

Polypropylenové potrubí pro kanalizační systémy

Jan Hladiš

Bakalářská práce
2010



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav výrobního inženýrství

akademický rok: 2009/2010

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Jan HLADIŠ**

Studijní program: **B 3909 Procesní inženýrství**

Studijní obor: **Technologická zařízení**

Téma práce: **Polypropylenové potrubí pro kanalizační systémy**

Zásady pro vypracování:

1. Vypracujte literární studii k danému tématu.
2. Zhodnoťte vlastnosti kanalizačních trub z polymerních materiálů.
3. Vyhodnoťte výsledky měření a navrhnete nejvhodnější druh kanalizačního potrubí pro gravitační kanalizační systémy.

Rozsah práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

[1] HLAVÍNEK, P. et al. Stokování a čištění odpadních vod. Brno: Vysoké učení technické: fakulta stavební, 2006. 130 s.

[2] KUTA, A. Technologie a zařízení pro zpracování kaučuků a plastů. 1. vyd. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická, 2007. 203 s. ISBN 80-7080-367-3.

[3] MLEZIVA, J.; ŠŇUPÁREK, J. Polymery-výroba, struktura, vlastnosti a použití. 2. přeprac. vyd. Praha: Nakladatelství Sobotáles, 2000. 544 s. ISBN 80-859220-72-7.

[4] RACLAVSKÝ, J.; TUHOVČÁK, L.; MALANÍK, S. Rekonstrukce vodohospodářských sítí. Brno: Vysoké učení technické: fakulta stavební, 2006, 215 s.

[5] RYBNÍKÁŘ, F. et al. Analýza a zkoušení plastických hmot. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1965. 420 s.

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Zdeněk Dvořák, CSc.

Ústav výrobního inženýrství


Datum zadání bakalářské práce:

19. února 2010

Termín odevzdání bakalářské práce:

2. června 2010

Ve Zlíně dne 13. ledna 2010


doc. Ing. Petr Hlaváček, CSc.
děkan




doc. Ing. Miroslav Maňas, CSc.
vedoucí katedry

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby ¹⁾;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen na příslušném ústavu Fakulty technologické UTB ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3 ²⁾;
- beru na vědomí, že podle § 60 ³⁾ odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 ³⁾ odst. 2 a 3 mohu užít své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Ve Zlíně 19.5.2010


.....

¹⁾ zákon č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, § 47 Zveřejňování závěrečných prací:

(1) Vysoká škola nevdělečně zveřejňuje disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce, u kterých proběhla obhajoba, včetně posudků oponentů a výsledku obhajoby prostřednictvím databáze kvalifikačních prací, kterou spravuje. Způsob zveřejnění stanoví vnitřní předpis vysoké školy.

(2) *Disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce odevzdané uchazečem k obhajobě musí být též nejméně pět pracovních dnů před konáním obhajoby zveřejněny k nahlížení veřejnosti v místě určeném vnitřním předpisem vysoké školy nebo není-li tak určeno, v místě pracoviště vysoké školy, kde se má konat obhajoba práce. Každý si může ze zveřejněné práce pořizovat na své náklady výpisy, opisy nebo rozmnoženiny.*

(3) *Platí, že odevzdáním práce autor souhlasí se zveřejněním své práce podle tohoto zákona, bez ohledu na výsledek obhajoby.*

²⁾ *zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 35 odst. 3:*

(3) *Do práva autorského také nezasahuje škola nebo školské či vzdělávací zařízení, užije-li nikoli za účelem přímého nebo nepřímého hospodářského nebo obchodního prospěchu k výuce nebo k vlastní potřebě dílo vytvořené žákem nebo studentem ke splnění školních nebo studijních povinností vyplývajících z jeho právního vztahu ke škole nebo školskému či vzdělávacího zařízení (školní dílo).*

³⁾ *zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 60 Školní dílo:*

(1) *Škola nebo školské či vzdělávací zařízení mají za obvyklých podmínek právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla (§ 35 odst. 3). Odpírá-li autor takového díla udělit svolení bez vážného důvodu, mohou se tyto osoby domáhat nahrazení chybějícího projevu jeho vůle u soudu. Ustanovení § 35 odst. 3 zůstává nedotčeno.*

(2) *Není-li sjednáno jinak, může autor školního díla své dílo užít či poskytnout jinému licenci, není-li to v rozporu s oprávněnými zájmy školy nebo školského či vzdělávacího zařízení.*

(3) *Škola nebo školské či vzdělávací zařízení jsou oprávněny požadovat, aby jim autor školního díla z výdělku jím dosaženého v souvislosti s užitím díla či poskytnutím licence podle odstavce 2 přiměřeně přispěl na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložily, a to podle okolností až do jejich skutečné výše; přitom se přihlédne k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.*

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce se věnuje měření a porovnání dvou typů kanalizačních potrubí z polymerních materiálů. Cílem této práce je provést normou stanovené mechanické zkoušky a na jejich základě doporučit nejvhodnější typ potrubí. V teoretické části je zpracována literární rešerše, která vysvětluje podstatu stokování, popisuje použité materiály k výrobě kanalizačních trub a samotnou technologii výroby potrubí. Zabývá se také popisem mechanických a chemických vlastností materiálů pro kanalizační systémy. V praktické části jsou provedeny mechanické zkoušky zvolených typů potrubí, na jejichž základě je v závěru práce doporučeno nejvhodnější řešení.

Klíčová slova: kanalizační potrubí, mechanické zkoušky, polyethylen, polypropylen, stokový systém.

ABSTRACT

This bachelor thesis focuses on measuring and comparing two types of sewer pipes of polymeric materials. The goal of this work is to set the standard mechanical tests and on this basis to recommend the best type of pipe. The theoretical part is presented literature review, which explains the essence of sewerage, describes materials for the sewer pipes production and pipe production technology. It also deals with the description of mechanical and chemical properties of materials for sewerage systems. In the practical part the mechanical tests of selected types of pipes are carried out and on the base of these findings is recommended the most appropriate solution.

Keywords: sewer pipes, mechanical tests, polyethylene, polypropylene, sewerage system.

Touto cestou bych chtěl poděkovat vedoucímu své bakalářské práce Doc. Ing. Zdeňkovi Dvořákovi, CSc. za poskytnuté rady a připomínky při zpracování této práce.

Chtěl bych poděkovat firmě Pipelife s.r.o. za možnost vypracování bakalářské práce a všem jejím zaměstnancům, kteří mi ochotně vycházeli vstříc.

Prohlašuji, že odevzdaná verze bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

OBSAH

ÚVOD	10
I TEORETICKÁ ČÁST	11
1 HISTORIE KANALIZACE	12
2 DRUHY ODPADNÍCH VOD	13
2.1 ODPADNÍ VODY	13
2.1.1 Dělení odpadních vod	13
2.1.2 Splaškové odpadní vody	13
2.1.3 Odpadní vody průmyslové.....	14
2.1.4 Odpadní vody srážkové.....	14
2.1.5 Odpadní vody balastní.....	14
3 STOKOVÉ SYSTÉMY	15
3.1 JEDNOTNÝ STOKOVÝ SYSTÉM.....	15
3.2 ODDÍLNÝ STOKOVÝ SYSTÉM.....	15
3.3 MODIFIKOVANÝ STOKOVÝ SYSTÉM	15
4 ZPŮSOBY DOPRAVY ODPADNÍCH VOD	16
4.1 ALTERNATIVNÍ ZPŮSOBY ODKANALIZOVÁNÍ.....	16
4.1.1 Tlaková kanalizace.....	16
4.1.2 Kanalizace podtlaková	16
4.1.3 Maloprofilová kanalizace.....	17
5 ZAKLÁDÁNÍ STOKOVÝCH SÍTÍ	18
5.1 TECHNOLOGIE POKLÁDKY KANALIZAČNÍCH SÍTÍ	18
5.1.1 Potrubí pro kanalizační systém	18
5.1.2 Stanovení kruhové tuhosti	19
5.1.3 Účinná vrstva	20
5.1.4 Podloží pod potrubím	21
5.2 PORUCHY A DEFORMACE NA KANALIZAČNÍCH SYSTÉMECH.....	21
5.2.1 Koroze	21
5.2.2 Mechanická opotřebení	22
5.2.3 Statický a dynamický koeficient tření.....	23
5.2.4 Deformace	24
6 ZÁKLADNÍ ROZDĚLENÍ MATERIÁLŮ PRO VÝROBU KANALIZAČNÍCH TRUB	26
6.1 KAMENINA	26
6.2 BETON A ŽELEZOBETON	27
6.3 POLYMERBETON.....	28
6.4 ČEDIČ	28
6.5 SKLOLAMINÁT.....	29
6.6 TVÁRNÁ LITINA.....	29
6.7 PLASTY	30
7 POLYMERNÍ MATERIÁLY PRO VÝROBU POTRUBÍ	31
7.1 POLYVINYLCHLORID (PVC).....	31
7.1.1 Vlastnosti PVC.....	31

7.1.2	Zpracování tvrdého PVC.....	32
7.2	POLYETHYLEN PE	33
7.2.1	Vlastnosti PE.....	34
7.2.2	Zpracování PE.....	35
7.3	POLYPROPYLEN PP.....	36
7.3.1	Zpracování PP	37
8	TECHNOLOGIE VÝROBY KANALIZČNÍCH TRUB.....	39
9	SHRnutí TEORETICKÉ ČÁSTI.....	42
II	PRAKTICKÁ ČÁST	43
10	CÍL A POSTUP PRAKTICKÉ ČÁSTI.....	44
11	POUŽITÉ SUROVINY A HODNOCENÍ VÝROBKŮ	45
11.1	SUROVINY	45
11.2	HODNOCENÍ VÝROBKŮ	45
12	MECHANICKÁ ZKOUŠKA STANOVENÍ KRUHOVÉ TUHOSTI ČSN EN ISO 9969.....	48
12.1	ZKUŠEBNÍ VZORKY	48
12.2	VNITŘNÍ PRŮMĚR ZKUŠEBNÍCH TĚLES	48
12.3	KONDICIONOVÁNÍ	49
12.4	POSTUP ZKOUŠKY	49
13	MECHANICKÁ ZKOUŠKA STANOVENÍ RÁZOVÉ ODOLNOSTI PADAJÍCÍM ZAŘÍZENÍM PO OBVODU ČSN EN 744.....	50
13.1	ZKUŠEBNÍ VZORKY	50
13.2	KONDICIONOVÁNÍ	51
13.3	POSTUP MECHANICKÉ ZKOUŠKY	51
13.4	VYJÁDRĚNÍ VÝSLEDKŮ ZKOUŠKY DLE NORMY ČSN EN 744.....	52
14	VLASTNÍ MECHANICKÉ ZKOUŠKY A VYHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ MĚŘENÍ.....	54
14.1	STANOVENÍ KRUHOVÉ TUHOSTI ČSN EN ISO 9969	54
14.1.1	Postup zkoušky.....	54
14.1.2	Vyhodnocení zkoušky kruhové tuhosti.....	55
14.2	STANOVENÍ RÁZOVÉ ODOLNOSTI ČSN EN 744	58
14.2.1	Postup zkoušky.....	58
14.2.2	Vyhodnocení zkoušky rázové odolnosti ČSN EN 744	59
	ZHODNOCENÍ A ZÁVĚR.....	62
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	64
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	66
	SEZNAM OBRÁZKŮ	68
	SEZNAM TABULEK.....	69
	SEZNAM PŘÍLOH.....	70

ÚVOD

Potrubní systémy vznikaly již před 3 tis. lety v Evropě v období Antiky a několik set roků před tím už na území Číny. První systémy byly otevřené a sloužily převážně k dopravě vody (aquadukty). S rozvojem měst a nutností udržení hygieny (epidemie) byly tyto systémy použity pro odvod „infikovaných vod“. V současné době se jejich použití rozšířilo do oblasti produktvodů, zejména tekutin. Znamé jsou i ochranné systémy používané ve sdělovací technice (dosud se používá i potrubní pošta).

Lidstvo se neustále vyvíjí a zvětšuje svůj počet na této planetě. Je proto nutné dbát jak na ochranu přírody, tak na uspokojení požadavků naší rozrůstající se civilizace. Naším největším bohatstvím a životodárnou tekutinou je voda, kterou je potřeba chránit. Jedním z hlavních zdrojů jejího znečištění, mohou být právě kanalizační systémy, a to z důvodu netěsnosti spojů jednotlivých součástí či dokonce deformaci potrubí a tudíž nefunkčnosti kanalizačního systému. Tak může docházet a mnohdy i dochází ke znečištění podzemních zdrojů pitné vody a zároveň k silnému ohrožení našeho biotopu. Je proto nutné hledat neustále nové technologie, které pomohou výše uvedeným problémům předcházet.

Jelikož jsou potrubní systémy ve většině případů ukládány do kanálů či přímo do zeminy, je na ně kladen velký požadavek z hlediska odolnosti a spolehlivosti. Vyhledávání a odstraňování případných poruch je totiž značně nákladné. Je proto nutné si uvědomit, že nové používané materiály a technologie pro zpracování potrubí umožňují zcela přetvářet a nahrazovat zastaralé technologie či dosud používané materiály. Je velmi důležité pochopit podstatu každé vývojové oblasti a naučit se tyto nové technologie vhodně aplikovat.

Plasty nyní dokáží zcela konkurovat materiálům používaným pro kanalizace jako je např. kamenina či litina. Jejich největší výhodou je nižší hmotnost, lepší manipulace a tudíž rychlejší výstavba stok, přívětivost k životnímu prostředí atd. Proto v současné době začínají být nejpoužívanějšími materiály pro výstavbu kanalizačních systémů.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 HISTORIE KANALIZACE

Již v dávné Mezopotámii a Babylónu mezi lety 2600 – 2500 př. Kr. byly budovány speciální kanalizační systémy na odvádění odpadních vod. Také v sumerských městech si obyvatelé budovali rozvětvenou kanalizační síť. Přípojky, které vedly pod jednotlivé domy, byly z části z hlíněných trub a z části byly zděné z pálených cihel a překryty čtverhrannými deskami. Hlavní kanalizace byla také zděná a stavitelé u nich uplatňovali techniku valené klenby. Tyto stoky vedly pod vydlážděnými ulicemi a odváděly splašky do velkých řek nebo do sběrných a čistících jam nebo rybníků.

V českých zemích splašková kanalizace dříve nikde nebyla, po ulicích, pokud byly dlážděné, vedly otevřené příkopy. V nich se odvádělo vše, co bylo tekuté, volně tu pobíhali hlodavci a snadno se šířily nemoci. V roce 1030 vymřela třetina Čech na mor. Různé druhy epidemií a zápach měly za následek výstavbu zděných kanalizací, které odváděly vody splaškové i dešťové z ulic a střech do blízkých vodotečí nebo rybníků. První pokrok v technickém myšlení zaznamenala výstavba stoky v roce 1673, která sloužila k odvodnění Klementina. Byla 150 metrů dlouhá, 600 – 800 mm široká a 1200 mm vysoká z hladce opracovaných pískových kvádrů. Měla kruhovou klenbu z pískových klenáků na vápennou maltu a segmentové dno. Až na přelomu 19 a 20 století se začalo s výstavbou kanalizace tak, jak se dochovala až do dnes. Tyto kanalizace byly zděné z cihel a jejich profil byl vejčitý, oválný nebo kruhový. K dalšímu většímu rozvoji došlo, až po druhé světové válce kdy začali být na výstavbu stok používány i další materiály [8].

2 DRUHY ODPADNÍCH VOD

Jakákoliv voda, která po použití změní svoje vlastnosti – fyzikální (teplota), chemické (pH) – se nazývá vodou odpadní, zejména pokud může ovlivnit jakost povrchových či podzemních vod [3].

2.1 Odpadní vody

Odpadní vody jsou [3], [14]:

- všechny druhy vod odváděné stokovou sítí (ať se tam dostaly jakkoliv),
- odčerpávané vody podzemní z hydraulické ochrany u průmyslových objektů – rafinerie, sklady ropných látek, odkaliště z různých energetických nebo chemických výrob, průzkumy těžební činnosti,
- vody z drenážních systémů jako součásti zařízení k odvodnění pozemních staveb,
- vody jakkoliv znečištěné z výrobního provozu příp. v důsledku vlhkosti suroviny,
- tekuté odpady (např. kejda).

2.1.1 Dělení odpadních vod

Podle původu a druhu znečištění odpadní vody dělíme na:

- splaškové,
- průmyslové,
- infekční,
- ze zemědělství a zemědělské výroby,
- dešťové - dešťové povrchové vody,
- smíšené odpadní vody,
- ostatní odpadní vody.

2.1.2 Splaškové odpadní vody

Jsou to odpadní vody vypouštěné do veřejné kanalizace z bytů a obytných domů. Patří k nim i odpadní vody z městské vybavenosti, jako jsou školy, restaurace, hotely, kulturní zařízení apod., mající podobný charakter jako odpadní vody od obyvatel. Specifické množství splaškových vod (množství od 1 obyvatele za den) závisí na bytové vybavenosti (kou-

pelny, sprchy, přívod teplé vody aj.) a je prakticky shodné se spotřebou pitné vody. Průměrně se počítá se specifickou produkcí splaškových vod 150 l/osobu.den [3], [24].

2.1.3 Odpadní vody průmyslové.

Jsou to odpadní vody vypuštěné do veřejné kanalizace z průmyslových závodů a výroben, příp. předčištěné v závodě tj. zbavené toxických a pro provoz veřejné kanalizace a čistírny odpadních vod (ČOV) jinak škodlivých látek. Řadí se k nim i odpadní vody ze zemědělství. Průmyslové odpadní vody jsou vypouštěny do vodních recipientů buď samostatně nebo spolu se splaškovými vodami prostřednictvím veřejné kanalizace. Tyto smíšené odpadní vody se nazývají městskými (bez ohledu na velikost obce). Podíl průmyslových vod bývá různý, v našich podmínkách činí obvykle 80 až 100 % z vod splaškových [3], [8].

Veřejné kanalizace jsou:

- oddílné pro oddělené odvádění vod splaškových s průmyslovými a vod dešťových (dešťovou kanalizací)
- jednotné, jimiž je odváděna z intravilánu sídliště také srážková voda, která se tím stává vodou odpadní. Typ jednotné kanalizace je zdaleka převažující

2.1.4 Odpadní vody srážkové

Odpadní vody srážkové jsou vody odváděné z intravilánu obce jednotnou veřejnou kanalizací. Jejich množství závisí na velikosti odvodňované plochy, její kvalitě (sklonu, povrchu) a intenzitě srážek. Při krátkodobém působení srážky dosahují v maximech hodnot zdaleka převyšujících průtok splaškových a průmyslových odpadních vod, a proto na ně musí být dimenzována kanalizace [3], [8].

2.1.5 Odpadní vody balastní

Do veřejné kanalizace se dostává určité množství podzemních vod netěsnostmi kanalizace, někdy jsou jí odváděny i vody povrchové. Tyto vody, které do veřejné kanalizace nepatří, neboť v pravém slova smyslu nejsou odpadními vodami, se přesto do ní dostávají a tvoří často svým objemovým množstvím významný podíl (podle kvality stokové sítě a výšky hladiny podzemní vody) [3].

3 STOKOVÉ SYSTÉMY

Stokový systém je zařízení pro sběr, shromažďování a dopravu tekutých odpadů. Tvoří jej uliční stoky, sběrače, kmenové stoky a čistírna odpadních vod. Pro revizi na jednotlivých stokách slouží kanalizační šachty (viz. Příloha P I). Podle způsobu odvádění odpadních vod rozeznáváme v podstatě tři základní stokové systémy [3], [8]:

- jednotný stokový systém,
- oddílný stokový systém,
- modifikovaný stokový systém.

