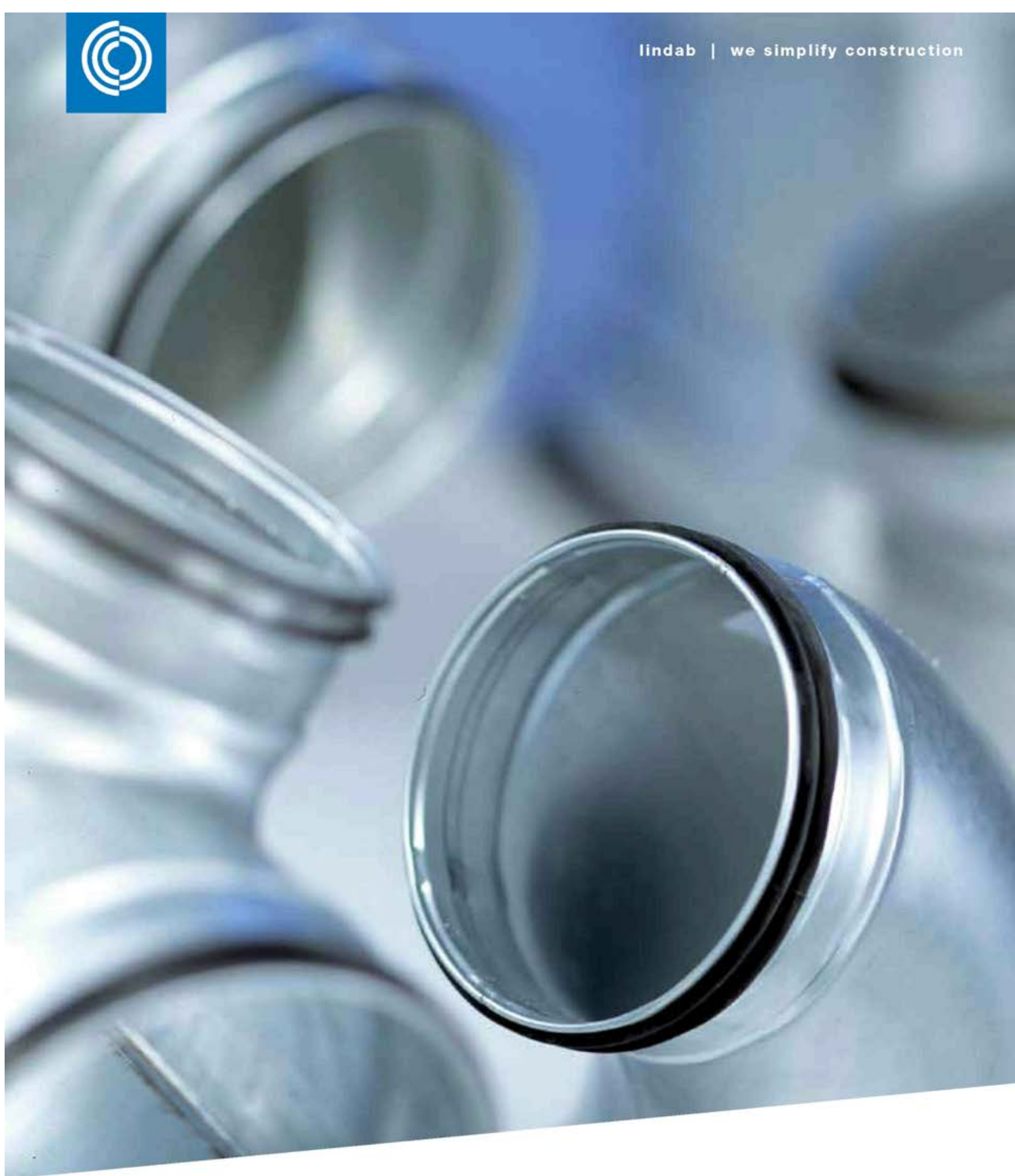




lindab | we simplify construction



Lindab

základní informace a teorie návrhu vzduchotechniky





Zjednodušujeme výstavbu

Ve firmě Lindab nás k dobrým výsledkům pohání neutuchající snaha trvale vylepšovat naše výrobky a zjednodušovat výstavbu. Dosahujeme toho tím, že vyvíjíme výrobky, jejichž použití je snadné a které umožňují šetřit energii. Náš úspěch stavíme na špičkových znalostech v oboru, kvalitní logistice, podpoře prodeje a v neposlední řadě na dobré dostupnosti našich služeb. Chceme zjednodušovat vše. Od návrhu, objednávky, dodávky, dosažení požadovaného cíle a montáže až po celkové zjednodušení způsobu fungování celé naší společnosti. Zjednodušením v každé fázi výstavby současně přispíváme k úsporám energie.

Firma s pozitivním myšlením

Pozitivní myšlení je hluboce vžitá filozofie, která nás provází vším, co děláme. Věříme, že pozitivní myšlení je základem pro dobré řešení úkolů, před kterými stojíme. Je pro nás proto důležité brát na sebe plnou zodpovědnost za to, co děláme a jak to děláme. Pozitivní myšlení neznamená jenom přinášet zjednodušení a pohodlí našim zákazníkům a uživatelům našich výrobků. Znamená to také trvale myslet v globálních souvislostech. Být si vědom toho, že u nás v Lindab pomáháme vytvořit svět, který bude lepší místo pro život.

Certifikát Eurovent

Systémy kruhového vzduchotechnického potrubí s pryžovým připojovacím těsněním Lindab Safe a Lindab Safe Click (DUCT-MC) jsou podle certifikačního systému Eurovent certifikovány pro pevnost a třídu těsnosti D. Průběžnou platnost certifikátu Eurovent lze ověřit na webové stránce: www.eurovent-certification.com



Smyslem certifikace třetí stranou Eurovent je vytvořit společný soubor kritérií pro všechny relevantní parametry, které umožňují hodnocení kvality a technických parametrů výrobků tímto systémem a zajištění trvalého dosahování sledovaných parametrů v čase.

Zařazení výrobků Lindab Safe a Lindab Safe Click do systému certifikace usnadňuje práci projektantům a inženýrům, protože již nemusejí provádět časově náročná podrobná porovnávání a zkoumání výkonových parametrů. Projektanti, rozpočtáři i investoři mohou výrobky navrhovat s jistotou, že technické údaje uvedené v katalogu jsou přesné.

Výrobky Lindab, které jsou certifikované podle Euroventu mají v technické dokumentaci uvedeno logo Eurovent.

Poznámka: Většina výrobků z řady Lindab Safe a Lindab Safe Click a další naše nejčastěji používané výrobky pro vzduchotechnické systémy mají v zásadě lepší technické a kvalitativní parametry, než jsou minimální parametry potřebné pro dosažení třídy těsnosti D. Nicméně některé výrobky nejsou jako samostatný výrobek do třídy těsnosti D podle normy EN 15727 zařazeny. Tyto výrobky jsou v technické dokumentaci uváděny jako výrobky třídy těsnosti C a ve vzduchotechnických systémech třídy těsnosti D smějí být používány v omezeném rozsahu.

lindQST - nástroj pro rychlý výběr výrobků Lindab

Nástroj pro rychlý výběr výrobků Lindab *lindQST* je pokročilý webový nástroj, který umožňuje snadné a rychlé vyhledání a výběr našich výrobků z oblastí vzduchotechniky a chlazení. Díky *lindQST* je kompletní technická dokumentace trvale dostupná přímo na našich webových stránkách. To znamená, že projektanti, architekti i prováděcí firmy mají kdykoliv přístup k aktuálním informacím, návodům a vyobrazením jednotlivých výrobků. *lindQST* je unikátní on-line nástroj, jehož součástí je také modul Indoor Climate Designer, který umožňuje provádět simulace vnitřního prostředí v místnostech, udržovat si přehled o postupu práce na Vašich projektech a sdílet informace s Vašimi obchodními partnery.

lindQST je nástroj, díky kterému si snadno najdete cestu k materiálům a produktům Lindab a který usnadňuje a urychluje každodenní práci. Všechny informace jsou na dosah a stačí pouze kliknout myší.



Rozměry

Rozměrové řady výrobků, velikosti, barvy, technologické postupy při výrobě a způsob montáže výrobků uvedené v tomto katalogu je třeba chápat jako rámcové údaje a v některých případech mohou být odlišné.

Označení rozměrů a příklady

Uvedená označení rozměrových údajů vzduchotechnického potrubí a tvarovek jsou převzata z norem CEN (Evropský výbor pro standardizaci).

Délkové údaje jsou uváděny v milimetrech (mm).

Úhly jsou uváděny ve stupních.

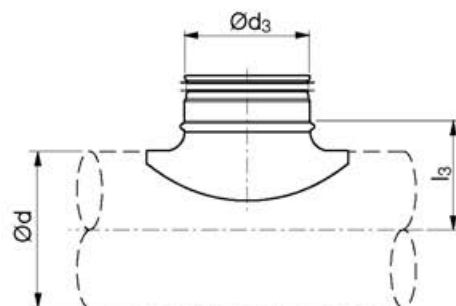
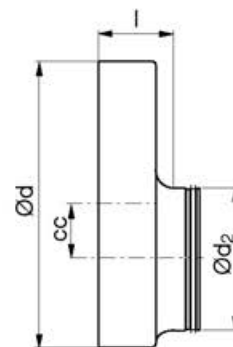
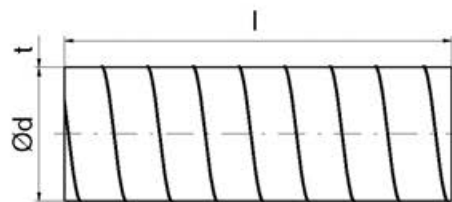
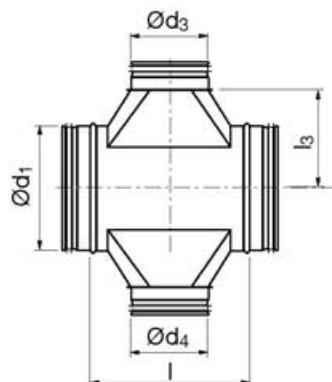
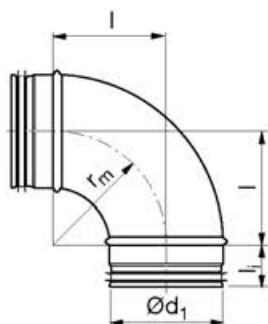
Tvarovky o průměru $\varnothing d_1 - \varnothing d_4$ jdou zasunout do potrubí a tvarovek o průměru $\varnothing d$.

Rozměry potrubí a vnitřní průměr..... $\varnothing d$

Rozměry spojovacích hrdel..... $\varnothing d_1, \varnothing d_2, \varnothing d_3, \varnothing d_4$

Tloušťka plechu..... t

Instalační délka..... l, l_1, l_2, l_3



Poloměr oblouku..... r_m

Délka zasunuté části hrdla..... l_i

Excentricita..... cc

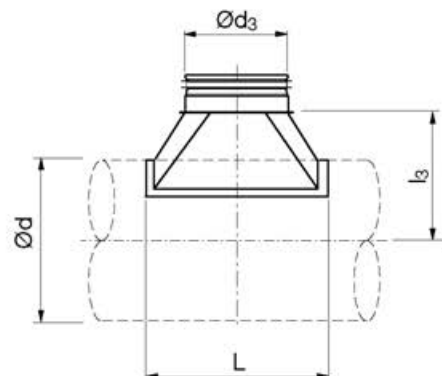
Délka tvarovky..... L

Obvod..... O

Průřezová plocha..... A_c

Hmotnost..... m

Lineární hmotnost..... m_l



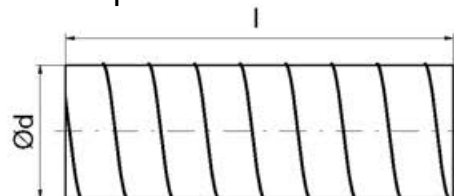
Tolerance

Rozměry výrobků uvedené v tabulce se v zásadě týkají naší „základní“ řady výrobků zhotovených nejčastěji z pozinkovaného ocelového plechu. Uvedené rozměry nelze bez ověření považovat za platné pro jakýkoliv výrobek, například flexibilní vzduchotechnické potrubí.

Standardní rozměry tvarovek a potrubí jsou zvýrazněny tučným písmem.

Atypické rozměry jsou v tabulce méně výrazným, normálním písmem.

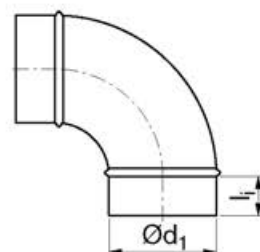
Přímé potrubí



Podle normy EN1506

Jmenovitý Ød	Rozsah tolerance	
63	63,0	63,5
80	80,0	80,5
100	100,0	100,5
112	112,0	112,5
125	125,0	125,5
140	140,0	140,6
150	150,0	150,6
160	160,0	160,6
180	180,0	180,7
200	200,0	200,7
224	224,0	224,8
250	250,0	250,8
280	280,0	280,9
300	300,0	300,9
315	315,0	315,9
355	355,0	356,0
400	400,0	401,0
450	450,0	451,1
500	500,0	501,1
560	560,0	561,2
600	600,0	601,2
630	630,0	631,2
710	710,0	711,5
800	800,0	801,6
900	900,0	902,0
1000	1000,0	1002,0
1120	1120,0	1122,5
1250	1250,0	1252,5
1400	1400,0	1402,8
1500	1500,0	1502,9
1600	1600,0	1603,1

Tvarovky



Podle normy EN1506

Jmenovitý průměr Ød ₁ , d ₂ , d ₃ , d ₄	Rozsah tolerance		Jmenovitá délka l _i
63	61,8	62,3	40
80	78,8	79,3	40
100	98,8	99,3	40
112	110,8	111,3	40
125	123,8	124,3	40
140	138,7	139,3	40
150	148,7	149,3	40
160	158,7	159,3	40
180	178,6	179,3	40
200	198,6	199,3	40
224	222,5	223,3	40
250	248,5	249,3	60
280	278,4	279,3	60
300	298,4	299,3	60
315	313,4	314,3	60
355	353,3	354,3	60
400	398,3	399,3	80
450	448,2	449,3	80
500	498,2	499,3	80
560	558,1	559,3	80
600	598,1	599,3	80
630	628,1	629,3	80
710	708,0	709,3	100
800	798,0	799,3	100
900	897,9	899,3	100
1000	997,9	999,3	120
1120	1117,8	1119,3	120
1250	1247,8	1249,3	120
1400	1397,3	1398,8	150
1500	1496,9	1498,5	150
1600	1596,5	1598,2	150

Délka

l, l ₁ , l ₃ atd.	Tolerance
0–15	+0 -2
16–100	+0 -5
101–	+0 -10
L	±5

Úhel

a	Tolerance
	±2°

Hmotnost

± 10%

Tloušťka plechu

V souladu s normou EN 10143.

