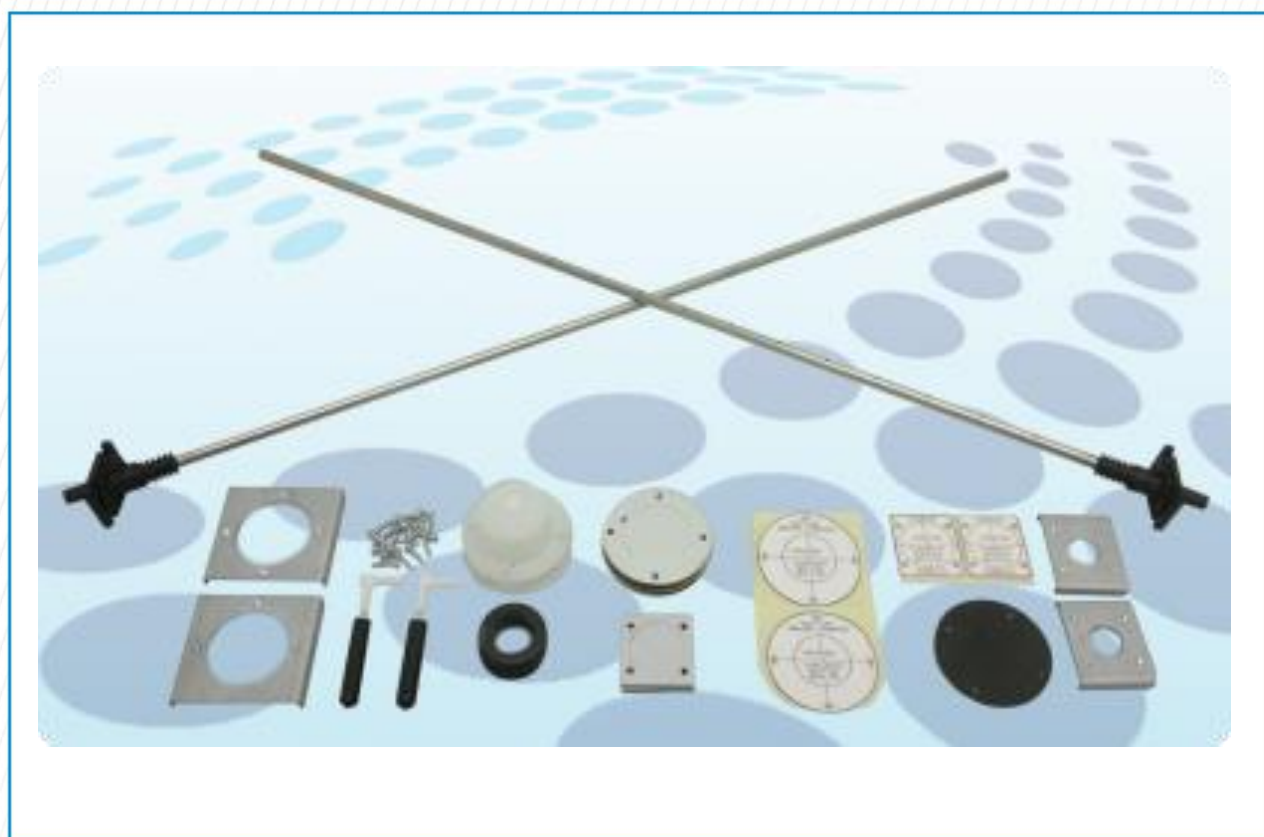


# X-kříž

## Modely X8 a X16

### Návod k instalaci a použití



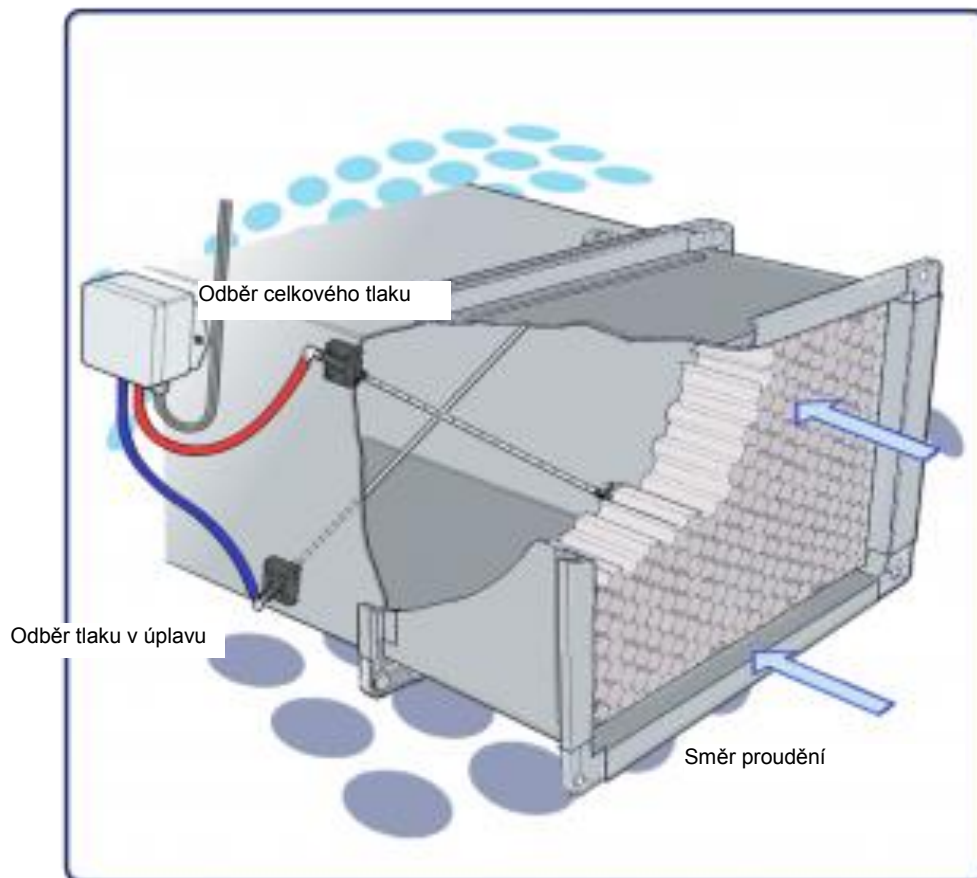
## Obsah

<b>1. Měřicí princip.....</b>	<b>4</b>
<b>2. Konstrukce.....</b>	<b>4</b>
<b>3. Využití.....</b>	<b>4</b>
<b>4. Umístění.....</b>	<b>5</b>
<b>5. Provedení.....</b>	<b>5</b>
<b>6. Instalace.....</b>	<b>6</b>
<b>7. Kompletace systému.....</b>	<b>10</b>
<b>8. Výpočet a interpretace výstupu.....</b>	<b>11</b>
<b>10. Kalibrace X-kříže po montáži.....</b>	<b>13</b>
<b>11. Nejistoty a opakovatelnost měření.....</b>	<b>15</b>
<b>12. Údržba.....</b>	<b>15</b>

## Poznámky

X-kříž (návod k montáži a použití)

Ukázka uspořádání X-kříže v obdélníkovém potrubí, včetně instalace usměrňovací voštinové stěny.



Obr.1. Kombinace X-kříž + voštinová stěna

## 1. Měřicí princip

X-kříž se skládá z dvou trubek namontovaných do pomyslných úhlopříček čtyřhranného nebo kruhového potrubí. V obou trubkách jsou vyvrtány rovnoměrně rozmístěné otvory. Jedna trubka se nastaví tak, aby otvory směřovaly kolmo proti směru proudění (snímání celkového tlaku). Druhá trubka se nastaví tak, aby otvory směřovaly po směru proudění (snímá se tlak v úplavu - tak zvaný substatický tlak). Celkový