3.1 Jednotný stokový systém

V rámci tohoto systému jsou dopravovány veškeré druhy odpadních vod společnou trubní sítí směrem na čistírnu odpadních vod (ČOV). V jednotné stokové soustavě protéká při dešti stokou směs splašků a dešťových vod, jejichž množství obvykle mnohonásobně převyšuje průtok splašků. Tento princip přinášel řadu ekonomických a technických výhod, které ho po dlouhý čas upřednostňovaly bez ohledu na zřejmá ekologická a hygienická rizika ovlivňující životní prostředí [1], [3], [8].

3.2 Oddílný stokový systém

Oddílný systém odvádí různé druhy odpadních vod samostatnými trasami stokové sítě. Nejčastěji se jedná o dvě stokové soustavy, z nichž jedna odvádí odpadní vody splaškové (případně i vody z průmyslových provozoven) a druhá stoková soustava odděleně odvádí vody srážkové. Z důvodů problémů kvality dešťových vod se začínají uplatňovat různé modifikace stokových soustav [1], [3], [8].

3.3 Modifikovaný stokový systém

Modifikovaný stokový systém vzniká například kombinací jednotné a oddílné stokové soustavy. V zahraničí bývá tento systém nazýván polo-oddílný. Princip spočívá v tom, že splaškové vody jsou odváděny hluboko uloženými stokami, dešťové vody mělce uloženým potrubím. Při přívalu nejvíce znečištěné dešťové vody na začátku deště, se vyprázdní spojovací potrubí ze dna dešťových stok v šachtách do stok splaškových. Po jejich zahlcení nad úroveň dna dešťových stok dochází k odtoku srážkové vody dešťovými stokami přímo do recipientu [1], [3],[8].

4 ZPŮSOBY DOPRAVY ODPADNÍCH VOD

Způsob dopravy odpadní vody je závislý na mnoha faktorech, zejména však na morfologii terénu a použité soustavě odkanalizování. Základním principem dopravy odpadních vod u většiny v současné době používaných stokových soustav je gravitační doprava odpadních vod potrubím převážně beztlakovým systémem o volné hladině [1], [3].

4.1 Alternativní způsoby odkanalizování

Alternativní způsoby odkanalizování se používají tam, kde nelze použít výše uvedený způsob gravitační dopravy. Tyto způsoby odkanalizování lze členit [1], [3]:

- kanalizaci tlakovou,
- kanalizaci podtlakovou,
- kanalizaci gravitační maloprofilovou.

4.1.1 Tlaková kanalizace

Tlakové odkanalizování je založeno na principu přetlaku uvnitř větevnaté či okružové trubní sítě. Dopravované splašky do systému dodávají a vnitřní přetlak (běžný provozní přetlak cca 20 – 50 m v.sl) vyvozující čerpadla umístěná v čerpacích stanicích. Systém se doporučuje pro plochá či mírně zvlněná území [2], [3].

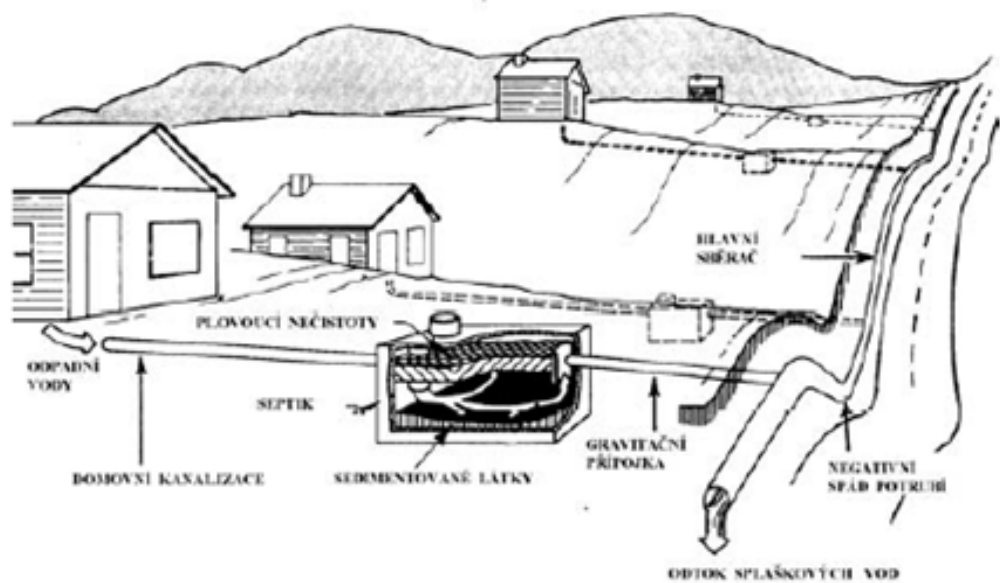
4.1.2 Kanalizace podtlaková

Princip podtlakové kanalizace pro potřeby stokování objevil Holanďan Liernur. Specifická je pro tuto technologii zejména transportní rychlost kolem $6 - 7 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ bez ohledu na spád potrubí. Odpadní voda není dopravována jako uzavřený vodní sloupec, ale po jednotlivých dávkách (porcích). Porce tvoří směs kapek unášených proudícím vzduchem ve směru většího podtlaku. Sací tlak o hodnotě 60 – 70 kPa (0,6-0,7 baru) je oproti atmosférickému tlaku trvale udržován v podtlakových nádobách podtlakové stanice. Tento podtlak působí prostřednictvím potrubí na speciální sací ventil osazený ve sběrné šachtě. Po otevření sacího ventilu se nasává odpadní voda a vzduch do potrubního systému a společně proudí k podtlakové stanici do podtlakových nádob. Zdrojem energie pro činnost sacího ventilu je vlastní podtlak v potrubí [1], [3].

4.1.3 Maloprofilová kanalizace

Maloprofilová kanalizace je specifická použitým potrubním materiálem velkých délek s malými světlými profily, nízkou drsností a integrovanými, dokonale vodotěsnými spoji. Revizní šachty jsou nahrazeny kontrolními šachticemi. Tento systém odkanalizování se v současné době vrací z Austrálie na americký venkov.

Z obrázku je patrné, že celý systém odvádění odpadních vod je gravitační, s možným využitím násoskového efektu v úseku s negativním spádem nivelety [1], [3].



Obr. 1 Schéma maloprofilové kanalizace [3]

5 ZAKLÁDÁNÍ STOKOVÝCH SÍTÍ

K zakládání stokových sítí existuje řada postupů a teorií odvíjejících se především z materiálů různého typu. Při statickém posuzování stok se vychází ze základních podmínek statické rovnováhy. Při stanovení svislých tlaků – jedná se o otázku zemní mechaniky – pro porovnání velikosti působící síly s hodnotami výrobcem udávaného možné zatížení potrubí [3].

5.1 Technologie pokládky kanalizačních sítí

Potrubí se běžně pokládá tak, aby voda protékala směrem od hrdla k dřívku. Orientace těsnění „proti směru“ toku (při použití přesuvek apod.) však nemá vliv na těsnost systému [12].

5.1.1 Potrubí pro kanalizační systém

Potrubí pro kanalizaci lze rozdělit na potrubí tuhá a na potrubí poddajná. Plastová potrubí pro kanalizaci z PVC, PP nebo PE-HD jsou klasifikována jako potrubí poddajná. Pokud jsou poddajná potrubí vystavena vnějšímu tlaku, reagují odlišně než potrubí tuhá (nepoddajná). Tuhá potrubí (beton, kamenina, tvárná litina) veškeré zatížení přenášejí sama, přenesené zatížení je limitováno jejich vrcholovou pevností. Potrubí poddajná se chovají tak, že veškeré zatížení přenášejí dále do okolní zeminy (obsypu a stěn výkopu). V tomto případě pak nelze u poddajných potrubí přesně specifikovat vrcholovou pevnost, protože při zatížení reaguje celý systém (potrubí – obsyp – stěna výkopu). Při tomto přenášení zatížení mezi sebou vzájemně působí:

- pasivní odpor potrubí – daný jeho kruhovou tuhostí SN (někdy také SR). Udává se v kN/m^2
- pasivní odpor obsypu – závislý na kvalitě zhutnění a stlačitelnosti zeminy dané jejím modulem přetvárnosti E'
- pasivní odpor stěn výkopu – závislý na vlastnostech rostlé zeminy

Následná deformace samotného potrubí závisí na velikosti vertikálního zatížení (hmotnost zeminy nad potrubím + zatížení provozem) a výše uvedeným pasivním odporem systému potrubí – zemina. Následná deformace potrubí není na závadu funkčnosti kanalizace, pokud nepřesáhne určitou hranici. Tato hranice je rozdílná v každé státní normě a pohybuje se mezi 6-15 % [3], [8], [12], [24].

5.1.2 Stanovení kruhové tuhosti

Pevnost v tlaku je hodnota, která se stanovuje zatěžováním tuhých trub až k destrukci. Dosáhnout destrukce plynulým zatěžováním za normálních teplot je však u plastových potrubí z běžných materiálů prakticky nemožné. U polyetylénu je dokonce jednou z metod, používanou při opravách, právě stoprocentní stlačení trouby (až médium přestane proudit do opravované části). PVC, i když je křehčí, snáší rovněž stlačení na 100 %.

Pro srovnání odolnosti pružných trubek proti deformaci musel být zvolen jiný parametr. Je jím kruhová tuhost, označovaná jako SN nebo S_N (někdy také SR). Udává se v kN/m^2 .

Metod pro stanovení tohoto parametru je několik, a i když postupy jsou podobné (v zásadě je to poměrně malá deformace trouby a měření síly k tomu potřebné), ve výsledcích se tyto metody mohou značně lišit. Způsobeno to může být jak stanovením podmínek zkoušky (síla, deformace), tak také vlastní definicí kruhové tuhosti (jednou je trubka charakterizována poloměrem, jindy průměrem). V České republice se kruhová tuhost běžně udává podle ČSN EN ISO 9969, dodnes však někteří dodavatelé udávají i hodnoty podle DIN 16 961. Rozdíl ve výsledcích podle těchto norem je takový, že kruhová tuhost podle ČSN číselně odpovídá (velmi zhruba) osminásobné kruhové tuhosti podle DIN (například $S_N 4 \text{ kN/m}^2 \text{ ČSN} = SR 32 \text{ kN/m}^2 \text{ DIN}$). Při srovnávání hodnot je tedy velmi důležité vědět, podle které normy je tuhost uvedena.

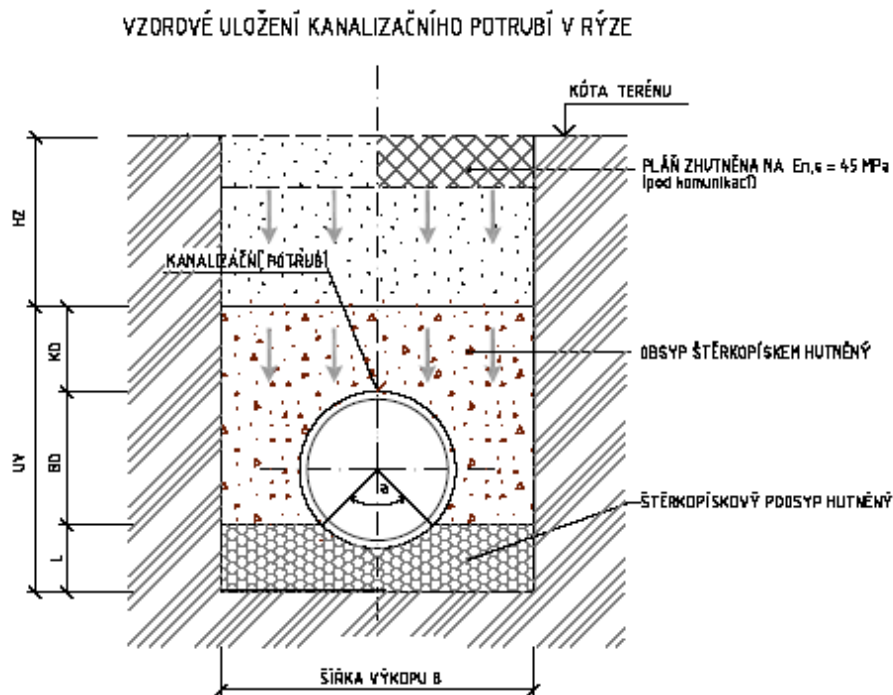
Vzhledem k tomu, že tuhost termoplastů jako takových je nižší než tuhost zeminy, je při výpočtech chování potrubí v zemi rozhodující majoritní prvek zemina. A protože tuhost zeminy je funkcí hutnění, má stupeň zhutnění zeminy rozhodující vliv na namáhání potrubí během používání a tím také na jejich výslednou deformaci [3], [12], [24].



Obr. 2 Měření kruhové tuhosti [12]

5.1.3 Účinná vrstva

Plastová trouba dosahuje optimálních vlastností pouze při spolupůsobení okolní zeminy, která jí pomáhá vhodně roznášet působící síly. Potrubí je tak chráněno před dlouhodobým překročením dovolené deformace, jež by mohlo mít negativní vliv na jeho životnost. Pro funkci potrubí je nejdůležitější takzvaná účinná vrstva, což je zemina pod troubou, vedle ní a dále v minimální tloušťce 15 cm nad horním okrajem trouby (min. 10 cm nad spojem). Zemina se zde sype z přiměřené výšky a tak, aby nedošlo k poškození nebo posuvu potrubí. V celé účinné vrstvě, tj. ve vrstvách L, BO, KO podle obrázku č. 3, je dle ČSN EN 1610 nutno použít zeminu neagresivní vůči materiálu trouby, bez ostrohranných částic (ostré kameny, skleněné střepey); pro hladké trubky do DN 200 o zrnitosti max. 22 mm, od DN 250 max. 40 mm, jedná-li se o stejnozrnné složení, doporučuje se použít zrno menší. Zvláště pečlivě je třeba vybírat materiál účinné vrstvy v komunikacích, kde jsou trouby vystaveny nejen zvýšenému zatížení statickému, ale i přenosu dynamického působení vozidel. V řadě případů, především pod vozovkou, se musí provést výměna zeminy [12].



Obr. 3 Schéma uložení potrubí ve výkopu [12]

Schéma uložení potrubí ve výkopu:

B = šířka výkopu (šířka ve výši vrchlíku trubky)

α = úhel uložení potrubí

→ = směr zhutnění zeminy

HZ = horní zásyp

KO = krycí obsyp

BO = boční zásyp

UV = účinná vrstva

L = lože trubky

5.1.4 Podloží pod potrubím

Potrubí se ukládá do výkopu na pískovou nebo štěrkopískovou spodní vrstvu (lože, podsyp, viz L v obr. č. 3) o minimální tloušťce 10 cm, v kamenitém podloží a na skále min. 15 cm (šířku viz výše). V nevázných zeminách a při vhodné zrnitosti lze pokládku provést i přímo. Zeminu není nutno hutnit, nesmí však být příliš nakypřená. Podloží nesmí být zmrzlé. Úhel uložení α má být větší než 90° . Trouby musí na terénu ležet v celé délce, je nutné zabránit vzniku bodových styků, např. na výčnělcích horniny nebo na hrdlech (vyhloubení montážních jamek v okolí hrdlových spojů). Pokládka na podkladní prahy nebo přímo na beton je zakázána, vyžaduje-li situace použití podložní betonové desky, je nutno opatřit tuto desku ložem. Lože musí být zhotoveno před položením potrubí (úprava spádu trubek podložením kameny nebo lokálním násypem hlíny není dovolena). Při silně se měnících vlastnostech zeminy (rozdílná únosnost podloží) je možno na přechodových místech použít dostatečně dlouhou přechodovou zónu z písku a/nebo geotextilií, případně jiných materiálů. Leží-li připojovací hrdlo odbočky výše než průběžná část, musí být důkladně podepřeno [12].

5.2 Poruchy a deformace na kanalizačních systémech

5.2.1 Koroze

Pod pojmem koroze se rozumí reakce materiálu se svým okolím, která způsobí měřitelnou změnu materiálu (objeví se koroze) a může vést k poškození funkce stavebního prvku (dílece) nebo celého systému [8].

Poškození (poruchy) následkem mechanického působení, jako otěr, eroze nebo mráz jsou tříděny zvlášť. Není vyloučeno, že tyto poruchy, které jsou označeny za korozi, jsou způsobeny kombinovaným namáháním chemickým, mikrobiologickým a mechanickým půso-

bením. Vedle poruch na materiálu můžeme také pozorovat poškození způsobené produktem koroze [8].

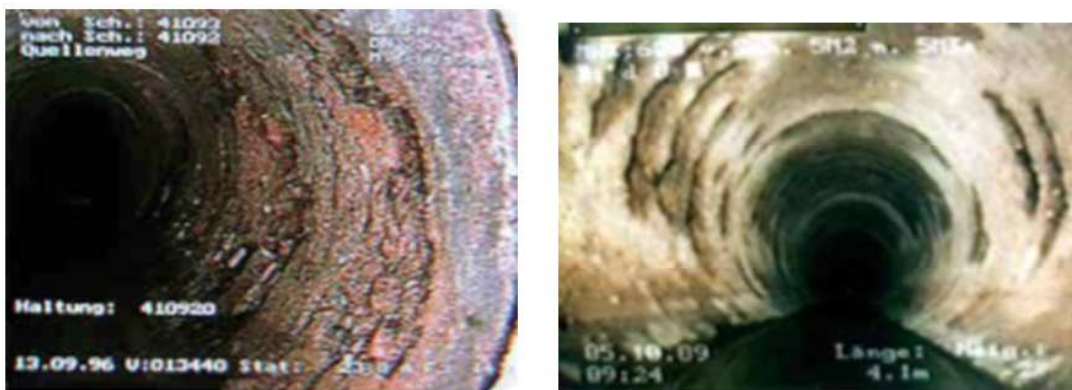
Rozsah koroze závisí v první řadě na:

- agresivitě média,
- použitém materiálu.

Korozi může ovlivňovat mnoho vlivů jako např. teplota a koncentrace korozivního média, stejně jako dodatečné (přídavné) mechanické zatížení [8].

Zvláště v kanalizaci jsou ohroženy materiály:

- spojené cementem (beton, asbestocement, vláknobeton, malta),
- kovové materiály (ocel, litina).



Obr. 4 Příklady síranové koroze potrubí [8]

5.2.2 Mechanická opotřebení

Opotřebení je postupná ztráta materiálu ze svrchního povrchu tělesa, vyvolaná mechanickým působením, to znamená kontakt a pohyb pevných, tekutých nebo plynných částic tělesa.

U stoky se opotřebení děje v oblasti omočené vnitřní strany potrubí a zde převážně v oblasti dna. Dochází k měřitelnému otěru materiálu, to vede ke zvýšení drsnosti stěny a v extrémním případě k destrukci potrubí [8], [12].