Materiály

Třídy korozivity prostředí podle normy ISO 12944-2 s příklady výskytu prostředí

Třída korozivity	Korozivita	Typické příklady prostředí (pouze informativní výčet)	
		Exteriér	Interiér
C1	Velmi nízká	-	Vytápěné budovy s čistou atmosférou, například kanceláře, obchody, školy, hotely.
C2	Nízká	Atmosféry s nízkou úrovní znečištění: převážně venkovské oblasti.	Nevytápěné budovy, ve kterých může docházet ke kondenzaci vody, například sklady, sportovní haly.
C3	Střední	Městské a průmyslové atmosféry, střední znečištění kyslíkem siričným, pobřežní oblasti s nízkou slaností.	Výrobní prostory s vysokou vlhkostí a určitým znečištěním vzduchu, například potravinářské provozy, prádelny, pivovary, mlékárny.
C4	Vysoká	Průmyslové a pobřežní oblasti se střední slaností.	Chemické provozy, plavecké bazény, výletní lodě a přístaviště.
C5	Velmi vysoká	Průmyslové oblasti s vysokou vlhkostí a agresivní atmosférou a pobřežní oblasti s vysokou slaností.	Budovy nebo prostory s téměř trvalou kondenzací vody a vysokou úrovní znečištění.
CX	Extrémní	Mořské mělčiny podél pobřeží s vysokou slaností a průmyslové oblasti s extrémní vlhkostí a agresivní atmosférou a subtropické a tropické atmosféry.	Průmyslové oblasti s extrémní vlhkostí a agresivní atmosférou.

Kvalita plechu a povrchové úpravy

Pozinkování

Tvarovky a potrubí vyráběné v souladu s kvalitativním standardem Lindab Ventilations jsou vyráběny z pozinkovaného ocelového plechu. Základní materiál s mezí kluzu přibližně 200 N/mm² je zároveň pozinkován. Pozinkování je provedeno minimálně v třídě Z 275. Tato povrchová úprava je vhodná pro třídy korozivity prostředí do C3.

Pro standardní výrobní řadu potrubí a tvarovek se používá tento materiál:

Vzduchotechnické potrubí a ručně vyráběné tvarovky jsou zhotoveny z materiálu odpovídající specifikaci EN 10346-DX51DM-A-C.

Lisované tvarovky jsou zhotoveny z materiálu odpovídající specifikaci EN 10346 - DX54D M-B-C.

Nerezová ocel

Nerezová ocel se dělí do dvou tříd.

Nižší třída podle normy EN 1.4301 (AISI 304), vyhovuje požadavkům pro třídu korozivity prostředí C4.

Vyšší třída podle normy EN 1.4404 (AISI 316L), vyhovuje požadavkům pro třídu korozivity prostředí C5.

Některé tvarovky, které jsou standardně vyráběny lisováním jsou v případě zhotovení z nerezové oceli vyráběny ručně a zfalcovány.

Povrchová úprava zinek - magnézium

Povrchová úprava ZM 310 spočívá v nanesení 310 g zinek-magnézia na m² z obou stran ocelového plechu, což vyhovuje požadavkům na třídu korozivity prostředí C5. Některé tvarovky, které jsou standardně vyráběny lisováním jsou v případě zhotovení z ocelového plechu s zinek-magnézium povrchovou úpravou vyráběny ručně a zfalcovány.

Povrchová úprava hliník - zinek

Povrchová úprava AZ 185 spočívá v nanesení 185 g hliník – zinku na m² z obou stran ocelového plechu, což vyhovuje požadavkům na třídu korozivity prostředí C4. Tato povrchová úprava je odolná proti znečištění otisky prstů při výrobě a montáži. Některé tvarovky, které jsou standardně vyráběny lisováním jsou v případě zhotovení z ocelového plechu s zinek-magnézium povrchovou úpravou vyráběny ručně a zfalcovány.

Hliník

Podle ISO/DIS 209-1. Vyhovuje požadavkům na třídu korozivity C4 bez povrchové úpravy. Některé tvarovky, které jsou standardně vyráběny lisováním jsou v případě zhotovení z hliníku vyráběny ručně a zfalcovány.

Materiály

Práškový lak

Vzduchotechnické potrubí a tvarovky vyrobené ze standardního, žárově pozinkovaného ocelového plechu mohou být na vnitřní i vnější straně opatřeny práškovým lakem na bázi směsi epoxidové pryskyřice a polyesteru (PE). Tloušťka lakované vrstvy činí 80 µm.

Lakované výrobky vyhovují požadavkům třídy korozivity prostředí C4. Standardní barvy lakování jsou bílá NCS S0502-Y stupeň lesku 30 a bílá NCS S1002-G stupeň lesku 30. Stupeň lesku je definován podle šedesátistupňové škály Gardner 60°. Na vyžádání lze dodat i jiné barevné odstíny.

POZNÁMKA: u potrubí s průměrem menším než 100 mm činí maximální délka přímého kusu potrubí, na kterém je na vnitřní straně možno aplikovat práškový lak 1,5 m.

Alternativně lze výrobky opatřit práškovým lakem pouze na vnitřní nebo pouze na vnější straně.

Tloušťka vrstvy práškového laku může být alternativně až 200 µm.

Výrobky lakované práškovým lakem na bázi směsi epoxidové pryskyřice a polyesteru často po určité době podléhají v důsledku působení UV záření změně barevnosti. Z tohoto důvodu je třeba výrobky při skladování chránit před slunečním zářením.

Tloušťka povrchové úpravy

Povrchová úprava třídy Z 275 je definována v EN 10346 a znamená aplikaci 275 g zinku na m² z obou stran. Kód Z 275 tedy označuje množství zinku na 1 m² na každé straně ocelového plechu. Tloušťku zinkové vrstvy lze tedy vypočítat jako:

$$\text{Tloušťka zinkové vrstvy} = \frac{\text{hmotnost zinku v kg na m}^2}{\text{počet vrstev} \times \text{objemová hmotnost zinku}}$$

$$= \frac{0,275}{2 \cdot 7140} \cdot 10^6 = 19 \mu\text{m}$$

Tloušťka plechu

Tolerance tloušťky ocelového plechu je stanovena v normě EN 10143. Tloušťka plechu pro každý výrobek Lindab je volena tak, aby měl výrobek dostatečnou pevnost pro namáhání při použití v běžném vzduchotechnickém systému, při manipulaci, nakládání na nákladní automobil a při montáži na stavbě. Při požadavku na vyšší tloušťku plechu se zmenší vnitřní průměr potrubí, což může v některých případech znamenat potřebu dalších úprav.

Galvanická koroze

Pro spuštění mechanismu galvanické koroze jsou vždy potřeba čtyři složky:

- Anoda, tedy méně ušlechtilý materiál
- Katoda, tedy více ušlechtilý materiál
- Galvanické spojení, tedy elektrolyt, což je v podstatě voda obsahující některé soli
- Elektrický kontakt mezi anodou a katodou

Pokud jeden z těchto čtyř komponent chybí, ke galvanické korozi nemůže dojít. Nejčastěji lze galvanické korozi zabránit tím, že se odstraní elektrický kontakt mezi anodou a katodou.

Z hlediska galvanické koroze existuje rozdíl mezi materiály s velkým povrchem (typickým příkladem je vzduchotechnické potrubí) a materiály s malým povrchem (například příruby, závěsy, šrouby).

V tabulce jsou uvedena obecná doporučení pro kombinace materiálů povrchových úprav. Tabulka je myšlena jako nástroj pro orientační volbu materiálů, které se při montáži vzduchotechnických zařízení dostávají do vzájemného kontaktu. Nicméně výskyt galvanické koroze je závislý na výskytu souběhu dalších okolností a parametrů a není tedy možné s jistotou potvrdit, že za určitých okolností bude možno galvanické korozi zamezit či nikoliv.

Tabulka možného výskytu galvanické koroze

		Materiály s malým povrchem					
		Pozinkování	Povrchová úprava hliník - zinek (AZ)	Povrchová úprava zinek - magnézium (ZM)	Nerezová ocel	Hliník	Lakování (pozink + práškový lak)
Materiály s velkým povrchem	Pozinkování	+	+	+	+	+	+
	Povrchová úprava hliník - zinek (AZ)	-	+	-	+	+	+
	Povrchová úprava zinek - magnézium (ZM)	+	-	+	+	-	+
	Nerezová ocel	-	-	-	+	-	+
	Hliník	+	-	-	+	+	+
	Lakování (pozink + práškový lak)	+	+	+	+	+	+

- + při této kombinaci nejsou známy žádné problémy s galvanickou korozi
- kombinaci těchto povrchových úprav je třeba předcházet

Materiály

Teplotní limity pro použití materiálů

V řádcích zvýrazněných šedivou barvou jsou uvedeny standardní provedení výrobků.

Rozměry výrobků uvedené na této stránce se v zásadě týkají naší „základní“ řady výrobků, které jsou vyráběny zejména z pozinkovaného ocelového plechu.

Uvedené rozměry nelze bez dalšího ověření považovat za platné pro jakýkoliv výrobek, například flexibilní vzduchotechnické potrubí.

Výrobek	Materiál / typ	Provoz			
		Trvalý		Přerušovaný	
		Teplotní limit			
		min °C	max °C	min °C	max °C
Lisované s podélným svařovaným švem	Pozinkovaný ocelový plech		200 ¹		250 ²
	Hliníkový plech		200 ³		300
	Nerezový plech		500		700
	Plech s povrchovou úpravou zinek - magnézium		100		150
	Výrobky s povlakem PE/EP		80		100
	Plech s alu-zinkovou povrchovou úpravou		315		
Segmentové, bodově svařované a / nebo s falcovým švem	Akrylový tmel	-40	70		
	Silikonový tmel		150		200
Těsnění safe a těsnění listu klapek	EPDM pryž	-30	100	-50	120
	Silikonová pryž	-70	150	-90	200
Těsnění z pěnové pryže	EPDM pryž	-30	100	-50	120
Těsnění z pěnového plastu	Polyester	-40	70		
Měřicí trysky	Plast		70		
Ložiska hřídele klapky	Polyamid	-30	150	-50	200
	Mosaz		300		
Servopohon klapky	Elektrický	-30	50		
	Pneumatický	-5	60		
Potrubní filtr	Polyester		100		
Hadička pro odvod kondenzátu	Etylen vinyl acetát a polyetylen	-45	65		
Izolace	Skelná vata		200		
	Minerální vlna		700		
	Minerální vlna, kašírovaná		80		
Tlumič	Polyester		130		180

1. Při teplotě kolem 200 °C dochází u pozinkované oceli ke změně barevnosti. Jedná se většinou o estetický problém, který nemá v normálním prostředí negativní vliv na kvalitu protikorozi ochrany.
2. Pokud teplota stoupne na přibližně 300 °C, dochází k porušení přilnavosti zinkové vrstvy k ocelovému plechu a snížení úrovně protikorozi ochrany.
3. Hliníkový plech trvale vystavený teplotě 200 °C po dobu několika let změkne.

Materiály

Odolnost systému Lindab Safe vůči chemickým látkám

Tabulka slouží jako orientační průvodce odolností materiálů použitých v systému vzduchotechnického potrubí Lindab Safe vůči některým chemickým látkám.

Působení látky	Použití	Číselný kód
Téměř bez vlivu	Použití doporučeno	4
Mírné ovlivnění	Za běžných podmínek použitelné	3
Silné ovlivnění	Použitelné pouze za určitých podmínek	2
Škodlivé ovlivnění	Použití není vhodné	1
Informace nejsou k dispozici		—

Látka	Upřesnění	Materiály			Látka	Upřesnění	Materiály		
		Přýž EPDM	Silikonová pryž	Pozinkovaný plech			Přýž EPDM	Silikonová pryž	Pozinkovaný plech
A	Aldehyd kyseliny octové	4	4	4	Sulfid barnatý		4	—	—
	Amid kyseliny octové	4	—	—	Pivo		4	4	4
	Anhydrid kyseliny octové	anhydrid 3	2	4	Výluh řepného cukru		4	—	—
	Kyselina octová	30 % 4	3	4	Benzaldehyd		4	—	—
	Kyselina octová	10 %, 50 °C 2	—	—	Benzen, benzol		1	1	4
	Kyselina octová	25 %, 100 °C 1	—	—	Kyselina benzen sulfonová		—	—	—
	Kyselina octová	50 %, 50 °C 1	—	—	Kyselina benzoová		—	—	—
	Kyselina octová	krystalická 4	3	4	Benzyl alkohol		3	—	—
	Aceton	4	3	4	Benzyl benzoát		3	—	—
	Acetonitril	4	—	—	Benzyl chlorid		—	—	—
	Acetofenon	4	—	—	Černý louh		1	—	—
	Acetylchlorid	—	—	—	Znečištěná voda, odpadní voda		4	3	4
	Acetylen	4	3	4	Vysokopecní plyn		—	—	—
	Acrylonitril	1	—	—	Bélicí roztoky		4	—	—
	Kyselina adipová	—	—	—	Borax		4	3	4
	Vzduch	70 °C 4	—	—	Bordeaux směs		4	—	—
	Vzduch	100 °C 4	—	—	Borová voda		4	4	2
	Vzduch	150 °C 3	—	—	Borová paliva		—	—	—
	Vzduch	200 °C 2	—	—	Brzdová kapalina	rostlinná, 50 °C	4	—	—
	Alkazen	1	—	—	Solanka		4	—	—
	Hliník	4	4	4	Kyselina bromičná		4	1	1
	Octan hlinitý	4	—	—	Bromid	kapalný	—	1	1
	Chlorid hlinitý	4	—	—	Brom	bezvodý	—	—	—
	Fluorid hlinitý	4	—	—	Fluorid bromný		1	—	—
	Dusičnan hlinitý	4	4	2	Bromová voda		—	—	—
	Fosforečnan hlinitý	4	—	—	Brombenzen		1	—	—
	Síran hlinitý	4	—	—	Butadien		2	—	—
	Čpavek	kapalný, bezvodý 4	—	—	Butan		1	4	4
	Plynný čpavek	studený 4	4	3	Butanol, butyl alkohol	50 °C	4	3	4
	Plynný čpavek	horký 3	3	3	Butanol, butyl alkohol	100 °C	—	—	—
	Uhličitán amonný	4	—	—	Máslo	bezvodé, 100 °C	4	—	—
	Chlorid amonný	4	—	—	Máslo		2	—	—
	Hydroxid amonný	4	3	3	Butyl acetát		3	1	4
	Dusičnan amonný	4	3	3	Butyl acetyl ricinoleát		4	—	—
	Persíran amonný	4	—	—	Butyl akrylát		1	—	—
	Fosforečnan amonný	4	—	—	Butyl alkohol		3	—	—
	Síran amonný	4	—	—	Butyl amin		1	—	—
	Amyl acetát	4	1	4	Butyl benzoáte		4	—	—
	Amylalkohol, pentanol	4	—	—	Butyl karbitol		4	—	—
	Amyl boritan	1	—	—	Butyl cellosolv		4	—	—
	Amyl chloronaftalen	1	—	—	Butyl oleát		3	—	—
	Amyl naftalene	1	—	—	Stearan butylnatý		3	—	—
	Anilin	3	—	4	Butylaldehyd		3	—	—
	Anilínové barvivo	3	—	4	Butylen		1	—	—
	Anilín hydrochlorid	3	—	—	C	Octan vápenatý	4	—	—
	Zvířecí tuky	3	3	4		Hydrogensířičitan vápenatý	1	—	—
	Ansuléter	2	—	—		Chlorid vápenatý	4	—	—
	Lučavka královská	2	—	—		Hydroxid vápenatý	4	—	—
	Arochlor	2	—	—		Chloman vápenatý	4	—	—
	Kyselina arseničná	4	4	3		Dusičnan vápenatý	4	3	3
	Chlorid arsenitý	—	—	—		Sulfid vápenatý	4	—	—
	Asfalt	1	1	1		Nápoje z třtinového cukru	4	—	—
	Astm olej	Č. 1 1	—	—		Karbamát	3	—	—
	Astm olej	Č. 2 1	—	—		Karbitol	3	—	—
B	Astm olej	Č. 3 1	—	—		Kyselina karbonová, fenol	3	—	—
	Chlorid barnatý	4	—	—		Kyselina uhličitá	4	—	—
	Hydroxid barnatý	4	—	—		Hydrogen síran uhličitý	1	—	—
	Síran barnatý	4	4	3		Kyslíčník uhličitý	3	—	—