tlak a substatický tlak se průměrují po celé délce příslušné trubky a jejich rozdíl dává tlak diferenční (na odběrech mimo prostor potrubí). Z konektorů potom můžeme odečítat výstupní signál (diferenční tlak), ze kterého lze určit rychlost resp. průtok.

**Pozn.** X-kříž nelze použít k měření statického tlaku v potrubí.

## 2. Konstrukce

Trubky X-kříže jsou zhotoveny z nerez oceli (BS 3605 321 S18). Ostatní použité materiály jsou: PVC, Polyuretan, plasty a guma. Výstupní konektory mají průměr 6 mm a jsou určeny pro připojení hadiček (obvykle z PVC nebo silikonu). **X-kříž nesmí být použit v prostředí, kde teplota přesahuje 80°C.**

## 3. Využití

X-kříže můžeme s úspěchem použít ve všech čtyřhranných (případně kruhových) potrubních systémech a především tam, kde nemůžeme použít jiné standardní měřicí systémy např. clony pro svoji velkou tlakovou ztrátu.

X-kříže nemůžeme použít v systémech, kde je médium s vysokou relativní vlhkostí a tam, kde je vysoká koncentrace lepkavého prachu, který může způsobit zalepení otvorů a tím i omezit funkčnost X-kříže. V případě vyšší koncentrace pevných a lepkavých částic doporučuje ponechat v blízkosti montážního místa X-kříže přístupový otvor pro údržbu a čištění X-kříže.

