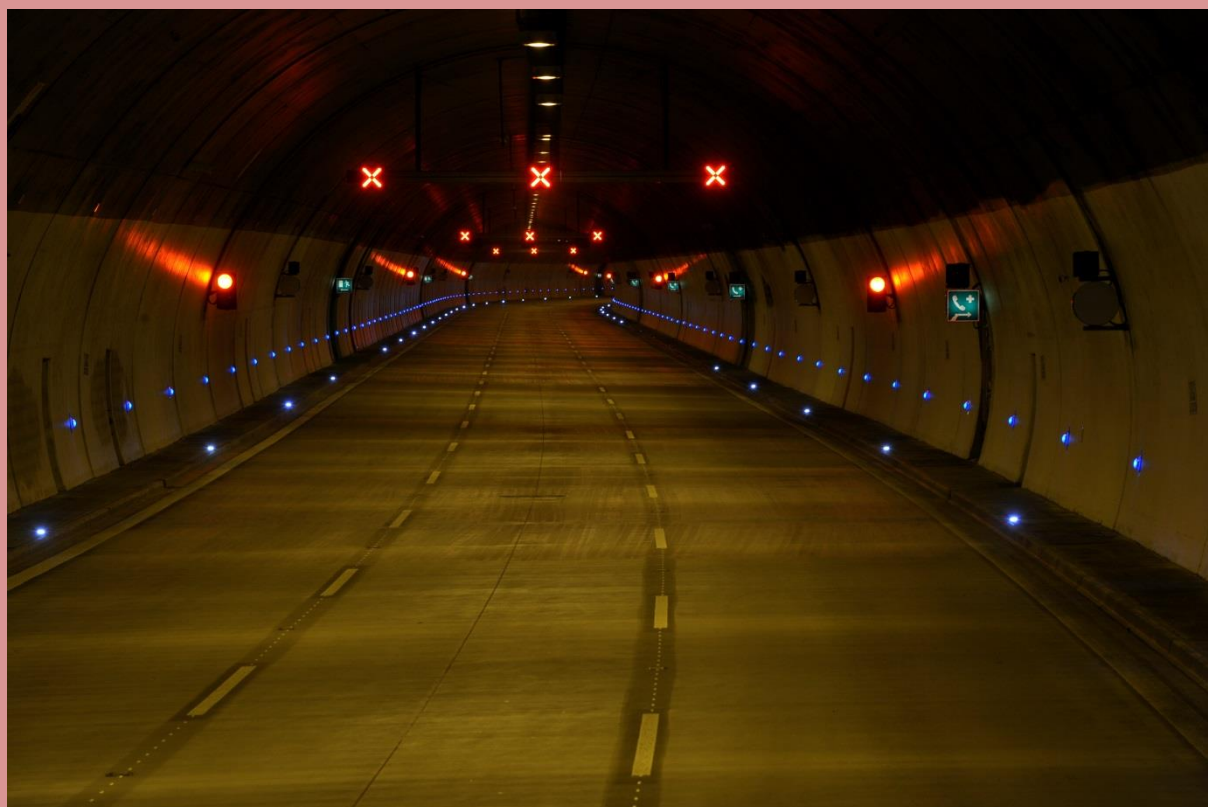


Měření srozumitelnosti řeči v tunelech

Metodický pokyn



Abstrakt

Tento dokument navrhuje postup pro měření hodnot srozumitelnosti řeči v tunelech.

Dokument detailně popisuje jednotlivé kroky postupu při měření srozumitelnosti řeči v tunelech tak, jak byly navrženy v rámci projektu vědy a výzkumu. Součástí přílohy je také praktický příklad.

Klíčová slova

Tunel, srozumitelnost řeči, měření, STI (Speech Transmission Index), STIPA, nouzový zvukový systém, evakuace.

OBSAH

1	ÚVOD	4
1.1	KOMU JE DOKUMENT URČEN	5
2	MĚŘENÍ SROZUMITELNOSTI ŘEČI V TUNELECH	6
2.1	PRINCIP ŘEŠENÍ.....	6
2.2	SUBJEKTIVNÍ POSLECHOVÁ METODA	6
2.2.1	Postup měření.....	9
2.2.2	Vyhodnocení subjektivní poslechové metody.....	11
2.3	METODA STIPA.....	11
2.3.1	Postup měření.....	14
2.3.2	Vyhodnocení metody STIPA	15
3	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY:	15
4	SEZNAM PUBLIKACÍ, KTERÉ METODICE PŘEDCHÁZELY:	15
5	VZOROVÝ PŘÍKLAD – MĚŘENÍ SROZUMITELNOSTI ŘEČI V TUNELU NA SOKP	16
5.1	ZADÁNÍ	16
5.2	OBECNÉ INFORMACE	16
5.3	POSTUP A POPIS MĚŘENÍ SROZUMITELNOSTI	16
5.3.1	Subjektivní poslechová metoda	17
5.3.2	Metoda STIPA	20
5.4	VYHODNOCENÍ SUBJEKTIVNÍ POSLECHOVÉ METODY	21
5.4.1	Vyhodnocení subjektivní poslechové metody na stanovišti č. 1	22
5.4.2	Vyhodnocení subjektivní poslechové metody na stanovišti č. 2	23
5.4.3	Vyhodnocení subjektivní poslechové metody na stanovišti č. 3	24
5.4.4	Vyhodnocení subjektivní poslechové metody na stanovišti č. 4	25
5.4.5	Vyhodnocení srozumitelnosti řeči při použití mužského a ženského hlasu	26
5.4.6	Závěr z měření subjektivní poslechové metody	26
5.5	VYHODNOCENÍ METODY STIPA.....	26
5.6	ZÁVĚR	28
5.7	FOTODOKUMENTACE Z PRŮBĚHU MĚŘENÍ SROZUMITELNOSTI ŘEČI	29

1 Úvod

Tento dokument je výsledkem činnosti tunelové laboratoře, která vznikla v rámci projektu Zelený tunel (TA01030020). Projekt byl řešen za podpory Technologické agentury ČR a je zaměřen na postup při měření srozumitelnosti řeči u nouzového zvukového systému v tunelech.

V obecném slova smyslu vyjadřuje srozumitelnost řeči kvalitu přenosu řeči směrem k posluchači. Díky mimořádně velké době dozvuku dané tvarem a povrchy tunelové trouby a vzhledem k hluku pozadí je možné, na základě měření srozumitelnosti řeči, optimalizovat nastavení elektroakustického řetězce, který například předává varovná hlášení při mimořádné události v tunelu.

Tento metodický pokyn má za cíl doplnit TP 98¹ a doporučovat, jak správně postupovat při přípravě a samotné realizaci měření srozumitelnosti řeči u nouzového zvukového systému v tunelech.

Srozumitelnost je klíčový faktor pro určení kvality přenosových cest určených k šíření mluveného slova. Kvalita přenášené hlasové informace se od počátku 70. let měří jako index STI (Speech Transmission Index). Ten co neobjektivněji charakterizuje jak je přenášený zvuk srozumitelný. Výchozím postupem ve stanovení tohoto indexu jsou psychoakustické testy na skupině posluchačů, v tomto případě v tunelové troubě. Srozumitelností se pak rozumí procento správně zachycených slov, slabik či vět z celkového přenášeného souboru. Mezi slabikovou, slovní a větnou srozumitelností existují explicitní vztahy. Pro zjišťování srozumitelnosti řeči v tunelech subjektivní metodou je tímto dokumentem navrženo měření slovní srozumitelnosti.

Norma ČSN EN 60849 „Nouzové zvukové systémy“ stanovuje i měření srozumitelnosti řeči, založené na měřícím analyzátoru. Jeho výstupem jsou objektivně změřené hodnoty srozumitelnosti přepočtené na jednotnou referenční stupnici CIS (Common Intelligibility Scale), která hodnotí srozumitelnost ve stupnici „špatná“ až do „výborná“. Také toto objektivní měření je popsáno v předkládaném metodickém pokynu.

V souladu s ČSN EN 737507 zahrnuje nouzový zvukový systém *ozvučení vstupů do záchranných cest (polokružnice s poloměrem od vstupu k protější stěně tunelové trouby), dále ozvučení záchranných cest a ozvučení tunelových portálů (polokružnice s poloměrem min. 25 m od portálu).*

Metodický pokyn je určen pro měření u nově navrhovaných tunelů, v tunelech stávajících není nutné měření srozumitelnosti řeči provádět. V tunelech stávajících může mít toto měření informační charakter, ale také může sloužit k nastavení parametrů celého elektroakustického řetězce, jako je nastavení kmitočtové charakteristiky nebo akustického výkonu akustických zářičů.

Dokument vznikl v rámci zadané aktivity, projektu vědy a výzkumu „ZET“ v letech 2011 až 2013.