Materiály

Látka	Upřesnění	Materiály			Látka	Upřesnění	Materiály		
		Přůž EPDM	Silikonová průž	Pozinkovaný plech			Přůž EPDM	Silikonová průž	Pozinkovaný plech
Kysličník uhelnatý		4			Diisopropylketon		4		
Tetrachlor metan		1	-	-	Dilutin, lakový benzín		1	1	4
Ricinový olej		3	-	-	Dimetylanilin		3	-	-
Cellosol acetát		3	-	4	Dimetylformamid		3	-	-
Cellosol, etylen glykol		3	-	4	Dimethylftalát		3	-	-
Chlór	suchý	2	-	1	Dinitrotoluen		1	-	-
Chlór	mokvý	2	-	1	Diocetylftalát		3	-	-
Kysličník chloričitý		2	-	-	Diocetylsebakát		3	-	-
Fluorid chloritý		1	-	-	Dioxalan		3	-	-
Chloro 1-nitroetan		1	-	-	Dioxan		3	-	-
Kyselina chloroctová		3	-	-	Dipenten		1	-	-
Chloracetone		4	-	-	Kysličníky difenylu		4	-	-
Kyselina chloroacetanová		3	-	-	Difenyl, bifenyly		1	-	-
Chlórbenzen		1	-	-	Suché čisticí kapaliny		1	-	-
Chlórbrómometan		3	-	-	E Epichlórohydrin		3	-	-
Chlórbutadien		1	-	-	Etane		1	-	4
Chlórododecane		1	-	-	Etanolamin		3	-	-
Chlóroform		1	-	-	Etylacetát		3	2	4
Chlórnafthalen		1	-	-	Etylacetatoacetát		3	-	-
Chlóropren		1	-	-	Etylakrylát		3	-	-
Kyselina chlórósulfonová		1	1	1	Etylalkohol		4	4	4
Chlórotoluen		1	-	-	Etylbenzen		1	-	-
Chromovací roztoky		1	-	-	Etylbenzoát		3	-	-
Kyselina chromitá	10 %, 50 °C	2	2	1	Etylcellosolv		3	-	-
Kyselina chromitá		1	-	-	Etylcelulosa		3	-	-
Kyselina citrónová		4	4	3	Etylchlorid		4	1	-
Chlorid kobaltnatý		4	-	-	Etylchlórokarbonát		-	-	-
Kokosový olej		4	-	-	Etylchlóroformát		-	-	-
Olej z tresčích jater		4	-	-	Etyleter		2	-	4
Koksárenský plyn		1	-	-	Etylformát		3	-	-
Octan měďnatý		4	-	-	Etylglykol, cellosolv		3	-	4
Chlorid měďný		4	4	1	Etylmerkaptan		1	-	-
Kyanid měďný		4	-	-	Etyloxalát		4	-	-
Síran měďný		4	-	-	Etylpentochlorobenzen		1	-	-
Kukuřičný olej		2	-	-	Etylsilikát		4	-	-
Bavlníkový olej		4	-	-	Etylen		-	-	-
Kreozot		1	-	-	Etylenchlorid		2	-	-
Kresol		1	-	-	Etylenchlorohydrin		-	-	-
Kyselina krezylová		1	-	-	Etylendiamin		4	-	-
Kumen		-	-	-	Etylendichlorid		2	-	-
Cyklohexan		1	-	-	Etylenglykol		4	3	4
Cyclohexanol		1	-	-	Etylenoxid		2	-	-
Cyklohexanon		3	-	-	Etylenetrichlorid		2	-	-
D Dekalin		-	-	-	F Mastné kyseliny		1	-	-
Dekan		-	-	-	Chlorid železitý		4	-	-
Denaturovaný alkohol		4	-	-	Dusičnan železitý		4	-	-
Saponátové roztoky		4	4	3	Síran železitý		4	-	-
Kapaliny pro vyvíjení filmů		3	-	4	Rybí olej		-	-	-
Diaceton		4	-	-	Fluoric silicate		4	2	2
Diacetonalkohol		4	-	-	Fluorované cyklické étery		4	-	-
Dibenzyléter		3	-	-	Fluór	kapalný	2	-	-
Dibenzylsebakát		3	-	-	Fluorobenzen		1	-	-
Dibutylamin		1	-	-	Kyselina fluoroborová		4	-	-
Dibutyléter		2	-	-	Fluorouhlikové oleje		4	-	-
Dibutylftalát		4	-	-	Fluorochloroetylen		-	-	-
Dibutylsebakát		3	-	-	Kyselina fluorokřemičitá		-	-	-
Dichlóroisopropyléter		2	-	-	Formaldehyd, formalin	40 %	4	-	4
Dichlorobenzen		1	-	-	Formaldehyd, formalin	40 %, 70 °C	-	-	-
Dicyclohexylamin		1	-	-	Kyselina mravenčí		4	2	-
Motorová nafta		1	2	4	Kyselina mravenčí	70 °C	3	-	3
Motorová nafta, kapalina 101		-	-	-	Freon	11	1	1	4
Dietylbenzen		1	-	-	Freon	12	3	1	4
Dietyléter		1	-	-	Freon	13	4	-	4
Dietylamin		3	-	-	Freon	13 B1	4	-	-
Dietylbenzen		1	-	-	Freon	21	1	-	4
Dietylglykol		4	-	-	Freon	22	4	1	4
Dietylsebakát		3	-	-	Freon	31	4	-	4
Diisobutylene		-	-	-	Freon	32	4	-	4
Diisopropylbenzen		1	-	-	Freon	112	1	-	4
Diisopropyléter		1	-	-	Freon	113	1	1	4

Materiály

Materiály					Materiály				
Látka	Upřesnění	Přyz EPDM	Silikonová pryž	Pozinkovaný plech	Látka	Upřesnění	Přyz EPDM	Silikonová pryž	Pozinkovaný plech
Freon	114	4	1	4	Florid jodičný		1		
Freon	114 B2	1	-	-	Jodoform		4	-	-
Freon	115	4	-	4	Soli železa	neoxidační	4	3	3
Freon	142 b	4	-	-	Isoamyl alkohol		4	-	-
Freon	152 a	4	-	-	Isobutyl alkohol		4	-	-
Freon	218	4	-	-	Isoforon		4	-	-
Freon	502	-	-	-	Isooctan, palivo A		1	-	-
Freon	BF	-	-	-	Isooctan/toulen, palivo B a C		-	-	-
Freon	C 316	4	-	-	Isopropylacetát		4	-	-
Freon	C 318	4	-	-	Isopropylalkohol		4	-	-
Freon	MF	-	-	-	Isopropylchlorid		1	-	-
Freon	TA	4	-	-	Isopropyléter		1	-	-
Freon	TC	3	-	-	Isopropylnitrát		3	-	-
Freon	TF	1	-	-	K Petrolej		1	-	-
Freon	TMC	3	-	-	L Laková ředila		1	-	-
Freon	T-P35	4	-	-	Laky		1	-	-
Freon	T-WD 602	3	-	-	Kyselina mléčná		4	4	4
Palivo B 70 %	30 % toluen	1	-	-	Vepřové sádlo		1	-	-
Palivo C 50 %	50 % toluen	1	-	-	Levandulový olej		1	-	-
Topný olej, zásobníkový olej, naftový olej		1	-	-	Octan olovnatý		4	-	-
Topný olej, zásobníkový olej, naft. olej 70 °C		1	-	-	Dusičnan olovnatý		4	2	2
Kyselina fumarová		-	-	-	Sulfamát olovnatý		4	-	-
Furan, furfuran		2	-	4	Vápenatě bělidlo		4	-	-
Furfural		3	-	4	Polysulfid vápenatý		4	-	-
G Kyselina galová		3	-	-	Kyselina linoleová		1	-	-
Gasohol	50 % toluen				Lněný olej		3	4	4
	30 % isooktan				Tekutá močůvka		4	3	3
	20 % metanol	1	-	-	Mazací oleje (Petroleum)		1	1	4
Benzín		1	-	-	Louh		4	-	-
Želatina		4	-	-	M Chlorid hořečnatý		4	4	3
Glauberova sůl		3	-	-	Hydroxid hořečnatý		4	-	-
Glukóza		4	4	4	Síran hořečnatý		4	-	-
Glycerin		4	4	4	Kyselina maleinová		2	-	-
Glycerol, glycerin		4	-	-	Maleinanhydrid		2	-	-
Glycolmonoethyléter, cellosolv		3	-	-	Kyselina jablečná		1	-	-
Glycolmonoethyléteracetát, cellosolvacetát		4	-	-	Manganové soli	neoxidační	4	4	3
Glycolmonoethyléterbutyl, butylcellosolv		4	-	-	Chlorid rtuťnatý		4	-	-
Glykoly		4	-	-	Rtuť		4	4	4
Zelený výtažek		4	3	2	Soli rtuti	neoxidační	4	4	3
H Halový voskový olej		1	-	-	Mesityloxid		3	-	-
Topný olej		1	2	4	Metakrylacidmetylester	125 °C	3	-	-
Heptan		1	-	-	Metan		1	-	-
Hexachlorobutadien		1	-	-	Metylacetát		3	-	-
Hexaldehyd		4	-	-	Metylakrylát		3	-	-
Hexan		1	-	-	Metylalkohol, metanol, dřevo		4	4	4
Hexen		1	-	-	Methylbromid		-	-	-
Hexylalkohol, hexanol		2	-	-	Metylbutyl keton		4	-	-
Hydraulický olej na minerální bázi		1	3	4	Metylcellosolv		3	-	-
Hydraulický olej na bázi fosfát esteru		4	4	4	Metylchlorid		2	1	4
Hydrazin		4	-	-	Metylcyclopentan		1	-	-
Kyselina solná ředěná		4	1	-	Metyletylketon, MEK		4	-	4
Kyselina solná 37%		4	1	2	Metylformat		3	-	-
Kyselina solná 37%, 70 °C		2	1	-	Metylglykolacetát	50 °C	-	-	-
Kyselina solná 10%, 100 °C		1	-	-	Metylisobutylketon		3	2	4
Kyselina kyanovodíková		4	-	-	Metylisopropylketon		3	2	4
Kyselina fluorovodíková bezvodá		2	-	-	Metylmetakrylát		1	-	-
Kys.fluorovodíková koncentrovaná, studená		3	1	2	Metyleoleát		3	-	-
Kys. fluorovodíková koncentrovaná, horká		1	1	1	Metylsalicylát		3	-	-
Kys. křemičito-fluorovodíková		4	1	2	Metylakrylikacid		3	-	-
Plynný vodík		4	4	4	Metylchlorid		1	1	4
Peroxid vodíku 3%		4	4	4	Metylendichlorid		2	-	-
Peroxid vodíku 30%, 20 °C		4	4	4	Mléko		4	4	4
Peroxid vodíku 90%, 20 °C		2	4	4	Mineralní olej		1	-	-
Sirovodík dry		4	4	3	Monobromobenzen		-	-	-
Sirovodík pára		4	2	-	Monochlorobenzen		1	-	-
Hy Sirovodík pára, horká		3	1	-	Monoetanolamin		3	-	-
Hydrochinon		-	-	-	Monometylanilin		-	-	-
Kyselina chlorná		3	-	-	Monometyléter		4	-	-
I Jód		-	-	3	Monovinylacetylen		4	-	-
					Hořčičný plyn		4	-	-

Materiály

Látka	Upřesnění	Materiály		
		Přůž EPDM	Silikonová pryž	Pozinkovaný plech
N Nafta		1		
Naftalen		1	-	-
Naphtenic acid		1	-	-
Zemní plyn		1	4	4
Niklacetát		4	-	-
Chlorid nikelnatý		4	-	-
Síran nikelnatý		4	-	-
Kyselina dusičná	20%	4	-	2
Kyselina dusičná	20%, 50 °C	3	1	-
Kyselina dusičná	40%, 50 °C	3	1	-
Kyselina dusičná	50%, 50 °C	2	1	-
Kyselina dusičná	60%	2	1	-
Kyselina dusičná	70%	1	1	-
Kyselina dusičná	červeně dýmavá	1	1	-
Nitrobenzen		3	1	4
Nitrobenzín		2	-	-
Nitroetan		3	-	-
Dusík		4	4	4
Dusík		4	-	-
Oxid dusičný		2	-	-
Oxid dusičný		2	-	-
Nitrometan		3	-	-
Nitropropan		4	-	-
Dusité plyny		2	2	4
O Oktachlorotoluen		1	-	-
Oktadecan		1	-	-
Oktan		1	-	-
Oktanol		4	-	-
Octyl alkohol		4	-	-
Kyselina olejová		3	-	4
Oleum spirits		-	-	-
Olivový olej		3	3	4
Kyselina šťavelová		4	3	1
Oxidační roztok soli (KMnO ₄)25%, 70 °C		1	-	-
Kyslík	studený	4	4	4
Kyslík	90-200 °C	1	-	-
Ozón		4	4	2
P Kyselina palmitová		3	-	4
Parafín, kerosin		1	1	4
p-cymén		1	-	-
Arašídový olej		2	-	-
Pentanol, amylalkohol		4	-	-
Kyselina chloristá		3	1	1
Perchloroetylen		1	3	4
Petrolejová olej		1	1	4
Petrolej, petrol		1	1	4
Felyn hydrazin		2	-	-
Fenol		3	2	2
Fenyletyléter		1	-	-
Fenylhydrazin		3	-	-
Fenylbenzen		1	-	-
Forone		3	-	-
Kyselina fosforečná	20 %	4	-	-
Kyselina fosforečná	45 %	3	1	2
Kyselina fosforečná	85 %	4	1	1
Kyselina fosforečná	60%, 50 °C	4	-	-
Chlorid fosforitý		4	-	-
Kyselina pikrová		3	-	-
Borový olej		1	-	-
Pinen		1	-	-
Piperidin		1	-	-
Pokovovací roztok	chróm	4	-	-
Pokovovací roztok	ostatní	4	3	-
Polyvinylacetát emulze		4	-	-
Octan draselný		4	-	-
Uhličitan draselný		3	-	-
Chlorid draselný		4	-	-
Kyanid měďnat-draselný		4	-	-
Kyanid draselný		4	-	-
Dichromát draselný		4	-	-