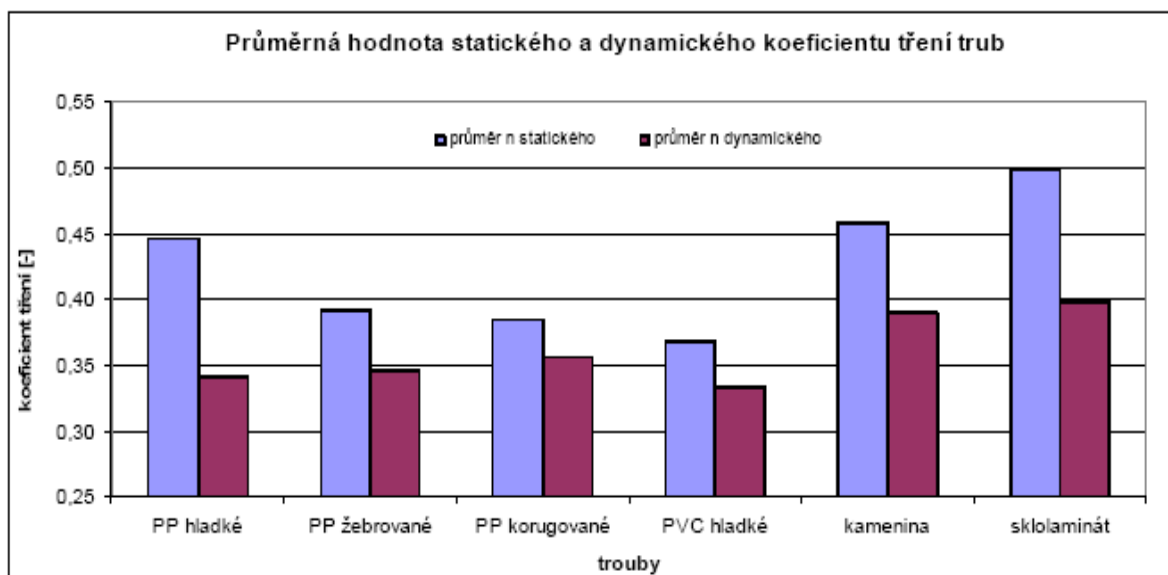
V poslední době došlo ke sjednocení materiálových norem trubních materiálů určených pro výstavbu stok podle Darmstadské metody (viz. Příloha P V), při které trouba dlouhá 1 m je naplněna normovou směsí vody a křemitého písku a opakovaným překlápěním trouby o úhel 22,5° v podélném směru a v předepsané frekvenci je vyvozován pohyb směsi v trou-

bě. Měří se úbytek síly stěny trouby po 100 000 cyklech překlápění. Za vyhovující odolnost proti otěru se považuje úbytek do 0,5 mm. Při posuzování odolnosti proti otěru konkrétních trubních výrobků nestačí řídit se jenom podle výsledků uvedené zkoušky, ale je třeba vždy vzít v úvahu i sílu stěny trouby. To proto, že trouba s malou silou stěny, třebaže je vyrobena z vysoce odolného materiálu, může být zcela rozrušena ve dně dříve než trouba s větší silou stěny vyrobená z méně odolného materiálu proti otěru [3], [8].

5.2.3 Statický a dynamický koeficient tření

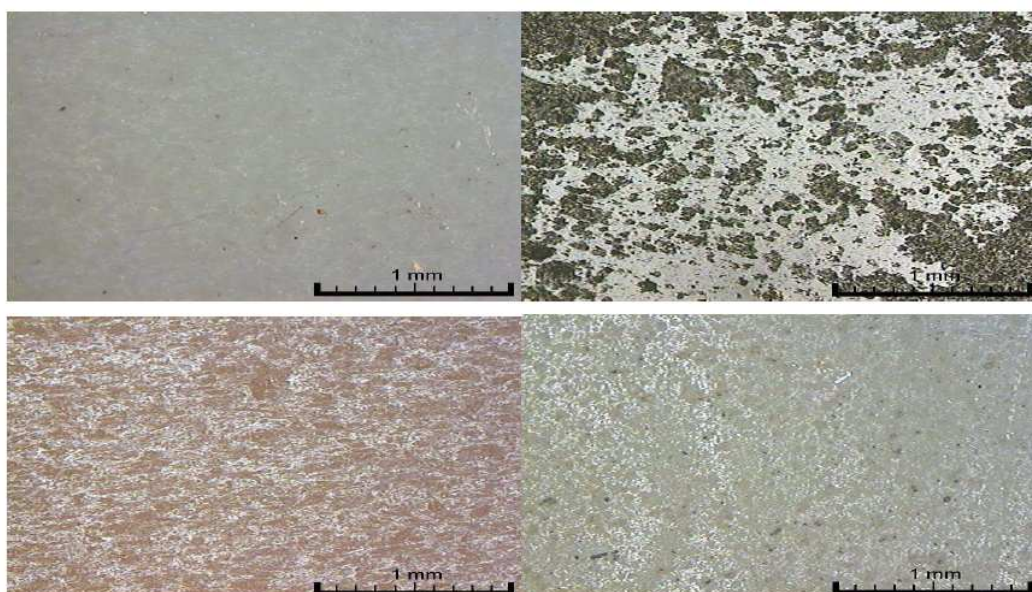
Při mechanických zkouškách proudění abrazivní směsi v kanalizačním potrubí, které zpracovala Stavební fakulta VUT v Brně, bylo zkoumáno šest typů kanalizačních trub a byly zjištěny následující údaje.

Statický a dynamický koeficient tření se ukázaly jako nejnižší hodnoty u hladkých PVC trub, zatímco hodnoty vyšší byly zjištěny u trub sklolaminátových, následovány troubami kameninovými a PP hladkými. Vzhledem k tomu, že vyšší tření znamená pravděpodobnost ulpění materiálu a tedy vzniku iniciačního místa možného porušení trouby, jedná se o důvod potencionálně nižší životnosti sklolaminátových či kameninových trub (viz. graf 1) [24].



Graf 1 Průměrná hodnota statického a dynamického koeficientu tření trub [24]

Optická mikroskopie pak potvrdila výše uvedená pozorování. Snímky u PP trub vykazují pouze velmi malou změnu povrchového vzhledu, malé změny pak lze pozorovat u trub PVC, kamenina vykazuje z pozorovaných trub nejzřetelnější povrchové poškození (viz. obr. 5).



br. 5 Detail poškození abrazí trouby PP hladké (vlevo nahoře), kameninové trouby (vpravo nahoře), PVC trouby hladké (vlevo dole) a sklolaminátové trouby (vpravo dole) [24]

5.2.4 Deformace

Podle definice ATV-A 127 E (Směrnice pro statický výpočet kanalizačních potrubí), která bere v úvahu normy EN 1610 a EN 1295, jsou následujícím způsobem rozlišeny poddajné trouby od trub tuhých [24].

Tuhé trouby

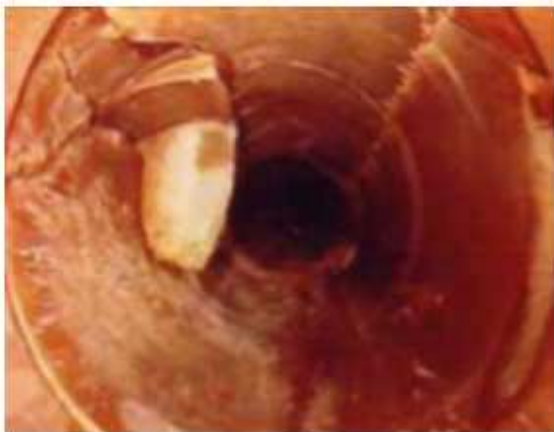
Po uložení tuhých trub a provedení zásypu dochází ke koncentraci zatížení na vrcholu trouby vlivem hmotnosti zeminy nadloží, vlivem přitížení terénu a vlivem sedání okolní zeminy. Toto zatížení se přenáší do stěny trouby, v ní vyvolává napětí, které trouba musí být schopna přenést do podloží, na kterém je uložena. Proto v případě použití pružných trub je vždy kladen důraz na kvalitní provedení jejich uložení a na podkladní konstrukce. Tuhé trouby se vlivem jejich zatížení nedeformují. Směrodatnou hodnotou pro posouzení statické únosnosti těchto trub je jejich pevnost ve vrcholovém tlaku, která je vždy uváděna jak na troubě samé, tak v technických podkladech každého výrobce. Tento druh trub vykazuje vysokou kruhovou tuhost, to znamená, že se vlivem jejich zatížení nedeformují. V případě docílení meze pevnosti trub, dojde k porušení trouby doprovázené vznikem trhlin nebo jejím prolomením či úplným zborcením [3], [8], [12].

Poddajné trouby

Materiály poddajných trub vykazují nižší pevnostní parametry oproti troubám tuhým a také nižší kruhovou tuhost. Poddajné trouby se pod tlakem zeminy nadloží a přitížením z povrchu terénu či vozovky deformují, nepřenašejí proto zcela zatížení zeminou a přitížením terénu do konstrukce trouby. Při jejich deformaci dochází ke zmenšení průměru trub ve svislém směru a ke zvětšení průměru ve směru vodorovném. Je proto důležité u poddajných trub docílit projektem předepsanou míru zhutnění lože trub a bočního obsypu. Čím nižší je kruhová tuhost trub, tím snadněji se trouby deformují a tím vyšší je zpravidla předepisována míra zhutnění lože a bočního obsypu [3], [8], [12].

Možné příčiny vzniku deformací trub [3], [8]:

- chybějící nebo chybné statické výpočty,
- zabudování nevhodných nebo vadných trub,
- odchýlení se od zatěžovacího stavu nebo uložení oproti výpočtovým předpokladům,
- nevhodná pokládka nebo uložení, chybné vyplnění meziprostoru při bezvýkopových technologiích,
- nevhodné nasazení hutnících prostředků,
- neodpovídající pažení výkopů,
- vliv teploty, koroze, mechanického opotřebení,
- prorůstání kořenů do stokové sítě (viz. Příloha PII).



Obr. 6 Příklady zborceného potrubí (kameninové potrubí)[8]

6 ZÁKLADNÍ ROZDĚLENÍ MATERIÁLŮ PRO VÝROBU KANALIZAČNÍCH TRUB

Na potrubí jednotné a oddílné stokové soustavy se používají trouby podle platných norem. Materiály, tedy musí vyhovovat následným požadavkům [3]:

- mechanickým vlivům,
- chemickým vlivům,
- biologickým vlivům,
- vlivům dopravované odpadní vody,
- agresivnímu působení okolního prostředí,
- namáhání stok,
- má umožnit bezpečné a účinné čištění stok.

6.1 Kamenina

Kameninové kanalizační trouby hrdlové se vyrábějí běžně do DN 600. Kameninové trouby a tvarovky se vyrábějí z přírodních kameninových jííl s příměsí ostřiv. Po vypálení je povrch trub pokryt glazurou, která zajišťuje nenasákavost trub a odolnost povrchu [3], [15].

Hlavní výhodou kameninových trub je jejich dlouhá životnost, odolnost vůči obrusu povrchu a proti působení vlivů zemní vlhkosti. Nevýhodou tohoto materiálu jsou především mechanické vlastnosti:

- nízká pevnost,
- velká křehkost materiálu,
- vysoká hmotnost.

Potrubí, u něhož je vyžadována vyšší chemická odolnost, se vyrábí z chemické kameniny. Spojování kameninových trub se provádí hrdlovými spoji s použitím pryžových kroužků, které jsou již při výrobě zalisovány do hrdla i na hladký konec spojovaných trub a po zasunutí trub do hrdla na sebe dosedají. Způsoby spojování používané před rokem 1990 vykazují poruchy a dá se předpokládat, že kameninová kanalizace z této doby je netěsná [15].

1 kg glazované kameniny obsahuje: 800 g jílu, 235 g šamotu a 15 g glazury [3].



Obr. 7 Příklad kameninové sestavy [3]

6.2 Beton a železobeton

Betonové a železobetonové hrdlové trouby jsou používány pro odvádění neagresivních odpadních vod o volné hladině nebo přechodně v mírně tlakovém proudění. Trouby o DN 600 mm mohou být osazeny výstelkou (čedičovou, z kyselinovzdorných kameninových segmentů nebo plastovou). Betonové trouby jsou vyráběny jako kruhové, vejčité nebo tlakové [3], [7].

Materiál:

- betonová směs je složena ze tří frakcí tříděného kameniva, směsného cementu, přísady a příměsi jemných podílů,
- beton pevnostní třídy C 40/50 s vysokou odolností proti obrusu a proti agresivitě chemického prostředí stupně 5b dle ČSN ENV 206,
- pryžový těsnící profil musí odpovídat svými kvalitativními vlastnostmi DIN 4060.



Obr. 8 Potrubí kruhového profilu s plastovým obkladem [3]

Betonové trouby se mohou použít pouze pro odvod dešťových, popř. podzemních neagresivních vod, pokud nepřekračuje rychlost jejich proudění 3 ms^{-1} . Betonové trouby nesmějí být kladeny pod budovami [3].

6.3 Polymerbeton

Polymerbeton je kompozitní materiál, skládající se z plniva (nejčastěji štěrkopísek) a pojiva (syntetické pryskyřice – vinylesterová, epoxidová, polyesterová) a mikroplniva (kamenný prach). Trouby jsou odlévány do forem. Přednostmi polymerbetonu jsou vynikající fyzikálně-chemické vlastnosti, které jsou možné vhodnou volbou pojiv a plniv v širokých mezích měnit. Polymerbeton se vyznačuje vyšší pevností v tlaku, v tahu a v tahu za ohybu, vyšší odolností proti korozi (lze použít při pH média 1 – 13, dle použitého plniva), nízkou drsností téměř nulovou nasákavostí. Polymerbetonové trouby je vhodné použít při vysokém mechanickém namáhání a pro agresivní odpadní vody. Kanalizační polymerbetonové trouby jsou vyráběny v profilech DN 200 – 3600 [3], [7], [8].

Výhody:

- nízká drsnost,
- téměř nulová nasákavost,
- odolnost proti korozi.

Nevýhody:

- vyšší součinitel teplotní roztažnosti a u některých pryskyřic větší polymerační smrštění (a tedy větší vnitřní napětí),
- vyšší cena polymerových pojiv,
- hmotnost.

6.4 Čedič

Z čediče, popř. z materiálů na bázi čediče, se vyrábí obložení vnitřních stran potrubí. Používání čedičových prvků ve stokové síti prodlužuje životnost takto obloženého potrubí. Uplatňují se tam, kde se dopravuje abrazivní, popřípadě erozivní materiál, nebo tam, kde dochází k velkým rychlostem v potrubí či objektech stokové sítě (spadiště, retardéry). Čedič je použitelný v širokém rozsahu pH 3 – 13 [8].

6.5 Sklolaminát

Sklolaminát (označovaný také jako GRP - Glass Reinforced Pipes) je složen z polyesterové pryskyřice, křemičitého písku a skelných vláken. Variabilní použití těchto komponent při výrobě může vést ke zcela rozdílným vlastnostem a to i při stejné tloušťce stěny. Sklolaminátové trouby se vyznačují odolností proti korozi a nízkou hmotností. Trouby ze sklolaminátu jsou v rozsahu od -40 do 100 °C teplotně stálé a ani při velkých teplotních rozdílech neměknou. S ohledem na nízkou hmotnost je možno je vyrábět ve větších délkách až 12 m. Jsou rezistentní vůči ultrafialovému záření, mají velmi dobré hydraulické parametry ($k = 0,01 - 0,1$ mm). Při výstavbě je nutné dodržet, správné postupy pokládky. Trouby jsou obvykle vyráběny v rozsahu DN 200 – 2400. Nevýhodou je dlouhodobá plastická přetvárnost materiálu [3], [14].

6.6 Tvárná litina

Tvárná litina je prakticky nástupkyní klasické šedé litiny. Zatímco v šedé litině se grafit vyskytuje ve formě lamel, v tvárné litině je ve shlucích kulovitého tvaru. Vykrytalizování grafitu ve tvaru kuliček se dosahuje přidáním určitého množství hořčíku do prvotřídní základní litiny. Tím jsou odstraněny možné čáry šíření lomu a je zvýšena odolnost.

Nejdůležitější vlastnosti tvárné litiny jsou: formovatelnost, odolnost proti otěru, schopnost tlumit chvění, pevnost v tahu, odolnost proti nárazům, vysoká mez průtažnosti. Trouby z tvárné litiny se používají zejména u tlakových kanalizačních systémů, ale i u gravitačních systémů s vysokým mechanickým namáháním. Nevýhodou je nízká odolnost proti korozi, křehkost a hmotnost litinových kanalizačních trub [8].



Obr. 9 Potrubí z tvárné litiny

6.7 Plasty

Plasty v současné době mají velmi rychlý vývoj. Potrubí z plastů pro výstavbu kanalizačních systémů postupně vytlačuje materiály jako je např. kamenina. Jsou používány následující typy polymerních materiálů:

- PE-HD – pro odvádění splaškové a povrchové vody ze silnic,
- PVC – U pro vnější kanalizace, trubky a tvarovky vhodné pro odvod odpadních vod v rozsahu pH 2 – 12, do teploty média 60°C (DN 100 – 200) resp. 40°C (DN 250 – 500),
- PP – pro vnější i vnitřní kanalizace, odolný proti vysokým teplotám média, vhodný pro odvod všech druhů odpadních tekutin a chemických látek s výjimkou některých rozpouštědel a ropných látek. Některé typy trub jsou vyráběny jako korugované (se zpevňujícím vnějším žebrováním) [1], [24] (viz. kap. 7).

7 POLYMERNÍ MATERIÁLY PRO VÝROBU POTRUBÍ

7.1 Polyvinylchlorid (PVC)

PVC je jedním z nejdůležitějších termoplastů. Má řadu výhodných vlastností a relativně nízkou cenu. Žádný jiný polymer nemá tak široké použití. Jeho podíl na celkové výrobě plastů se v jednotlivých technicky vyspělých státech pohybuje od 13 do 23 % [6].

Monomer vinylchlorid je plyn o b.v. $-13,9\text{ }^{\circ}\text{C}$. Protože ale vyvolává rakovinu jater a ledvin, je při výrobě a zpracování povolena maximální přípustná koncentrace v pracovním prostředí zpravidla, od 2 ppm (pro nové provozy) do 5 ppm (pro starší provozy). Vinylchlorid polymeruje snadno za různých podmínek (radikálovým, a aniontovým mechanismem). V průmyslu se používá radikálového mechanismu a suspenzí, emulzí a blokové kopolymerace [6].

V současné době se pro přípravu PVC používá nejčastěji suspenzní technika. Zpravidla se pracuje diskontinuálním způsobem v reaktorech s nerezové oceli o objemu 8 až 200 m³, opatřených duplikátory, míchadly a potřebnými armaturami [5], [6].

7.1.1 Vlastnosti PVC

Vyrobený PVC je bílý prášek termoplastického charakteru. Při technické polymeraci ataktických produktů, které se sestávají ze statisticky rozptýlených krátkých syndiotaktických a izotaktických sekvencí. Stupeň krystalinity je proto nízký (3 až 10 %). Lineární řetězce jsou slabě rozvětvené (asi 0,2 na 100 skupin $-\text{CH}_2-$) [6], [9].

PVC má T_g kolem 80°C , proto lze výrobky z neměkčeného polymeru používat krátkodobě do teploty 75°C , dlouhodobě do 60°C až 70°C . PVC měkne kolem 80°C . Zahříváním nad 100°C se zvolna začíná rozkládat za odštěpování chlorovodíku. Je to překvapující s poměrně stabilnějšími nízkomolekulárními analogy PVC. Tuto nestabilitu způsobují pravděpodobně nepravidelnosti nebo slabá místa v molekule, v nichž začíná degradace. PVC se rozpouští v tetrahydrofuranu, cyklohexanonu a chlorbenzenu [6], [9].