¹ TP 98 – Technické podmínky – Technologické vybavení tunelů pozemních komunikací

1.1 Komu je dokument určen

Tento dokument má formu metodického pokynu, zpracovaného na základě zkušeností s měřením srozumitelnosti řeči v tunelech pozemních komunikací. Obsahem metodického pokynu je pracovní postup pro návrh, přípravu a realizaci samotného měření srozumitelnosti řeči v tunelech.

Metodický pokyn je určen řešitelům (projektanti), správcům (ŘSD ČR, TSK hl. m. Prahy) či údržbářům nouzových zvukových systémů v tunelech. Jeho uplatnění lze předpokládat i ve vztahu ke zhotovitelům nouzového zvukového systému.

2 Měření srozumitelnosti řeči v tunelech

2.1 Princip řešení

Měření srozumitelnosti řeči musí probíhat vždy v uzavřené tunelové troubě. Například může jít o uzavření z důvodu pravidelné údržby nebo čištění tunelu.

ČSN EN 60849 definuje více způsobů (celkem 6) měření srozumitelnosti řeči. Na základě výstupů projektu ZET je doporučeno pro měření srozumitelnosti řeči u stávajícího či nového nouzového zvukového systému využít následující metody:

- Subjektivní poslechová metoda (založená na vyhodnocení slovní srozumitelnosti);
- Objektivní měření koeficientu STIPA pro určení CIS.

Při použití obou metod se posuzuje srozumitelnost řeči při zapnutých a při vypnutých ventilátorech.

Výstupem měření srozumitelnosti řeči je protokol, který musí obsahovat:

- obecné informace (místo měření, termín měření, jméno koordinátora atd.);
- stručný postup, popis a zhodnocení měření;
- vyhodnocení měření dle jednotlivých metod;
- závěr;
- fotodokumentaci z průběhu měření srozumitelnosti řeči (jako přílohu protokolu).

2.2 Subjektivní poslechová metoda

Princip subjektivní poslechové metody spočívá v hlášení předem vybraných a nahraných slov pomocí testovaného elektroakustického řetězce. Vybraná skupina osob zapisuje jednotlivá slova do předem připraveného formuláře. Následně je vyhodnocena správnost zapsaných slov (za správné se bere pouze úplná shoda mezi předávaným a zapsaným slovem). Vyjádření v procentech umožní stanovit index STI a tím i posoudit kvalitu řeči.

STI určuje pravděpodobnost, jak jsou vnímány, či pochopeny jednotlivé slabiky, slova nebo celé věty. Dle normy IEC 60268-16 „Objective rating of speech intelligibility by speech transmission index“ platí následující tabulka pro převody mezi slabikovou, slovní a větnou srozumitelností:

Hodnota STI	Kvalita dle IEC 60268-16	Srozumitelnost slabik v %	Srozumitelnost slov v %	Srozumitelnost vět v %
0 - 0,3	velmi špatná (<i>bad</i>)	0 - 34	0 - 67	0 - 89
0,3 - 0,45	špatná (<i>poor</i>)	34 - 48	67 - 78	89 - 92
0,45 - 0,6	vyhovující (<i>fair</i>)	48 - 67	78 - 87	92 - 95
0,6 - 0,75	dobrá (<i>good</i>)	67 - 90	87 - 94	95 - 96
0,75 - 1	výborná (<i>excellent</i>)	90 - 96	94 - 96	96 - 100

Obr. 1: Vztah mezi jednotlivými typy srozumitelnosti

Z toho lze odvodit, že pokud skupina osob identifikuje v průměru 48-67% slabik přenášených akustickým kanálem, bude schopna identifikovat 78-87 celých slov, což odpovídá pravděpodobnosti, že nerozpozná maximálně 8 % vět.

K měření srozumitelnosti řeči subjektivní poslechovou metodou je nutné zajistit:

- 1) skupinu osob;
- 2) nahrávku slov namluvených profesionálním řečníkem;
- 3) formulář pro zápis hlášených slov;
- 4) schéma rozmístění měřicích stanovišť;
- 5) přístup k ovládání ventilátorů.

Doporučuje se určit jednu **osobu zodpovědnou za průběh měření**. V tomto MP je označena jako koordinátor měření. Postup a organizaci měření je ale možné v závislosti na okolnostech měření změnit.

Koordinátor (vedoucí) měření (dále jen koordinátor):

Jeho hlavním úkolem je příprava a organizace samotného měření. Mezi tyto činnosti se řadí:

- příprava a realizace formulářů;
- zajištění skupiny osob účastnících se měření;
- proškolení osob účastnících se měření;
- vytvoření schématu měřicích stanovišť;
- zajištění nahrávky s namluvenými slovy profesionálním řečníkem;
- zajištění reprodukce namluvených slov testovaným systémem;
- zajištění přístupu k ovládání ventilátorů.

Skupina osob:

Skupina osob pro měření srozumitelnosti řeči subjektivní poslechovou metodou musí čítat minimálně 10 osob. Jednotliví členové skupiny musí být koordinátorem předem proškoleni o průběhu měření a chování v tunelech. V ideální skupině by měli být zastoupeny ženy i muži a také více věkových kategorií. Před vstupem do prostoru tunelové trouby musí všichni účastníci obdržet pomůcky a prostředky pro zajištění jejich bezpečnosti a ochrany zdraví. Před začátkem měření musí být skupina koordinátorem rozdělena (minimálně na 3 části) a uvedena na jednotlivá měřicí stanoviště dle předem připraveného schématu. Výměna osob na stanovištích v rámci jednoho měřicího cyklu (jedním měřicím cyklem se rozumí jedno měření se zapnutými a vypnutými ventilátory) není možná, aby byly zachovány stejné podmínky a nedošlo ke zkreslení výsledků.

Slova namluvená profesionálním řečníkem:

Minimální počet slov při měření srozumitelnosti řeči subjektivní poslechovou metodou je 30. Přibližně polovina slov musí být namluvena mužským profesionálním řečníkem, zbylá část ženským. Tato slova mohou mít libovolný význam. Doporučuje se však, aby jejich význam byl blízký slovům, která mohou být použita při evakuaci. Příklad seznamu hlášených slov je uveden v následující Tab.1. Hlášená slova musí být mezi sebou navzájem oddělena zvukovou pomlkou o délce 5 sekund a číslicí, která určuje pořadí slova.

Spuštění reprodukce hlášených slov zahajuje koordinátor měření jasným pokynem tak, aby jej zaznamenali všichni účastníci měření.

Pořadí	Slovo/číslice	Hlas
1	2	Ženský
2	děkujeme	Ženský
3	13	Ženský
4	nastupujte	Ženský
5	výhled	Ženský
..
..
27	do	Mužský
28	v tunelu	Mužský
29	nehoda	Mužský
30	vozidlo	Mužský
31	zůstaňte	Mužský

Tab.1: Příklad seznamu namluvených slov

Formulář pro zápis hlášených slov:

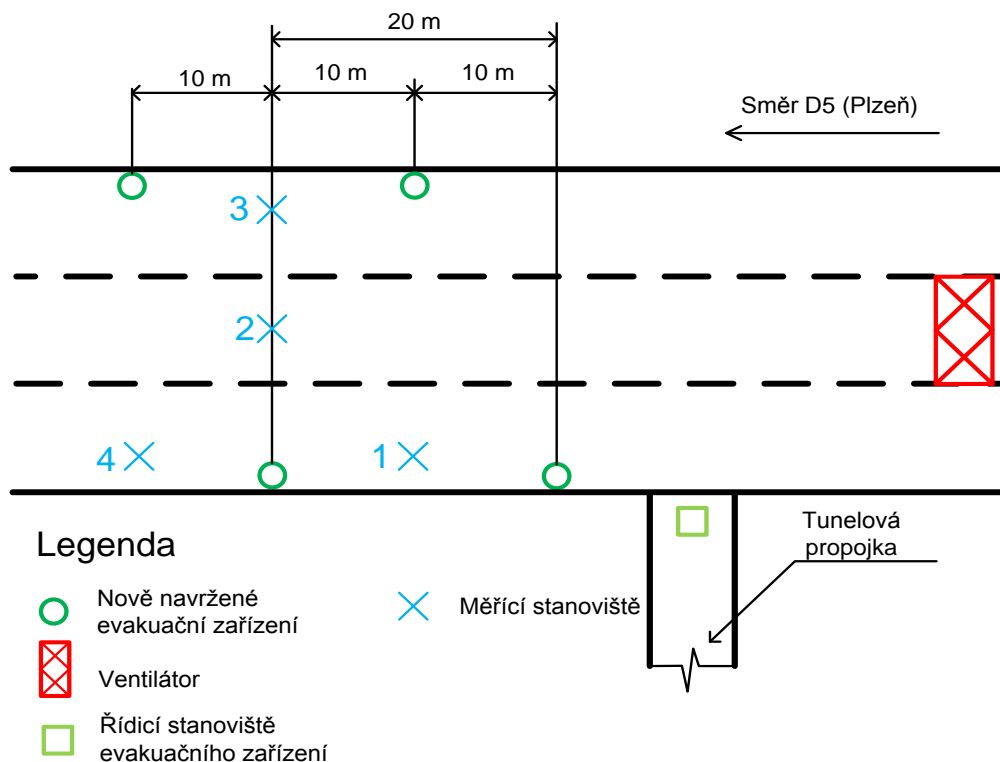
Tento formulář obdrží každý účastník měření od koordinátora před každým měřením. To znamená, jak pro měření se zapnutými ventilátory, tak i pro měření s ventilátory vypnutými. Do formulářů musí členové měřicí skupiny vyplnit své iniciály a základní údaje týkající měření. Následně do něj musí zapisovat hlášená slova testovaným nouzovým zvukovým systémem. Daný formulář je uveden v Tab.2.