Tlakový signál z X-kříže můžeme zpracovat následujícími způsoby:

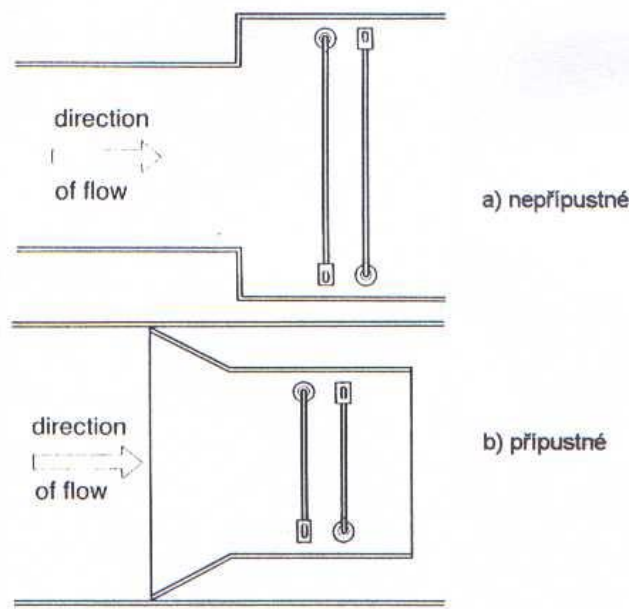
- Diferenční tlak snímat vhodným mikromanometrem s displejem (volitelný zobrazovací výstup tj. tlak, rychlost nebo přímo objemový průtok).
- Diferenční tlak připojit na kontaktní manometr se signálem (alarmem) překročení nebo podkročení nastavené hodnoty.
- Diferenční tlak snímat převodníkem tlaku s analogovým nebo digitálním výstupním signálem a následně regulovat průtok vzduchu v systému např. pomocí frekvenčního měniče daného ventilátoru (jednotky).
- Diferenční tlak snímat kapalinovým manometrem s možností vizuální kontroly průtoku a možným manuálním zásahem do systému.

## 4. Umístění

X-kříže umísťujeme do přímého úseku potrubí kolmo na osu potrubí (osu proudění), přičemž musíme dodržet následující pravidla:

Při volbě montážního (měřicího) místa dodržujte následující pokyny:

- 1) Dodržte vzdálenost minimálně 3,5 hydraulické průměry (3,5 D) přímého potrubí před křížem.
- 2) Dodržte vzdálenost minimálně 1D za křížem po směru proudění. Překážky bližší než 1D (např. zúžení nebo rozšíření potrubí) mohou zvýšit tlakovou ztrátu.
- 3) Vyvarujte se náhlému rozšíření potrubí před křížem (viz. obr. 2a)
- 4) Při nízké rychlosti v potrubí můžete využít zmenšení průřezu a tím zvýšení tlakových poměrů důsledkem vyšší rychlosti (viz. obr. 2b).



### Určení D:

pro obdélníkové potrubí je  $D = \frac{\text{šířka} + \text{výška}}{2}$

Obr. 2 Vliv místních změn průřezu potrubí

pro kruhové potrubí je  $D = \text{průměr}$

V případě trvalých turbulencí v potrubí doporučujeme nainstalovat před X-kříž (nejméně ve vzdálenosti 1D) usměrňovací voštinovou stěnu, která zrovnoměrní proudění (obr.1).

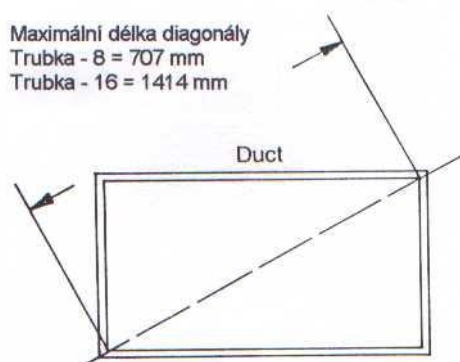
## 5. Provedení

X-kříže jsou dodávány v kompletní sadě zabalené v dlouhém tubusu v požadované délce (dle katalogového čísla). Airflow dodává k X-křížům i jejich charakteristiky. To umožňuje instalovat X-kříže bez speciální kalibrace (pokud se spokojíte s přesností uvedenou v kapitole 11). Pokud požadujete vyšší přesnost, musíte X-kříže zkalibrovat po jejich instalaci (viz. kapitola 10).

## 6. Instalace

Standardní sada se instaluje do pravoúhlého potrubí (čtvercového nebo obdélníkového průřezu, případně kruhového) a dodává se v následujících dvou velikostech:

Průměr trubky mm	8 (model X8)	16 (model X16)
Délka trubky mm	707	1414



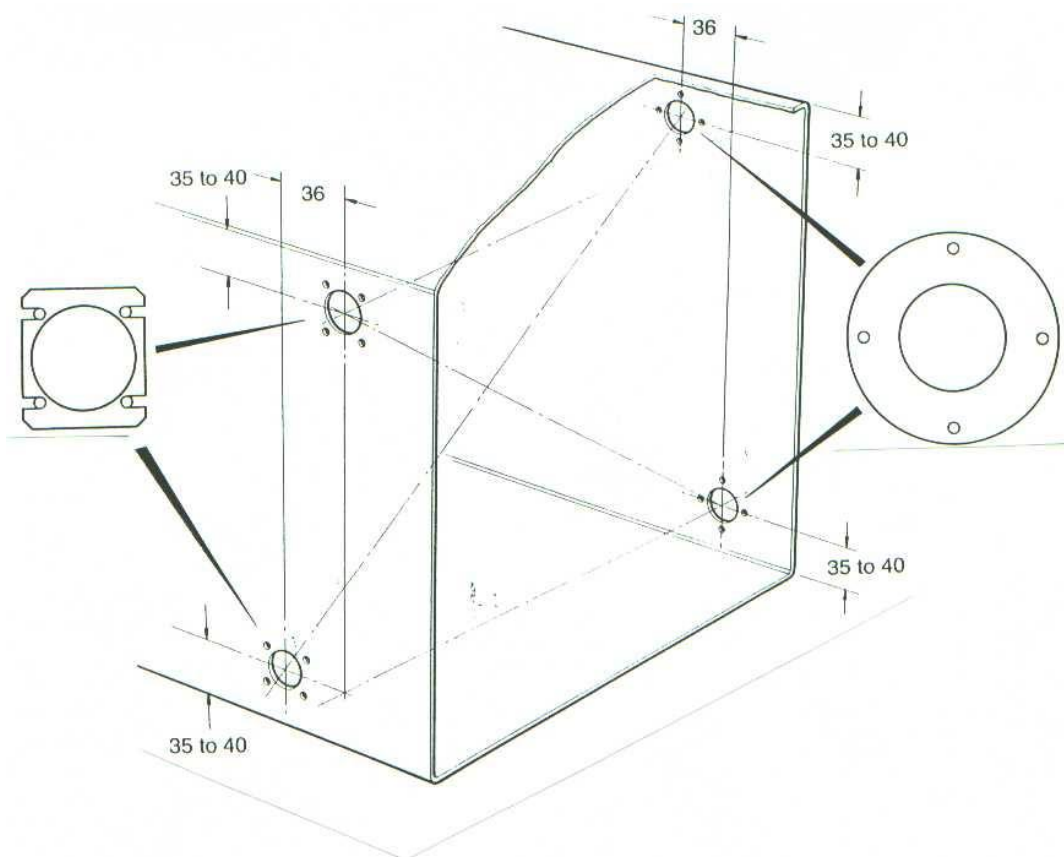
Rozbalte Vaši sadu s X-křížem. Sada obsahuje následující díly:

<b>Název</b>	<b>Počet</b>
Rozvodka + tlaková trubka	2
Upínací deska	2
Trubkový uzávěr	2
Gumová podložka	2
Samolepicí šablona (čtyřhranná)	2
Samolepicí šablona (kruhová)	2
Přepážka (mezistěna)	2
L-propojka	2
Ochranná čepička	2
Kroužek	2
Samořezné šroubky 6x <sup>1</sup> / <sub>2</sub> "	16

Jestliže nějaké díly chybí, ihned kontaktujte zástupce Airflow.

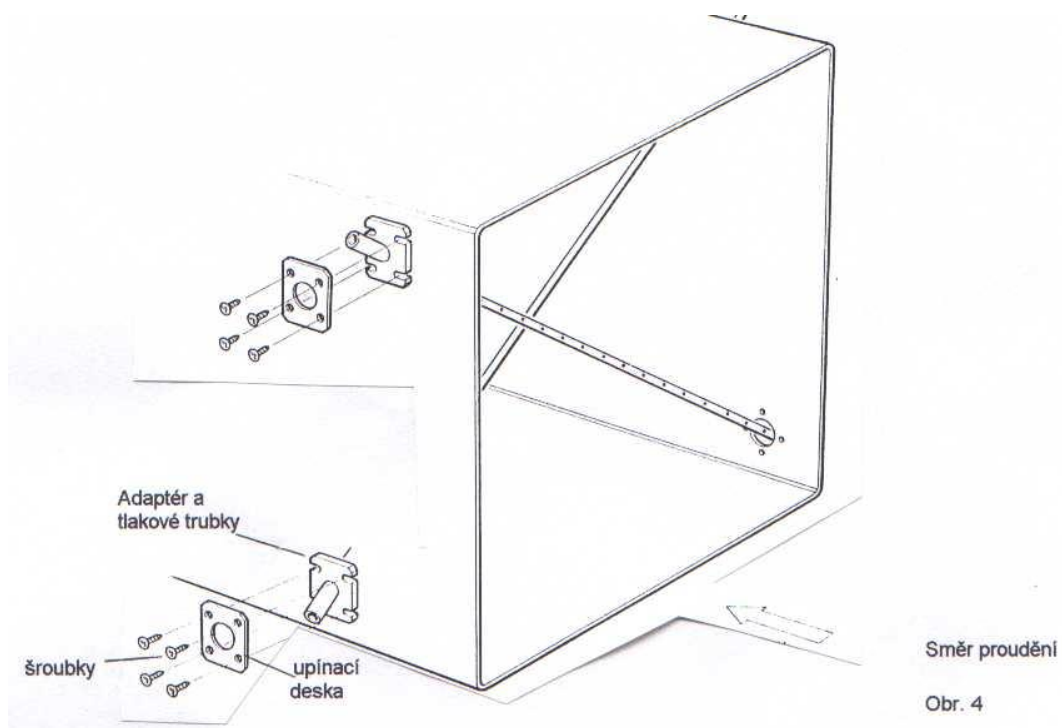
Zvolte umístění X-kříže v potrubí (kapitola 4).