Neměkčený PVC má vlastnosti, jejichž kombinace není obecně dosažitelná u jiných plastů:

- vynikající odolnost vůči vodě, kyselinám (i kyselině fluorovodíkové), alkáliím i organickým chemikáliím,
- nízkou permeabilitu vodní páry, kyslíku a mnohých těkavých anorganických sloučenin,

- vysokou tvrdost, odolnost proti oděru a mechanickou pevnost,
- dobré elektroizolační vlastnosti,
- vysoký lesk a čírost,
- samozhášivost danou obsahem chloru ($55,5 \pm 1 \%$).

PVC je ve srovnání s PE nebo PP těžce zpracovatelný termoplast. Vedle nízké tepelné stability je to dáno nevýhodnými tokovými vlastnostmi termoplastické taveniny. To vede ke zvláštnostem při zpracování PVC a k nutnosti používat stabilizátory, maziva a změkčovadla [6].

7.1.2 Zpracování tvrdého PVC

PVC je teplem tvarovatelný nad 150°C . K sypkému zrnitému prášku PVC se přidávají stabilizátory, maziva, popř. barviva a vše se mísí v práškovém mísiči nebo přímo ve směšovací extrudéru, ze kterého se homogenizované materiály vytlačují při teplotách 150 až 200°C . Potrubí a profily se vytlačují ve šnekových vytačovacích strojích (extrudérech) (viz. kap. 8). Tvrdý PVC slouží pro výrobu trubek a tvarovek do teplot 60°C . Potrubí lze svařovat horkým vzduchem při teplotě 200 až 280°C [6], [24].

Kanalizační systém hladký (KG) SN4 a SN8 z PVC

Hladké kanalizační trubky a příslušné tvarovky jsou vyráběny moderní technologií z polyvinylchloridu (PVC), který neobsahuje změkčovadla (tzv. tvrdé PVC, neměkčené PVC, PVC-U). Jejich rozměry a další technické parametry odpovídají normě ČSN EN 13 476 nebo ČSN EN 1401-1 [12], [24].

Systém je především určen pro použití k beztlakové dopravě splaškových vod (systém s volnou hladinou). Počítá se s převážným použitím v zemi, bez nutnosti potrubí obetonovat. Komponenty systému nebyly testovány pro dopravu pitné vody. Potrubí je vhodné i pro vzduchotechnické účely (vzduch o nízkém tlaku), nelze je však použít pro výbušné směsi vzduchu (možnost elektrostatického nabití). Použití plastového potrubí z PVC přináší uživateli celou řadu výhod při srovnání s kameninovým nebo betonovým potrubím. Potrubí má podstatně nižší hmotnost, která dovoluje omezit použití těžké mechanizace při pokládce a dovoluje rychlejší, přesnější a bezpečnější práci, snižuje náklady na dopravu a skladování [24].

System je odolný proti prorůstání kořenů. Trouby mají velmi dobrou odolnost proti abrazi, nejsou proto poškozovány splaveným posypem, škvárou a podobně. Lze je čistit vysokotlakou technikou. PVC má zanedbatelnou nasákavost vody, stěna trub nemůže být proto poškozena mrazem, nemůže se kontaminovat do hloubky [12].

Životnost trub je podle směrnic TEPPFA minimálně 100 let. Doporučená plánovací životnost potrubního systému v případě správné pokládky je podle směrnice LAWA (Leitlinien zur Durchführung Kostenvergleichsrechnungen, vyd. 1998) shodná s dříve používanou kameninou - minimálně 50 - 80 (100) let [12], [24].



Obr. 10 Potrubí z PVC [12]

7.2 Polyethylen PE

Základní strukturu polyethylenu je uhlovodíkový řetězec, který nenesé žádné substituenty. Původně byl vyráběn jako homopolymer, dnešní komerční polyethyleny jsou však ve velké většině kopolymery ethenu s α -olefiny (1-butenem, 1-hexenem nebo 4-methyl-1-pentenem). PE je vyráběn různými postupy a tvoří širokou paletu produktů s různými zpracovatelskými i užitkovými vlastnostmi. Rozmanitost vlastností je výsledkem rozdílů v míře krátkého větvení polymerních řetězců a tím i v obsahu krystalické fáze a rovněž rozdílů v molekulové hmotnosti jednotlivých typů PE. Produkty s různým stupněm krystalinity se liší hustotou (hustota krystalické fáze PE je $1,00 \text{ g/cm}^3$ a amorfnní fáze $0,855 \text{ g/cm}^3$) a právě hustota polymeru spolu s charakterizací tvaru řetězce, se stala základem pro třídění polyethylenů [6], [9].

Základní typy jsou LDPE, HDPE a LLDPE. Rozdíly ve tvaru řetězců těchto třech základních typů jsou důsledkem různých polymeračních mechanismů a kopolymeru s α -olefiny. Radikálovou polymerací se vyrábí LDPE je často označován jako rozvětvený polyethylen

podle polymeračního tlaku jako vysokotlaký polyethylen, zatímco polyinsecí vyráběné HDPE a LLDPE jsou označovány jako lineární nebo též jako nízkotlaké nebo středotlaké polyethyleny [6].

LDPE se vyrábí radikálovou polymerací při vysokých teplotách kolem 200°C a extrémně vysokých tlacích 150 až 300 MPa. Dnes se prakticky využívají dva postupy výroby LDPE – polymerace v trubkových reaktorech a polymerace v autoklávech [6].

HDPE je dnes vyráběn třemi základními technologickými postupy – roztokovým, suspenzním a v plynné fázi. Suspenzní (slurry) proces je nejstarším postupem a dodnes se při výrobě široce používá. Rozdíly v technologických podmínkách jsou zřejmé z tab. 1 [6].

Tab. 1 Rozdíly v technologických podmínkách [6]

Proces	Suspenzí	Roztokový	Plynná fáze
Teplota °C	85-110	140-300	90-100
Tlak, MPa	2-3	3-20	1-2
Konverze, %	95-98	95	2

7.2.1 Vlastnosti PE

Polyethylen je tuhá látka, v tenkých vrstvách nebo filmech ohebná, elastická, téměř průhledná, popř. s mléčným zákalem. Na omak má voskovitý charakter. Všechny typy PE mají vysokou krystalinitu. Teplota tání se pohybuje mezi 105 až 136°C. PE má vysokou houževnatost a tažnost, je velmi stálý proti chemickým činidlům a za normální teploty se nemění účinek H₂SO₄, HCL, HNO₃ i HF. Omezená je jeho stálost proti oxidačním činidlům. Za normální teploty se nerozpouští v žádném rozpouštědle, při teplotách nad 50°C se většina typů PE rozpouští v aromatických nebo chlorovaných uhlovodících či v dekalínu. LDPE při teplotách nad 70°C úplně rozpouští v *p*-xylenu, HDPE se v něm rozpouští teprve nad 100°C. Svými dielektrickými vlastnostmi a nízkou hustotou se PE podobá alkanickým uhlovodíkům. PE nepropouští vodní páru a je mrazuvzdorný. Absorbuje tuky, uhlovodíky, aminy, ethery, ketony i jiné kapalné organické sloučeniny, které jim zvolna difundují. Podléhá studenému toku a má sklon k praskání pod napětím. Nestabilizovaný PE patří mezi plasty s nízkou odolností proti povětrnosti, zejména proti slunečnímu záření. Rychlost fotooxidačního odbourávání stoupá s koncentrací terciárních uhlíků v řetězcích a klesá se zvyšující krystalinitou, neboť k fotooxidaci dochází hlavně v amorfních oblastech polymeru [6], [9].

Výhodnými charakteristikami PE jsou [6], [9]:

- nízká cena,
- snadná zpracovatelnost,
- velmi dobrá chemická odolnost,
- tuhost a vláčnost při nízkých teplotách,
- průhlednost tenkých folií,
- nízká permeabilita vodních par.

Použitelnost PE je omezena [6], [9]:

- nízkým bodem měknutí,
- sklonem k oxidaci,
- nízkou pevností v tahu,
- hořlavostí.

7.2.2 Zpracování PE

Polyethylen se zpracovává všemi obvyklými metodami zpracování termoplastů. PE má dobrou zpracovatelnost a vyrovnanou kvalitu. Polymer lze snadno přeměnit z granulí dodávaných výrobcem, výše uvedenou technologií vytlačování (extruzí) na trubku. LDPE je stálý v rozmezí teplot -50 až 85°C . Zpracovatelské teploty závisí na tavném indexu a na metodě zpracování. Při vytlačování na trubky činí 140 až 170°C . Lineární polyethylen HDPE je stálejší proti organickým rozpouštědlům než rozvětvený PE. Vyšší krystalinita se projevuje i jako ztužující faktor, který zvyšuje modul pružnosti, tvrdost a snižuje propustnost pro plyny a páry. Teplotní použitelnost HDPE je krátkodobě až do 110°C . Potrubí z polyethylenu lze dobře ohýbat, svařovat a tvarovat [6].

Polyethylenové trubky pro tlakovou a podtlakovou kanalizaci SDR17 a SDR 11.

Polyetylenové potrubí pro tlakovou kanalizaci je vyráběno z lineárního (vysokohustotního) polyethylenu HDPE typ PE100. Pro výrobu trubek z PE 100 jsou používány výhradně materiály společností sdružených v organizaci PE 100+. Rozměry a další technické parametry odpovídají normám ČSN EN 12 201. PEHD [24].

Pro tlakovou kanalizaci se používá potrubí PN 10 a PN 16 (10 a 16 barů pro podtlak 0,8 barů). Vyrábí se dle ČSN EN 13 244-2 z materiálu PE 100 a jsou černé s hnědými pruhy.

Polyetylenové potrubí vykazuje ve srovnání s PVC vyšší pružnost a lze je při bezvýklopovém pokládání zatížit tahovou silou 1,0 kN (cca 100 kp na 1 cm² plochy řezu trubky) při 20 °C. Vlastnosti PE umožňují jeho použití pro celou řadu dalších účelů, např. transport řady chemikálií, stlačeného vzduchu a jiných plynů, vodních suspenzí apod. Dopravovat lze tekuté i sypké látky, u nichž nehrozí nebezpečí vzniku elektrostatického náboje. Potrubí je vhodné i pro výměníky tepelných čerpadel. Životnost PE trub závisí na tlaku, teplotě a bezpečnostním faktoru. Může se pohybovat od 50 až do 80 let [24].

7.3 Polypropylen PP

Radikálovou nebo kationovou polymerací propylenu se získávají jen nízkomolekulární produkty, sestávající z rozvětvených molekul. Teprve od roku 1954 zjištěním, že některé katalizátory Zieglerova typu jsou schopny polymerovat propylen na vysokomolekulární polymery s pravidelnou strukturou, s vysokým bodem tání a s dobrými mechanickými vlastnostmi. Stereochemickou strukturu můžeme znázornit tzv. planární formou trans (atomy řetězce leží v rovině proložené základním řetězcem). *Izotaktický* PP má všechny methylskupiny na stejné straně této roviny, kdežto *syndiotaktický* PP je má střídavě nad rovinou a pod ní. PP, který má statickou distribuci konfigurací, se označuje jako *ataktický*. Výroba stereospecifického PP probíhá mechanismem koordinační polymerace a je obdobou výroby PE na Zieglerových katalyzátorech. Podíl ataktického polymeru, snižuje teplotu tání, zhoršuje mechanické vlastnosti i odolnost PP proti rozpouštědlům, na druhé straně však zlepšuje rázovou houževnatost [5], [6].

Tab. 2 Vlastnosti izotaktického syndiotaktického a ataktického PP [6]

Vlastnosti	izotaktický	syndiotaktický	ataktický
Hustota, g/m ³	0,92-0,94	0,8-0,91	0,85-0,90
Bod tání, °C	165	135	-
Rozpustnost v uhlovodíku při 22°C	nerozpouští se	střední	vysoká
Pevnost	vysoká	střední	velmi nízká

Polypropylen je krystalický polymer o stupni krystalinity 60 až 75 %. Hodnota Mw obchodních typů bývá 100 000 až 600 000 (má relativně širokou distribuci molekulárních hmotností), izotaktický podíl obchodních typů bývá 94 až 98 %, bod tání 160 až 170°C. Vzhledem ke své krystalinitě je PP neprůhledný. Bod tání čistého izotaktického PP je 176°C. Polypropylen má nízkou hustotu (0,90 až 0,92 g cm⁻³) [6].

Podobně jako PE má i PP podstatně nepolární strukturu, takže vykazuje výborné elektroizolační vlastnosti v široké oblasti frekvencí. Rovněž chemická odolnost PP je podobná jako u PE. Polypropylen bobtná v ketonech, uhlovodících a esterech. Při teplotě 90°C se rozpouští v chlorovaných a aromatických uhlovodících. Ačkoliv je podobný HDPE, liší se od něj zejména [6]:

- nižší hustotou,
- vyšší teplotou měknutí (a tím použitelností pro vyšší teploty). Dobře odolává vroucí vodě a sterilizaci vodní párou. Jeho tepelná použitelnost je krátkodobě do 135°C, dlouhodobě 100°C,
- lepší odolnost proti korozi za napětí (praskání),
- vyšší pevnost v tahu a tlaku, vyšší tvrdostí a odolností proti oděru,
- křehkostí při teplotách pod bod 0°C,
- větší citlivostí vůči oxidaci, zejména na povětrnosti,
- menší propustností pro plyny a páry.

Vlastnosti polypropylenu závisejí tedy na jeho izotaktické molekulové hmotnosti a stupni polydisperzity. PP má značně menší sklon ke korozi pod napětím než ostatní poleolefiny, má vyšší tvrdost a pevnost v ohybu, ale nižší rázovou houževnatost než HDPE [6].

7.3.1 Zpracování PP

Polypropylen se zpracovává všemi obvyklými metodami zpracování termoplastů. Potrubí z PP se vyrábí vytlačováním (extruzí), při teplotě 200-270°C. Tavný index se pohybuje podle typu mezi 0,4 až 13 g za 10 min. Potrubí, se spojují svařováním polypropylenovým drátem (pistolí) pro svařování horkým plynem o teplotě 200 až 220°C. Potrubí má dobrou mechanickou a chemickou odolnost a dají se využít i pro kanalizační odpady v chemickém průmyslu [6], [24].

Potrubí pro gravitační kanalizaci PP Master SN8, SN12

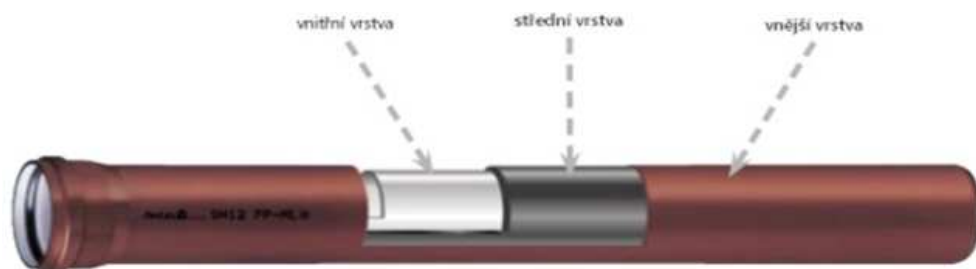
Jedná se o plnostěnné trubky DN 150 – DN 500, zvenčí i zevnitř hladké, přičemž stěna má třívrstvou stavbu, která sází na výhodné vlastnosti sendvičových konstrukcí – využívá kombinace tuhosti a pružnosti vrstev. Těsnění zajišťuje vysoce elastický jazýčkový kroužek. Spojování je ulehčeno a provozní jistota spoje je zvýšena aplikací prodloužené naváděcí zóny hrdla [12].

Vnější vrstva je tvořena polypropylénem plněným speciálním anorganickým plnivem, které dodává této vrstvě vysokou tuhost, tedy i odolnost vůči vtlačování částic v zemině, které by mohly potrubí poškodit. Její barva je červenohnědá, vrstva obsahuje i stabilizátor, který snižuje vliv UV paprsků na polymer (redukuje stárnutí vlivem dlouhého skladování).

Střední vrstva je tvořena polypropylénem, který propůjčuje trubám hodnotné mechanické vlastnosti, především pevnost a rázuvzdornost. Absorbuje mechanické rázy i za nízkých teplot, systém je proto vhodný i pro pokládku při teplotách pod -10°C [12], [24].

Vnitřní vrstva trubky je ze speciálního druhu PP, který zaručuje nejvyšší možnou odolnost vůči otěru a výbornou chemickou odolnost [12], [24].

Systémy PP Master SN 8, SN 12 byly vyvíjeny jako náhrada kameninových trub. Mají výhodné vlastnosti připisované kamenině, naprosto však netrpí jejími neduhy, které snižují životnost a ekologickou jistotu hotového díla. PP vykazuje pouze nepatrný sklon ke tvorbě a šíření trhlin, při použití pod zemí má vysokou korozní odolnost, životnost potrubí je nejméně 100 let [12], [24].

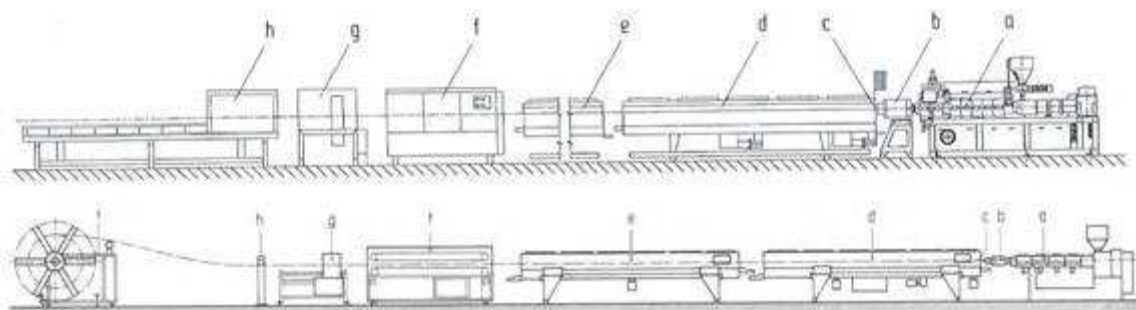


Obr. 11 PP Master [12]

8 TECHNOLOGIE VÝROBY KANALIZČNÍCH TRUB

Potrubi z polymerních materiálů se vyrábí převážně technologií vytlačování (extruzí). Vytlačování je technologická operace, při které je tavenina plastu kontinuálně vytlačována přes profilovací zařízení (vytlačovací hlavu) do volného prostoru. Pro tento technologický způsob se využívají hlavně šnekové vytlačovací stroje [4], [13].

Linka na vytlačování trubek se skládá ze šnekového vytlačovacího stroje, vytlačovací hlavy a ze zařízení měřicího, kalibračního, chladicího, odtahovacího, dělicího a navíjecího resp. odkládacího. Běžně se používají jednošnekové vytlačovací stroje, neměkčený PVC se vytlačuje na dvoušnekovém vytlačovacím stroji [4], [13].