Jméno a Příjmení		
Věk (roky)		
Profese		
číslo stanoviště		
Ventilátory*	Zapnuté	Vypnuté
Měřené zařízení*	Stávající nouzový zvukový systém	Nový nouzový zvukový systém
* Nehodící se škrtněte		
Pořadí hlášeného slova	Slovo	
1		
2		
3		
4		
5		
..		
..		
27		
28		
29		
30		
31		
Který hlas pro Vás byl srozumitelnější:		

Tab.2: Formulář pro záznam mluvených slov

Schéma měřících stanovišť:

Schéma měřících stanovišť připraví koordinátor před samotným zahájením měření srozumitelnosti řeči podle typu testovaného nouzového zvukového systému a prostorového uspořádání tunelu. Příklad schématu je uveden na následujícím Obr. 2.



Obr. 2: Příklad schématu rozmístění měřících stanovišť při subjektivní poslechové metodě

Ovládání ventilátorů:

Koordinátor musí mít možnost ovládat ventilátory, aby bylo možné provádět měření srozumitelnosti řeči při zapnutých i vypnutých ventilátorech.

2.2.1 Postup měření

Před zahájením měření seznámí koordinátor všechny účastníky s tím, jakým způsobem bude měření probíhat. Vysvětlí jim, jakým způsobem vyplnit formulář, ukáže plán rozmístění měřících stanovišť atd.

2.2.1.1 Měření při zapnutém ventilačním zařízení:

- 1) Každý člen ze skupiny určené pro měření obdrží od koordinátora předem připravený formulář, do kterého vyplní své iniciály a základní údaje týkající měření (např. vybere, že měření probíhá při zapnutých ventilátorech).
- 2) Koordinátor rozdělí skupinu na minimálně tři části (→ 3 měřící stanoviště), které v tunelu rozmístí dle předem připraveného schématu měřících stanovišť.
- 3) Koordinátor vydá povel obsluze ke spuštění ventilátorů.

- 4) Koordinátor upozorní měřící skupinu jasným a srozumitelným způsobem na to, že bude zahájena reprodukce namluvených slov.
- 5) Koordinátor vydá povel/spustí reprodukci namluvených slov v testovaném systému.
- 6) Členové měřící skupiny po spuštění hlášení slov zapisují do formuláře taková slova, jaká rozpoznali z hlášení. V případě, že hlášené slovo neslyší nebo mu nerozumí, pak musí příslušnou kolonku v tabulce proškrtnout.
- 7) Po ukončení reprodukce vyplní všichni účastníci měření kolonku s dotazem, který hlas byl pro ně srozumitelnější (mužský, ženský). Zároveň koordinátor vydá povel k vypnutí ventilátorů.
- 8) Po vyplnění formuláře všemi účastníky měření koordinátor vybere vyplněné dotazníky a rozdá nové (budou využity pro měření srozumitelnosti řeči při vypnutých ventilátorech).
- 9) Konec měření srozumitelnosti řeči subjektivní poslechovou metodou při zapnutých ventilátorech.

2.2.1.2 Měření při vypnutém ventilačním zařízení:

Měření při vypnutém ventilačním zařízení vždy navazuje na měření při zapnutém ventilačním zařízení. Odstup mezi těmito měřeními je minimálně 30 minut.

- 1) Koordinátor zkontroluje, zda na všech měřicích stanovištích (dle schématu) jsou stejní lidé na jako při měření se zapnutými ventilátory.
- 2) Koordinátor zkontroluje, zda jsou ventilátory vypnuté.
- 3) Koordinátor upozorní měřící skupinu jasným a srozumitelným způsobem na to, že bude zahájena reprodukce namluvených slov.
- 4) Koordinátor vydá povel/spustí pomocí testovaného systému reprodukci namluvených slov.
- 5) Členové měřící skupiny po spuštění hlášení slov zapisují do formuláře taková slova, jaká rozpoznali z hlášení. V případě, že hlášené slovo neslyší nebo mu nerozumí, příslušnou kolonku v tabulce proškrtnou.
- 6) Po ukončení reprodukce vyplní všichni účastníci měření kolonku s dotazem, který hlas byl pro ně srozumitelnější (mužský, ženský).
- 7) Po vyplnění formuláře všemi účastníky měření koordinátor vybere vyplněné dotazníky.
- 8) Konec měření srozumitelnosti řeči subjektivní poslechovou metodou při vypnutých ventilátorech.

2.2.2 Vyhodnocení subjektivní poslechové metody

Vyhodnocení subjektivní poslechové metody vždy provádí koordinátor měření. Samotné vyhodnocení je součástí protokolu z měření a musí obsahovat následující informace o:

- počtu osob v měřicí skupině;
- počtu měřicích stanovišť (včetně schématu);
- věkovém rozdělení osob, které se účastní měření;
- minimálním vzdělání osob účastnících se měření.

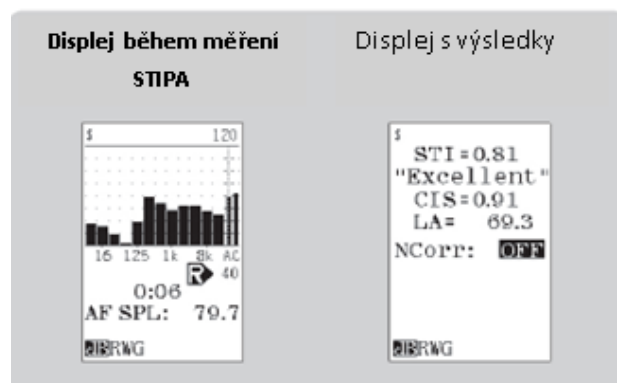
Pro každé měření se musí vyhodnocovat:

- průměrná srozumitelnosti jednotlivých slov pro každé stanoviště zvlášť;
- index srozumitelnosti STI pro každé stanoviště zvlášť;
- vyhodnocení STI mužského a ženského hlasu pro každé stanoviště zvlášť;
- celková průměrná srozumitelnost – index STI jako průměr ze všech stanovišť.

2.3 Metoda STIPA

Subjektivní měření jsou poměrně náročná, a proto se například pro nastavování a ladění elektroakustického řetězce s výhodou používá přístrojové měření, měřicí koeficient STIPA (**S**peech **T**ransmission **I**ndex for **P**ublic **A**ddress **S**ystems). Měření vychází z principu, že řeč může být popsána jako šum modulovaný na nízkofrekvenčních složkách spektra. STIPA měřiče obsahují speciální generátor amplitudové modulace jako testovací signál. Mikrofony potom přijímají signál po průchodu akustickým řetězcem a přístroj porovnává hloubku modulace vysílaného a přijímaného signálu v různých frekvenčních pásmech. Ztráta hloubky modulace je spojena se ztrátou srozumitelnosti.

Naměřený výsledek je zobrazen přímo jako hodnota STI. Měřič obvykle provede i slovní vyhodnocení srozumitelnosti řeči („Excellent“, viz Obr. 3). Pro měření se využívá speciálně vyvinutý testovací signál splňující požadavky podle standardu IEC 60268-16:2011.



Obr. 3: Příklad zobrazení na displeji přístroje využívajícím metodu STIPA pro měření indexů STI a CIS. Na displeji je zobrazena i ekvivalentní hladina akustického tlaku LA

Norma ČSN EN 60849 - Nouzové zvukové systémy požaduje měření srozumitelnosti řeči, jehož výstupem jsou objektivně změřené hodnoty srozumitelnosti přepočtené na jednotnou referenční stupnici CIS. Přepočet mezi STI a CIS je dán matematickým vztahem

$$CIS = 1 + \log STI$$

Pro převod mezi STI a CIS platí převodní tabulka:

0	STI	0.3	0.45	0.6	0.75	1.0
	BAD	POOR	FAIR	GOOD	EXCELLENT	
0	CIS	0.48	0.65	0.78	0.88	1.0

Obr. 4: Převod mezi indexem STI a CIS a verbální popis hodnoty srozumitelnosti řeči

Tento požadavek je uveden v odst. 7.2 písm. a) bodu 2), (dále se metodikou měření a přepočtu srozumitelnosti zabývá i celá příloha A) výše uvedené normy.