X-kříž je konstruován tak, aby byl montován na kratší straně potrubí (viz obr. 1 a 3). Umístění otvorů je patrné z obr. 3. Přilepte samolepicí šablony podle obr. 3 a vyvrtejte otvory přesně podle šablony.



Obr.3

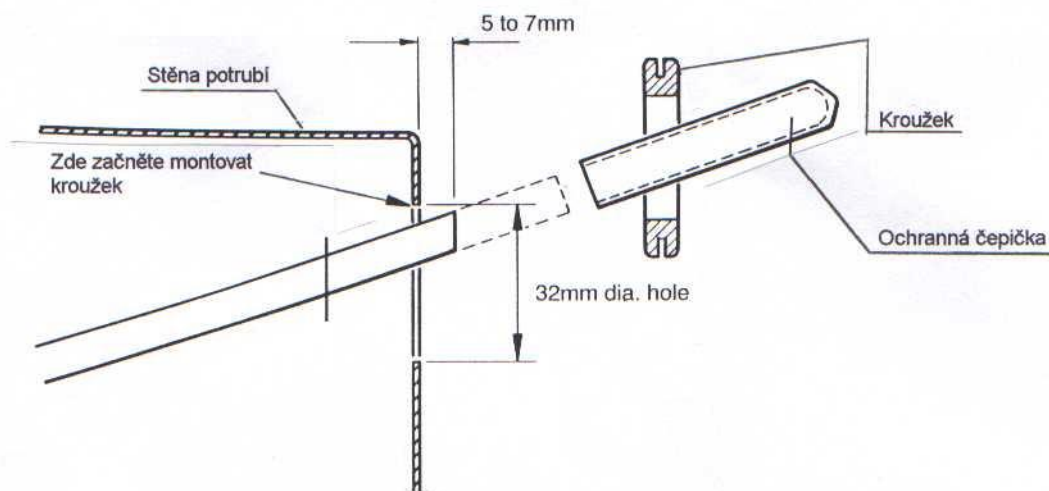
Zasuňte trubky do příslušných otvorů (viz. obr. 4) a přes rozvodky je připevněte pomocí upínací desky a šroubků. Volné konce trubek vsuňte do protilehlých otvorů (viz. obr. 4).



Obr. 4

Po prostrčení volných konců trubek otvory v potrubí upravte jejich délku (volné konce mohou přechýlat pouze 5-7 mm oproti stěně potrubí). Odstraňte ostré hrany a trubky zaslepte ochrannou gumovou čepičkou (viz obr. 5).

Na otvory 32 mm připevněte gumové kroužky (viz. obr. 5).