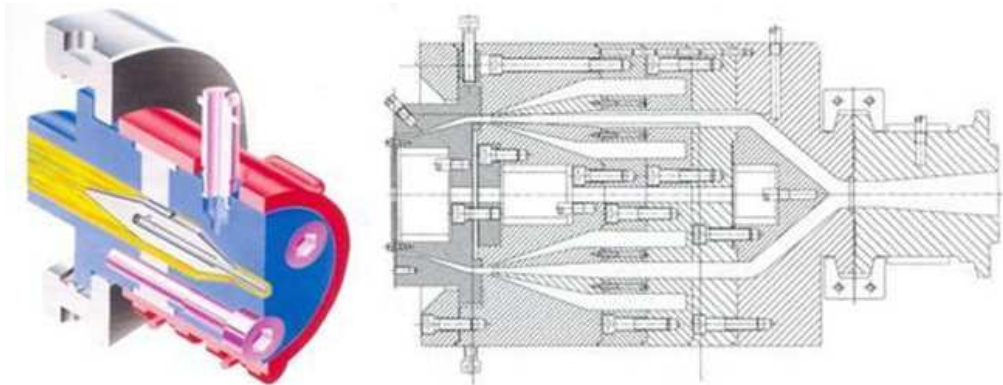


Obr. 12 Linka na výrobu trubek z PVC (nahore) a PE (dole) [13]

a – vytlačovací stroj, b – vytlačovací hlava, c – kalibrace, d – kalibrační jednotka, e – chlazení, f – měřící zařízení, g – dělicí zařízení, h – odkládací zařízení, i – navíjení

Konvekční vytlačovací stroj zachycuje ve vstupním pásmu granulovou, aglomerovanou či práškovou hmotu a dopravuje ji směrem k vytlačovací hlavě za současného stlačení. V přechodovém plastikačním pásmu je hmota plastikována, promíchána a dále stlačována. Výstupní (vytlačovacím, dávkovacím) pásmem je materiálově i teplotně homogenní tavenina kontinuálně pod tlakem uváděna do tvářecí hlavy [4], [13].

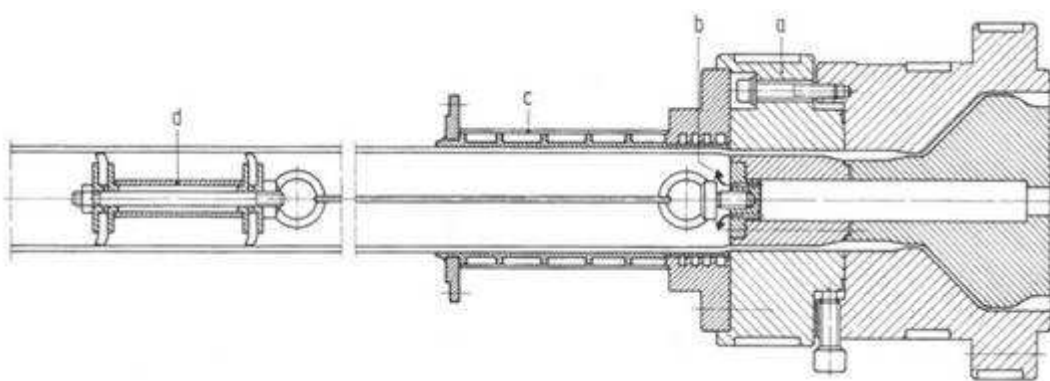
Pro vytlačování trub jsou určeny hlavy přímé. Podle vnějšího a vnitřního průměru trouby (nebo jednoho průměru a tloušťky stěny) jsou voleny vyměnitelné hubice a trnu. Hubicí lze pomocí stavěcích šroubů posouvat vzhledem k ose trnu a dosáhnout tak rovnoměrné tloušťky stěny po obvodu trubky. Nevýhodou přímé hlavy jsou oblasti, ve kterých se spojují proudy taveniny. Tuto nevýhodu odstraňuje spirálový rozdělovač. Hlavy pro vytlačování profilů jsou konstrukčně mnohem složitější [4], [13].



vlevo - schéma, vpravo - hlava pro vícevrstvé trubky

Obr. 13 Přímé hlavy na trubky [4]

Kalibračního zařízení je jednotka, která má za úkol ochladit vytlačovanou trubku tak, aby získala požadovaný stabilní tvar a rozměr. Kalibrační zařízení pro výrobu trub je buď přetlakové, podtlakové nebo průvlastkové. Přetlaková kalibrace se používá pro kalibraci trubek větších průměrů, které příliš nemění svůj tvar. Vzduch o přetlaku okolo 0,075 MPa se přivádí přes rozdělovač a trn do trubky a ta je tímto přitlačována k chlazenému kalibračnímu pouzdru. V trubě je umístěna zátka, která je uchycena k hlavě mechanicky drátem, lanem nebo řetězem, resp. elektromagnetem a která umožňuje malý průnik vzduchu, aby se trubka chladila také z vnitřní strany. Přetlak vzduchu je pro malé trubky větší, než pro velké trubky. Při přetlakové kalibraci je přetlakové pouzdro připojeno k čelu hlavy. Ke zmenšení tření se používá tzv. mazací vzduch [4], [13].



a – vytlačovací hlava, b – přívod vzduchu, c – kalibrační pouzdro, d - zátka

Obr. 14 Přetlaková kalibrace [13]

Nejběžněji používaným typem kalibračního zařízení je vakuová (podtlaková) kalibrace, neboť odpadají problémy s uzavíráním trubky. Kalibrace nastává přisáváním trubky ke kalibračnímu pouzdru. Povrch trubky se dotykem s pouzdrum ochladí a tvar zůstává za-

chován. Trubky se vytlačují o 1 až 3 % větší, než je požadovaný průměr. Vakuová kalibrace je vhodná pro menší průměry a pro výrobky s tenčí stěnou. Novější systém pracuje s kalibračními pouzdry, rozdělenými do více částí. V první části je na vstupu do komory předchlazení kruhovým prstencem následované nestejně rozmístěnou sadou deskových průvlaků nebo trubkovým kalibračním pouzdem. V druhé části komory je opět rozmístěna sada průvlaků, ale stejnoměrně a ve větších vzdálenostech mezi sebou [4], [13].

Průchody trubky mezi částmi komory a ven z komory jsou utěsněny elastickými manžetami nebo zahlceny vodou. Trubka je chlazena vodou sprchováním z trysek pootočených proti sobě o 120° a osově přesazených. Víka obou částí kalibrační komory jsou utěsněna vzniklým podtlakem. Délka kalibrační komory je různá a závisí na tvaru výrobku, tloušťce stěny, průměru trubky a dosahovaném výkonu vytlačovacího stroje. Běžně se používají šest metrů dlouhé kalibrační komory, kde vstupní část je dlouhá okolo jednoho metru [4], [13].

Rychlost posuvu vytlačovaného profilu se nastavuje a reguluje odtahovacím zařízením, které k odtahování používá řetězy, kotouče, pásy nebo článkové pásy, kdy každý článek je na pracovní ploše opatřen vrstvou pryže. Odtahovací zařízení jsou konstrukčně řešena tak, aby se jejich výška od základny dala seřizovat podle ostatních strojů v lince, které se ovšem také seřizují, a to podle výšky vytlačovací hlavy (osy profilu) od základny [4], [13].

Dělicí nebo řezací zařízení bývá řešeno buď pomocí kotoučové pily nebo sekáním tvarovaným nožem. Tvar nože závisí na tom, zda je jeho pohyb posuvný nebo rotační. Pokud nedochází k dělení výrobků na konečnou délku, tak např. u pružných výrobků, u kterých nedochází při ohnutí k trvalé deformaci, následuje navíjení na bubny nebo kotouče. Průměr navíjení by měl být 20krát větší, než průměr trubky [4], [13].

Do vytlačovací linky zařazujeme také zařízení, sloužící k měření, značení, manipulaci a k úpravám výrobku. Z měřicích zařízení se většinou linka osazuje délkoměrem (mechanickým nebo elektronickým), který slouží i k ovládní dělicího zařízení. U linek na výrobu trubek se ve stále větší míře začínají používat laserové přístroje na měření průměru a tloušťky stěny [4].

Značící zařízení se používají pro označování výrobku kvůli jeho identifikaci. Používají se přístroje typu ink-jet, vytápěné kolečko, tisk přes pásku aj. Do linky se podle typu výrobku zařazují ústrojí na tvarování (hrdlování trubek), vysekávání, apod. [4], [13].

9 SHRUTÍ TEORETICKÉ ČÁSTI

V současné době se stále stupňují nároky na kanalizační systémy v tom smyslu, že je třeba odvádět více druhů odpadních vod, což jsou všechny druhy vod odváděné stokovou sítí, ať se do ní dostaly jakkoliv. Podle původu a druhu znečištění je dělíme na vody splaškové, průmyslové, infekční, dešťové atd. K jejich odvádění slouží právě stokové systémy, které tvoří uliční stoky, sběrače, kmenové stoky a čistírna odpadních vod. Dle způsobu odvádění odpadních vod rozeznáváme v podstatě tři základní stokové systémy, a to jednotný, oddílný a modifikovaný stokový systém. Základním způsobem odkanalizování, který je v těchto systémech používán, je gravitační doprava odpadních vod potrubím převážně beztlakovým systémem o volné hladině. Mezi alternativní způsoby odkanalizování se řadí kanalizace tlaková či podtlaková.

K zakládání stokových sítí existuje řada postupů a teorií odvíjejících se především z materiálů různého typu. Potrubí pro kanalizaci lze rozdělit na potrubí tuhá a na potrubí poddajná. Plastová potrubí pro kanalizaci z PVC, PP nebo PE-HD jsou klasifikována jako potrubí poddajná. Tuhá potrubí (beton, kamenina, tvárná litina) veškeré zatížení přenášejí sama, přenesené zatížení je limitováno jejich vrcholovou pevností. Potrubí poddajná se chovají tak, že veškeré zatížení přenášejí dále do okolní zeminy (obsypu a stěn výkopu). V tomto případě pak nelze u poddajných potrubí přesně specifikovat vrcholovou pevnost, protože při zatížení reaguje celý systém (potrubí – obsyp – stěna výkopu). Na kanalizačních stokách může vznikat řada poruch a deformací; mezi ty nejzávažnější patří koroze, mechanická opotřebení, deformace zapříčiněné velkým zatížením, špatně provedenou technologií pokládky apod.

Na potrubí jednotné a oddílné stokové soustavy se používají trouby podle platných norem. Materiály, z nichž jsou vyrobené, musí vyhovovat mechanickým zatížením, chemickým vlivům, biologickým požadavkům, odolávat agresivnímu působení okolního prostředí a mají umožnit bezpečné a účinné čištění stok. Mezi nejčastěji používané materiály patří kamenina, beton, sklolaminát, polymerbeton, tvárná litina a v poslední době zejména plasty (PP, PE, PVC). Potrubí z polymerních materiálů se vyrábí převážně technologií vytlačování (extruzí), což je operace, při které je tavenina plasty kontinuálně vytlačována přes profilovací zařízení (vytlačovací hlavu) do volného prostoru. Pro tento technologický způsob se využívají hlavně šnekové vytlačovací stroje.

II. PRAKTICKÁ ČÁST

10 CÍL A POSTUP PRAKTICKÉ ČÁSTI

- Název práce:** Polypropylenové potrubí pro kanalizační systémy.
- Hlavní cíl práce:** Doporučení nejvýhodnějšího typu potrubí z polymerních materiálů pro kanalizační stoky.
- Postup řešení:** Odebrání jednotlivých vzorků z výroby.
- Aklimatizace vzorků v laboratoři a jejich příprava ke zkouškám.
- Mechanická zkouška kruhové tuhosti.
- Mechanická zkouška rázové odolnosti padajícím tělesem po obvodu.
- Vyhodnocení výsledků měření.
- Zhodnocení vlastností kanalizačních trub z polymerních materiálů.
- Navržení nejvhodnějšího typu kanalizačního potrubí pro gravitační kanalizační systémy.

11 POUŽITÉ SUROVINY A HODNOCENÍ VÝROBKŮ

Metodiky zkoušek, které jsou interními materiály firmy Pipelife s.r.o., odpovídají normám ČSN EN.

11.1 Suroviny

Použité suroviny pro výrobu [17], [18]:

- musí odpovídat příslušným normám EN 13476-2 nebo EN13476-3,
- množství přídavků (množství přídavků dovolené) uvádí norma EN 13476-2 nebo EN 13476-3.

Požadavky na potrubní systém: odolnost při manipulaci, dopravě, skladování a instalaci. Materiálové vlastnosti pro trubky a tvarovky podle této normy ČSN EN 476 obecnými požadavky, na součásti použité na stavební dílce stok a kanalizačních přípojek gravitačních systémů.

Tab. 3 Materiálové vlastnosti [22]

Vlastnosti	PVC-U	PP	PE	jednotka
Modul pružnosti E (1min)	≥ 3200	≥ 1250	≥ 800	MPa
Průměrná hustota	≈ 1400	≈ 900	≈ 940	Kg/m ³
Tepelná vodivost	$\approx 0,16$	$\approx 0,2$	$\approx (0,36 \text{ až } 0,56)$	Wk ⁻¹ m ⁻¹
Poissonův poměr	0,4	0,42	0,45	(-)

Pokud jsou nutné informace o pevnosti v tahu nebo v tlaku či prodloužení při přetížení, musí být stanoveny hodnoty podle EN ISO 6259-1^[24].

11.2 Hodnocení výrobků

ČSN EN 13476-1 – Plastové potrubní systémy pro beztlakové kanalizační přípojky a stokové sítě uložené v zemi s PVC-U, PP. Specifikace pro trubky tvarovky s hladkými vnitřními a vnějšími stěnami pro trubky typu A.

Pokud se mechanické zkoušky provádí podle metod uvedených v tabulce 4, při použití uvedených parametrů, musí mechanické vlastnosti trubky vyhovovat daným požadavkům. U PVC-U je rozdíl v mechanických vlastnostech kompaktních potrubí dle ČSN EN 1401-1 a koextrudovaných potrubí dle ČSN EN 13476-1. Porovnání parametrů rázové zkoušky je uvedeno v Příloze P VI.

Trubky musí být označeny následujícími třídami jmenovité kruhové tuhosti (SN):

- DN \leq 500: SN 4, SN 8 nebo SN 16,

- DN > 500: SN 2, SN 4, SN 8 nebo SN 16.

Pro DN ≥ 500 výrobci garantují minimální tuhost, hodnoty SN pro součásti ležící mezi těmito hodnotami se mohou použít pouze pro výpočty. Takové trubky se musí klasifikovat a označovat následujícími třídami tuhosti [16].

Tab. 4 Mechanické vlastnosti trubek [16]

Vlastnost	Požadavek	Zkušební parametry		Metoda zkoušení
Kruhová tuhost	≥ odpovídající SN	Musí odpovídat EN ISO 9969		EN ISO 6696
Rázová odolnost při 0 °C (padajícím závažím po obvodu) ^a	TIR ≤ 10 %	Zkušební teplota Kondičionální médium Typ nárazníku Hmotnost nárazníku pro: $d_{im,max} \leq 100$ $100 < d_{im,max} \leq 125$ $125 < d_{im,max} \leq 160$ $160 < d_{im,max} \leq 200$ $200 < d_{im,max} \leq 250$ $250 < d_{im,max} \leq 315$ $315 < d_{im,max}$ Pádová výška nárazníku pro ^b : $d_{em,min} \leq 110$ $d_{em,min} > 110$	(0 ± 1) °C voda nebo vzduch d 90 0,5 kg 0,8 kg 1,0 kg 1,6 kg 2,0 kg 2,5 kg 3,2kg 1 600 mm 2 000 mm	EN 744
Kruhová pružnost 30 ^c	Musí vyhovovat 9.1.2	Deformace Délka zkušební tělesa	30 % z d_{em} (300 ± 10) mm	EN 1446
Křipový poměr	PVC-U: ≤ 2,5 extrapolováno na dva roky PP a PE: ≤ 4 extrapolováno na dva roky	Musí vyhovovat EN ISO 9967		EN ISO 9967
Pevnost v tahu švu ^d	Musí odpovídat 9.1.3	Rychlost pohybu	15 mm/min	EN 1979

ČSN EN 1401-1 - Plastové potrubní systémy pro beztlakové kanalizační přípojky a stokové sítě uložené v zemi. Specifikace pro trubky tvarovky s hladkými vnitřními a vnějšími stěnami pro PVC-U trubky typu A (hodnoty uvedené v tabulce 5 odpovídají PVC-U s kompaktní stěnou).

Tab. 5 Mechanické vlastnosti trubek PVC-U s kompaktní stěnou [19]

Vlastnost	Požadavek	Zkušební parametry		Metoda zkoušení
Rázová odolnost při 0 °C (padajícím závažím po obvodu) ^a	TIR ≤ 10 %	Zkušební teplota Kondičionální médium Typ nárazníku Hmotnost nárazníku pro: $d_n = 110$ mm $d_n = 125$ mm $d_n = 160$ mm $d_n = 200$ mm $d_n = 315$ mm $d_n = 400$ mm $d_n = 500$ mm Pádová výška nárazníku pro ^b : $d_{em,min} \leq 110$ $d_{em,min} > 125$	(0 ± 1) °C voda nebo vzduch d 90 1,00 kg 1,25 kg 1,60 kg 2,00 kg 2,50 kg 3,20 kg 3,20kg 1 600 mm 2 000 mm	EN 744:1995

ČSN EN 1852-1 - Plastové potrubní systémy pro beztlakové kanalizační přípojky a stokové sítě uložené v zemi. Specifikace pro trubky tvarovky s hladkými vnitřními a vnějšími stěnami pro PP trubky typu A [20].

Tab. 6 Mechanické vlastnosti trubek PP [20]

Vlastnost	Požadavek	Zkušební parametry		Metoda zkoušení
Rázová odolnost při 0 ° C (padajícím závažím po obvodu) ^a	TIR ≤ 10 %	Zkušební teplota Kondicionální médium Typ nárazníku Hmotnost nárazníku pro: d _n = 110 mm d _n = 125 mm d _n = 160 mm d _n = 200 mm d _n = 315 mm d _n = 400 mm d _n = 500 mm Pádová výška nárazníku pro ^b : d _{em,min} ≤ 110 d _{em,min} > 125	(0 ± 1) ° C voda nebo vzduch d 90 1,00 kg 1,25 kg 1,60 kg 2,00 kg 2,50 kg 3,20 kg 3,20kg 1 600 mm 2 000 mm	EN 744:1995
Kruhová tuhost	S20 ≥ 2kN/m ² S16 ≥ 4kN/m ² S14 ≥ 8kN/m ² S12,5 ≥ 8kN/m ²	Teplota Délka zkušební tělesa Deformace Rychlost deformace d _n ≤ 100mm 100mm < d _n ≤ 200mm 200mm < d _n ≤ 400mm	(23 ± 2) ° C (300 ± 10) mm 3% (2 ± 0,1) mm/min (5 ± 0,25) mm/min (10 ± 0,5) mm/min	EN ISO 9964

Potrubí určené k použití v oblastech, -10°C musí odpovídat požadavkům na stupňovitou rázovou zkoušku.

Tab. 7 Mechanické vlastnosti trubek za snížené teploty (PP, PVC-U) [19], [20]

Vlastnost	Požadavek	Zkušební parametry		Metoda zkoušení
Rázová odolnost	H50 ≥ 1m max. jedno porušení pod 0,5m	Zkušební teplota Kondicionální médium Typ nárazníku Hmotnost nárazníku pro: d _n = 110 mm d _n = 125 mm d _n = 160 mm d _n = 200 mm Pádová výška nárazníku pro ^b : d _{em,min} ≤ 110 d _{em,min} > 125	-10 ° C d 90 4,00 kg 5,00 kg 8,00 kg 10,00 kg 1 600 mm 2 000 mm	EN 1411:1996

12 MECHANICKÁ ZKOUŠKA STANOVENÍ KRUHOVÉ TUHOSTI ČSN EN ISO 9969

12.1 Zkušební vzorky

Trubka, u které se má stanovit kruhová tuhost, se na vnější straně po celé délce označí podélnou čarou. Z takto označené trubky se odeberou zkušební tělesa, A, B a C, v uvedeném pořadí tak, aby konce zkušebních těles byly kolmé k ose trubky. Délka každého tělesa se stanoví výpočtem střední hodnoty ze tří až šesti měření stejnoměrně rozložených po obvodu trubky, jak udává následující tabulka [23].