K měření srozumitelnosti řeči metodou STIPA je nutné zajistit:

- 1) koordinátora (vedoucího) měření;
- 2) zařízení umožňující měřit metodou STIPA včetně záznamového media s budícím signálem;
- 3) školení koordinátora na metodu STIPA;
- 4) formulář pro záznam naměřených hodnot;
- 5) schéma měřicích stanovišť;
- 6) přístup k ovládání ventilátorů.

Koordinátor (vedoucí) měření (dále jen koordinátor):

Jeho hlavním úkolem je příprava a organizace samotného měření. Mezi tyto činnosti můžeme zařadit:

- zajištění zařízení umožňující měřit pomocí metody STIPA včetně záznamového media s budícím signálem;
- zajištění školení týkající se měření srozumitelnosti řeči metodou STIPA;
- vytvoření schématu měřicích stanovišť;
- zajištění reprodukce budícího signálu pomocí testovaného nouzového zvukového systému;
- zajištění ovládání ventilátorů;
- tisk formulářů pro záznam naměřených hodnot.

Školení koordinátora na metodu STIPA:

Koordinátor měření musí být podrobně seznámen s ovládáním přístroje a budících signálů, týkajících se metody STIPA. Koordinátor musí být na základě tohoto školení schopen plně ovládat jak přístroj, tak budící signály a řešit jakoukoliv problematickou situaci.

Formulář pro záznam naměřených hodnot:

Tento formulář vytvoří a vytiskne koordinátor měření. Samotný formulář je uveden v následující Tab.3.

č. měřicího stanoviště	
STI	
hodnota srozumitelnosti	
CIS	
LA	

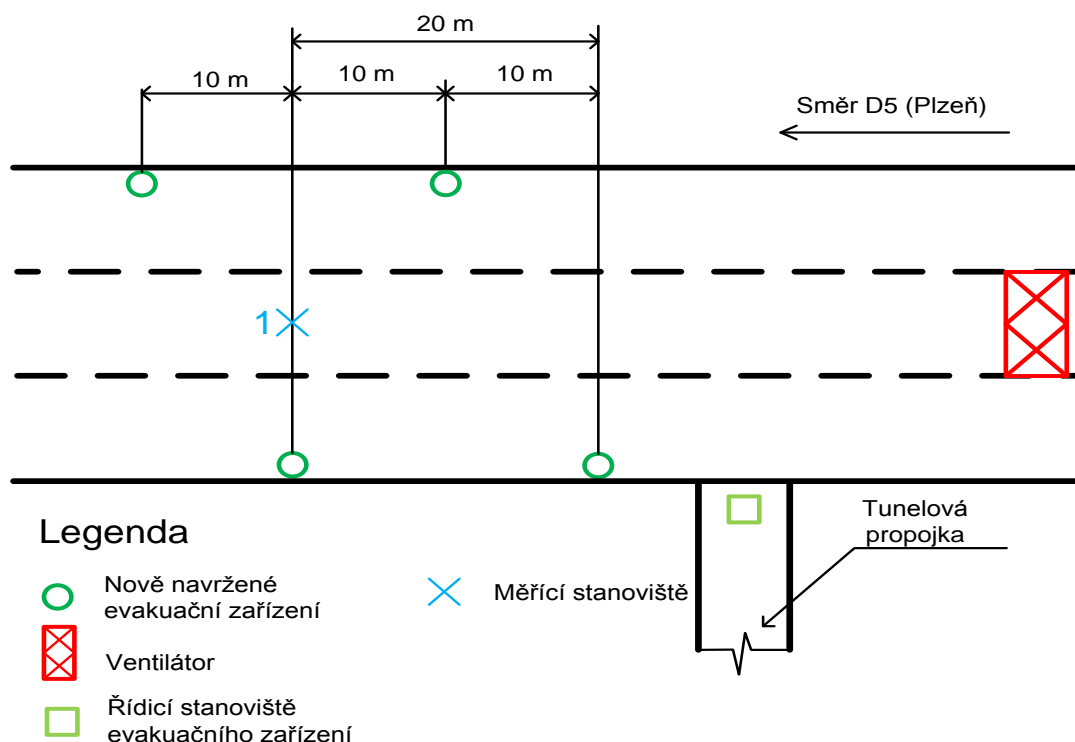
Ventilátory*	Zapnuté - Vypnuté
Testovaný systém*	Stávající - Nový

*nehodící škrtněte

Tab.3: Formulář pro záznam mluvených slov

Schéma měřicích stanovišť:

Schéma měřicích stanovišť připraví koordinátor před samotným zahájením měření srozumitelnosti řeči dle typu testovaného nouzového zvukového systému a prostorového uspořádání tunelu. Příklad schématu je uveden na následujícím Obr. 5.



Obr. 5: Příklad schématu rozmístění měřicích stanovišť při měření srozumitelnosti řeči metodou STIPA

Možnost ovládání ventilátorů:

Koordinátor musí mít možnost ovládat zapínání či vypínání ventilátorů, aby bylo možné provádět měření srozumitelnosti řeči při zapnutých i vypnutých ventilátorech.

2.3.1 Postup měření

Před zahájením měření musí být koordinátor proškolen ohledně měření srozumitelnosti řeči metodou STIPA a ovládání příslušných přístrojů, jež jsou k tomuto měření využívány.

2.3.1.1 Měření při zapnutém ventilačním zařízení

- 1) Koordinátor připraví přehrávání budicího signálu v testovaném nouzovém zvukovém systému.
- 2) Koordinátor do tunelu umístí měřicí zařízení pro metodu STIPA dle předem připraveného schématu měřicích stanovišť.
- 3) Koordinátor vydá povel obsluze ke spuštění ventilátorů.
- 4) Koordinátor provede kalibraci měřicího zařízení.
- 5) Koordinátor vydá povel/spustí reprodukci budicího signálu v testovaném systému.
- 6) Koordinátor zahájí měření srozumitelnosti řeči metodou STIPA.
- 7) Koordinátor ukončí měření srozumitelnosti řeči metodou STIPA.
- 8) Koordinátor do předem připraveného formuláře vyplní naměřené hodnoty a základní údaje týkající měření (např. zvolí možnost „měření probíhá při zapnutých ventilátorech“).
- 9) Koordinátor vydá povel k vypnutí ventilátorů.
- 10) Koordinátor vydá povel k přerušení reprodukce/přerušuje reprodukci budicího signálu.
- 11) Konec měření srozumitelnosti řeči metodou STIPA při zapnutých ventilátorech.

2.3.1.2 Měření při vypnutém ventilačním zařízení

Měření při vypnutém ventilačním zařízení vždy navazuje na měření při zapnutém ventilačním zařízení. Odstup mezi těmito měřeními může být libovolný (maximálně však v řádu několika desítek minut).

- 1) Koordinátor připraví přehrávání budicího signálu v testovaném nouzovém zvukovém systému.
- 2) Koordinátor zkontroluje, zda je vše související s měřením umístěno na stejných místech jako při předchozím měření se zapnutými ventilátory (umístění vychází ze schématu měřicích stanovišť).
- 3) Koordinátor zkontroluje, zda jsou ventilátory vypnuté.
- 4) Koordinátor zkalibruje měřicího zařízení.

- 5) Koordinátor vydá povel/spustí reprodukci budicího signálu v testovaném systému.
- 6) Koordinátor zahájí měření srozumitelnosti řeči metodou STIPA.
- 7) Koordinátor ukončí měření srozumitelnosti řeči metodou STIPA.
- 8) Koordinátor do předem připraveného formuláře vyplní naměřené hodnoty a základní údaje týkající měření (např. zvolí možnost „měření probíhá při zapnutých ventilátorech“). Dále fotoaparátem zdokumentuje hodnoty na přístroji měřícím srozumitelnost řeči.
- 9) Koordinátor vydá povel k přerušení reprodukce/přeruší reprodukci budicího signálu.
- 10) Konec měření srozumitelnosti řeči metodou STIPA při vypnutých ventilátorech.

2.3.2 Vyhodnocení metody STIPA

Vyhodnocení subjektivní poslechové metody vždy provádí koordinátor měření. Hlavním ukazatelem měření srozumitelnosti řeči je hodnota STI, která je měrnou jednotkou srozumitelnosti. Čím větší je hodnota STI, tím lepší je srozumitelnosti řeči. Převody mezi STI (Speech Transmission Index) a indexem CIS (Common Intelligibility Scale) a příslušné verbální hodnocení ukazuje Tab. 2. Samotné vyhodnocení je součástí protokolu.