Látka	Upřesnění	Materiály		
		Přůž EPDM	Silikonová pryž	Pozinkovaný plech
Hydroxid draselný		4	3	2
Chloman draselný	pH 7, pod 10 g/l	4	1	4
Chloman draselný	nad 10 g/l	3	1	4
Dusičnan draselný		4	-	-
Manganistan draselný	25 %, 70 °C	1	-	-
Síran draselný		4	3	4
Generátorový plyn		1	-	-
Propan / butan, LPG		1	1	4
Propylacetát		3	-	-
Propylalkohol, propanol		4	4	4
Propylamin		2	-	-
Propylnitrát, isopropylnitrát		3	-	-
Propylenoxid		3	-	-
Propylen, propen		1	-	-
Pydraul F-9, fosfáteter	80 °C	3	-	-
Pyridin		3	-	-
Kyselina pyroligneová		3	-	-
Pyrol		2	-	-
R Radiace		3	2	4
Řepkový olej, kanolový olej		4	4	4
Řepkový olej, kanolový olej	100 °C	3	-	-
Přiskyřičný olej		1	1	4
S Salmiak		4	-	-
Kysellina salicylová		4	4	4
Slaná voda		4	-	-
Soli (anorganické) a roztoky solí	nasycené, 70 °C	4	-	-
Splašky		3	-	-
Křemičité estery		1	-	-
Silikonová maziva		4	-	-
Silikonové oleje		4	-	-
Dusičnan stříbrný		4	-	-
Hydraulická kapalina Skydrol 500		4	-	-
Hydraulická kapalina Skydrol 7000		4	-	-
Mýdlové roztoky		4	-	-
Bezvodá soda		4	-	-
Octan sodný		4	-	-
Kyselý uhličitán sodný		4	-	-
Hydrogensířičitan sodný		4	-	-
Boritan sodný		4	-	-
Uhličitán sodný	20 %, 100 °C	4	-	-
Chlorid sodný		4	-	-
Kyanid sodný		4	-	-
Hydroxid sodný		4	-	-
Louh sodný		4	2	1
Chloman sodný	max 10 g/l volného chlóru	4	-	4
Chloman sodný	více než 10 g/l volného chlóru	3	-	4
Metafosforečnan sodný		4	-	-
Dusičnan sodný		4	4	3
Perboritan sodný		4	-	-
Peroxid sodný		4	-	-
Fosforečnan sodný		4	-	-
Křemičitan sodný		4	-	-
Síran sodný		4	-	-
Thiosíran sodný		4	-	-
Sojový olej		2	-	-
Chloman cínatý		3	-	-
Pára	pod 150 °C	4	-	-
Pára	nad 150 °C	3	-	-
Kyselina stearová		3	-	-
Styren		1	1	4
Roztok sacharózy		4	4	4
Sírný louh		3	-	-
Síra		4	4	4
Chlorid sírný		1	-	2
Chlorid síratý		-	-	-
Kyslíčnick sířičitý		4	3	3
Fluorid sírový		4	-	-
Kyslíčnick sírový		3	2	2
Kyselina sírová	10 %, 100 °C	4	-	-

Materiály

Látka	Upřesnění	Materiály		
		Př. EPDM	Silikonová pryž	Pozinkovaný plech
Kyselina siřičitá		3	1	3
Kyselina sírová	60 %	4	1	2
Kyselina sírová	60 %, 50 °C	4	1	-
Kyselina sírová	60-75 %, 50 °C	3	1	-
Kyselina sírová	75-80 %, 50 °C	2	1	-
Kyselina sírová	85-96 %, 50 °C	1	1	-
Kyselina sírová	dýmavá, oleum	1	1	-
T Kyselina tříslová		4	1	4
Těr	bitumenový	1	2	1
Kyselina vinná		3	-	-
Terpineol		2	-	-
Terciární butylalkohol		3	-	-
Terciární butyl		3	-	-
Terciární butyl		1	-	-
Tetrabromomethane		1	-	-
Tetrabutylitanát		4	-	-
Tetrachlórétan		-	-	-
Tetrachlóretylen		1	-	-
Tetraetylolevo		1	-	-
Tetrahydrofuran, THF		3	-	-
Tetralin		1	-	-
Ředidlo		1	-	-
Thionylchlorid		1	-	-
Chlorid titaničitý		1	-	-
Toluendiisocyanát		4	-	-
Toluen, toluol		1	1	4
Transformátorový olej	chlorovaný uhlovodík	1	1	4
Transformátorový olej	na minerální bázi	1	3	4
Převodový olej		1	-	-
Triacetin		4	-	-
Triarylfosfát		4	-	-
Tributoxyetylfosfát		4	-	-
Tributylmercaptan		1	-	-
Tributylfosfát		4	-	-
Trichlorethan, ředidlo		1	2	4
Kyselina trichloroctová		3	-	-
Trichloretylen		1	-	-
Triresylfosfát		4	-	-
Trietanolamin		3	-	-
Trietylamin		1	-	-
Trietylboran	70 °C	2	-	-
Trinitrotoluen		1	-	-
Trioctylfosfát		4	-	-
Tungový olej		1	-	-
Turbinový olej		1	-	-
Terpentýn		1	1	4
V Rostlinné oleje		3	4	4
Vinylchlorid		3	-	-
W Voda	destilovaná	4	4	4
Voda	čerstvá	4	4	4
Voda	čerstvá a destilovaná, 100 °C	4	2	4
Voda	sůl	4	4	2
Bílý louh		4	3	-
Lakový benzín, dilutin		1	1	4
Víno		4	4	4
X Xylen, xylol		1	1	4
Z Soli zinku	neoxidační	4	4	4

Soustava jednotek SI

Jednotky

V souladu s mezinárodní ustálenou praxí se v technické dokumentaci používá soustava jednotek SI (Système International d' Unités). Společně s jednotkami soustavy SI se v grafech a tabulkách v technických dokumentech mohou objevovat i jiné jednotky fyzikálních veličin.

Některé základní jednotky

Délka	metr	m
Hmotnost	kilogram	kg
Čas	sekunda	s
Elektrický proud	ampér	A
Teplota	kelvin	K

Některé odvozené jednotky

Frekvence	hertz	Hz	1 Hz	= 1/s
Síla	newton	N	1 N	= 1 kg · m/s ²

Jednotky tlaku, energie, výkonu a napětí

Tlak	pascal	Pa	1 Pa	= 1 N/m ²
Energie, práce	joule	J	1 J	= 1 N.m
Výkon	watt	W	1 W	= 1 J/s
Elektrický potenciál	volt	V	1 V	= 1 W/A
Elektrické napětí				

Některé další běžné jednotky

Času	minuta	min	1 min	= 60 s
	hodina	h	1 h	= 3 600 s = 60 min
Rovinného úhlu	stupeň	°	1°	= 1/360 kružnice
Objemu	litr	l	1 l	= 1 000 cm ³ = 1 dm ³

Některé předpony násobků jednotek

Exponent	Název předpony	Označení předpony	Příklad	
10 ¹²	tera	T	1 terajoule	1 TJ
10 ⁹	giga	G	1 gigawatt	1 GW
10 ⁶	mega	M	1 megavolt	1 MV
10 ³	kilo	k	1 kilometr	1 km
10 ²	hecto	h	1 hectogram	1 hg
10 ¹	deca	da	1 decalumen	1 dalm
10 ⁻¹	deci	d	1 decimete	1 dm
10 ⁻²	centi	c	1 centimetr	1 cm
10 ⁻³	milli	m	1 miligram	1 mg
10 ⁻⁶	micro	μ	1 micrometr	1 mm
10 ⁻⁹	nano	n	1 nanohenry	1 nH
10 ⁻¹²	pico	p	1 picofarad	1 pF

Soustava jednotek SI

Koeficienty pro převod jednotek

V tabulkách pro převod jednotek jsou uvedeny v průmyslu často používané jednotky.

Tlak, p

Pa Pascal N/m ²	mm wc mm Aq mm H ₂ O	mm Hg (při 20 °C)	in wg " wg in wc	Psi (g) ibf/in ²	bar
1	0,102	0,007 53	0,004 02	0,000 145	0,000 010 0
9,79	1	0,073 7	0,039 4	0,001 42	0,000 097 9
133	13,6	1	0,534	0,019 3	0,001 33
249	25,4	1,87	1	0,036 1	0,002 49
6 895	704	51,9	27,7	1	0,068 9
100 000	10 215	753	402	14,5	1

Délka, l

in palec	ft stopa	yd yard	m metr	míle
1	0,083 3	0,027 8	0,025 4	0,000 015 8
12,0	1	0,333	0,305	0,000 189
36,0	3,00	1	0,914	0,000 568
39,4	3,28	1,09	1	0,000 621
63 360	5 280	1 760	1 609	1

Plocha, A

in ² čtver. palec	ft ² čtver. stopa	yd ² čtver. yard	ar	ha hektar
1	0,006 94	0,000 772	0,000 645	0,000 000 064 5
144	1	0,111	0,092 9	0,000 009 29
1 296	9,00	1	0,836	0,000 083 6
1 550	10,8	1,20	1	0,000 100
155 000	1 076	120	100	0,010 0
15 500 031	107 639	11 960	10 000	1

Objem, V

in ³ kubický palec	l litr	USgal gallon	UKgal gallon	ft ³ kubická stopa	yd ³ kubický yard	m ³ kubický metr
1	0,016 4	0,004 33	0,003 60	0,000 579	0,000 021 4	0,000 016 4
61,0	1	0,264	0,220	0,035 3	0,001 31	0,001 00
231	3,79	1	0,833	0,134	0,004 95	0,003 79
277	4,55	1,20	1	0,161	0,005 95	0,004 55
1 728	28,3	7,48	6,23	1	0,037 0	0,028 3
46 656	765	202	168	27,0	1	0,765
61 024	1 000	264	220	35,3	1,31	1

Soustava jednotek SI

Rychlost, v

ft/min stop za minutu	km/h	ft/s stop za vteřinu	mile/h mil za hodinu	knot uzel	m/s
1	0,018 3	0,016 7	0,011 4	0,009 87	0,005 08
54,7	1	0,911	0,621	0,540	0,278
60,0	1,10	1	0,682	0,592	0,305
88,0	1,61	1,47	1	0,869	0,447
101	1,85	1,69	1,15	1	0,514
197	3,60	3,28	2,24	1,94	1

Objemový průtok, q

ft ³ /h kubic. stop za hod.	l/min	m ³ /h	Ft ³ /min kubic. stop za minutu	l/s	m ³ /s
1	0,472	0,028 3	0,016 7	0,007 87	0,000 007 87
2,12	1	0,060 0	0,035 3	0,016 7	0,000 016 7
35,3	16,7	1	0,589	0,278	0,000 278
60,0	28,3	1,70	1	0,472	0,000 472
127	60,0	3,60	2,12	1	0,001 00
127 133	60 000	3 600	2 119	1 000	1

Hmotnost, m

oz unce	lb libra	kg kilogram
1	0,062 5	0,028 3
16,0	1	0,454
35,3	2,20	1

Hmotnostní průtok, q_m

lb/min	kg/s
1	0,007 56
132	1

Hustota, ρ

kg/m ³	lb/ft ³	g/cm ³	lb/in ³
1	0,062 4	0,001 00	0,000 036 1
16,0	1	0,016 0	0,000 579
1 000	62,4	1	0,036 1
27 680	1 728	27,7	1

Síla, F

N newton	lbf silová libra	kp kilopond
1	0,225	0,102
4,45	1	0,454
9,81	2,20	1

Soustava jednotek SI

Krouticí moment, M

lbf . in	Nm	lbf . ft	kpm
1	0,113	0,083 3	0,011 5
8,85	1	0,738	0,102
12,0	1,36	1	0,138
86,8	9,81	7,23	1

Energie, práce, E

J joule Nm, Ws	Btu Britská tepelná jednotka	kcal kilokalorie	kWh
1	0,000 948	0,000 239	0,000 000 278
1 055	1	0,252	0,000 293
4 187	3,97	1	0,001 16
3 600 000	3 412	860	1

Výkon, P

Btu/h	W watt Nm/s, J/s	kcal/h	hk metrická koňská síla	hp UK, US koňská síla
1	0,293	0,252	0,000 398	0,000 393
3,41	1	0,860	0,001 36	0,001 34
3,97	1,16	1	0,001 58	0,001 56
2 510	735	632	1	0,986
2 544	746	641	1,01	1

Teplotní rozdíl, změna teploty, ΔT pro K; Δθ pro °C

K kelvin	stupeň °F Fahrenheit	stupeň °C Celsia
1	1,80	1,00
0,556	1	0,556
1,00	1,80	1

Některé důležité teplotní údaje

K	°F	°C	Skupenství
0,00	-460	-273	Absolutní nula
255	0,00	-17,8	Směs chloridu amonného a sněhu
273	32,0	0,00	Bod tání ledu
293	68,0	20,0	Standard atmosférická teplota
311	100	37,8	Normální teplota lidského těla
373	212	100	Bod varu vody

Převody mezi jednotkami teplot

$$^{\circ}\text{C} = (^{\circ}\text{F} - 32) \times 5/9 \quad ^{\circ}\text{C} = \text{K} - 273,15$$

$$^{\circ}\text{F} = ^{\circ}\text{C} \times 9/5 + 32 \quad \text{K} = ^{\circ}\text{C} + 273,15$$

Soustava jednotek SI

Řecká písmena

Řecká písmena se používají v technických a vědeckých textech pro označení fyzikálních veličin. Malé rozdíly ve tvaru psaných písmen jsou tolerovány za předpokladu, že nemůže dojít k záměně za jiné.