Tab. 8 Doby kondicionování zkušebních těles [23]

Jmenovitý průměr d_n trubky (mm)	Počet měření délky
$d_n \leq 200$	3
$200 < d_n < 500$	4
$d_n \geq 500$	6
Pro trubky s jiným označením jmenovitého průměru d_n , než je jmenovitá hodnota vyjádřená v mm, se musí brát odpovídající hodnota d_n .	

- každé ze tří až šesti měření musí být provedeno s přesností na 1 mm.
- nejmenší hodnota ze tří až šesti měření u každého jednotlivého zkušebního tělesa nesmí být menší než 0,9 násobek největší naměřené hodnoty.
- u trubek se jmenovitým průměrem menším nebo rovným 1 500 mm musí být průměrná délka každého zkušebního tělesa (300 ± 10) mm.
- u trubek se jmenovitými průměry většími než 1 500 mm musí být průměrná délka v milimetrech u každého zkušebního tělesa nejméně $0,2 d_n$.
- u trubek vinutých do šroubovice musí délka každého zkušebního tělesa obsahovat nejmenší celé číslo šroubovitých závitů, potřebných ke splnění požadavků na délku podle výše uvedených bodů [24].

12.2 Vnitřní průměr zkušebních těles

Stanoví se vnitřní průměry d_{ia} , d_{ib} a d_{ic} příslušných zkušebních těles A, B a C, jako střední hodnota čtyř měření získaných ve středu délky na příčném řezu v intervalech po 45° . Každé měření s přesností na 0,5%. U každého tělesa A, B a C se zaznamená vypočtená střední

hodnota vnitřního průměru d_{ia} , d_{ib} a d_{ic} . Z těchto tří hodnot se vypočte střední hodnota d_i podle vzorce [23]:

$$d_i = \frac{d_{ia} + d_{ib} + d_{ic}}{3}$$

Na začátku zkoušky musí být zkušební tělesa nejméně 24 h po vyrobení. Pro typové zkoušky a v případech sporu musí být zkušební tělesa (21 ± 2) dnů po vyrobení.

12.3 Kondicionování

Zkušební tělesa se kondicionují na vzduchu při zkušební teplotě po dobu nejméně 24 h těsně před zkoušením [23].

12.4 Postup zkoušky

Pokud předmětová norma nestanoví jinak, zkouší se při $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$, nebo v zemích, kde se používá 27°C jako standardní laboratorní teplota při $(27 \pm 2)^\circ\text{C}$. Ve sporných případech se použije $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$.

Pokud je možno určit ve které poloze má zkušební těleso nejnižší hodnotu kruhové tuhosti, umístí se první zkušební těleso a do stlačovacího zkušebního stroje v této poloze. V opačném případě se umístí první zkušební těleso tak, aby značkovací čára byla ve styku s horní deskou. Při vkládání do zkušebního stroje se pootočí zkušebním tělesem B o 120° a zkušebním tělesem C o 240° vůči poloze prvního zkušebního tělesa. Ke každému zkušebnímu tělesu se připojí průhyboměr a zkontroluje se úhlová poloha zkušebního tělesa vůči vrchní desce.

Zkušební těleso se vloží do zkušebního stroje svou podélnou osou rovnoběžně s deskami a bočně se vystředí. Vrchní deska se přitlačí ke zkušebnímu tělesu jen takovou silou, která stačí k udržení jeho polohy. Těleso se stlačuje stálou rychlostí a současně se plynule zaznamenává síla a průhyb, dokud se nedosáhne průhybu nejméně $0,03 d_i$.

Typické je plynulé měření síly a průhybu měřením posuvu jedné z desek. Jestliže se však během zkoušky výška stěny trubky změní více než o 10%, vytvoří se diagram síla/průhyb měřením změny vnitřního průměru zkušebního tělesa.

Jestliže diagram síla/průhyb, který má typicky hladkou křivku, ukazuje, že nulový bod může být nepřesný, počáteční přímková část křivky se zpětně extrapoluje a jako průsečík s rovnoběžnou osou se použije nulový bod (počátek) [23].

13 MECHANICKÁ ZKOUŠKA STANOVENÍ RÁZOVÉ ODOLNOSTI PADAJÍCÍM ZAŘÍZENÍM PO OBVODU ČSN EN 744

13.1 Zkušební vzorky

Zkušební tělesa jsou kusy trubek vybrané namátkou z jedné série trubek nebo z trubek zhotovených během jednoho chodu vytlačovacího stroje. Délka každého zkušební tělesa musí být (200 ± 10) mm. Řez musí být kolmý k ose zkušební tělesa (trubky), čistý a nepoškozený.

U trubek s vnějším průměrem větším než 40 mm se v podélném směru každého zkušební tělesa narýsuje takový počet přímek ve stejných vzdálenostech od sebe, jak je uvedeno v tabulce 9.

V libovolné poloze se narýsuje v podélném směru zkušební tělesa přímka. Další přímký se narýsují tak, aby mezi nimi byla konstantní vzdálenost (to platí i pro vzdálenost mezi poslední a první přímkou) [21].

Tab. 9 Počet přímek narýsovaných na zkušebních tělesech ve stejných vzdálenostech od sebe [21]

Jmenovitý vnější průměr d_n (mm)	Počet narýsovaných přímek rovnoměrně vzdálených od sebe
$d_n \leq 40$	-
$40 < d_n \leq 63$	3
$63 < d_n \leq 90$	4
$90 < d_n \leq 125$	6
$125 < d_n \leq 180$	8
$180 < d_n \leq 250$	12
$250 < d_n \leq 355$	16
$355 < d_n \leq$	24
Pro trubky s jiným označením jmenovitého průměru d_n , než je jmenovitá hodnota vyjádřená v mm, se musí brát odpovídající hodnota d_n .	

Vzhledem k tomu, že počet potřebných zkušebních těles bude záviset:

- na požadavcích kladených na odběr vzorků z daného výrobku (viz kap. 13.1),
- na velikosti zkoušené trubky,
- na tom, zda zkušební tělesa mohou být vystavena více než jednomu nárazu (viz tab. 9),
- na dosažených výsledcích.

musí být počet zkušebních těles dostatečný k tomu, aby bylo možné v souladu s tabulkou 9 (viz. rovnice uvedené v kap. 13.4) provést přinejmenším jedno stanovení s cílem zjistit, zda získané výsledky leží v oblasti A, B nebo C. Počet zkušebních těles musí být takový, aby bylo možno provést minimálně 25 rázů [24].

13.2 Kondicionování

Zkušební tělesa se kondicionují v kapalně lázni nebo ve vzduchu nejméně takovou dobu, jaká je uvedena v tabulce č. 10. V případě sporu o výsledcích se u zkušební teploty 0 °C použije ke kondicionování kapalně lázně a u zkušební teploty -20 °C vzduchu. Při zkoušení při teplotě 0 °C musí být teplota kondicionování (0±1) °C a u zkoušek při teplotě -20 °C musí být teplota kondicionování (-20±2) °C.

Tab. 10 Doby kondicionování zkušebních těles [21]

Tloušťka stěny trubky e (mm)	Doba kondicionování (min)	
	Kapalná lázeň a led	Vzduch
$e \leq 8,6$	15	60
$8,6 < e \leq 14,1$	30	120
$14,1 < e \leq 14,1$	60	240

13.3 Postup mechanické zkoušky

Postup popsané zkoušky se provádí za podmínek uvedených níže [21]:

- nárazník musí mít hmotnost zvolenou podle tabulky v souladu s předmětovou normou,
- každé zkušební těleso musí být vystaveno jednomu nebo několika nárazům, a to do určité doby po vyjmutí zkušebního tělesa z kondicionačního prostředí. Doby, do kterých musí být zkušební těleso vystaveno nárazu, jsou tyto: 10 s pro $d_n \leq 110$ mm; 30 s pro $110 < d_n \leq 200$ mm; 60 s pro $d_n > 200$ mm.
- jestliže je výše uvedená doba překročena, musí se zkušební těleso vrátit do 10 s do kondicionačního prostředí, a to na dobu nejméně 5 minut. Jinak se musí kondicionování zcela zopakovat nebo zkušební těleso vyloučit ze zkoušky,
- jestliže u korugovaných nebo žebrovaných trubek je vzdálenost mezi jednotlivými drážkami nebo žebry větší než 0,25 násobek průměru d dříku nárazníku, musí se zkušební těleso umístit ve zkušebním zařízení tak, aby první úder nárazníku byl veden na vrchol žebra či zvlnění,

- pokud předměťová norma nestanoví jinak, za porušení zkušební tělesa se bude pokládat roztržení trubky nebo vznik jakékoliv praskliny či trhliny na vnitřní straně trubky, jež byla způsobena nárazem a která je viditelná bez zvětšení; vrub nebo rýha na povrchu zkušební tělesa nebudou pokládány za porušení zkušební tělesa. Při prohlížení zkušebních těles lze použít svítidel. Pokud se k posuzování porušení zkušebních těles použije kritérií jiných, než jsou kritéria uvedená v této normě, pak musí být tato kritéria uvedena v protokolu o zkoušce.

U trubek se jmenovitým průměrem 40 mm a méně se každé zkušební těleso vystaví jednomu nárazu za použití nárazníku o hmotnosti a výšce pádu nárazníku specifikovaných v příslušné předměťové normě, a zaznamená se, zda došlo k porušení zkušební tělesa či nikoliv. U trubek ostatních rozměrů se postupuje v souladu s níže uvedeným článkem.

Zkušební těleso se vystaví nárazu tak, že se závaží pustí nejméně z výšky, která je stanovena, na jednu z vyznačených přímek. Jestliže, nedojde k porušení zkušební tělesa, po otočí se zkušební těleso v bloku s klínovým výřezem na další vyznačenou přímku a po případném rekondicionování se vystaví opět nárazu závaží.

Tímto způsobem se pokračuje tak dlouho, dokud nedojde k porušení zkušební tělesa nebo dokud nebyly všechny čáry vyznačené na zkušebním tělese vystaveny jednomu nárazu, zaznamená se počet nárazů a případné porušení zkušební tělesa. Pokud to předměťová norma vyžaduje, provádí se zkouška postupně na dalších zkušebních tělesech tak, že každé zkušební těleso se vystaví jednomu nárazu a dále se postupuje obdobně jako v posledním bodu zkoušky. Na základě celkového počtu nárazů a zjištěného porušení zkušebních těles se stanoví, zda výsledek odpovídá výsledku typu A nebo C definovaném v 13.4. V případě, že dosažené výsledky lze zařadit do některých z uvedených typů, uvedou se výsledky zkoušky. Pokud neodpovídají žádnému z uvedených typů, pokračuje se ve zkoušce v souladu s předepsaným postupem zkoušky do té doby, dokud se nedosáhne výsledků typu A nebo C nebo dokud zkouška neskončí výsledkem typu B [21].

13.4 Vyjádření výsledků zkoušky dle normy ČSN EN 744

Pro sérii trubek nebo trubky vyrobené během jednoho chodu vytlačovacího stroje se vyjádří, zda výsledky leží v oblasti A, B nebo C v souladu s tabulkou 15 (viz. kap. 14.2.2) nebo následujícím výpočtem.

Rozhraní mezi jednotlivými oblastmi lze vypočítat z následujících rovnic [21]:

$$S_{A/B} = n \cdot p - 0,5 - u [n \cdot p \cdot (1-p)]^{0,5}$$

$$S_{B/C} = n \cdot p + 0,5 + u [n \cdot p \cdot (1-p)]^{0,5}$$

kde:

$S_{A/B}$, $S_{B/C}$ = rozhraní mezi oblastmi A, B, C

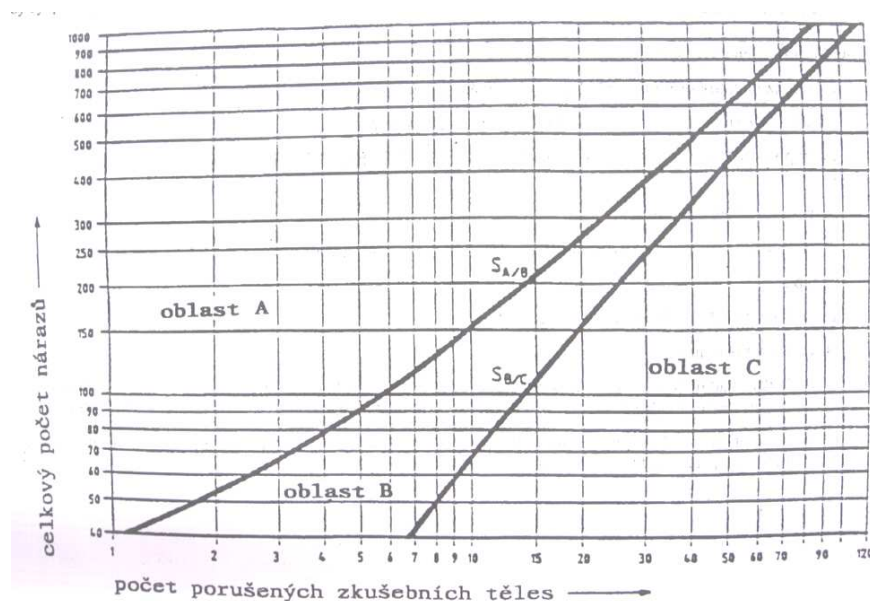
$u = 1,282$ (10% zkušebních těles porušených na jedné straně);

$p = 0,10$ (TIR)

n = počet nárazů na zkušební těleso

- výsledek je „A“, jestliže hodnota TIR je nižší než 10%, což zaručuje počet porušení pozorovaných v oblasti A obrázku 15 [21];
- výsledek je „B“, jestliže na základě počtu použitých zkušebních těles nelze učinit o kvalitě trubek žádný závěr, protože počet porušených zkušebních těles leží v oblasti B na obrázku 15 [21];
- výsledek je „C“, jestliže hodnota TIR je vyšší než 10%, což naznačuje počet porušení pozorovaných v oblasti C obrázku 15 [21].

Poznámka – Aby nedošlo k záměně se skutečným rázovým poměrem TIR, který je pouze procentuálním odhadem, neměl by být počet porušených zkušebních těles srovnán s celkovým počtem nárazů vyjádřen v procentech.



Obr. 15 Počet zkušebních těles potřebných k dosažení 10% rázového poměru TIR (při 90% spolehlivosti) [21]

14 VLASTNÍ MECHANICKÉ ZKOUŠKY A VYHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ MĚŘENÍ

14.1 Stanovení kruhové tuhosti ČSN EN ISO 9969




Byly měřeny dva typy kanalizačních potrubí PVC-U DN 150 SN8 (koex) a PP Master DN 150 SN8. Mechanická zkouška byla vykonána na trhacím stroji M350-10CT dle výše uvedené normy (viz. kap. 12). Parametry stroje jsou uvedeny v Příloze P III.


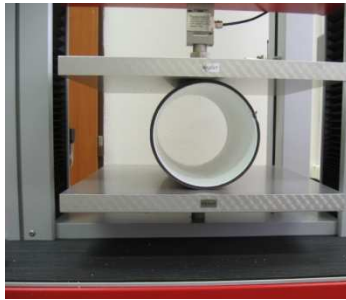
Při mechanických zkouškách musí být použity ochranné brýle a chrániče sluchu.

14.1.1 Postup zkoušky

V následující tabulce je uveden postup stanovení kruhové tuhosti, který je shodný pro oba typy potrubí.

Tab. 11 Postup zkoušky kruhové tuhosti [23]

č.	POSTUP	FOTO
1	Odležení po dobu 24h kanalizačních trub při laboratorní teplotě $23^{\circ}\text{C}\pm 1^{\circ}\text{C}$.	
2	Naměření a nařezání 3 vzorků o délce 300 ± 10 mm z obou výše uvedených kanalizačních trub (tedy celkem 6 kusů).	
3	Označení, očištění jednotlivých vzorků a jejich kontrola.	
4	Nastavení a seřízení měřicího zařízení M350-10CT	
5	Přeměření vnitřního průměru vzorků kalibrovaným posuvným měřítkem, naměření 4 hodnot na odlišných místech a jejich zadání do vyhodnocovacího programu.	

6	Přeměření vnějšího průměru vzorků kalibrovaným cirkometrem, naměřená hodnota zadána do vyhodnocovacího programu.	
7	Umístění vzorku mezi měřicí desky a nasnímaní jednotlivých hodnot. Každý ze třech vzorků je nasnímán jednotlivě.	
8	Vyhodnocení naměřených hodnot v programu winTest.	

14.1.2 Vyhodnocení zkoušky kruhové tuhosti

Mechanické zkoušce vyhověly oba typy potrubí, jak PVC-U DN 150 SN8 (koex), tak PP Master DN 150 SN8. Výrobce uvedená hodnota kruhové tuhosti je 8 kN/m^2 .

Výsledky potrubí PVC-U DN 150 SN8 (koex) (viz. tab. 12):

- Naměřená minimální hodnota tuhosti kroužku činila $8,177 \text{ kN/m}^2$.
- Naměřená maximální hodnota tuhosti kroužku činila $8,504 \text{ kN/m}^2$.

Potrubí PVC-U DN 150 SN8 zkoušce vyhovělo. Rozdíl průměru naměřených hodnot a hodnoty SN udávané výrobcem činí $0,336 \text{ kN/m}^2$.

Výsledky potrubí PP Master DN 150 SN8 (viz. tab. 13):

- Naměřená minimální hodnota tuhosti kroužku činila $10,651 \text{ kN/m}^2$.
- Naměřená maximální hodnota tuhosti kroužku činila $10,980 \text{ kN/m}^2$.

Potrubí PP Master DN 150 SN8 vyhovělo zkoušce lépe než PVC-U DN 150 SN8 (koex). Rozdíl průměru naměřených hodnot a hodnoty SN udávané výrobcem činí $2,767 \text{ kN/m}^2$.