3 Seznam použité literatury:

- [1] Nový, R.: Hluk a chvění, vyd. 1., ČVUT Praha 1995. ISBN 80-01-01306-5.
- [2] Manuál – Nor – 140 Zvukový analyzátor, Norsonic AS, vyd. 2007.
- [3] ELTODO EG, a.s., Prof. Ing. Pavel Příbyl, CSc.: Technologické vybavení tunelů pozemních komunikací; Technické podmínky 98; MD ČR – OPK; ISBN 80-239-0110-9.

4 Seznam publikací, které metodice předcházely:

Tento metodický pokyn je originálním dokumentem. Jediným výstupem zpracovaným před vydáním této metodiky je výzkumná zpráva VZ 351-2012-1930-EEG, jež byla vytvořena v rámci projektu „Zelený tunel“ (TA01030020).

5 Vzorový příklad – měření srozumitelnosti řeči v tunelu na SOKP

Vzorový příklad popisuje způsob, jakým by měl být vytvořen protokol z měření.

5.1 Zadání

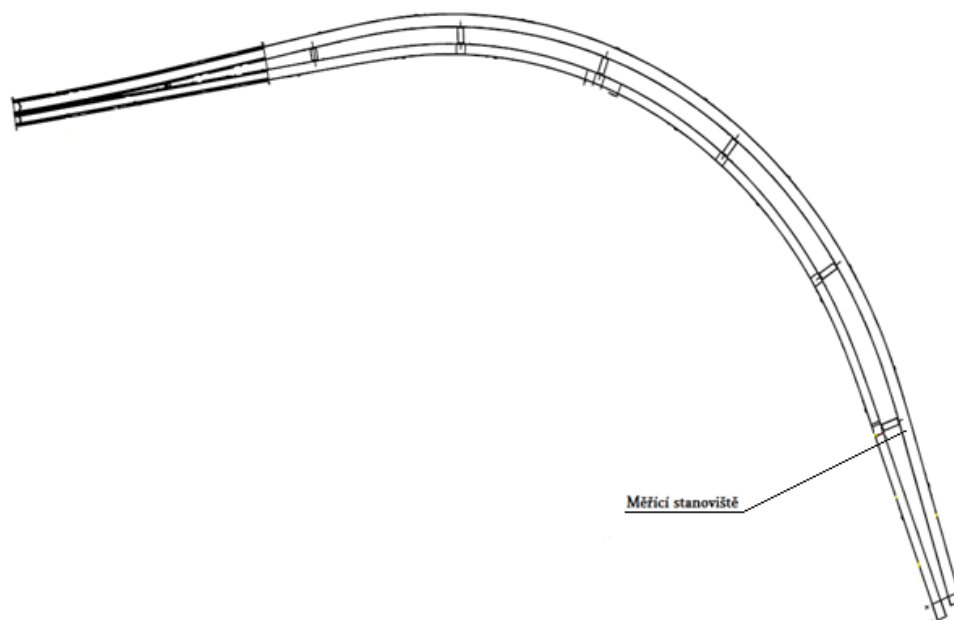
Změřit a následně porovnat srozumitelnost řeči u stávajícího a nově navrženého nouzového zvukového systému. Měření proběhne v tunelu Lochkov na Silničním okruhu okolo Prahy.

5.2 Obecné informace

Cíl měření	Porovnání stávajícího nouzového zvukového systému a diverzifikovaného ² systému navrženému v rámci projektu ZET
Termín testu	8. 12. 2012 od 16 hod. (příjezd do tunelu v 15 hod.)
Doba realizace testu	konec testu 8. 12. 2012 do 20 hod.
Koordinátor měření (ELTODO EG, a.s.)	Ing. Jan Přikryl, (+420 xxx xxx xxx)

5.3 Postup a popis měření srozumitelnosti

Měření srozumitelnosti řeči se uskutečnilo ve třípruhové části tunelu Lochkov. Tunel se nachází na SOKP (Silniční okruh kolem Prahy), konkrétně na stavbě č. 514. Měřicí stanoviště je zobrazeno na následujícím Obr. 6.



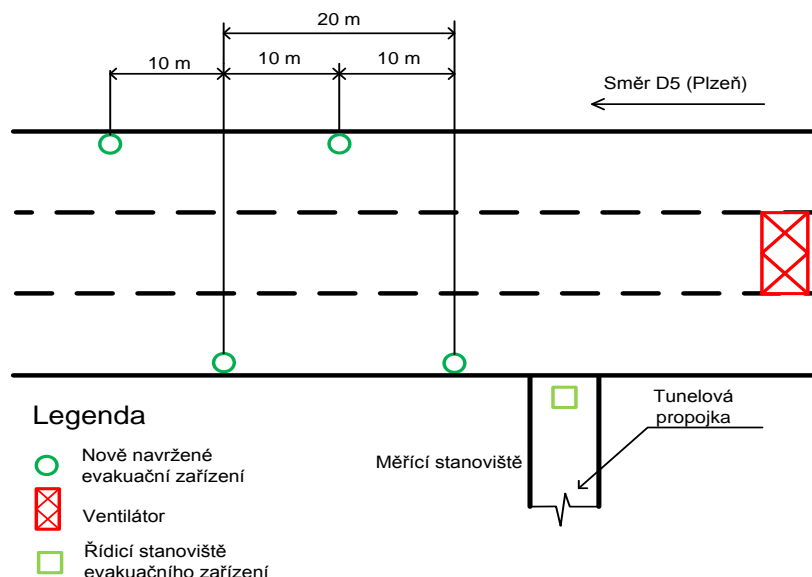
Obr. 6: Měřicí stanoviště – třípruhová část tunelu Lochkov

Měření srozumitelnosti řeči (oběma metodami) se provádělo ve dvou etapách. V první části měření byla zjišťována srozumitelnost řeči u nově navrhovaného nouzového zvukového

² nový systém je tvořen více reproduktory vyzařujícími menší akustický výkon rozmístěnými v pravidelných vzdálenostech

systemu při zapnutých a vypnutých ventilátorech. Druhá etapa byla zaměřena na měření srozumitelnosti řeči u stávajícího nouzového zvukového systému při zapnutých a vypnutých ventilátorech.

Pro měření srozumitelnosti nově navrhovaného nouzového zvukového systému byly k dispozici jeho 4 kusy funkčních vzorků. Jednotlivá zařízení byla upevněna (uložena na stativ) v co největší blízkosti ostění tunelu, po obou jeho stranách s roztečí 10 m. Rozmístění prvků nouzového zvukového systému je detailně popsáno na následujícím Obr. 7.

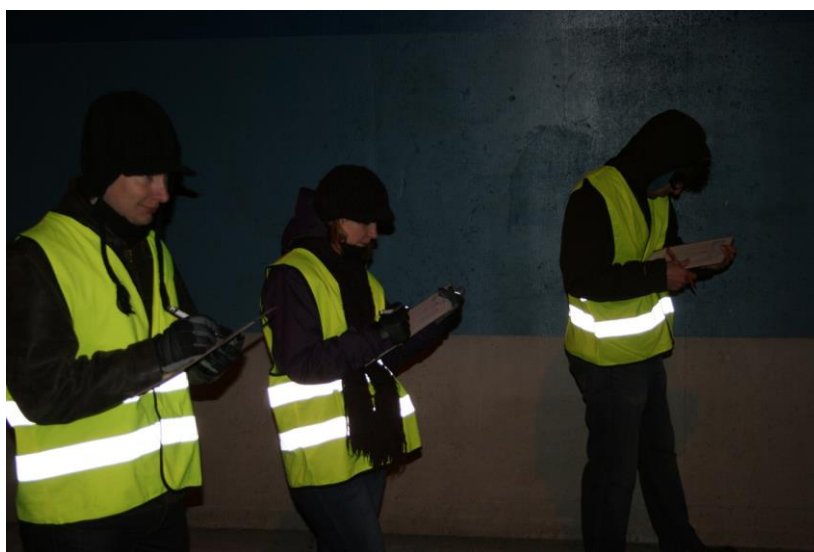


Obr. 7: Schéma rozmístění prvků nouzového zvukového systému

5.3.1 Subjektivní poslechová metoda

Skupina osob:

Skupina osob pro měření srozumitelnosti řeči subjektivní poslechovou metodou zahrnovala 10 osob. Jednotliví členové skupiny byli koordinátorem proškoleni a informováni o průběhu měření a chování v tunelu. Před vstupem do prostoru tunelové trouby všichni účastníci měření obdrželi od koordinátora reflexní vesty, které měli oblečené po celou dobu pohybu zde (viz následující Obr. 8).