Označení	Malé písmeno	Velké písmeno
alfa	α	A
beta	β	B
gamma	γ	Γ
delta	δ	Δ
epsilon	ε	E
zeta	ζ	Z
eta	η	H
teta	θ	Θ
jota	ι	I
kappa	κ	K
lambda	λ	Λ
my	μ	M
ny	ν	N
ksi	ξ	Ξ
omikron	$\omicron$	O
pi	π	Π
ro	ρ	P
sigma	σ	Σ
tau	τ	T
ypsilon	υ	Y
fi	φ	Φ
ki	χ	X
psi	ψ	Ψ
omega	ω	Ω

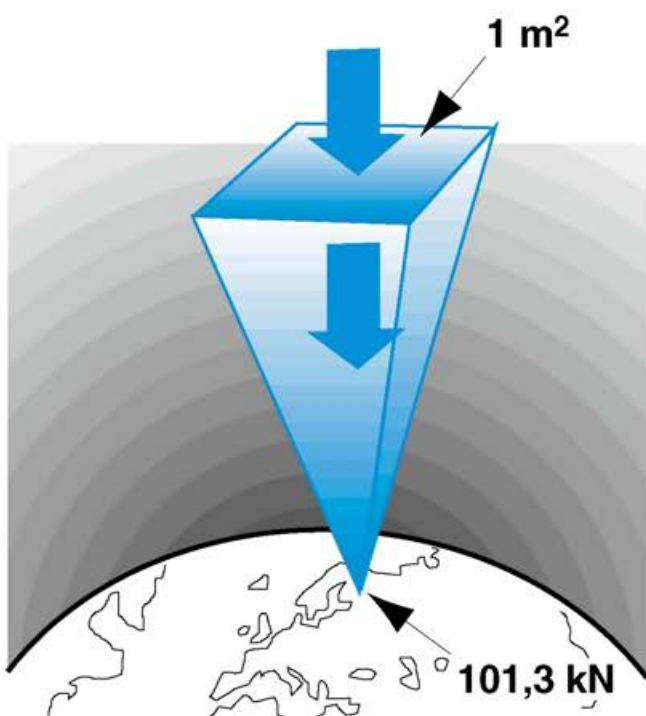
Tlak

Celkový tlak = dynamický tlak + statický tlak

Statický tlak v atmosféře se mění podle meteorologické situace – tlaková výše nebo tlaková níže a s nadmořskou výškou. Standardní atmosférický tlak na úrovni hladiny moře je:

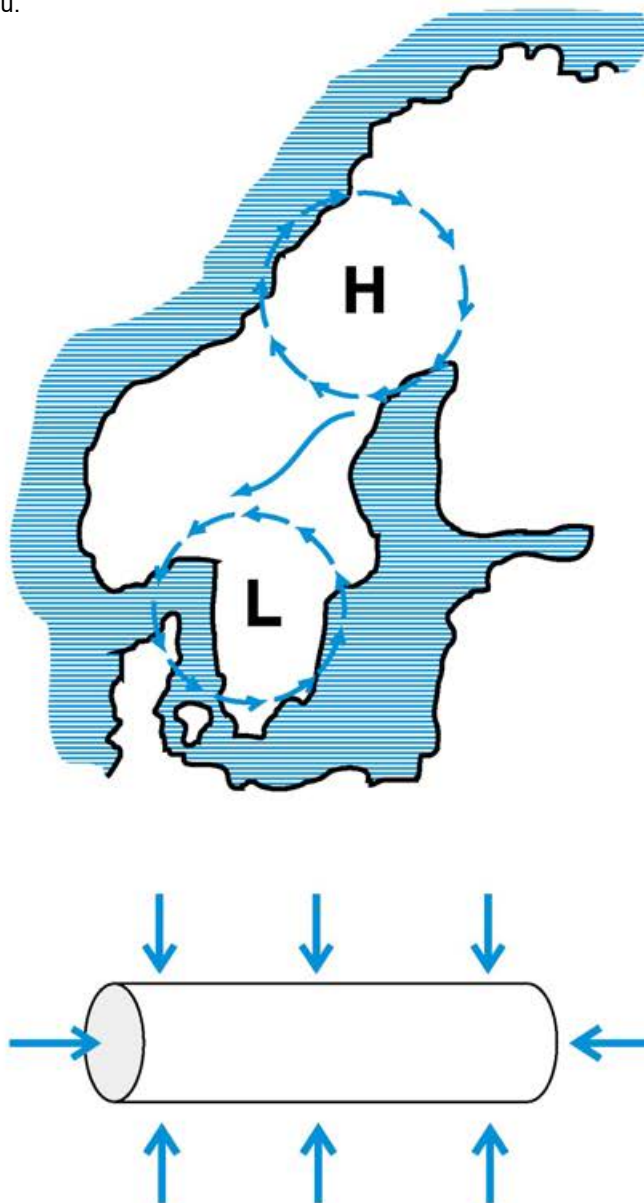
101,3 kPa = 1,013 bar = 1013 mbar

(= 1 atm = 760 mm Hg)



V každém jednotlivém bodě působí statický tlak ze všech stran. To platí také pro vzduchotechnické potrubí.

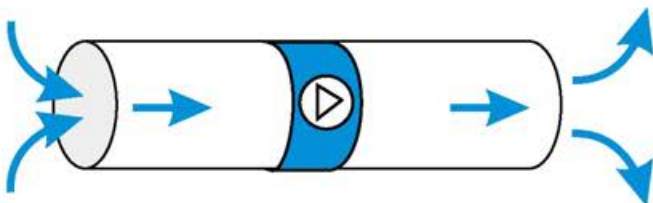
Statický tlak ve vzduchotechnických systémech se vztahuje k atmosférickému tlaku v okolí potrubního systému. Statický tlak ve vzduchotechnickém potrubí může být tedy kladný – vyšší než okolní atmosférický tlak nebo záporný – nižší než okolní atmosférický tlak.



Tlak

Tlaková ztráta

Pokud se v otevřeném potrubním systému vytvoří rozdíl statického tlaku, začne vzduch proudit z místa s vyšším tlakem do místa s nižším tlakem – z atmosféry přes sání ventilátoru do výtlačné strany ventilátoru a přes koncová zařízení pro distribuci vzduchu zpět do atmosféry. Tlakový rozdíl se přemění na kinetickou energii proudícího vzduchu.



Dynamický tlak je míra kinetické energie proudícího vzduchu. Souvislost mezi dynamickým tlakem a kinetickou energií lze snadno vyjádřit pomocí SI jednotek.

$P_a = N/m^2 = Nm/m^3 = J/m^3$ tj. energie (v J) na jednotku objemu (v m^3) proudícího vzduchu.

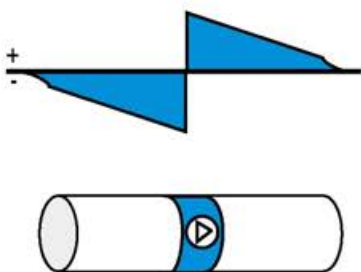
Dynamický tlak se vypočítá podle vzorce:

$$P_d = \rho \cdot \frac{\bar{v}^2}{2} \text{ vyjádřeno v jednotkách SI:}$$

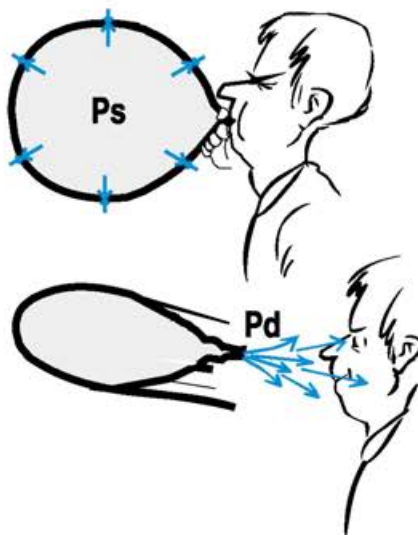
$$\frac{kg}{m^3} \cdot \left(\frac{m}{s}\right)^2 = \frac{kg}{m^3} \cdot \frac{m^2}{s^2} = \frac{kgm}{s^2} \cdot \frac{m}{m^3} = N \cdot \frac{1}{m^2} = \frac{N}{m^2} = Pa$$

Při proudění vzduchu v potrubí vznikají za běžných okolností ztráty třením o stěny přímých kusů potrubí a v místech změny směru potrubí, kde je proudící vzduch nucen měnit směr. Pro udržení dynamického a statického tlaku je nutný tlak (tedy energie). Součet dynamického a statického tlaku se označuje jako celkový tlak.

$$p_t = p_s + p_d$$



Protože na sací straně ventilátoru má p_s vůči atmosférickému tlaku zápornou hodnotu, bude za předpokladu, že je součet p_s a p_d záporný hodnota p_t rovněž záporná.



Tlakové ztráty a úbytek průtoku vzduchu

Ve vzduchotechnickém systému je potřeba udržovat vzduch v pohybu! Upravený vzduch je nutno dopravit do zóny pobytu osob a znehodnocený vzduch je nutno dostat pryč. Pro pohyb vzduchu je nutná energie a tu do systému dodává ventilátor.

Aby mohl vzduch proudit systémem vzduchotechnického potrubí, musí překonávat dva typy odporu nebo tlakových ztrát:

- **Ztráta třením** proudícího vzduchu o stěny vzduchotechnického potrubí
- **Místní ztráty** pokud vzduch mění směr nebo rychlost.

Ztráta třením (rovněž označovaná jako hodnota R) se vyjadřuje v Pa/m.

$$Pa/m \Delta p_f = \frac{\lambda}{d_h} \cdot \rho \cdot \frac{\bar{v}^2}{2}$$

kde

Δp_f = tlaková ztráta třením na běžný metr (Pa/m).

λ = koeficient tření podle materiálu potrubí a jeho drsnosti.

d_h = hydraulický průměr potrubí – průměr kruhového potrubí, které má stejnou tlakovou ztrátu třením při stejné rychlosti proudění vzduchu jako čtverhranné potrubí.

$$d_h = \frac{2 \cdot a \cdot b}{a + b}$$

kde **a** a **b** jsou rozměry stran potrubí.

U kruhového potrubí, $d_h = d$

ρ = objemová hmotnost vzduchu (kg/m^3)

$\bar{v}$ = průměrná rychlost proudění vzduchu (m/s)

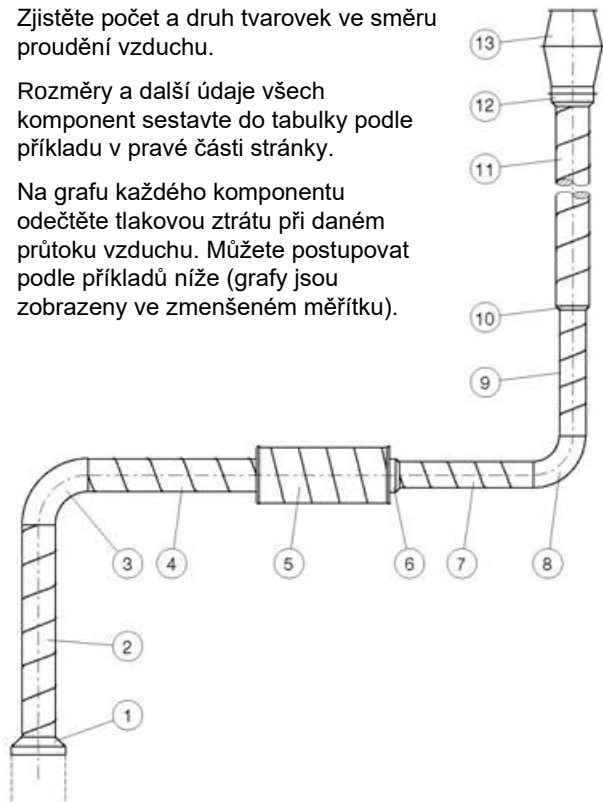
Tlak

Výpočet tlakové ztráty

Potřebný externí tlak ventilátorů

Pojďme spočítat tlakovou ztrátu jednoduchého vzduchotechnického systému!

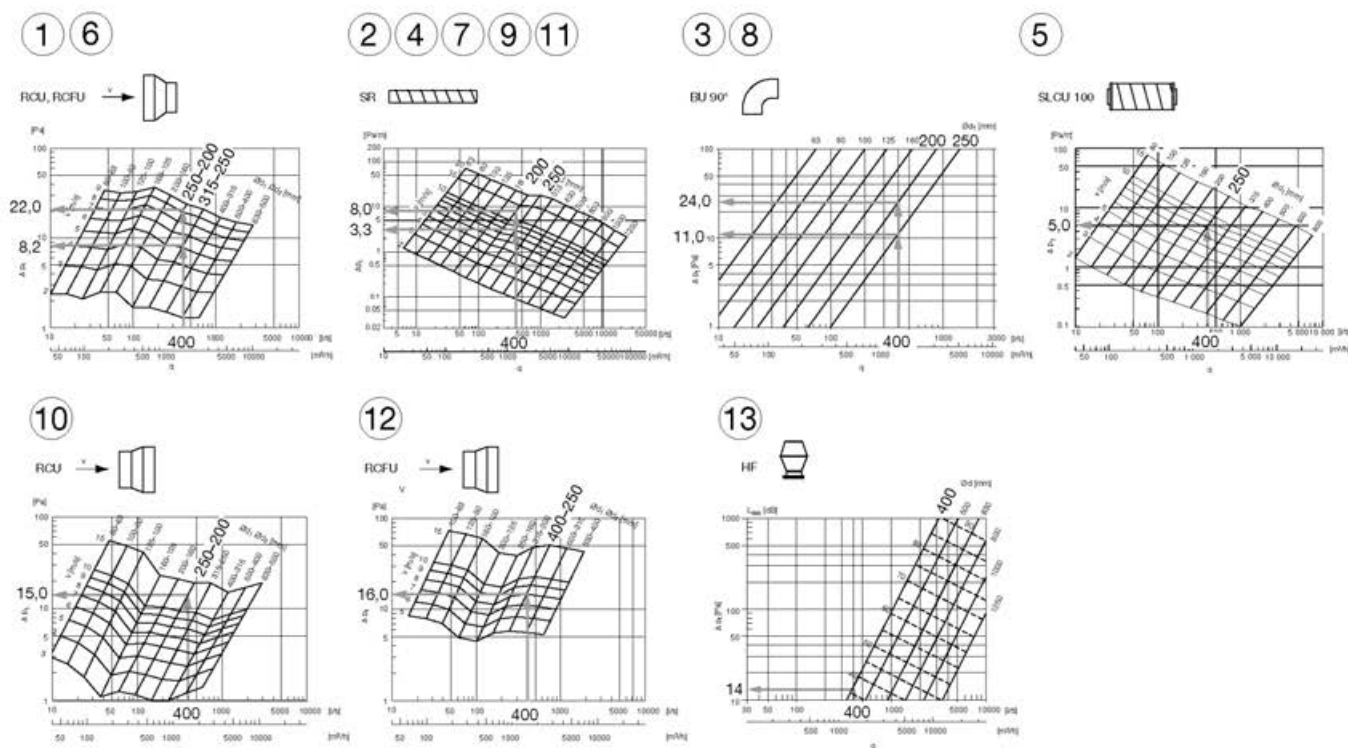
- Zjistíte počet a druh tvarovek ve směru proudění vzduchu.
- Rozměry a další údaje všech komponent sestavte do tabulky podle příkladu v pravé části stránky.
- Na grafu každého komponentu odečtete tlakovou ztrátu při daném průtoku vzduchu. Můžete postupovat podle příkladů níže (grafy jsou zobrazeny ve zmenšeném měřítku).



Číslo	Průtok l/s	Označení komponentu	Rozměr Ø mm	Délka m	Tlaková ztráta Pa/m	Tlaková ztráta Pa
①	400	RCU	315-250	-	-	8,2
②	"	SR	250	2,0	3,3	6,6
③	"	BU 90°	250	-	-	11,0
④	"	SR	250	1,6	3,3	5,3
⑤	"	SLU 100	250/1200	1,2	5,0	6,0
⑥	"	RCFU	250-200	-	-	22,0
⑦	"	SR	200	1,5	8,0	12,0
⑧	"	BU 90°	200	-	-	24,0
⑨	"	SR	200	1,2	8,0	9,6
⑩	"	RCU	250-200	-	-	15,0
⑪	"	SR	250	3,5	3,3	11,6
⑫	"	RCFU	400-250	-	-	16,0
⑬	"	HF	400	-	-	14,0
Celková tlaková ztráta (součet řádků 1 - 13) = 161,3						

Sečtete dílčí tlakové ztráty v pravé části tabulky.

Následně vyberte vhodný ventilátor, který má požadovaný průtok $q = 400$ l/s při externím tlak $p_t = 161$ Pa.