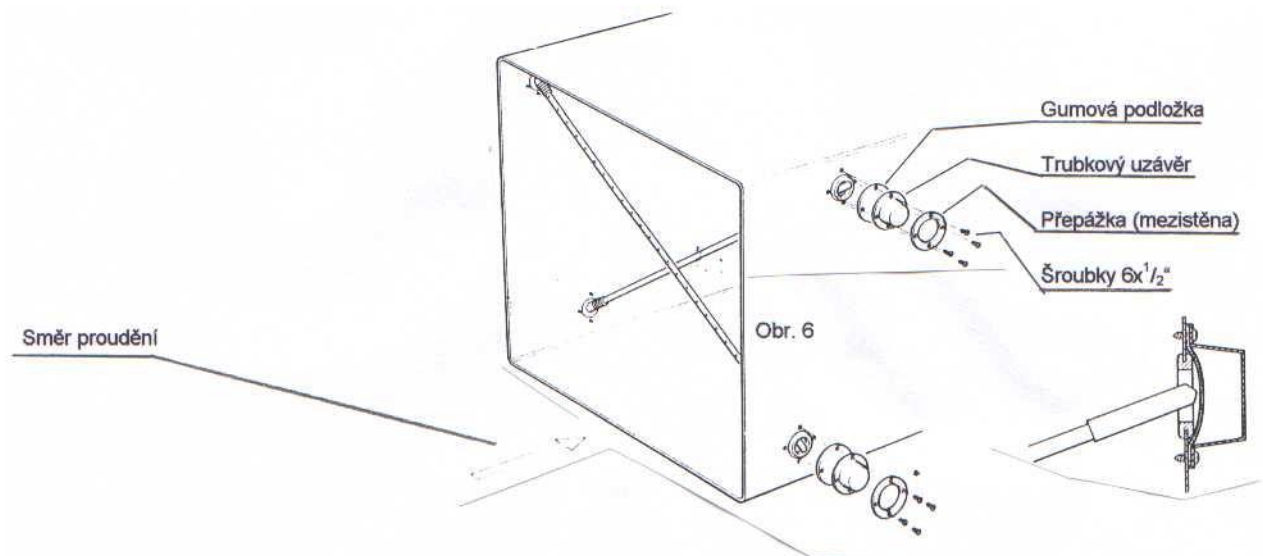


Obr.5



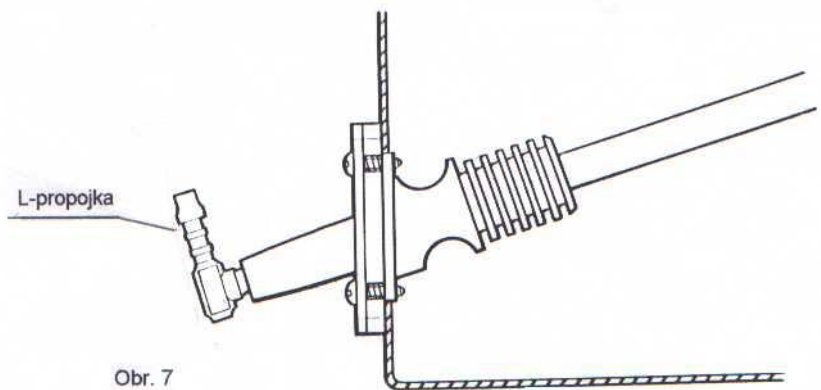
X-kříž (návod k montáži a použití)

Podle obr. 6 nainstalujte gumové podložky, trubkový uzávěr, přepážku. Vše upevněte pomocí šroubků.



Obr.6

L-propojky zatlačte do adaptérů (obr.7). Úhel natočení volte podle přístupu k adaptérům a podle vhodnosti připojení hadiček pro odběr tlakového signálu.



Obr. 7

## 7. Kompletace systému

Samostatný X-kříž netvoří kompletní měřicí systém (je nutné zajistit vhodné snímání a vyhodnocení tlakového signálu).

Pro okamžité měření můžete využít digitálního mikromanometru, např. typ PVM620, nebo multifunkční přístroj TA465P.

Pro dlouhodobé měření doporučujeme tlakové převodníky Airflow s volitelným analogovým výstupem s odmocninovou funkcí tj. přímou indikací rychlosti.

Pro alarmovou signalizaci (signál při překročení nebo podkročení nastaveného rozsahu) doporučujeme použít elektronické kontaktní manometry EKM.

Kompletní instalaci systému zajistíte vhodným propojením X-kříže a zvoleného měřicího přístroje (mikromanometr, převodník tlaku nebo kontaktní manometr) pomocí PVC-hadiček. Vnější průměr L-propojky je 6 mm.

## 8. Výpočet a interpretace výstupu

### Střední rychlost proudění v potrubí

Základní rovnice pro výpočet rychlosti z dynamického tlaku je následující:

$$v = \sqrt{\frac{2 * p_{dyn}}{\rho}}$$

Kde:  $v$  = rychlost (m/s)  
 $p_{dyn}$  = dynamický tlak (Pa)  
 $\rho$  = hustota proudícího média (kg/m<sup>3</sup>)

Pro vzduch o hustotě 1,2 kg/m<sup>3</sup> (při 16°C, 1000 mbar a 65% r.v.) lze rovnici zjednodušit na:

$$v = 1,291 * \sqrt{p_{dyn}}$$

Poměr mezi snímaným diferenčním tlakem na X-kříži  $p_v$  a dynamickým tlakem  $p_{dyn}$  se nazývá **koeficient M**.

$$M = \frac{p_v}{p_{dyn}}$$

Obecný vzorec pro výpočet rychlosti z diferenčního tlaku snímaného na X-kříži je odvozen z výše uvedených rovnic a má tvar:

$$v = \sqrt{\frac{1000}{p_b} * \frac{T}{289} * \frac{100000}{100000 + p_s} * \frac{p_v}{M}}$$

Kde:  $v$  = rychlost (m/s)  
 $p_v$  = diferenční tlak snímaný na X-kříži (Pa)  
 $p_b$  = barometrický tlak (mbar)  
 $T$  = absolutní teplota (K), která se určí jako t°C + 273  
 $p_s$  = statický tlak v potrubí (Pa)  
 $M$  = koeficient M pro X-kříž (-)

**Objemový průtok** pak určíme z rychlosti a průřezu potrubí dle vztahu:

$$Q = A * v$$

Kde:  $Q$  = objemový průtok (m<sup>3</sup>/s)  
 $v$  = rychlost (m/s)  
 $A$  = průřez (m<sup>2</sup>)