Obr. 8: Měřicí skupiny osob při měření srozumitelnosti řeči v tunelu Lochkov

Slova namluvená profesionálním řečníkem:

Koordinátor měření zajistil celkem 31 slov namluvených profesionálními řečníky mužského i ženského pohlaví. Namluvená slova jsou uvedena v následující Tab.4.

Pořadí	Slovo/číslice	Hlas
1	2	Ženský
2	děkujeme	Ženský
3	13	Ženský
4	nastupujte	Ženský
5	výhled	Ženský
6	autobus	Ženský
7	cennosti	Ženský
8	3	Ženský
9	doprava	Ženský
10	kapsáři	Ženský
11	20	Ženský
12	pochopení	Ženský
13	pozor	Ženský
14	směr	Ženský
15	spoj	Ženský
16	vůz	Ženský
17	100	Ženský
18	tunel	Mužský
19	havárie	Mužský
20	minut	Mužský
21	na dálnici	Mužský
22	ve vozidle	Mužský
23	obnoven	Mužský
24	opustte	Mužský
25	požár	Mužský
26	provoz	Mužský
27	do	Mužský
28	v tunelu	Mužský
29	nehoda	Mužský
30	vozidlo	Mužský
31	zůstaňte	Mužský

Tab.4: Slova namluvená profesionálními řečníky pro měření srozumitelnosti řeči v tunelu Lochkov

Formulář pro zápis hlášených slov:

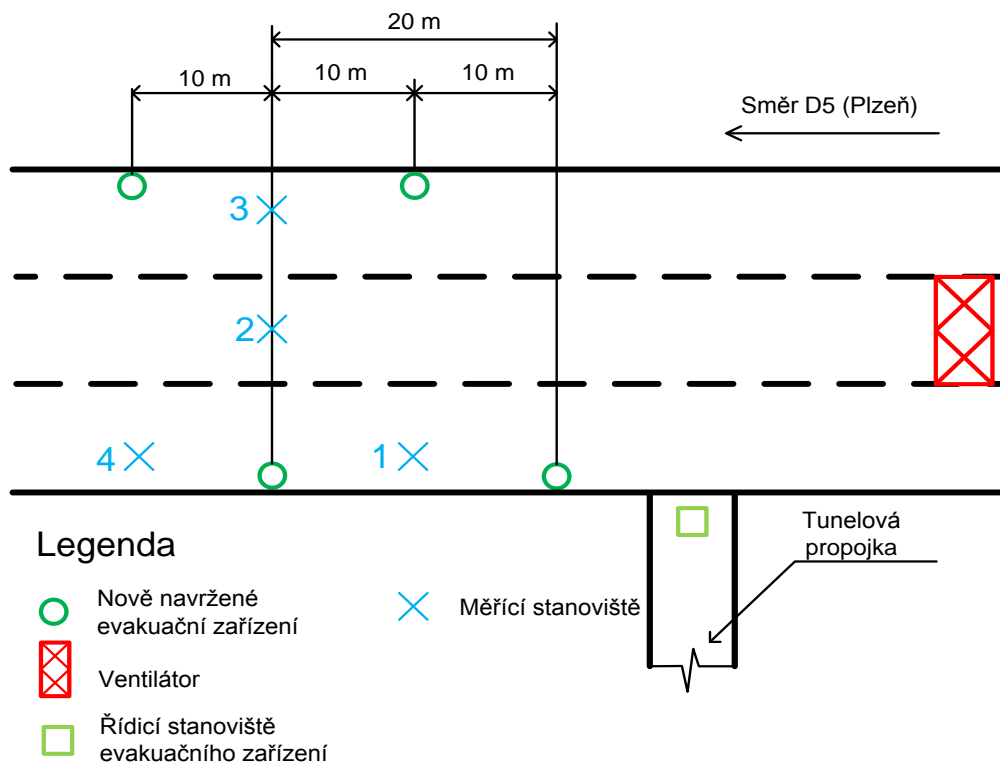
Tento formulář obdržel každý účastník měření od koordinátora před každým měřením, jak pro měření se zapnutými ventilátory, tak i pro měření s vypnutými ventilátory. Podoba formuláře je uvedena v následující Tab.5.

Jméno a Příjmení		
Věk (roky)		
Profese		
Číslo stanoviště		
Ventilátory*	Zapnuté	Vypnuté
Měřené zařízení*	Stávající nouzový zvukový systém	Nový nouzový zvukový systém
* Nehodící se škrtněte		
Pořadí hlášeného slova	Slovo	
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		
16		
17		
18		
19		
20		
21		
22		
23		
24		
25		
26		
27		
28		
29		
30		
31		
Který hlas pro Vás byl srozumitelnější:		

Tab.5: Formulář pro záznam mluvených slov

Schéma měřících stanovišť:

Před začátkem měření byla skupina osob rozdělena na čtyři části. Jednotlivé podskupiny obsadily přidělená měřící stanoviště, dle předem připraveného schématu (viz následující Obr. 9).



Obr. 9: Schéma rozmístění měřících stanovišť při měření srozumitelnosti řeči subjektivní poslechovou metodou v tunelu Lochkov

Možnost ovládání ventilátorů:

Ovládání ventilátorů koordinátor zajistil ve spolupráci s obsluhou řídicího systému tunelu Lochkov. Komunikace probíhala pomocí mobilního telefonu.

5.3.2 Metoda STIPA

Školení koordinátora pro metodu STIPA:

Při zapůjčení měřícího zařízení prošel koordinátor měření podrobným a odborným školením, které se týkalo:

- ovládání přístroje pro měření srozumitelnosti řeči metodou STIPA;
- principu, na němž je metoda STIPA založena.

Formulář pro záznam naměřených hodnot:

Formulář je uveden v následující Tab.6. Dále byl pořízen fotografický záznam z displeje zařízení umožňující měřit srozumitelnost řeči metodou STIPA.

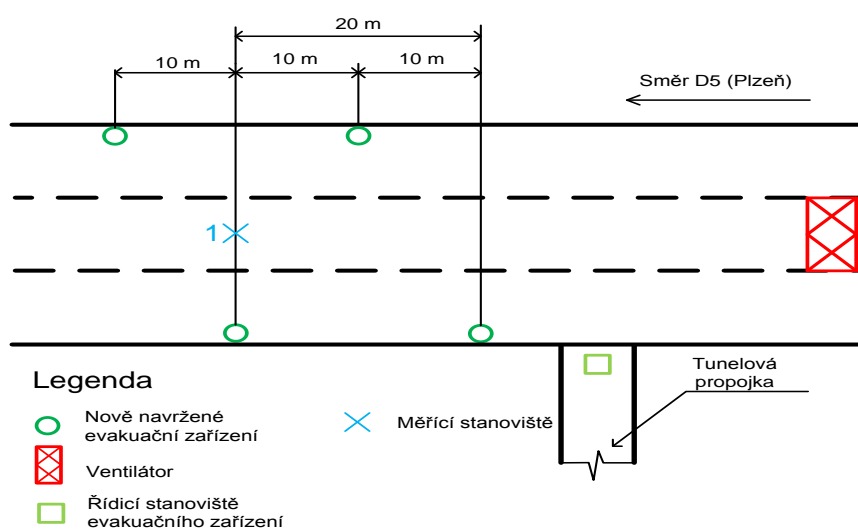
č. měřicího stanoviště	
STI	
hodnota srozumitelnosti	
CIS	
LA	
Ventilátory*	Zapnuté - Vypnuté
Testovaný systém*	Stávající - Nový

*nehodící škněte

Tab.6: Formulář pro záznam mluvených slov

Schéma měřicích stanovišť:

Schéma měřicích stanovišť je zobrazeno na následujícím Obr. 10.



Obr. 10: Schéma rozmístění měřicích stanovišť při měření srozumitelnosti řeči metodou STIPA v tunelu Lochkov

Možnost ovládání ventilátorů:

Ovládání ventilátorů koordinátor zajistil ve spolupráci s obsluhou řídicího systému tunelu Lochkov. Komunikace probíhala pomocí mobilního telefonu.

5.4 Vyhodnocení subjektivní poslechové metody

Subjektivní poslechové metody se zúčastnilo celkem 10 osob, jež se rozdělily do 4 skupin. Věkové rozdělení osob účastnících se měření bylo v intervalu 24 – 65 let. Vzdělání osob bylo minimálně středoškolské.

Pro každé měření stávajícího a nově navrženého systému se vyhodnocovala:

- průměrná srozumitelnost jednotlivých slov pro každé stanoviště zvlášť;
- průměr z hodnot průměrné srozumitelnosti pro každé stanoviště zvlášť;
- vyhodnocení mužského a ženského hlasu pro každé stanoviště zvlášť;
- celková průměrná srozumitelnost.