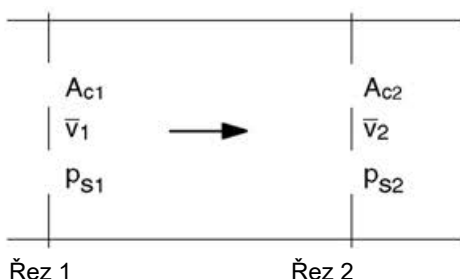
Tlak

Úvodem

Aby bylo možno správně navrhnout vzduchotechnický systém, je třeba znát celkové tlakové ztráty tvarovek a regulačních prvků v systému.

Celková tlaková ztráta Δp_t (Pa) mezi dvěma řezy 1 a 2 ve vzduchotechnickém systému je definována jako

$$p_t = p_{t1} - p_{t2} = (p_{s1} + p_{d1}) - (p_{s2} + p_{d2})$$



$$\text{kde } p_d = \frac{\rho \cdot \bar{v}^2}{2} \text{ a } \bar{v}^2 = \frac{q}{a_c}$$

Výpočty tlakových ztrát ve vzduchotechnických systémech vychází z následujících předpokladů:

- Masa proudícího vzduchu je nestlačitelná, tj. objemová hmotnost vzduchu se nemění.
- Izotermický děj, tj. nedochází k žádnému přestupu tepla mezi stěnou vzt potrubí a okolním prostředím.
- Nedochází k žádným změnám potenciální energie vzduchu, tj. výškové rozdíly mezi jednotlivými částmi vzt potrubí se zanedbávají.

Označení fyzikálních veličin

l	= délka	m (mm)
a	= delší strana potrubí	m (mm)
b	= kratší strana potrubí	m (mm)
r	= poloměr	m (mm)
d	= průměr	m (mm)
d_h	= hydraulický průměr	m (mm)
A_c	= průřezová plocha	m ²
p_A	= atmosférický tlak	mbar
p_s	= statický tlak	Pa
p_d	= dynamický tlak	Pa
p_t	= celkový tlak	Pa
Δp	= tlaková ztráta	Pa
Δp_t	= celková tlaková ztráta	Pa
ϑ	= teplota	°C
$\bar{v}$	= rychlost vzduchu (průměrná)	m/s
q	= průtok vzduchu	m ³ /s
ρ	= objemová hmotnost	kg/m ³
α	= úhel	°
φ	= relativní vlhkost	%
λ	= číslo tření	
R	= koeficient tření	Pa/m
ζ	= odporové číslo	
ν	= kinematická viskozita	m ² /s

V grafu jsou uvedeny celkové tlakové ztráty pro nejběžnější tvarovky vyjádřené jako funkce průtoku vzduchu (nebo v některých případech rychlosti proudění vzduchu).

Výchozí údaje v grafu byly zjištěny měřením anebo vypočteny v naší laboratoři. Některé grafy byly převzaty z literatury.

Údaje v grafech jsou vztaženy pro vzduch za běžných fyzikálních podmínek.

ν	= 15,1 · 10 ⁻⁶ m ² /s
ϑ	= 20 °C
ρ	= 1,2 kg/m ³
φ	= 65 %
p_A	= 1013,2 mbar

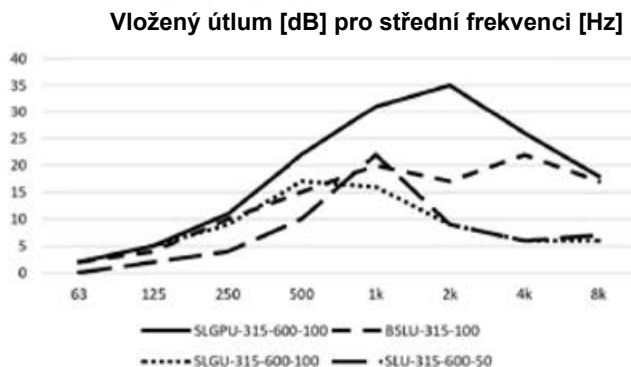
Pro jiné objemové hmotnosti vzduchu ($\rho_{jiná}$) lze průtok vzduchu ($q_{jiná}$ objemová hmotnost) vypočítat pomocí vzorce:

$$q_{jiná} \text{ objemová hmotnost} = q_{graf} \cdot \sqrt{\frac{1,2}{\rho_{jiná}}}$$

Zvuk

Tlumiče hluku

Tlumiče hluku Lindab fungují na principu absorpce zvuku. Schopnost útlumu absorpčních tlumičů je závislá na jejich geometrickém tvaru a na typu zvoleného tlumicího materiálu. Tlumiče hluku se vyrábějí v různých variantách, které se liší svými vlastnostmi. Na níže uvedeném grafu vidíte křivky znázorňující útlumové vlastnosti různých typů vyráběných tlumičů.



Tlumicí materiál a čištění tlumičů

Firma Lindab používá pro tlumiče hluku různé tlumicí materiály podle toho, jaké jsou požadovány útlumové parametry a podle požadovaného způsobu čištění.

Minerální vlna: kamenná nebo skelná vlna je vždy opatřena textilním kašírováním, aby nedocházelo ke strhávání vláken tlumicího média na bázi minerální vlny proudem vzduchu. Všechny tlumiče s tímto typem tlumicího média lze čistit pomocí rotačního nylonového kartáče nebo vysavačem.

Tlumiče vyrobené ze speciální tlumicí vlny Lindtec wool nebo polyesterového tlumicího materiálu Acutec® je možno čistit i vlhkým hadrem. V případě potřeby mechanického čištění lze tlumicí materiál opatřit ochranným perforovaným plechem.

Většina tlumičů hluku s kruhovým připojovacím hrdlem je opatřena ochranným děrovaným plechem nebo ohebnou kovovou mřížkou, které chrání tlumicí materiál před mechanickým poškozením.

Měřicí metody

Tlumiče hluku jsou testovány podle normy ISO 7235 "Akustika – měřicí metody pro tlumiče ve vzduchotechnickém potrubí – vložený útlum, aerodynamický hluk při proudění vzduchu a celková tlaková ztráta".



Zvuk

Vzduchotechnika nesmí být hlučná!

Pokud používáte zdravý rozum a vzduchotechnický systém sestojíte z kvalitních a správně navržených komponent, lze ve většině případů problémům a stížnostem na hluk předejít.

Ventilátory jsou hlučná zařízení – s tím se nedá nic moc dělat. Ale je možné zabránit hluku, aby se šířil potrubím připojeným k ventilátoru dál. Hluk ventilátoru lze na cestě potrubím absorbovat a utlumit.

Tento text si neklade za cíl poskytnout čtenáři podrobný návod na provádění výpočtů a návrhů tlumičů hluku. Za tímto účelem jsou k dispozici specializované publikace.

Zdroj

Vlny na vodní hladině

Na zcela klidnou vodní hladinu hodíme kámen.



Vlnění přenášené vzduchem

Vystřel ze startovací pistole.



V tomto textu se zaměříme na několik základních pravidel a pouček, které společně se zdravým rozumem pro jednoduché případy instalace vzduchotechniky postačí.

Pro výběr správného principu a komponent pro utlumení hluku je třeba mít základní znalosti o tom, jak a kde hluk vzniká, jak se přenáší a jaká je podstata jeho tlumení.

Zvuk se přenáší pomocí vlnění prostřednictvím média, tj. vzduchu, které není vidět. Velmi podobně jako se šíří vlny na vodní hladině s tím rozdílem, že zde je můžeme pozorovat.

Pojďme tuto analogii blíže prozkoumat, aby bylo srovnání jasnější:

Distribuce

Vlny na vodní hladině

Vlny na vodní hladině se šíří ve zvětšujících se koncentrických kruzích ze středu z místa, kde kámen dopadl na hladinu.



Vlnění přenášené vzduchem

Zvukové vlny se šíří ve vzduchu všemi směry v kulových plochách se zvětšujícím se poloměrem. Střed kulových ploch se nachází v místě zdroje hluku - v našem případě startovací pistole.



Zvuk

Přenos energie

Vlny na vodní hladině

Kinetická energie se ve vodě přenáší z jedné molekuly na druhou. Molekuly do sebe přitom vzájemně narážejí, pohybují se tam a zpět a energie se jejich prostřednictvím šíří od zdroje dále po vodní hladině.

Vlnění přenášené vzduchem

Kinetická energie se ve vzduchu přenáší z jedné molekuly na druhou. Molekuly do sebe přitom vzájemně narážejí, pohybují se tam a zpět a energie se jejich prostřednictvím šíří od zdroje dále.



Vzdálenost

Vlny na vodní hladině

Jak se vlny vzdalují od středu, tedy od místa, kde kámen dopadl na vodní hladinu, tak se jejich výška postupně stále snižuje, až nakonec úplně vymizí a vodní hladina je opět klidná.

Vlnění přenášené vzduchem

Jak se zvukové vlny vzdalují od zdroje, v našem případě od startovací pistole, tak se pohyb vln zmenšuje a zvuk je postupně stále slabší až nakonec není slyšet vůbec.



Intenzita

Vlny na vodní hladině

Energie, která odstartovala šíření vln, nebo výkon potřebný k tomu, aby vlnění stále probíhalo, je se zvětšující se vzdáleností, tedy poloměrem, distribuována po stále větší ploše.

Vlnění přenášené vzduchem

Energie, která odstartovala šíření vln, nebo výkon potřebný k tomu, aby vlnění stále probíhalo, je se zvětšující se vzdáleností, tedy poloměrem, distribuována po stále větším objemu.



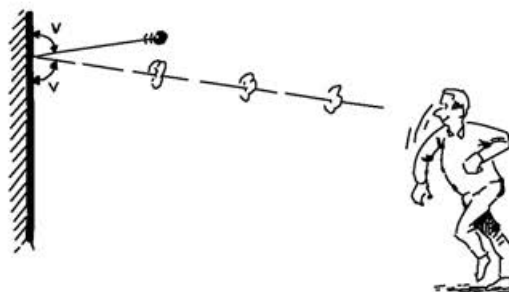
Překážky na cestě

Vlny na vodní hladině

Pokud vlny na vodní hladině narazí na bok lodi nebo přístavního mola, odrazí se zpět ve stejném úhlu v jakém na překážku narazily.

Vlnění přenášené vzduchem

Pokud zvukové vlny ve vzduchu narazí na zeď, odrazí se zpět ve stejném úhlu v jakém na překážku narazily.



Stejně, jako když se hrozený míč odráží od zdi.

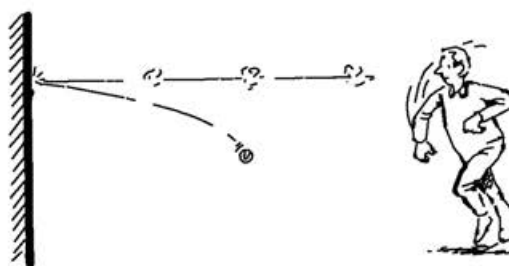
Úbytek energie

Vlny na vodní hladině

Výška odražené vlny je menší, než výška vlny, která do překážky narazila. Část kinetické energie vlny je při srážce s přístavním molem absorbována (a přeměněna na teplo).

Vlnění přenášené vzduchem

Pohyb odražené vlny je menší než pohyb vlny, která do překážky narazila. Část kinetické energie vlny je při srážce se stěnou absorbována (a přeměněna na teplo).



Míč odražený zpět od stěny se pohybuje pomaleji než před nárazem.

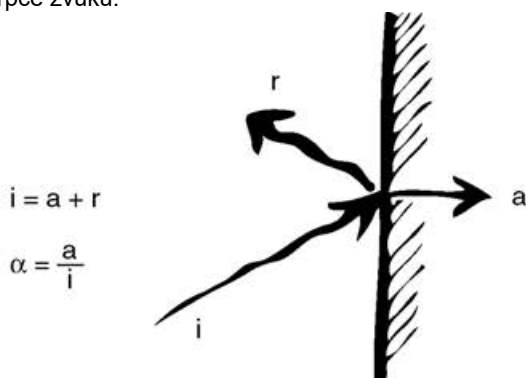
Zvuk

Absorpce zvuku

Když zvukové vlny narazí na měkkou, porézní stěnu (z minerální vlny apod.), tak vibrující molekuly proniknou skrz povrchovou vrstvu stěny a přitom se zpomalují v důsledku tření o jednotlivá vlákna měkkého pohltivého materiálu.

Část takto pohlcené energie se přemění na teplo v pohltivém materiálu a část se odrazí zpět do místnosti. Tento typ útlumu, při kterém je zvuk zpomalován měkkou povrchovou vrstvou se nazývá porézní absorpce.

Schopnost absorpce zvuku se u různých materiálů liší. Tato fyzikální vlastnost materiálu se označuje jako koeficient absorpce zvuku.



Pokud není žádná energie absorbována, tak je všechna odražena. Pak $a = 0$, což znamená, že $\alpha = 0$:

$$i = 0 + r \Rightarrow \alpha = \frac{0}{i} = 0$$

Pokud není žádná energie odražena, tak je všechna absorbována. Pak $r = 0$, což znamená, že $\alpha = 1$:

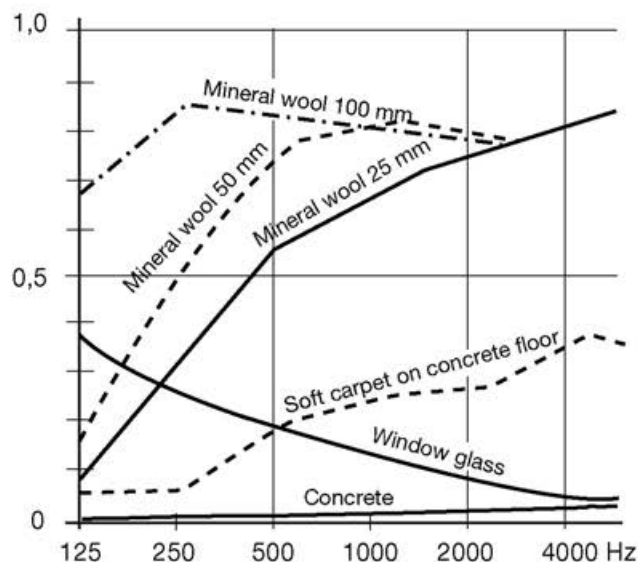
$$i = a + 0 \Rightarrow \alpha = \frac{a}{i} = 1$$

Pro otevřené okno lze uvažovat, že $\alpha = 1$ – veškerý zvuk v místnosti, který dorazí k otevřenému oknu se rozptýlí v exteriéru!

Na tvrdých materiálech jako je beton nebo kamenný mramorový obklad nedochází prakticky k žádné absorpci a veškerá zvuková energie se odrazí - hodnota koeficientu α se tedy blíží nule. V místnostech s tvrdými povrchy se zvuk odráží a trvá dlouhou dobu, než zanikne. Taková místnost má dlouhou dobu dozvuku a má silnou, nepříjemnou odezvu. Hladina hluku způsobená běžným zvukem se zvýší.