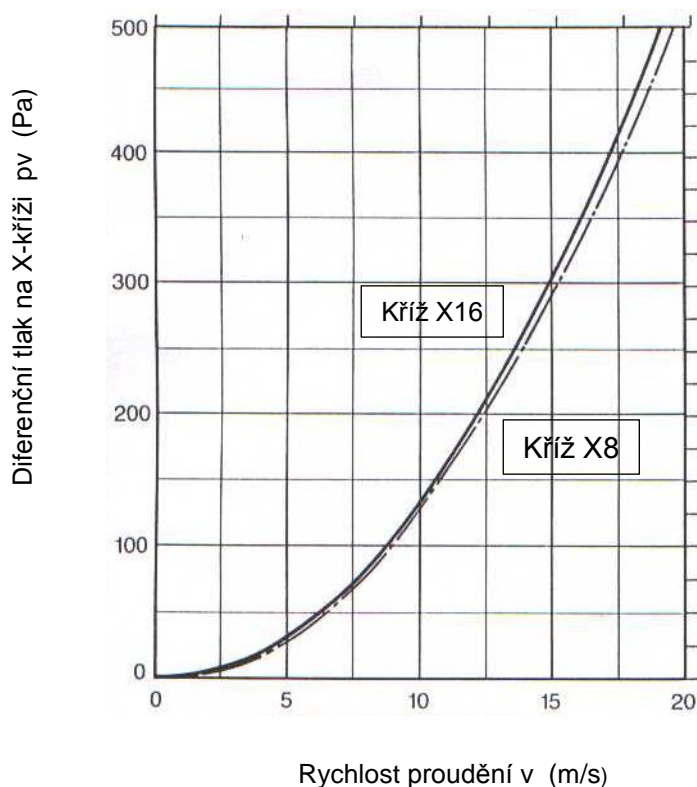
### Tlaková ztráta

Zabudováním X-kříže do potrubního systému zvětšíte nepatrně tlakovou ztrátu tohoto systému. Pokud provádíte návrh ventilátoru (tlakové poměry), můžete si změřit i tlakovou ztrátu kříže. Odběry tlaku umístěte ve vzdálenosti  $D/2$  před a za křížem. Z naměřené tlakové ztráty  $p_L$  můžete určit **koeficient L** za podmínky, že znáte odpovídající rychlost vyjádřenou diferenčním tlakem na mříži  $p_v$

$$L = \frac{p_L}{p_v}$$

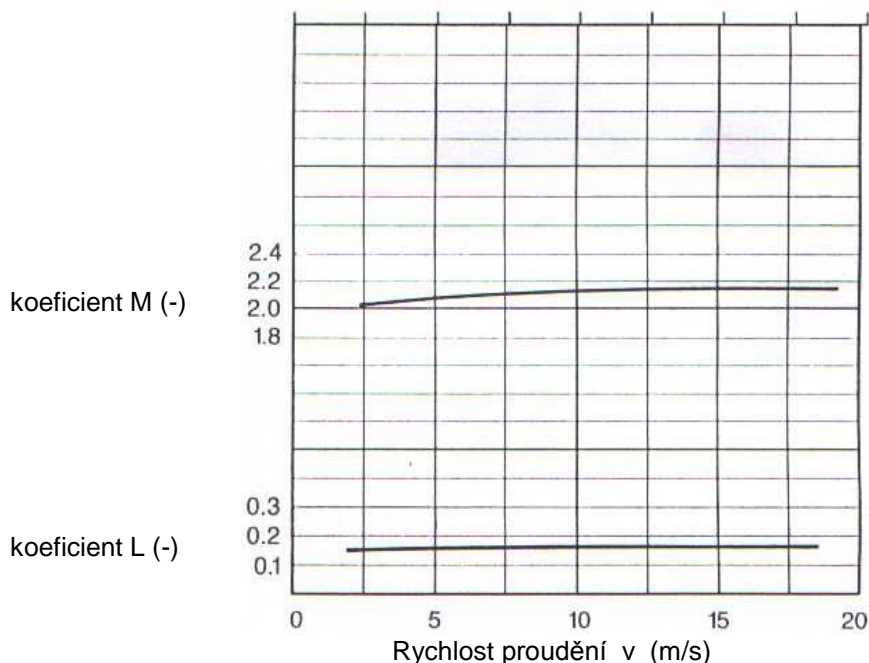
## 10. Charakteristiky kříže

Graf (obr.8) znázorňuje závislost mezi snímaným diferenčním tlakem na X-kříži a rychlosti v potrubí. Graf platí pro standardní podmínky (vzduch o hustotě  $1,2 \text{ kg/m}^3$ ) a může být použit při nízkém nároku na přesnost měření (viz. kapitola 4 a 11). Pokud požadujete vyšší přesnost, musíte provést přímou kalibraci (kapitola 10).



**obr. 8 kalibrační křivka X-kříže**

Graf (obr.9) ukazuje typické hodnoty koeficientů X-kříže a to koeficientu **M** a **L** (viz. kapitola 8) v závislosti na rychlosti. Pokud se pozorně podíváte na uvedené hodnoty, vidíte, že jsou téměř konstantní v celém rozsahu (rychlosti používané v běžných potrubních systémech).



obr.9

## 10. Kalibrace X-kříže po montáži

K dosažení lepší přesnosti X-kříže musíte provést kalibraci přímo na montážním místě podle následujícího postupu.