5.4.1 Vyhodnocení subjektivní poslechové metody na stanovišti č. 1

Z následující Tab. 7 je patrné, že srozumitelnost řeči nově navrženého nouzového zvukového systému v průměru vychází lépe než u systému stávajícího. Při zapnuté ventilaci se srozumitelnost řeči zvýší v průměru o 5%, při vypnuté ventilaci se zvýší až o 8%.

Hlášené slovo	Stanoviště č.1			
	Stávající nouzový zvukový systém		Nový nouzový zvukový systém	
	Ventilátory			
	Zapnuté	Vypnuté	Zapnuté	Vypnuté
2	100%	100%	100%	100%
Děkujeme	33%	100%	100%	100%
13	100%	100%	100%	100%
Nastupujte	100%	100%	100%	100%
Výhled	0%	100%	33%	100%
Autobus	100%	100%	100%	100%
Cennosti	100%	100%	100%	100%
3	100%	100%	100%	100%
Doprava	67%	100%	100%	100%
Kapsáři	0%	33%	67%	33%
20	33%	100%	100%	100%
Pochopení	0%	33%	33%	100%
Pozor	33%	33%	100%	67%
Směr	100%	100%	100%	100%
Spoj	67%	100%	33%	100%
Vůz	100%	100%	67%	100%
100	100%	67%	33%	100%
Tunel	100%	100%	100%	100%
Havárie	67%	100%	100%	100%
Minut	67%	0%	33%	67%
na dálnici	67%	67%	33%	67%
ve vozidle	100%	67%	100%	100%
Obnoven	100%	33%	67%	100%
Opusťte	100%	100%	100%	100%
Požár	100%	100%	100%	100%
Provoz	100%	100%	100%	100%
Do	33%	67%	33%	33%
v tunelu	100%	100%	67%	100%
Nehoda	100%	100%	67%	100%
Vozidlo	67%	100%	100%	100%
Zůstaňte	100%	100%	100%	100%
Průměr	75%	84%	80%	92%

Tab. 7: Porovnání průměrné srozumitelnosti hlášených slov na stanovišti č. 1

5.4.2 Vyhodnocení subjektivní poslechové metody na stanovišti č. 2

Z následující Tab. 8 je patrné, že srozumitelnost řeči nově navrženého nouzového zvukového systému v průměru vychází lépe než u systému stávajícího. Při zapnuté ventilaci se srozumitelnost řeči zvýší v průměru o 21%, při vypnuté ventilaci se zvýší o 4%.

Hlášené slovo	Stanoviště č.2			
	Stávající nouzový zvukový systém		Nový nouzový zvukový systém	
	Ventilátory			
	Zapnuté	Vypnuté	Zapnuté	Vypnuté
2	67%	100%	100%	100%
Děkujeme	33%	100%	100%	100%
13	67%	100%	100%	100%
Nastupujte	67%	100%	67%	100%
Výhled	0%	100%	33%	67%
Autobus	100%	100%	100%	67%
Cennosti	0%	100%	33%	67%
3	100%	100%	100%	100%
Doprava	67%	100%	100%	100%
Kapsáři	33%	33%	33%	33%
20	100%	67%	100%	100%
Pochopení	0%	33%	33%	100%
Pozor	33%	33%	67%	100%
Směr	100%	100%	67%	100%
Spoj	100%	100%	100%	100%
Vůz	67%	100%	100%	100%
100	33%	33%	67%	100%
Tunel	67%	100%	100%	100%
Havárie	100%	100%	67%	67%
Minut	33%	100%	67%	67%
na dálnici	67%	67%	100%	67%
ve vozidle	33%	100%	67%	67%
Obnoven	33%	33%	100%	100%
Opusťte	67%	100%	100%	100%
Požár	33%	67%	33%	67%
Provoz	67%	100%	100%	100%
Do	0%	67%	33%	33%
v tunelu	67%	67%	100%	100%
Nehoda	100%	100%	100%	67%
Vozidlo	100%	33%	100%	100%
Zůstaňte	100%	100%	100%	100%
Průměr	59%	82%	80%	86%

Tab. 8: Porovnání průměrné srozumitelnosti hlášených slov na stanovišti č. 2

5.4.3 Vyhodnocení subjektivní poslechové metody na stanovišti č. 3

Z následující Tab. 9 je patrné, že srozumitelnost řeči nově navrženého nouzového zvukového systému v průměru vychází lépe než u systému stávajícího. Při zapnuté ventilaci se srozumitelnost řeči zvýší v průměru o 13% a při vypnuté ventilaci se zvýší až o 16%.

Hlášené slovo	Stanoviště č.3			
	Stávající nouzový zvukový systém		Nový nouzový zvukový systém	
	Ventilátory			
	Zapnuté	Vypnuté	Zapnuté	Vypnuté
2	50%	100%	100%	100%
Děkujeme	100%	100%	100%	100%
13	100%	100%	50%	100%
Nastupujte	50%	100%	100%	100%
Výhled	0%	0%	0%	50%
Autobus	100%	100%	100%	100%
Cennosti	50%	100%	50%	50%
3	100%	100%	100%	100%
Doprava	50%	100%	50%	100%
Kapsáři	0%	0%	0%	0%
20	50%	100%	100%	100%
Pochopení	0%	100%	50%	50%
Pozor	100%	50%	100%	100%
Směr	50%	100%	100%	100%
Spoj	100%	100%	100%	100%
Vůz	100%	100%	100%	100%
100	0%	0%	100%	100%
Tunel	100%	0%	100%	100%
Havárie	50%	100%	100%	100%
Minut	0%	0%	0%	50%
na dálnici	50%	50%	50%	50%
ve vozidle	100%	100%	50%	100%
Obnoven	0%	0%	50%	50%
Opusťte	100%	100%	100%	100%
Požár	0%	0%	0%	100%
Provoz	100%	100%	100%	100%
Do	100%	0%	100%	100%
v tunelu	50%	100%	100%	100%
Nehoda	100%	100%	100%	100%
Vozidlo	100%	100%	100%	100%
Zůstaňte	100%	100%	100%	100%
Průměr	63%	71%	76%	87%

Tab. 9: Porovnání průměrné srozumitelnosti hlášených slov na stanovišti č. 3

5.4.4 Vyhodnocení subjektivní poslechové metody na stanovišti č. 4

Z následující Tab. 10 je patrné, že srozumitelnost řeči nově navrženého nouzového zvukového systému v průměru vychází lépe než u systému stávajícího. Při zapnuté ventilaci se srozumitelnost řeči zvýší v průměru o 27% a při vypnuté ventilaci se zvýší o 17%.

Hlášené slovo	Stanoviště č.4			
	Stávající nouzový zvukový systém		Nový nouzový zvukový systém	
	Ventilátory			
	Zapnuté	Vypnuté	Zapnuté	Vypnuté
2	50%	100%	100%	100%
Děkujeme	100%	100%	100%	100%
13	0%	50%	100%	100%
Nastupujte	50%	50%	100%	100%
Výhled	0%	100%	50%	100%
Autobus	50%	100%	100%	100%
Cennosti	0%	50%	50%	0%
3	100%	100%	100%	100%
Doprava	100%	100%	100%	100%
Kapsáři	50%	0%	100%	100%
20	100%	100%	100%	100%
Pochopení	0%	50%	0%	50%
Pozor	0%	0%	50%	100%
Směr	100%	100%	50%	100%
Spoj	50%	50%	100%	100%
Vůz	50%	100%	100%	100%
100	0%	50%	50%	50%
Tunel	100%	50%	100%	100%
Havárie	100%	100%	100%	100%
Minut	50%	50%	100%	100%
na dálnici	50%	0%	50%	0%
ve vozidle	50%	100%	100%	100%
Obnoven	0%	0%	100%	100%
Opusťte	100%	100%	100%	100%
Požár	100%	50%	50%	100%
Provoz	100%	100%	100%	100%
Do	50%	100%	100%	100%
v tunelu	50%	100%	100%	100%
Nehoda	50%	100%	100%	100%
Vozidlo	100%	100%	100%	100%
Zůstaňte	100%	100%	100%	100%
Průměr	58%	73%	85%	90%

Tab. 10 Porovnání průměrné srozumitelnosti hlášených slov na stanovišti č. 4

5.4.5 Vyhodnocení srozumitelnosti řeči při použití mužského a ženského hlasu

Měření srozumitelnosti řeči u mužského a ženského hlasu mohlo být do jisté míry ovlivněno tím, že řešitelé měli pro každý hlas zvlášť zajištěná slova, která se často lišila v délce či intonaci. Díky tomu mohlo být měření do jisté míry zkreslené. Naměřené hodnoty lze považovat pouze za orientační a jako vhodné podklady pro další výzkum.