V měkkých materiálech, jako jsou silné desky z minerální vlny se děje přesný opak a hodnota α je blízká 1. Někdy jsou dokonce místnosti utlumené nadměrně a jsou pak pro běžné používání nevhodné, protože v nich člověk neslyší ani co sám říká. Podobné extrémy jsou samozřejmě nežádoucí a je třeba jim zabránit – dobu dozvuku v místnosti je nutno zvolit tak, aby byla vhodná pro způsob využití dané místnosti.

Hodnota koeficientu α



Zvuk ve vzduchotechnickém potrubí se pohybuje stejně snadno ve směru i proti směru proudění vzduchu.

Zvuk, který se šíří vzduchotechnickým potrubím lze utlumit několika způsoby. Začneme obyčejným plechem, ze kterého je vzduchotechnické potrubí vyrobeno.

Kovové stěny také absorbují zvuk – i když ne moc

Když zvuková vlna narazí do stěny plechového vzduchotechnického potrubí, začnou stěny potrubí vibrovat ve stejné frekvenci jako zvuk, který do nich narazil.

Tyto vibrace jsou za normálních okolností velmi malé a pouhým okem stěží postřehnutelné (obvykle je možné vibrace vnímat spíše na potrubí dotekem prstů).

Ke stejnému jevu dochází, když se při průjezdu těžkého nákladního automobilu kolem domu rozvibruje okenní tabulka.

Stěna vzduchotechnického potrubí i okenní tabulka fungují jako **membránové tlumiče hluku** – což jsou desky vyrobené tak, aby se při nárazu zvukové energie rozvibrovaly. Při vibračním pohybu však dochází ke tření a je zpomalován v důsledku ohybové pevnosti desky a ve většině případů také tuhostí obvodového spoje po okrajích desky. Stejně jako v předchozím případě tlumičů na bázi pórovitých povrchů se i zde část energie přemění na teplo a zbyváající zvuková energie je tlumena a slábne.

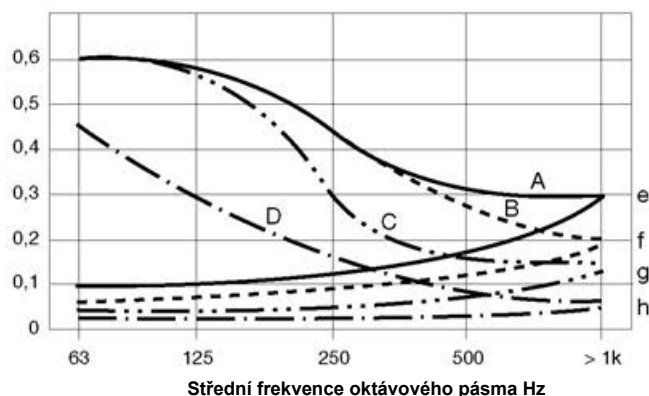
Při stejné průtočné ploše potrubí je kruhové stáčené potrubí se spirálovým falcovaným spojem tužší než čtverhranné a z tohoto důvodu i méně tlumí zvukovou energii.

Na následující stránce je na grafu zobrazen útlum hluku v běžném vzduchotechnickém potrubí bez vnitřní výstelky. Z grafu je zřejmé, že útlum je poměrně nízký. Z tohoto důvodu je při běžných výpočtech útlum hluku v potrubí zanedbáván a uvažuje se s ním jako s malou bezpečnostní rezervou.

Zvuk

Útlum v přímém potrubí z pozinkovaného plechu (tloušťka plechu 1 mm)

Útlum v dB na 1 bm

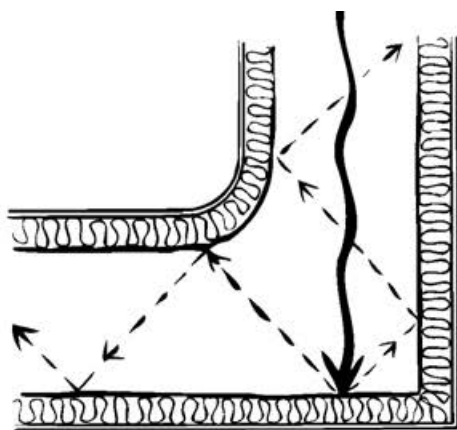


Rozměry potrubí				
Čtverhranné plechové potrubí				
□ 75–200	200–400	400–800	800–1000	
A	B	C	D	
Kruhové plechové potrubí				
Ø75–200	200–400	400–800	800–1600	
e	f	g	h	

Absorpce je účinnější

Útlum hluku je účinnější, když do systému vzduchotechnického potrubí vložíme absorpční materiál. Princip, jakým zde dochází k útlumu hluku byl popsán výše – část zvukové energie je absorbována absorpčním materiálem, do kterého zvuková energie narazí.

Když zvukové vlny narazí do měkkého porézního povrchu dostatečně krát, bude zbývající zvuková energie, tedy jinými slovy kinetická energie, která rozechvívá vaše ušní bubínky, tak malá, že již nebude vnímána jako rušivý hluk!



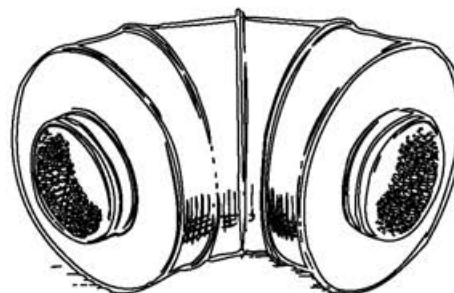
Kde je v potrubí nejlepší místo pro vložení absorpčního materiálu?

Odpověď na tuto otázku je jasná – tam, kde se absorpční materiál dostane do kontaktu s co největším počtem zvukových vln. Zvuk šířící se dlouhým přímým potrubím je v důsledku odrazů směřován k jeho stěnám a proto jsou delší kusy přímého potrubí tím nejlepším místem pro umístění absorpčních materiálů.

Absorpční materiál je méně účinný, pokud je umístěn do oblouků, sacích nebo přetlakových komor nebo i do přímého potrubí bezprostředně za ventilátor či kdekoli jinde, kde je "turbulentní tok zvuku". Čím vícekrát se zvukové vlny od měkkých stěn odrazí, tím vyšší účinnost bude tlumicí materiál mít.



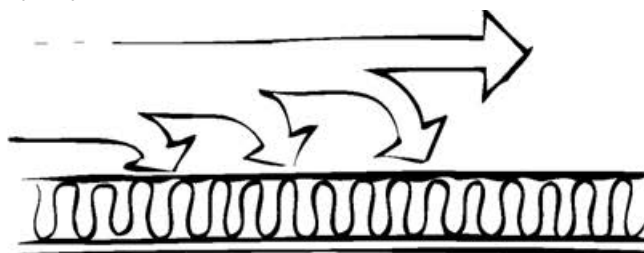
Proč je obloukový tlumič hluku BSLU tak účinný?



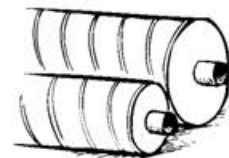
V přímých tlumičích se zvyšuje využití absorpčního materiálu.

K popisu fungování zvukových vln výše v textu je třeba ještě doplnit následující informaci. Když se zvukové vlny pohybují podél porézního povrchu, tak dochází k jejich ohýbání proti stěnám vzduchotechnického potrubí. Tento ohyb zvukových vln se nazývá difrakce.

Zásadou tohoto jevu společně se způsobem, jakým je šíření zvuku mařeno turbulencemi, mají přímé tlumiče vysoký útlum.



Zvuk



Z hodnot útlumu pro tlumiče SLU 50 a SLU 100 je názorně vidět, že hodnota útlumu závisí na několika jednoduchých pravidlech.

Pro útlum nízkých frekvencí (< 500 Hz) je potřeba silnější vrstva materiálu. SLU 100 je proto účinnější než SLU 50.

SLU 50

Ød ₁ nom	l mm	Vložená ztráta [dB] pro střední frekvenci [Hz]							
		63	125	250	500	1k	2k	4k	8k
315	600	0	2	4	10	22	9	6	7
315	900	2	3	7	16	31	13	8	9
315	1200	2	3	8	20	39	16	9	10

SLU 100

Ød ₁ nom	l mm	Vložená ztráta [dB] pro střední frekvenci [Hz]							
		63	125	250	500	1k	2k	4k	8k
315	600	2	5	9	14	12	6	4	5
315	900	3	6	13	20	19	10	6	7
315	1200	4	8	16	27	25	15	9	10

Pro útlum vysokých frekvencí (> 500 Hz) stačí tenčí vrstva absorpčního materiálu. SLU 50 je prakticky stejně účinný jako SLU 100.

SLU 50

Ød ₁ nom	l mm	Vložená ztráta [dB] pro střední frekvenci [Hz]							
		63	125	250	500	1k	2k	4k	8k
315	600	0	2	4	10	22	9	6	7
315	900	2	3	7	16	31	13	8	9
315	1200	2	3	8	20	39	16	9	10

SLU 100

Ød ₁ nom	l mm	Vložená ztráta [dB] pro střední frekvenci [Hz]							
		63	125	250	500	1k	2k	4k	8k
315	600	2	5	9	14	12	6	4	5
315	900	3	6	13	20	19	10	6	7
315	1200	4	8	16	27	25	15	9	10

Čím delší cestu musí zvuk urazit podél povrchu absorpčního materiálu, tím vyšší je útlum. Dlouhé tlumiče mají vyšší útlum než krátké. SLU délky l = 600 utlumí více, než SLU délky l = 300.

SLU 50

Ød ₁ nom	l mm	Vložená ztráta [dB] pro střední frekvenci [Hz]							
		63	125	250	500	1k	2k	4k	8k
315	600	0	2	4	10	22	9	6	7
315	900	2	3	7	16	31	13	8	9
315	1200	2	3	8	20	39	16	9	10

POZNÁMKA:

Útlum tlumiče není jeho délce přímo úměrný. Důvodem je to, že v tlumiči dochází k útlumu zvuku také v místech změny příčného průřezu. Všechny naše tlumiče mají zabudovány vždy dvě změny průřezu a to bez ohledu na jejich délku.

Čím kratší vzdálenost mezi absorpčními povrchy, tím vyšší je útlum. Tlumiče s menším průměrem utlumí více, než velké tlumiče. SLU Ø 200 utlumí více, než SLU Ø 315.

SLU 50

Ød ₁ nom	l mm	Vložená ztráta [dB] pro střední frekvenci [Hz]							
		63	125	250	500	1k	2k	4k	8k
200	600	1	3	8	15	28	19	12	8
200	900	2	4	11	21	37	28	16	10
200	1200	2	5	14	27	46	36	21	13
315	600	0	2	4	10	22	9	6	7
315	900	2	3	7	16	31	13	8	9
315	1200	2	3	8	20	39	16	9	10

Ze stejného důvodu má tlumič se středovým jádrem vyšší útlum, než tlumič stejného průměru bez středového jádra. SLGPU 100 utlumí více, než SLU 100.

SLU 100

Ød ₁ nom	l mm	Vložená ztráta [dB] pro střední frekvenci [Hz]							
		63	125	250	500	1k	2k	4k	8k
315	600	2	5	9	14	12	6	4	5
315	900	3	6	13	20	19	10	6	7
315	1200	4	8	16	27	25	15	9	10

SLGPU 100

Ød ₁ nom	l mm	Vložená ztráta [dB] pro střední frekvenci [Hz]							
		63	125	250	500	1k	2k	4k	8k
315	600	2	5	11	22	31	35	26	18
315	900	3	7	15	29	40	44	34	23
315	1200	3	8	19	36	46	50	39	26

Frekvence zvuku má vliv na výběr tlumiče

Z tabulek je zřejmé, že při tlumení hluku hraje roli také jeho frekvence. Dříve, než se seznámíme s postupem při výběru vhodného tlumiče hluku bude dobré, když si vysvětlíme podstatu frekvence zvuku více dopodrobna.

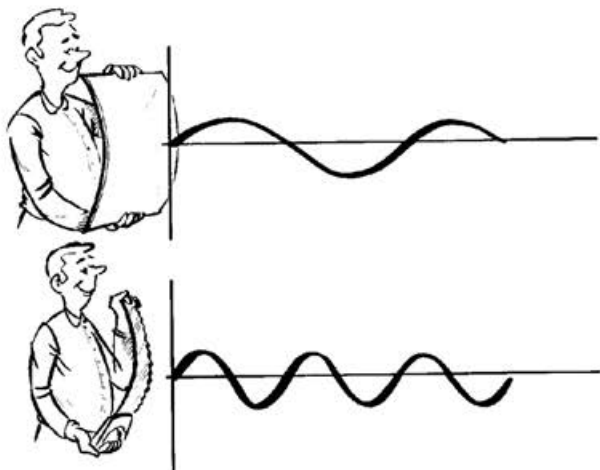
Zdroj zvuku ovlivňuje okolní vzduch a rozechvívá ho. Charakter zvuku závisí na změnách tlaku, ke kterým ve vzduchu při šíření zvuku dochází.

Předpokládejme, že zdrojem zvuku je vibrující deska. Změny tlaku, neboli zvuku budou mít stejnou frekvenci jako je frekvence vibrací desky. Síla zvuku bude záviset na počtu vibrací, které deska udělá, tj. na amplitudě jejího pohybu.

Uvažujme dále takto:

Pokud má zvuk jenom jeden tón o jedné frekvenci, bude se tlak sinusovitě měnit. Zvuk o jednom tónu je označován také jako sinusová vlna.

Zvuk



Veličiny, kterými se popisuje šíření zvuku jsou:

- frekvence (f),
měří se v jednotkách Hertz, Hz, (s^{-1}), (udává, kolikrát za vteřinu dorazí nová zvuková vlna).
- vlnová délka (λ , "lambda"),
měří se v metrech, m, (udává vzdálenost mezi dvěma podobnými body na křivce).

a

- rychlost zvuku (c)
měří se v m/s, (udává rychlost šíření zvukové vlny).

Mezi těmito třemi proměnnými je následující vztah:

$$c = f \cdot \lambda$$

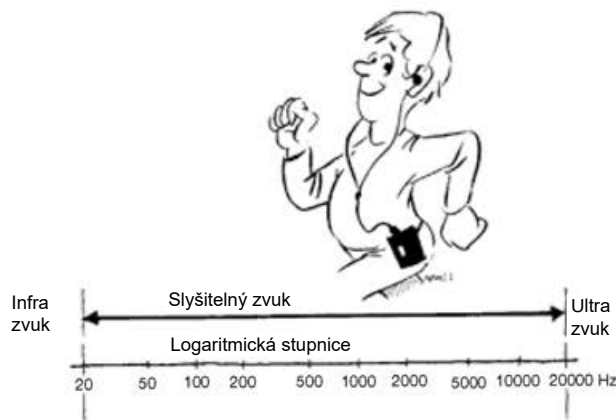
Rychlost zvuku ve vzduchu je rovněž funkcí tlaku a teploty.

Při normálním tlaku vzduchu a teplotě $+20^\circ\text{C}$ je $c \approx 340$ m/s.