Tab. 12 PVC-U DN 150 SN8 (koex) [25]

Testometric
materials testing machines

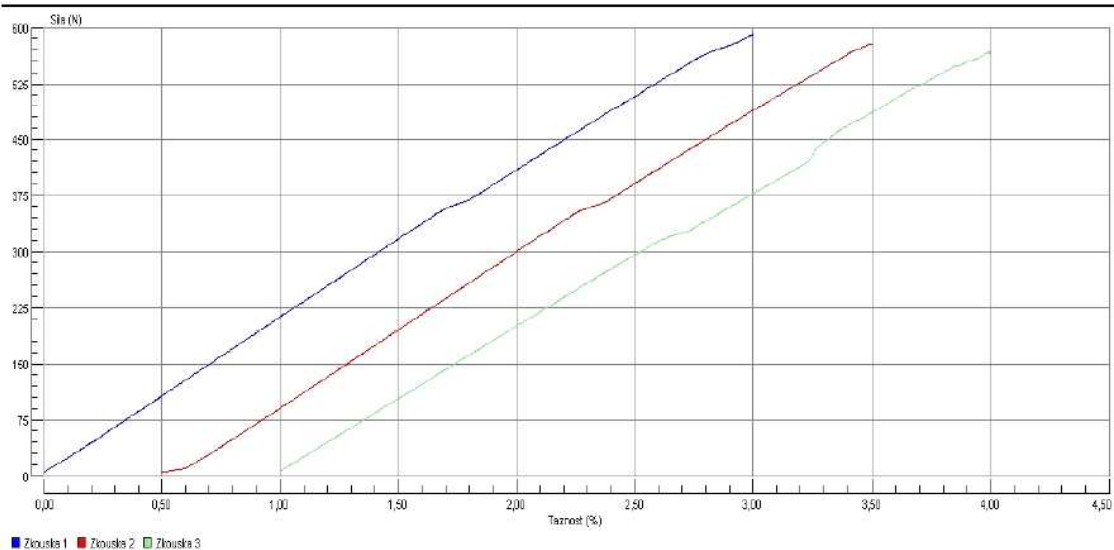
winTest™
Analysis

PIPELIFE CZECH s.r.o.
Stanovení kruhové tuhosti

Zkoušel : Jan Hladiš
Směs : PVC koex SN8

Nazev zkousky : DN150
Druh zkousky : Postupna komprese
Datum zkousky : 4.4.2010 5:25
Rychlost predzateze : 10,000 mm/min
Predzatez : 5,000 N

Zkouška c.	Síla při 3,000 % (N)	ISO 9969 Tuhost krouzku (kN/m²)	Vnější průměr (mm)	Vnitřní průměr (mm)
1	590,668	8,504	160,300	149,328
2	578,349	8,326	160,300	149,339
3	567,900	8,177	160,300	149,320
Min	567,900	8,177	160,300	149,320
Střed	578,972	8,336	160,300	149,329
Max	590,668	8,504	160,300	149,339
S.O.	11,397	0,164		0,010
VK	1,968	1,966		0,006
D.H.D	550,661	7,929	160,300	149,305
H.H.D.	607,284	8,743	160,300	149,353



Tab. 13 PP Master DN 150 SN8 [25]

Testometric
materials testing machines

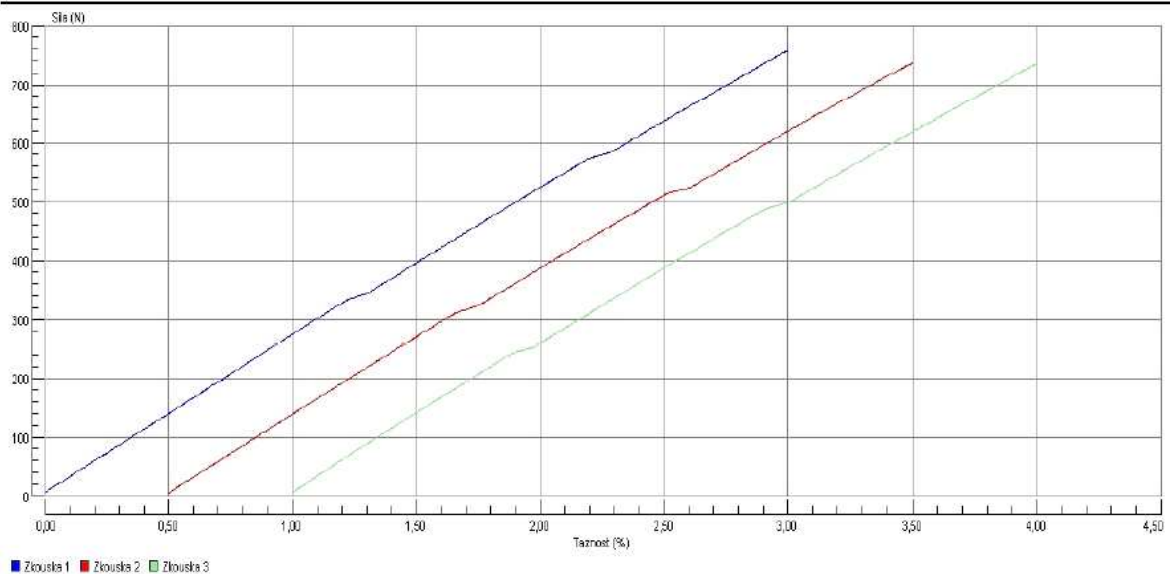
winTest™
Analysis

PIPELIFE CZECH s.r.o.
Stanovení kruhové tuhosti

Zkoušel : Jan Hladiš
Směs : PP MASTER SN8

Nazev zkousky : DN150
Druh zkousky : Postupna komprese
Datum zkousky : 23.4.2010 9:04
Rychlost predzateze : 10,000 mm/min
Predzatez : 5,000 N

Zkouska c.	Síla pri 3,000 % (N)	ISO 9969 Tuhost krouzku (kN/m ²)	Vnější průměr (mm)	Vnitřní průměr (mm)
1	756,690	10,980	160,400	148,165
2	735,305	10,670	160,400	148,165
3	733,990	10,651	160,400	148,165
Min	733,990	10,651	160,400	148,165
Střed	741,995	10,767	160,400	148,165
Max	756,690	10,980	160,400	148,165
S.O.	12,743	0,185		
VK	1,717	1,717		
D.H.D.	710,339	10,308	160,400	148,165
H.H.D.	773,651	11,226	160,400	148,165



14.2 Stanovení rázové odolnosti ČSN EN 744







Byly měřeny dva typy kanalizačních potrubí PVC-U DN 150 SN8 (koex) a PP Master DN 150 SN8. Mechanická zkouška byla vykonána na padostroji HAMMEL B 50 dle výše uvedené normy (viz. kap. 13). Foto padostroje je uvedena v Příloze P IV.





Při mechanických zkouškách musí být použity ochranné brýle a chrániče sluchu.

14.2.1 Postup zkoušky

V následující tabulce je uveden postup stanovení rázové odolnosti padajícím tělesem po obvodu, který je shodný pro oba typy potrubí.

Tab. 14 Postup zkoušky rázové odolnosti [21]

č.	POSTUP	FOTO
1	Odležení po dobu 24h kanalizačních trub při laboratorní teplotě $23^{\circ}\text{C}\pm 1^{\circ}\text{C}$.	
2	Naměření a nařezání 4 vzorků o délce 200 ± 1 mm z obou výše uvedených kanalizačních trub (tedy celkem 8 kusů).	
3	Označení, očištění jednotlivých vzorků a jejich kontrola.	
4	Označení a rozdělení potrubí rovnoměrně na řezu 8 ryskami (ČSN EN 744 viz. kap 13.1).	
5	Umístění vzorků do chladicího zařízení. Jednotlivé vzorky se nesmí dotýkat. Kondicionování se provádělo 1 hodinu na teplotu $0^{\circ}\text{C}\pm 1^{\circ}\text{C}$ (ČSN EN 744 viz. kap 13.2).	
6	Seřízení a příprava padostroje na zkoušenou dimenzi potrubí (DN 150).	

7	Vložení závaží d90 o hmotnosti dle typu vzorku, pro PVC-U DN 150 SN8 (koex) 1,0 kg a pro PP Master DN 150 SN8 1,6 kg do výšky 2000 mm (viz. kap. 11.2).	
8	Umístění zkušební vzorku do zkušební žlabu.	
9	Vlastní provádění zkoušky, kdy po každém nárazu se vzorek pootočí na další rysku. Rázů je provedeno celkem 8. Z bezpečnostních důvodů, při každém nárazu musí být zkušební prostor uzavřen posuvnými dvířky.	
10	Po provedení zkoušky spuštění zkušební žlabu se vzorkem a vyjmutí závaží.	
11	Vyhodnocení zkoušky viz. kap. 12.2.2	

14.2.2 Vyhodnocení zkoušky rázové odolnosti ČSN EN 744

Mechanické zkoušce vyhověly oba typy potrubí, PVC-U DN 150 SN8 (koex) i PP Master DN 150 SN8. Výsledky byly stanoveny na základě hodnot uvedených v tabulce 15. Uvedené oblasti jsou uvedeny i na obrázku 15 (viz. kap. 13.4).

Tab. 15 Vyjádření 10 % TIR v závislosti na počtu rázů porušených zkušebních těles [21]

počet nárazů)	Počet porušených zkušebních těles		
	oblast A vyhovuje	oblast B pokračovat ve zkoušce	oblast C nevyhovuje
20 - 25	0	1 - 3	4
26 - 32	0	1 - 4	5
33 - 39	0	1 - 5	6
40 - 48	1	2 - 6	7
49 - 52	1	2 - 7	8
53 - 56	2	3 - 7	8
57 - 64	2	3 - 8	9
65 - 66	2	3 - 9	10
67 - 72	3	4 - 9	10
73 - 79	3	4 - 10	11
80	4	5 - 10	11
81 - 88	4	5 - 11	12
89 - 91	4	5 - 12	13
92 - 97	5	6 - 12	13
98 - 104	5	6 - 13	14
105	6	7 - 13	14
106 - 113	6	7 - 14	15
114 - 116	6	7 - 15	16
117 - 122	7	8 - 15	16
123 - 124	7	8 - 16	17

) Zkouška může být přerušena, pokud nedojde k porušení zkušebního tělesa po minimálně 25 nárazech

Výsledky potrubí PVC-U DN 150 SN8 (koex) (viz. obr. 16):

- Při první zkoušce ze 4 zkoumaných vzorků vyhověly 3 vzorky. Norma tedy nařizuje pokračovat ve zkoušce – oblast B.



Obr. 16 Zkoušené vzorky [vlastní]

- Na jednotlivých vzorcích jsou opticky patrné rázy vyznačené na následujícím obrázku.



Obr. 17 Opticky viditelné stopy po rázech [vlastní]

- Celkem na 4 vzorcích bylo provedeno 29/32 rázů závažím o hmotnosti 1,0 kg z výšky 2000 mm. Následně byla provedena zkouška na dalších 4 vzorcích.

Potrubí PVC-U DN 150 SN8 (koex) zkoušce vyhovělo, v první sérii 4 vzorků byl při 29 nárazu vzorek poškozen – výsledek odpovídá oblasti B. Bylo tedy pokračováno ve zkoušce na dalších 4 vzorcích, které vyhověly oblasti A (ČSN EN 744 viz. kap. 13.4).

Výsledky potrubí PP Master DN 150 SN8 (viz. obr. 18):

- Ze 4 zkoumaných vzorků vyhověly 4 vzorky. Zkouška je tedy podle normy ČSN EN 744 vyhovující.
- Na vzorcích nebyla patrna žádná optická či mechanická poškození.



Obr. 18 Zkoušené vzorky [vlastní]

- Celkem na 4 vzorcích bylo provedeno 32/32 rázů závažím o hmotnosti 1,6 kg z výšky 2000 mm.

Potrubí PP Master DN 150 SN8 vyhovělo zkoušce lépe než PVC-U DN 150 SN8 (koex). Nedošlo k mechanickému poškození žádného vzorku. Toto potrubí tedy na 100 % vyhovělo – nachází se v oblasti A (viz. kap. 13.4).

ZHODNOCENÍ A ZÁVĚR

Pro kanalizační systémy je volba materiálů a použitých technologií výroby potrubí velice důležitá, a to hned z několika hledisek: v první řadě z hlediska hygieny, dále chemické a mechanické odolnosti, čistoty životního prostředí, a také životnosti jednotlivých stokových systémů. Technologie a materiály, z nichž jsou v současné době kanalizační potrubí vyráběna, zaznamenaly značný vývojový skok, jak v mechanických, tak chemických vlastnostech. Potrubí z polymerních materiálů jako je například PP Master se svými vlastnostmi dokáže vyrovnat dříve často používaným materiálům jako je kamenina či litina. V mnoha ohledech je jejich použití výhodnější a to zejména díky možnosti rychlé výstavby kanalizačních stok, dobrého těsnění mezi jednotlivými spoji potrubí a zejména díky nižší hmotnosti těchto trub, což je velkou výhodou při manipulaci, transportu a uskladnění.

Tato práce se zabývá měřením a porovnáním mechanických vlastností dvou zvolených kanalizačních trub, konkrétně se jedná o potrubí PVC-U SN8 DN150 (koex) a PP Master SN8 DN150. Po seznámení se s potřebnými předpisy a normami, které byly důkladně prostudovány a na jejich základě provedeny mechanické zkoušky kruhové tuhosti a rázové odolnosti padajícím závažím. Jednotlivé zkoušky byly prováděny v laboratoři firmy Pipe-life s.r.o. pod odborným dozorem vedoucího laboratoře. Před samotným zkoušením byly nařezány vzorky z obou typů kanalizačních potrubí, na kterých byly následně přeměřeny vnější a vnitřní průměry; u vzorků určených k rázové zkoušce bylo také nutné kondicionování na normou požadovanou teplotu ($0^{\circ}\text{C}\pm 1^{\circ}\text{C}$).

Na základě provedených fyzikálně-mechanických zkoušek byla zjištěna jasná výhodnost použití kanalizačního potrubí PP Master, vzhledem k jeho bezkonkurenčním výsledkům v obou provedených zkouškách. Naměřené hodnoty při zkoušce kruhové tuhosti u PP Master nabývaly v průměru hodnot $10,767 \text{ kN/m}^2$, oproti potrubí PVC-U (koex), kde průměrná hodnota činila $8,336 \text{ kN/m}^2$. Výrobce uvedená hodnota SN činí 8 kN/m^2 . V případě rázové zkoušky padajícím závažím jsou výsledky PP Master opět nadstandardní. Oproti PVC-U, která sice požadavky normy splnila, nicméně jeden vzorek byl deformován, byla úspěšnost PP Master u rázové zkoušky 100% (nedošlo k deformaci žádného vzorku). V laboratoři byla také provedena rázová zkouška i při -10°C , při které PP Master také vyhověl (viz. ČSN EN 1852-1).

Vzhledem ke zjištěným výsledkům doporučuji tedy využití kanalizační trouby PP Master jako výhodného stavebního prvku stokových systémů. Nejenže vyniká před ostatními řeše-

ními ve svých mechanických vlastnostech, ale je z dlouhodobého hlediska i ekonomicky výhodnější pro svoji dlouhou životnost. Jednotkové náklady na 1 běžný metr jsou sice u typu PP Master vyšší než u PVC-U (koex), což je ale kompenzováno delší životností a bezporuchovostí tohoto potrubí. Výhodou je jeho i vyšší tepelná odolnost a větší odolnost proti vysoké zátěži proudění abrazí, což se na PVC-U (koex) projeví ve značném zkrácení životnosti. V těchto podmínkách je tedy ekonomicky mnohem výhodnější použití potrubí PP Master než levnějšího PVC-U (koex), které by však po mnohem kratší době muselo být se značnými náklady rekonstruováno. Využití potrubí PP Master bych tedy doporučil zejména pro odvod průmyslových vod z výrobních hal a dešťových vod s vysokým procentem abrazí, které jsou smívány z velkých zpevněných ploch.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

Monografie

- [1] BERÁNEK, J. et al. *Inženýrské sítě*. Brno: Vysoké učení technické: fakulta stavební, 2005, 181 s.
- [2] BERÁNEK, J.; PRAX, P. *Navrhování tlakové kanalizace*. Brno: NOEL 2000, 1998. ISBN 80-86020-08-8.
- [3] HLAVÍNEK, P. et al. *Stokování a čištění odpadních vod*. Brno: Vysoké učení technické: fakulta stavební, 2006. 130 s.
- [4] KUTA, A. *Technologie a zařízení pro zpracování kaučuků a plastů*. 1. vyd. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická, 2007. 203 s. ISBN 80-7080-367-3.
- [5] LAPČÍK, L.; RAAB, M. *Nauka o materiálech II*. 2. rozš. Zlín: Universita Tomáše Bati, 2004. 132 s. ISBN 80-7318-229-7.
- [6] MLEZIVA, J.; ŠŇUPÁREK, J. *Polymery-výroba, struktura, vlastnosti a použití*. 2. přeprac. vyd. Praha: Nakladatelství Sobotáles, 2000. 544 s. ISBN 80-859220-72-7.
- [7] ORT, J. *Mistr ve stavebnictví: vodohospodářské stavby*. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1968. 357 s.
- [8] RACLAVSKÝ, J.; TUHOVČÁK, L.; MALANÍK, S. *Rekonstrukce vodohospodářských sítí*. Brno: Vysoké učení technické: fakulta stavební, 2006, 215 s.
- [9] RYBNIKÁŘ, F. et al. *Analýza a zkoušení plastických hmot*. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1965. 420 s.
- [10] ŠTĚPEK, J. et al. *Technologie zpracování a vlastnosti plastů*. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1989, 638 s.

Elektronické zdroje

- [11] *ASB-portal*. [online]. [cit. 2009-11-04]. Dostupný z WWW: <<http://www.asb-portal.cz/?gallery=464&image=2592>>.
- [12] *Pipelife s.r.o.* [online]. [cit. 2009-12-06]. Dostupný z WWW: <<http://www.pipelife.cz>>.
- [13] *Technická univerzita Liberec*. [online]. [cit. 2009-11-23]. Dostupný z WWW: <http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce_plasty/01.htmkjk>.
- [14] *Vodovody a kanalizace Havlíčkův Brod a.s.* [online]. [cit. 2009-11-04]. Dostupný z WWW: <<http://www.vakhb.cz/StandardyK.pdf>>.

[15] *Garten.cz.* [online]. [cit. 2009-11-09]. Dostupný z WWW: <
<http://www.garten.cz/a/cz/4862-vodovod-a-kanalizace-materialy-pro-potrubi-3/>>.

Ostatní

[16] ČSN EN 13476-1 Plastové potrubní systémy pro beztlakové kanalizační přípojky a stokové sítě uložené v zemi - Potrubní systémy se strukturovanou stěnou z neměkčeného polyvinylchloridu (PVC-U), polypropylenu (PP) a polyethylenu (PE) - Část 1: Obecné požadavky a charakteristiky zkoušení

[17] ČSN EN 13476-2 – Plastové potrubní systémy pro beztlakové kanalizační přípojky a stokové sítě uložené v zemi - Potrubní systémy se strukturovanou stěnou z neměkčeného polyvinylchloridu (PVC-U), polypropylenu (PP) a polyethylenu (PE) - Část 2: Specifikace pro trubky a tvarovky s hladkým vnitřním a vnějším povrchem a pro systém, typ A.

[18] ČSN EN 13476-3 Plastové potrubní systémy pro beztlakové kanalizační přípojky a stokové sítě uložené v zemi - Potrubní systémy se strukturovanou stěnou z neměkčeného polyvinylchloridu (PVC-U), polypropylenu (PP) a polyethylenu (PE) - Část 3: Specifikace pro trubky a tvarovky s hladkým vnitřním a profilovaným vnějším povrchem a pro systém, typ B.

[19] ČSN EN 1401-1 Plastové potrubní systémy pro beztlakové kanalizační přípojky a stokové sítě uložené v zemi - Neměkčený polyvinylchlorid (PVC-U) - Část 1: Specifikace pro trubky, tvarovky a systém.

[20] ČSN EN 1852-1 - Plastové potrubní systémy pro beztlakové kanalizační přípojky a stokové sítě uložené v zemi - Polypropylen (PP) - Část 1: Specifikace pro trubky, tvarovky a systém.

[21] ČSN EN 744 mechanická zkouška stanovení rázové odolnosti padajícím zařízením po obvodu.

[22] ČSN EN 476 všeobecné požadavky na stavební dílce stok a kanalizačních přípojek gravitačních systémů.

[23] ČSN EN ISO 9969 mechanická zkouška stanovení kruhové tuhosti

[24] Interní materiály společnosti Pipelife s.r.o.

