste water Technology (Original, Collection, Treatment and Analogis of Waste Water). Berlin, 1989.
- [6] Lembák, M., Václavík, V.: K problematice navrhování objektů ČOV včetně na poddolovaném území. In *Sborník vědeckých prací VŠB-TU Ostrava, (v tisku).*
- [7] Lembák, M.: Kanalizační trouby se zvýšenou únosností a životností. In *Sborník vědeckých prací VŠB-TU Ostrava, č. 3, 1999, s. 49-54.*
- [8] ČSN 73 0035: Zatížení stavebních konstrukcí.

Summary

In the contribution presented a short analysis of problems of designing and installation of sewer pipes within undermined territory is discussed by which according to opinion of authors the knowledge and competence of students with specialization in water management technology as well as of specialists in design and reconstruction of sewer networks in specific conditions could be enhanced. Realization processes of several sewer networks in undermined territories as well as static calculations of load of sewer pipes are described. Equally loads of sewer pipes in trenches or tunnels are analyzed.

Recenzent: Prof. Ing. Félix Sekula, DrSc., FBERG, TU Košice