Všeobecně lze říci, že až na jeden případ bylo u nově navrženého nouzového zvukového systému lépe rozumět mužskému hlasu. V případě systému stávajícího nelze říct, kterému hlasu bylo lépe rozumět, protože hodnoty jsou pro oba hlasy srovnatelné.

	Nový nouzový zvukový systém							
	Zapnuté ventilátory				Vypnuté ventilátory			
	1	2	3	4	1	2	3	4
Stanoviště								
Mužský	67%	67%	100%	50%	67%	67%	75%	25%
Ženský	33%	33%	0%	50%	33%	33%	25%	75%

Tab. 11: Porovnání mužského a ženského hlasu při zapnutých a vypnutých ventilátorech u nově navrženého nouzového zvukového systému

	Stávající nouzový zvukový systém							
	Zapnuté ventilátory				Vypnuté ventilátory			
	1	2	3	4	1	2	3	4
Stanoviště								
Mužský	0%	33%	50%	75%	0%	33%	100%	75%
Ženský	100%	66%	50%	25%	100%	66%	0%	25%

Tab. 12: Porovnání mužského a ženského hlasu při zapnutých a vypnutých ventilátorech u stávajícího nouzového zvukového systému

5.4.6 Závěr z měření subjektivní poslechové metody

Celé měření proběhlo bez jakýchkoliv komplikací. Na základě výsledků měření lze bezpečně prohlásit, že nově navrhovaný systém byl v průměru o 16% srozumitelnější než stávající systém při zapnutých ventilátorech a o 11% srozumitelnější při vypnutých ventilátorech.

	Stávající nouzový zvukový systém		Nový nouzový zvukový systém	
	Ventilátory			
	Zapnuté	Vypnuté	Zapnuté	Vypnuté
Průměrná srozumitelnost	64%	78%	80%	89%

Tab. 13: Průměrná srozumitelnost

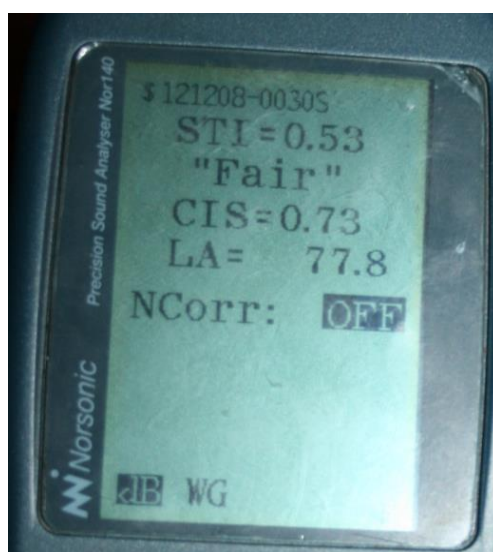
5.5 Vyhodnocení metody STIPA

Měření vědecké metody srozumitelnosti řeči STIPA proběhlo dle výše zmíněného metodického pokynu. Hlavním ukazatelem měření srozumitelnosti řeči byla hodnota STI, jež je její měrnou jednotkou. Čím vyšší je hodnota STI, tím lepší je srozumitelnost řeči.

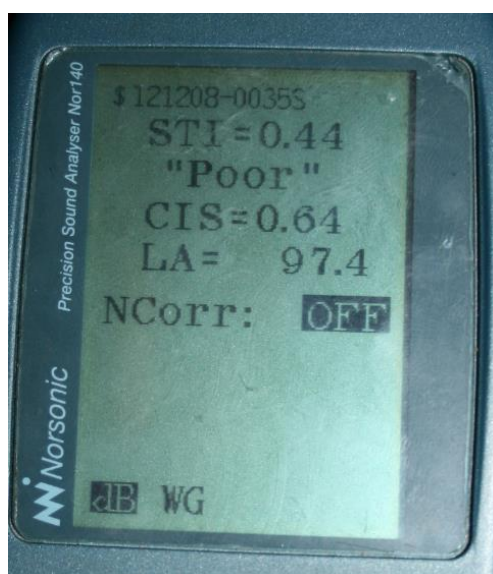
V následující Tab. 14 jsou vypsány údaje, které byly naměřeny přístrojem pro měření srozumitelnosti řeči metodou STIPA. Dále je také přiložena fotodokumentace přístroje pro měření srozumitelnosti řeči metodou STIPA.

STIPA	Stávající nouzový zvukový systém		Nový nouzový zvukový systém	
	Ventilátory			
	Zapnuté	Vypnuté	Zapnuté	Vypnuté
Hodnota STI	0,18	0,26	0,44	0,53

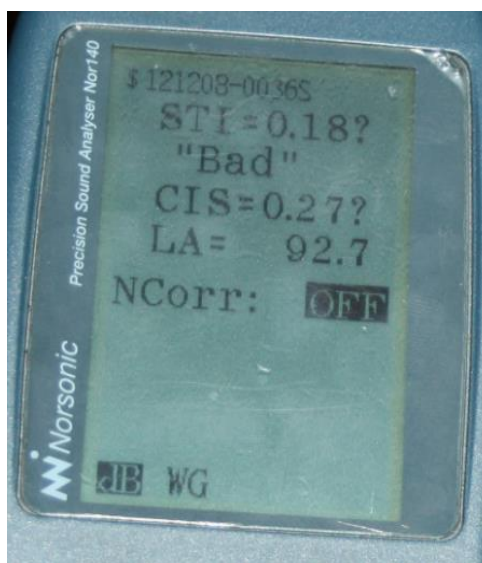
Tab. 14: Tabulka vyhodnocení srozumitelnosti metodou STIPA



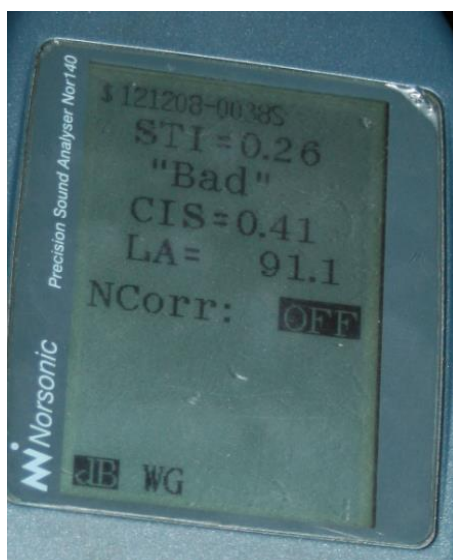
Obr. 11: Hodnoty STI při měření nově navrženého nouzového zvukového systému při vypnutých ventilátorech



Obr. 12: Hodnoty STI při měření nově navrženého nouzového zvukového systému při zapnutých ventilátorech



Obr. 13: Hodnoty STI při měření stávajícího nouzového zvukového systému při zapnutých ventilátorech



Obr. 14: Hodnoty STI při měření stávajícího nouzového zvukového systému při vypnutých ventilátorech

Na základě měření srozumitelnosti řeči metodou STIPA lze jednoznačně prokázat, že nově navržený systém má vyšší srozumitelnost řeči než stávající systém, tudíž je vhodnější pro použití v tunelech. Na druhou stranu je však potřeba zmínit, že ani u nově navrhovaného systému nedosáhly hodnoty STI očekávaných výsledků. Tuto skutečnost řešitel přisuzuje zvukově náročným podmínkám v tunelu.

5.6 Závěr

Měření srozumitelnosti řeči oběma metodami prokázalo, že nově navrhovaný nouzový zvukový systém má podstatně vyšší srozumitelnost než systém stávající a použití více akustických měničů s menším výkonem zvyšuje srozumitelnost řeči v tunelech.

Zároveň měření prokázalo, že je zde shoda mezi subjektivním a přístrojovým měřením, které tak může být používáno k nastavování elektroakustického řetězce.

5.7 Fotodokumentace z průběhu měření srozumitelnosti řeči



Obr. 15: Elektroakustický prvek nouzového zvukového systému umístěný provizorně na trojnožce v tunelové troubě



Obr. 16: Elektroakustický prvek nouzového zvukového systému umístěný v tunelové troubě



Obr. 17: Tunelová trouba s rozmístěnými prvky nouzového zvukového systému



Obr. 18: Měřící zařízení pro metodu STIPA

Název: **Měření srozumitelnosti řeči v tunelech – Metodický pokyn**
Určení: Metodický pokyn pro měření srozumitelnosti řeči v tunelech
Vydal:
Zpracovatel: ELTODO, a.s., ČVUT Fakulta dopravní
Autoři: Ing. D. Krajčír, DiS., prof. Ing. P. Příbyl, CSc., Ing. Jan Příkryl
Vydání: první
Náklad: neuveden
Počet stran: 31
Formát: A4
ISBN:
Distribuce: ELTODO, a.s., Novodvorská 1010/14, 142 01 Praha 4