[25] Testometric – WintestTM Analysis

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

→	směr zhutnění zeminy
α	úhel uložení potrubí
B	šířka výkopu (šířka ve výši vrchlíku trubky)
BO	boční zásyp
°C	Celsiův stupeň
ČOV	čistírna odpadních vod
$d_{ia}; d_{ib}; d_{ic}$	vnitřní průměr
Dn	vnitřní průměr
DN	vnější průměr
E	modulem přetvárnosti
H ₂ SO ₄	kyselina sírová
HCL	kyselina chlorovodíková
HDPE	vysoko hustotní polyethylen
HF	kyselina fluorovodíková
HNO ₃	kyselina dusičná
HZ	horní zásyp
KO	krycí obsyp
koex	koextrudované potrubí
kompakt	potrubí s kompaktní stěnou
L	lože trubky
LLDPE	nízko hustotní lineární polyethylen
LDPE	nízko hustotní polyethylen
kN	kilonewton
n	počet nárazů na zkušební těleso

MPa	megapascal
p	0,1 rázového poměru (TIR)
PE	polyethylen
pH	pondus Hydrogenii = "tíha" vodíkových iontů neboli vyjádření kyselosti
PP	polypropylen
PVC	polyvinylchlorid
PVC-U	koextrudovaný polyvinylchlorid
SN	kruhová tuhost
T _g	teplota skelného přechodu
T _m	teplota tání
TIR	rázový poměr
u	10% zkušebních těles porušených na jedné straně
UV	účinná vrstva

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 1 Schéma maloprofilové kanalizace [3]</i>	17
<i>Obr. 2 Měření kruhové tuhosti [12]</i>	19
<i>Obr. 3 Schéma uložení potrubí ve výkopu [12]</i>	20
<i>Obr. 4 Příklady síranové koroze potrubí [8]</i>	22
<i>Obr. 5 Detail poškození abrazí trouby PP hladké (vlevo nahoře), kameninové trouby (vpravo nahoře), PVC trouby hladké (vlevo dole) a sklolaminátové trouby (vpravo dole) [24]</i>	24
<i>Obr. 6 Příklady zborceného potrubí (kameninové potrubí)[8]</i>	25
<i>Obr. 7 Příklad kameninové sestavy [3]</i>	27
<i>Obr. 8 Potrubí kruhového profilu s plastovým obkladem [3]</i>	27
<i>Obr. 9 Potrubí z tvárné litiny</i>	29
<i>Obr. 10 Potrubí z PVC [12]</i>	33
<i>Obr. 11 PP Master [12]</i>	38
<i>Obr. 12 Linka na výrobu trubek z PVC (nahore) a PE (dole) [13]</i>	39
<i>Obr. 13 Přímé hlavy na trubky [4]</i>	40
<i>Obr. 14 Přetlaková kalibrace [13]</i>	40
<i>Obr. 15 Počet zkušebních těles potřebných k dosažení 10% rázového poměru TIR (při 90% spolehlivosti) [21]</i>	53
<i>Obr. 16 Zkoušené vzorky [vlastní]</i>	60
<i>Obr. 17 Opticky viditelné stopy po rázech [vlastní]</i>	61
<i>Obr. 18 Zkoušené vzorky [vlastní]</i>	61

SEZNAM TABULEK

<i>Tab. 1 Rozdíly v technologických podmínkách [6]</i>	34
<i>Tab. 2 Vlastnosti izotaktického syndiotaktického a ataktického PP [6]</i>	36
<i>Tab. 3 Materiálové vlastnosti [22]</i>	45
<i>Tab. 4 Mechanické vlastnosti trubek [16]</i>	46
<i>Tab. 5 Mechanické vlastnosti trubek PVC-U s kompaktní stěnou [19]</i>	46
<i>Tab. 6 Mechanické vlastnosti trubek PP [20]</i>	47
<i>Tab. 7 Mechanické vlastnosti trubek za snížené teploty (PP, PVC-U) [19], [20]</i>	47
<i>Tab. 8 Doby kondicionování zkušebních těles [23]</i>	48
<i>Tab. 9 Počet přímk narýsovaných na zkušebních tělesech ve stejných vzdálenostech od sebe [21]</i>	50
<i>Tab. 10 Doby kondicionování zkušebních těles [21]</i>	51
<i>Tab. 11 Postup zkoušky kruhové tuhosti [23]</i>	54
<i>Tab. 12 PVC-U DN 150 SN8 (koex) [25]</i>	56
<i>Tab. 13 PP Master DN 150 SN8 [25]</i>	57
<i>Tab. 14 Postup zkoušky rázové odolnosti [21]</i>	58
<i>Tab. 15 Vyjádření 10 % TIR v závislosti na počtu rázů porušených zkušebních těles [21]</i>	60

SEZNAM PŘÍLOH

PŘÍLOHA PI: KANALIZAČNÍ ŠACHTA

PŘÍLOHA PII: PRORŮSTÁNÍ KOŘENŮ DO KAN. SOUSTAVY

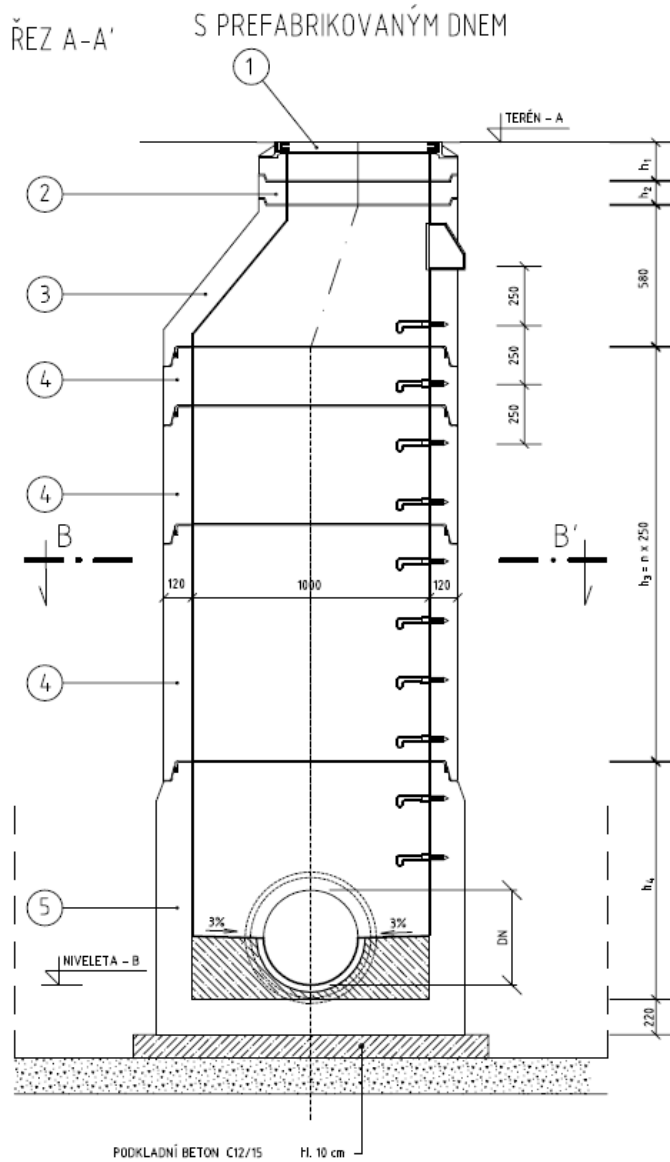
PŘÍLOHA PIII: TRHACÍ STROJ M350-10CT

PŘÍLOHA PIV: PADOSTROJ MODEL B50

PŘÍLOHA PV: ODOLNOST TRUBEK PROTI ABRAZI

PŘÍLOHA PVI: RÁZOVÁ ZKOUŠKA-KANALIZAČNÍ TRUBKY

PŘÍLOHA PI: KANALIZAČNÍ ŠACHTA



LEGENDA

- ① ŠACHTOVÝ POKLOP LITINOVÝ - TŘÍDA D 400, h = 160 mm
(V NEZPEV. PLOCHÁCH - POKLOP - TŘÍDA B 125, h = 125 mm)
- ② VYROVNÁVAČÍ PRSTENEC TBW-O.1 63/6 h = 60 mm
TBW-O.1 63/8 h = 80 mm
TBW-O.1 63/10 h = 100 mm
- ③ ŠACHTOVÝ KÓNUS S HRDLEM TBR-O.1 100-63/58
- ④ ŠACHTOVÁ SKRUŽ S HRDLEM TBS-O.1 100/25
TBS-O.1 100/50
TBS-O.1 100/100
- ⑤ ŠACHTOVÉ DNO TBZ-O.1 100/60 V20 PS
TBZ-O.1 100/60 V25 PS
TBZ-O.1 100/80 V30 PS
TBZ-O.1 100/80 V40 PS
TBZ-O.1 100/100 V50 PS
TBZ-O.1 100/100 V60 PS

DN	200	250	300	400	500	600
h ₄	600	600	800	800	1000	1000

PŘÍLOHA P II: PRORŮSTÁNÍ KOŘENŮ DO KAN. STOKY



PŘÍLOHA P III: TRHACÍ STROJ M350-10 CT

Testometric™

M350-10 CT



Kapacita kN	10	Rychlost snímání dat	Max 12kHz do 200Hz rámu.
Přesnost	+/- 0.5% až na 1/1000th jejich jmenovité hodnoty	Rozměry š x h x v	590 x 450 x 1575
Pracovní prostor - výška mm	1275	Hmotnost kg	188
Dráha příčniku / rozlišení v mm	1100 x 0.001	Napájení	115 or 230V 1ph 50/60Hz.
Pracovní šíře v mm	295	Teplota prac. prostředí C°	-10 až +40
Tuhost rámu kN/mm	50	Vlhkost prac. prostředí	+10 až +90%
Rychlost - rozsah mm/min	0.001 - 1000	Provedení stroje	Stolní
Přesnost rychlosti	+/- 0.1% za stálých podmínek.	Počet sloupů	2
Vedení příčniku	Lineární vedení příčniku.	Dodatečné silové články	5N, 10N, 20N, 100N, 250N, 500N, 1kN, 2.5kN, 3kN, 5kN, 10kN Maximálně lze použít 4
Max síla v plné rychlosti kN	10	Čep Ø mm	.20
Max rychlost v úplném zatížení mm/min	1000	Příkon kW	0.45

TestometricTM

M350-10 CT

Popis stroje

- plně digitální zkušební systém s vysokou přesností ovládní, díky automatizovanému řízení zkušebních metod je dosaženo jednoduchého ovládní.
- samonastavitelné silové články s vysokým rozlišením lepší než $\pm 0,5\%$ dolů až k 1/1000 kapacity článku.
- automatické rozlišení a kalibrace silových článků a extenzometrů, s okamžitou možností kalibrace.
- 800% ochrana přetížení silového článku bez jeho zničení.
- malá potřebná plocha na stole nebo na zemi.
- vysoce efektivní, předzatížená samočisticí kulová ložiska pro rychlé a tiché zkoušení.
- vodící systém příčniku zajišťuje precizní rovnoběžnost a hladký chod.
- přesné řízení příčniku pomocí AC servo pohonem, bezkartáčkový motor nevyžaduje údržbu. Ovládní polohy řízením příčniku pozice 4 mil. x za obrátku.
- vysoce rychlostní sběr dat až ze 4 kanálů.
- 6 I/O kanálů pro další vybavení jako extenzometry, mikrometry, posuvná měřítka, váhy, tloušťkoměry a p.
- zatěžované rámy s vysokou tuhostí s příčníkem s plným profilem a tuhým podpůrným taženým sloupem s T šterbinami pro upevnění příslušenství.
- zabudovaná ochrana proti přetížení, posunu a nárazu.
- teleskopické kryty dávající další ochranu kulových ložisek proti prachu a odštěpkům při zkoušení.
- velký rozsah čelistí a přípravků pro zkoušení v tahu, tlaku, průhybu, lpění, celých výrobků atd..
- široký výběr dotykových a bezdotykových extenzometrů včetně laserových a video modelů.



Měření síly (prostřednictvím software)

je univerzálně kalibrováno, úroveň lepší než 0,5, EN 7500-1, DIN 51221, ASTM E-4, AFNOR A03-501. Rozsah od 0,4% do 100% minimálně. Rozlišení 1 díl v 500000 s automatickým nastavením.

Automatické rozlišení vloženého silového článku, elektronická ochrana proti přetížení. Maximálně lze používat 4.

Měření prodloužení (prostřednictvím software)

V plně délce rámu s přesností na 0,001 mm. Měření délky mohou být nastavena v absolutních mírách (mm), v relativních (%) a pomocí času (vt.). Programovatelné limity prodloužení.

Ovládní rychlosti

Zabudovaná tepelná a síťová ochrana. Poziční kroková rychlost od 0,001 mm/min do maxima s možností nastavení rychlosti po 0,001 mm/min.

Rám strojů

Tuhý rám, používající dvojité vedení příčniku z tuhých podpůrných sloupů. Tuhost rámu 50 kN/mm + zabudovaný výpočet K faktoru. Rotační šroub ovládá příčník pomocí kulových matek za harmonikovými kryty. Elektronicky nastavené limity dolní a horní limity posuvu příčniku a možnost nastavení zastavení zákazníkem. Ochranná gumová podložka na skříni přístroje.

Software

Univerzální zkušební program **winTest™ Analysis** je více-funkční a plně přizpůsobitelný software, který podporuje specifikace mezinárodních norem včetně ISO, EN, ASTM, BS a národních včetně českých a slovenských. Podporované specifikace zkoušek zahrnují pevnost v tahu, v tlaku, průhyb, lpění, trhání, průraz, adhezi, stříh, cyklování a tvrdost. Dále program zahrnuje uživatelem definované zkoušení v krocích pro vysoce specializované požadavky na zkoušení. Automatizované ukládání všech dat jednotlivých testů, snadný export do Wordu, Excelu, Accessu a SPC systému pro zlepšení prezentace. Významnou výhodou pro exportující výrobce je snadná a rychlá změna jazykového prostředí – zkoušení může probíhat v českém jazyce, výsledný protokol v požadované verzi (např. angličtina, němčina, francouzština, italština, maďarština atd)

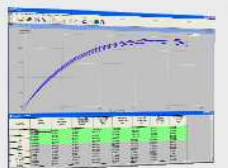
winTest™ Reports je dalším vylepšením WinTest Analysis softwaru, umožňuje analýzu dat a statistické protokoly, zahrnuje dlouhodobou statistiku a kontrolní grafy pro všechny specifikované výpočty. WinTest Reports může také být konfigurován pro zobrazení záhlaví, názvů, loga, grafy, přehledy, naskakovací menu a specifické technické informace.

Možnosti

Mimo běžně dodávané čelisti a zkušební přípravky můžeme připravit pro Vás zcela unikátní provedení dle potřeb Vašich materiálů nebo hotových výrobků. Naše stroje jsou též dodávány v rozšířeném a prodlouženém provedení.

Značení CE Stroje odpovídají všem odpovídajícím EN a jsou dodávány s Certifikačním protokolem UKAS.

Životní prostředí Energeticky efektivní stroje, vybavení bez olovnatých materiálů, plně odpovídající RoHS.

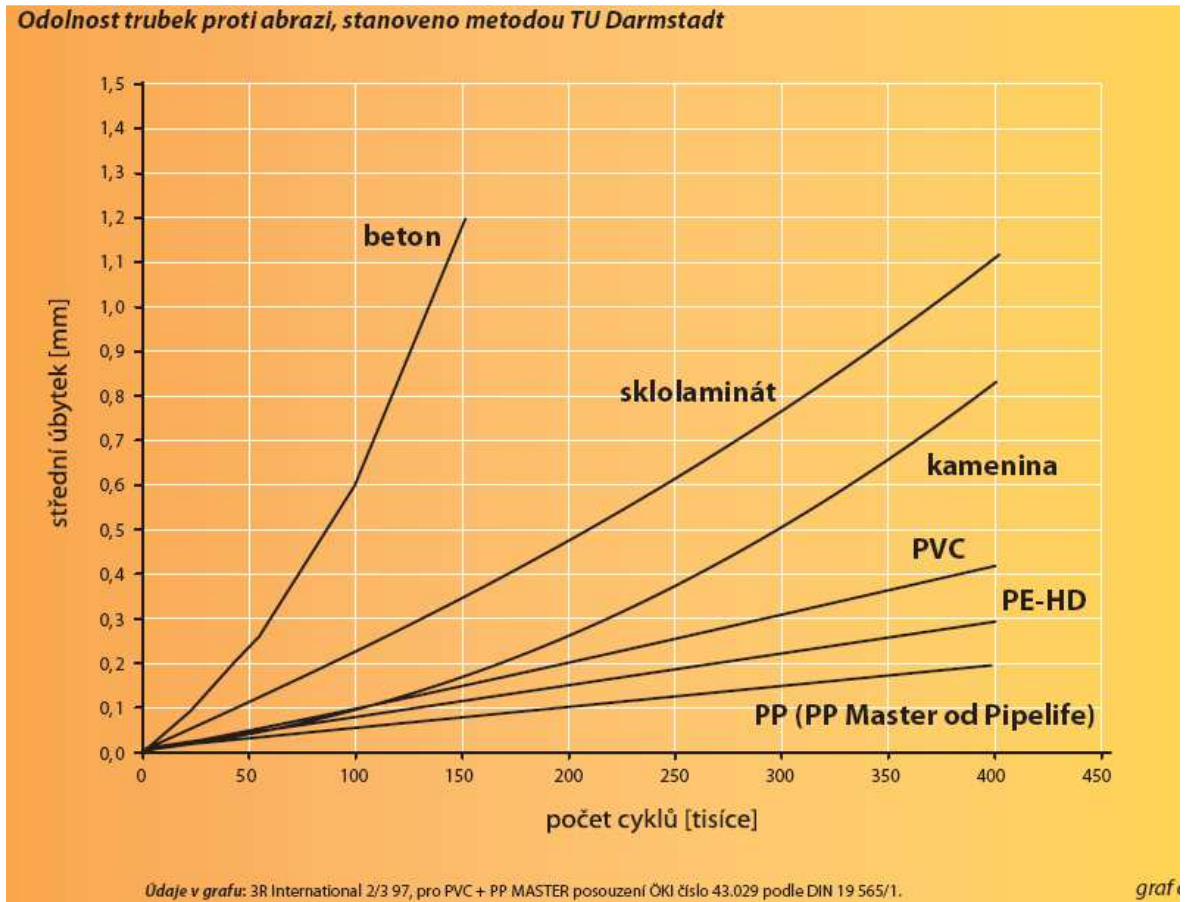


Výhradní zastoupení pro ČR a SR – LABOR machine s.r.o., Otáhalova 1/1, 746 01 Opava, www.labormachine.cz
info@labormachine.cz tel.: +420 553 719 402, Fax: +420 553 610 718, mobil: +420 602 740 241

PŘÍLOHA P IV: PADOSTROJ MODEL B 50



PŘÍLOHA P V: ODOLNOST TRUBEK PROTI ABRAZY



PŘÍLOHA P VI: RÁZOVÁ ZKOUŠKA-KANALIZAČNÍ TRUBKY

Mechanické vlastnosti trubek PVC-U ČSN EN1401-1, ČSN EN 13476-1.

Zkušební parametry				
Vnější průměr	EN 1401-1 (kompakt)	EN 13476-1 (koex)	Výška pádu	Počet rázů na vzorek
$d_n = 110$ mm	1,00 kg	0,80kg	1,6m	6
$d_n = 125$ mm	1,25 kg	0,80kg	2,0m	6
$d_n = 160$ mm	1,60 kg	1,00 kg	2,0m	8
$d_n = 200$ mm	2,00 kg	1,60 kg	2,0m	12
$d_n = 315$ mm	2,50 kg	2,00 kg	2,0m	12
$d_n = 400$ mm	3,20 kg	3,20 kg	2,0m	24
$d_n = 500$ mm	3,20kg		2,0m	24