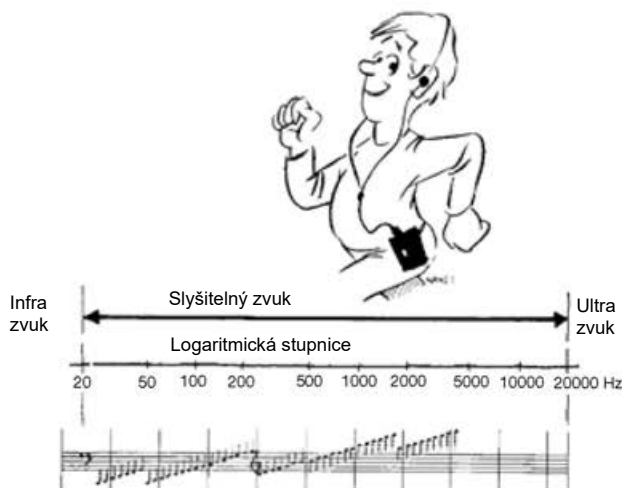
Mladý člověk s normálním sluchem slyší zvuky o frekvencích od 20 do 20 000 Hz, tj. (ve vzduchu) o vlnové délce od 17 m (při 20 Hz) do přibližně 17 mm (při 20 kHz).



Změny frekvence zvuku vnímáme logaritmicky. To znamená, že to, jak je vnímána změna tónu je dáno relativní frekvencí a nikoliv rozdílem frekvencí Hz. Zdvojnásobení frekvence je vnímáno vždy stejně a je přitom jedno, zda se jedná o změnu ze 100 na 200 Hz, z 1000 na 2000 Hz nebo z 10 na 20 kHz.

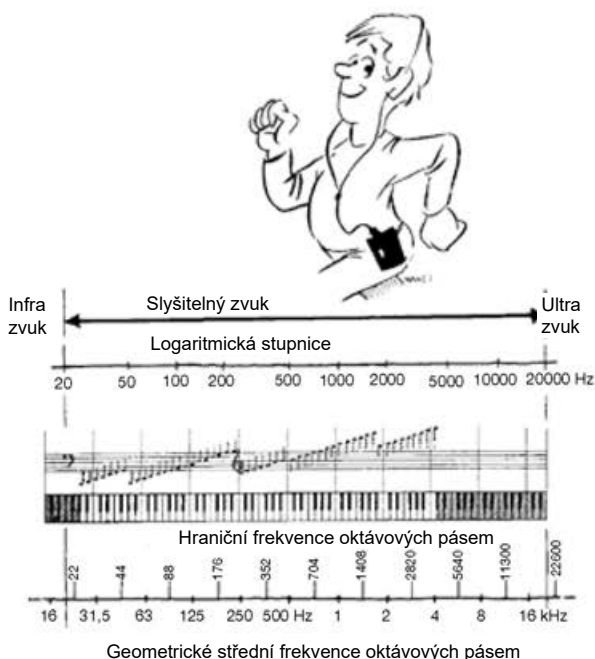


Logaritmická stupnice je obvykle rozdělena do oktáv, tedy do stupnic, kde horní tón má dvojnásobnou frekvenci než spodní tón. Toto rozdělení je v hudbě běžné používané již dlouhou dobu.



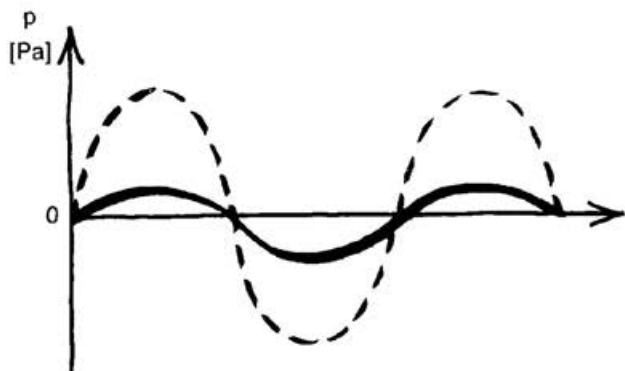
A v inženýrské praxi.

Zvuk



Koncept decibelů

Čím silnější zvuk je, tím silněji do sebe částice vzduchu narážejí.



Akustický tlak ve slyšitelné oblasti se může měnit ve velmi širokých mezích. Některé zvuky jsou tak slabé, že je člověk nedokáže sluchem zachytit. Tak zvaná mez slyšitelnosti se je různá v závislosti na frekvenci. Při frekvenci kolem 1.000 Hz je hodnota **meze slyšitelnosti** 20 mPa.

Jiné zvuky mohou být tak silné, že hrozí poškození sluchu. **Práh bolestivosti** je definován jako akustický tlak, který způsobí bolest uší a je různý v závislosti na frekvenci. Při frekvenci kolem 1.000 Hz je hodnota prahu bolestivosti 20 Pa. To tedy znamená, že hodnota prahu bolestivosti je milionkrát větší, než nejslabší zvuk, který dokáže člověk vnímat.

Člověk vnímá změny akustického tlaku logaritmicky. **Koncept hladiny zvuku**, jehož jednotka jsou **decibely (dB)** byl vytvořen z důvodu nutnosti vyjadřování akustického tlaku pomocí porovnatelných hodnot.

Jednotka **dB**, která se používá v mnoha různých aplikacích je v zásadě definována jako: $10 \cdot \log (X/X_0)$, kde X je měřená jednotka, tj. akustický tlak a X_0 je referenční hladina, která má stejnou jednotku. Poměr mezi X/X_0 je proto bezrozměrný. Pro označení takto definovaných hladin se používá jednotka **dB** (větší než X_0).

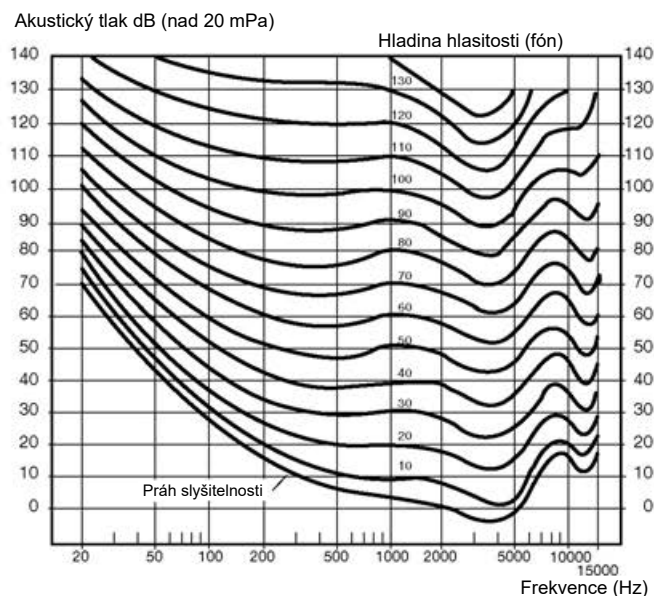
Vnímání zvuku člověkem

Člověk vnímá dva zvuky se stejným akustickým tlakem avšak s různou frekvencí rozdílně.



Křivky, které popisují jak člověk normálně vnímá zvuky různé síly a frekvence byly sestaveny pomocí experimentů subjektivním porovnáváním hladin hlasitosti na velkém množství dobrovolníků. Tyto tak zvané křivky **hladin hlasitosti** jsou definovány jako akustický tlak při frekvenci 1 kHz. Jednotkou hladiny hlasitosti je **fón**.

Křivky hladin hlasitosti

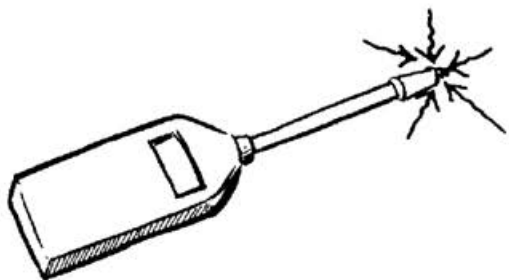


Příklad:

Hladina akustického tlaku 70 dB při frekvenci 50 Hz je normálně vnímána stejně hlasitě jako hladina akustického tlaku 50 dB při 1000 Hz.

Zvuk

Hladiny zvuku



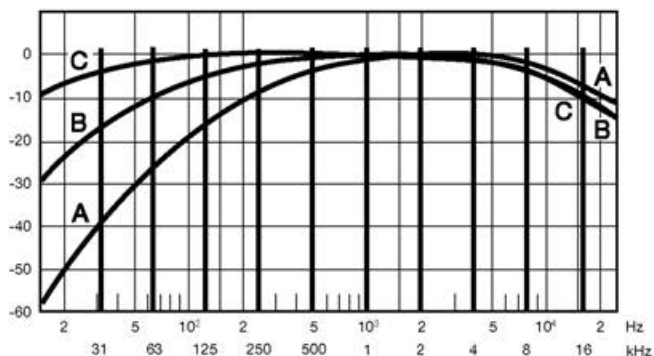
Pro porovnávání diskomfortu způsobeného dvěma různými zvuky se používá několik metod, které modelují vnímání hluku sluchovým orgánem člověka.



Nejjednodušším způsobem je porovnat „vážené“ hladiny zvuku. Přicházející zvuk je filtrován elektronickým filtrem, který redukuje složky zvuku, obvykle nízké frekvence, na které není lidské ucho tak citlivé a naopak posiluje složky na frekvencích mezi 1 a 4 kHz, na které je lidský sluch nejvíce citlivý.

Zvukoměry mají obvykle tři elektronické filtry, a to A, B a C. V současnosti se nejvíce používá filtr A a výsledná „vážená“ **hladina zvuku** je pak vyjádřena v dB (A).

Redukce v elektronických filtrech pro různé frekvence v dB (nad 20 mPa)



Výběr tlumiče hluku

Hlavním zdrojem hluku ve vzduchotechnice jsou ventilátory, avšak rušivý zvuk může být způsoben také nevhodným výběrem regulačních komponent a koncových elementů:

$$L_w = 40 + 10 \cdot \log q + 20 \cdot \log p_t \text{ dB (nad 1 pW)}$$

q = průtok vzduchu (v m^3/s) přes ventilátor

p_t = celkový nárůst tlaku (v Pa) ve ventilátoru

40 = "měrný akustický výkon", který zohledňuje účinnost ventilátoru v jeho pracovním bodě a SI jednotky pro q a p_t .

Hluk generovaný ventilátorem musí být utlumen někde v potrubním systému před koncovým distribučním elementem v místnosti. Částečně dochází k útlumu hluku „přirozeně“ - příklady byly uvedeny v předcházejícím textu. Avšak tento přirozený útlum v mnoha případech nestačí a do systému je potřeba vložit tlumiče hluku. Tlumiče lze vložit buďto do hlavní potrubní větve v blízkosti ventilátoru, aby se hluk utlumlil na jednom místě společně pro všechny odbočky nebo pouze do některých odboček pro utlumení hluku do místností obzvláště citlivých na hluk.

Aby nebyly pobytové místnosti rušeny hlukem ze vzduchotechniky, je třeba vzduchotechnické potrubí navrhovat na nízké rychlosti proudění vzduchu.

- Při určité rychlosti proudění vzduchu vede její zdvojnásobení k nárůstu hladiny hluku o 12 dB.

Nízké rychlosti proudění vzduchu v potrubí rovněž snižují provozní náklady na energie.

- Příkon ventilátoru stoupá s druhou mocninou rychlosti proudění vzduchu.

Na následujícím příkladu si ukážeme jaký tlumič hluku vybrat, když přirozený útlum potrubního systému není dostatečný a do potrubí je třeba vložit tlumič.

Příklad

Potrubí Ø 315



	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k	
Před	X	X	X	X	X	X	X	X	dB
Po	X	X	X	X	X	X	X	X	dB
Rozdíl	2	4	9	19	21	12	7	7	dB

Lindab vyrábí široký sortiment tlumičů hluku s různými technickými parametry a rozměry. Pojďme se podívat, jaké tlumiče by se hodily!

Zvuk

SLU-50	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k
Požadováno	2	4	9	19	21	12	7	7
600	0	2	4	10	22	9	6	7
900	2	3	7	16	31	13	8	9
1200	2	3	8	20	39	16	9	10

←

Toto je nejužší tlumič a pro splnění požadavků je nutno vybrat ten nejdelší - 1200 mm. Odchyłky oproti požadavku v hodnotě 1 dB v pásmu 125 a 250 Hz jsou malé a neznatelné. Toto je jedna z možných alternativ.

SLU-100	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k
Požadováno	2	4	9	19	21	12	7	7
600	2	5	9	14	12	6	4	5
900	3	6	13	20	19	10	6	7
1200	4	8	16	27	25	15	9	10

←

Tento tlumič má silnější vrstvu absorpčního materiálu (100 mm místo 50 mm) a proto má lepší vloženou ztrátu při nižších frekvencích, avšak má větší vnější průměr než tlumič SLU-50. Pro splnění požadavku je třeba vybrat delší tlumič o délce 900 mm. Odchyłky na frekvencích 1 k až 8 k jsou malé a neznatelné. Toto je další z možných alternativ.

SLGPU	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k
Požadováno	2	4	9	19	21	14	7	7
600	2	5	11	22	31	35	26	18
900	3	7	15	29	40	44	34	23
1200	3	8	19	36	46	50	39	26

←

Tento tlumič má stejnou tloušťku absorpčního materiálu jako SLU 100 (100 mm), je však ještě vybaven 100 mm silnou přepážkou, která zvyšuje útlum (současně však také tlakovou ztrátu tlumiče). Pro splnění požadavků s velkou rezervou na všech frekvencích stačí zvolit nejkratší tlumič o délce 600 mm. Toto opět další možná alternativa.

Finální výběr jedné z možných alternativ je dán dalšími úvahami:

- **SLU-50 1200**

pokud je v místě instalace dostatek místa na délku, (avšak případně těsný prostor po stranách).

- **SLU-100 900**

je kratší, avšak potřebuje více místa po stranách.

- **SLGPU600**

Pokud je místo na délku omezeno a pokud není na závadu mírný nárůst tlakové ztráty - například v bočních větvích potrubního systému, kde se musí část tlaku stejně omezovat v místech regulace průtoku vzduchu.

Zvažte, jakou míru bezpečnosti oproti požadovaným hodnotám jednotlivé výpočty nabízejí a vyberte tlumič s odpovídající rezervou. Dodatečná instalace tlumiče je vždy dražší a obtížnější. Jakmile začnou být uživatelé budovy nespokojeni s hlukem, je obtížné přimět je změnit názor i když je problém již technicky vyřešen.



Good Thinking

Ve firmě Lindab je pozitivní myšlení filozofie, která nás provází vším, co děláme. Naší misí je vytvářet zdravé vnitřní prostředí v budovách a zjednodušovat výstavbu udržitelných budov. Dosahujeme toho navrhováním inovativních výrobků a řešení, jejichž používání je snadné a dále tím, že nabízíme udržitelnou dostupnost a logistiku. Pracujeme také na možnostech snižování dopadu naší činnosti na životní prostředí a klima. Toho dokážeme dosáhnout tím, že vyvíjíme výrobní postupy minimalizující spotřebu energie a přírodních zdrojů. Často používáme pro výrobu našich výrobků a systémů ocel. Ocel je materiál umožňující udržitelný rozvoj, protože může být mnohokrát recyklován, aniž by ztrácel svoje vlastnosti. To znamená méně emisí uhlíku, méně zmařené energie.

Zjednodušujeme výstavbu