Primárním cílem kalibrace je stanovit **koeficient M**. Jsou různé metody měření objemového průtoku v potrubí, které jsou založeny na snímání diferenčního resp. dynamického tlaku.

Následující metoda využívá teorie měření Prandtlovou sondou (dynamickou rychlostní sondou) jako primárního měřidla pro určení rychlosti proudění.

- Připojte vhodný mikromanometr na výstupy z X-kříže. Respektujte přitom označení výstupů tj. snímání celkového tlaku (+) a substatického tlaku (-).
- Zvolte vhodné měřicí místo pro primární měřidlo a navrtejte otvory do stěny potrubí (průměr volte podle velikosti sondy, kterou budete provádět měření). Měřicí místo, polohu a počet otvorů volte dle normy ČSN EN 12599.
- Zahajte měření a zaznamenávejte hodnoty tlakové difference na X-kříži a hodnoty rychlosti měřené Prandtlovou sondou v jednotlivých měřicích bodech (viz. tabulka 1 kalibrace X-kříže). Za předpokladu stejné teploty a tlaku (barometrického a statického) měřeného média v místě primárního měřidla a v místě, kde je nainstalován X-kříž, lze určit konstantu  $M_i$  z následujícího

vzorce (vypočtená hodnota  $M_i$  platí pro  $i$ -tý nastavený režim měření). Vzorec má následující tvar:

$$M_i = \frac{\sum p_{v i}}{\sum p_{dyn i}}$$

kde:  $p_{v i}$  – hodnota  $i$ -tého diferenčního tlaku snímaného z X-kříže (Pa)  
 $p_{dyn i}$  – hodnota  $i$ -tého dynamického tlaku snímaného z Prandtlovy sondy (Pa)

- Jestliže je to možné, nastavte různé objemové průtoky (měřicí režimy) ve Vašem VZT systému vhodným škrcením (klapkou) nebo regulací ventilátoru. Doporučujeme provést měření při pěti různých hodnotách objemového průtoku (minimálně ve třech viz. tabulka 1.). Z pěti (min. ze třech) vypočtených hodnot  $M_i$  určíme výslednou hodnotu  $M$  jako aritmetický průměr:

$$M = \frac{\sum M_i}{n}$$

kde:  $M_i$  –  $i$ -tá vypočtená hodnota (-)  
 $n$  – počet měření (-)

**Tabulka 1 - Příklad kalibrace X-kříže po montáži**

č.měření		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Suma	$M_i$	$M$
1	$p_v$	45,0	47,0	45,0	44,0	43,0	46,0	47,0	48,0	44,0	45,0	454,0	2,225	2,196
	$p_{dyn}$	19,0	18,0	21,0	22,0	22,0	23,0	19,0	20,0	21,0	19,0	204,0		
2	$p_v$	96,0	99,0	97,0	95,0	96,0	98,0	99,0	96,0	95,0	95,0	966,0	2,181	
	$p_{dyn}$	44,0	45,0	44,0	45,0	46,0	43,0	47,0	46,0	42,0	41,0	443,0		
3	$p_v$	165	165	167	168	168	164	163	165	166	167	1658	2,182	
	$p_{dyn}$	75,0	77,0	76,0	78,0	74,0	75,0	75,0	78,0	79,0	73,0	760,0		

## 11. Nejistoty a opakovatelnost měření

V následující tabulce 2 jsou uvedeny přibližné nepřesnosti měření podle charakteru potrubí (překážek v potrubí):

**Tabulka 2 - nepřesnost měření:**

Překážka	Přímá délka potrubí před X-křížem	
	±10%	±15%
pravouhlé koleno	10,0 D	3,5 D
koleno s poloměrem $r = 1D$ a menší	10,0 D	3,5 D
lopatky tlumiče	10,0 D	3,5 D
koleno 30°	3,5 D	2,0 D
kuželové zúžení	3,5 D	2,0 D
náhlé zúžení	3,5 D	2,0 D

Obvykle se nepřesnost pohybuje v rozmezí  $\pm 5\%$  (závisí to vždy na konkrétním místě instalace a tvaru potrubí).

Pokud provedete kalibraci (viz kapitola 10) bude nepřesnost pravděpodobně menší než  $\pm 5\%$ .

## 12. Údržba

X-kříž nevyžaduje obvykle žádnou údržbu. Pouze v případě vyšších koncentrací lepidivého prachu v pracovním médiu (plynu) může nastat zalepování otvorů v tlakových trubkách, což se projeví rozdílnou tlakovou diferencí a následnou chybou měření. V těchto případech je nutné provést vyčištění otvorů.

### Poznámky:

---



---



---



---



---



---



---



---



---



---

Airflow Lufttechnik GmbH, organizační složka Praha  
Hostýnský 520 ☎ 108 00 Praha  
Telefon: 274 772 370 ☎ Fax: 274 772 230  
info@airflow.cz ☎ www.airflow.cz

