

## **Technická zpráva**

### **Ozvučení sportovní haly Vodova s prvky evakuačního rozhlasu**

**ID:** 2300509

**Datum:**

07/2023

**Konzultant:**

Ing. David Kurc

**Kontroloval:**

Ing. Karel Motl

## Obsah

Obsah.....	2
1 Podklady a zadání .....	3
2 Technické normy .....	3
3 Elektroakustické předpoklady.....	4
4 Specifikace systému ozvučení .....	4
4.1. Koncepce systému ozvučení.....	4
4.2. Volba systému ozvučení s ohledem na akustiku .....	5
4.3. Konfigurace reprosoustav systému ozvučení.....	5
4.3.1. Ozvučení tribun .....	5
4.3.2. Ozvučení hrací plochy.....	7
4.3.3. Zavěšení reproduktorů.....	7
4.3.4. Umístění reproduktorů.....	8
4.4. Zesilovače.....	10
4.4.1. Propojení se systémem evakuačního rozhlasu .....	10
4.5. Audio zařízení .....	10
4.6. Evakuační rozhlas .....	11
4.6.1. Koncepce a topologie systému:.....	12
5 Dispozice technických místností.....	12
5.1. Technologická místnost .....	12

## 1 Podklady a zadání

Následující provozní soubor řeší vybavení sportovní haly Vodova (Velká hala) v Brně ozvučovací technikou potřebnou pro zajištění programového odbavení haly. Vybavení je zvoleno s ohledem na technický vývoj a v tomto oboru respektuje platné standardy a nejnovější trendy. Technika umožňuje použití programového ozvučení k evakuačnímu hlášení, pomocí výpočetního softwaru je ověřena hladina akustického tlaku SPL(A) a hodnota parametru STI dle normy ČSN EN 50849, která definuje požadavky srozumitelnosti evakuačního rozhlasu.

## 2 Technické normy

ČSN 33 1500 - Elektrotechnické předpisy. Revize elektrických zařízení

ČSN 33 2000-1 ed. 2 Elektrické instalace nízkého napětí - Část 1: Základní hlediska, stanovení základních charakteristik, definice

ČSN 33 2000-4-41 ed. 3 Elektrické instalace nízkého napětí - Část 4-41: Ochranná opatření pro zajištění bezpečnosti - Ochrana před úrazem elektrickým proudem

ČSN 33 2000-4-43 ed. 2 Elektrické instalace nízkého napětí - Část 4-43: Bezpečnost - Ochrana před nadproudy

ČSN 33 2000-4-444 Elektrické instalace nízkého napětí – Část 4-444: Bezpečnost – Ochrana před napětiovým a elektromagnetickým rušením

ČSN 33 2000-5-51 ed. 3 Elektrické instalace nízkého napětí - Část 5-51: Výběr a stavba elektrických zařízení – Všeobecné předpisy

ČSN 33 2000-5-52 ed.2 Elektrické instalace nízkého napětí - Část 5-52: Výběr a stavba elektrických zařízení – Elektrická vedení

ČSN 34 2300 ed.2 Předpisy pro vnitřní rozvody vedení elektronických komunikací

ČSN EN 50174-1 ed.3 Informační technologie - Instalace kabelových rozvodů - Část 1: Specifikace a zabezpečení kvality.

ČSN EN 50174-2 ed.3 Informační technologie - Instalace kabelových rozvodů - Část 2: Projektová příprava a výstavba v budovách.

ČSN EN 50174-3 ed.2 Informační technologie - Instalace kabelových rozvodů - Část 3: Projektová příprava a výstavba vně budov.

ČSN EN 50310 ed.4 Soustavy pospojování pro telekomunikace v budovách a jiných stavbách

ČSN EN 50849, Nouzové zvukové systémy, Český normalizační institut 2017.

ČSN EN 60268-16, Elektroakustická zařízení – Část 16: Objektivní hodnocení srozumitelnosti řeči indexem přenosu řeči, Český normalizační institut 2012.

ČSN 73 0527, Akustika - Projektování v oboru prostorové akustiky - Prostory pro kulturní účely - Prostory ve školách - Prostory pro veřejné účely, Český normalizační institut 1997.

### 3 Elektroakustické předpoklady

Dle normy ČSN EN 50849 (pro použití reproduktorů jako evakuačního rozhlasu) musí být v prostoru dosaženo akustických parametrů, které jsou uvedeny v následující tabulce. Tyto koeficienty jsou hodnoceny v ploše sedících osob, kterou norma definuje jako akusticky odlišnou oblast ADA (acoustically different area) – v našem případě se jedná o celý divácký sektor v hale.

**Tab. 1.** Tabulka s obecnými předpoklady návrhu ozvučení dle normy ČSN en 50849.

	<b>Popis předpokladu</b>	<b>Numerická hodnota</b>
1	Průměrná hladina akustického tlaku SPL(A)*	SPL > 103 dB
2	Absolutně minimální hladina akustického tlaku SPL(A)	SPL > 91 dB
3	Průměrná srozumitelnost řeči – STI	STI > 0,5
4	Minimální srozumitelnost řeči – STI	STI > 0,45

\*stanovena dle minimálního odstupu 18 dB od hluku pozadí 85 dBA

### 4 Specifikace systému ozvučení

#### 4.1. Koncepce systému ozvučení

Ozvučení haly bude provedeno pomocí systému reposoustav s konstantní vyzařovací charakteristikou, které zaručují rovnoměrné pokrytí prostoru požadovanou hladinou akustického tlaku. Výsledný koncept řešení ozvučení byl stanoven na základě elektroakustických simulací na 3D modelu haly.

Rozmístění reposoustav a jejich vyzařování je stanoveno s ohledem na co nejvyšší podíl přímého zvuku vůči odraženému (tzn. direct-to-reverberat ratio) pro zvýšení srozumitelnosti řeči definované STI indexem. Zároveň jsou v souladu s dalšími estetickými požadavky – např. aby reposoustavy nezavazely ve výhledu, apod.

Na základě předpokladu využitelnosti prvků systému ozvučení pro hlášení evakuačního rozhlasu dle normy ČSN EN 50849 musí reposoustavy splňovat kritéria certifikace EN 54-24 a zesilovače kritéria certifikace EN 54-16. Kabeláž a její uložení v kabelových trasách musí být také v rámci zachování funkce evakuačního rozhlasu po předpokládanou dobu evakuace v případě požáru provedeno s ohledem na potřebnou požární odolnost.

Reproduktory jsou navrženy jako pasivní pracující v nízkoimpedančním režimu. Rozvod audio signálu pro reproduktory musí být vzhledem k dlouhým trasám proveden pomocí kabelu o velkém celkovém průřezu vodičů 2x5mm<sup>2</sup> pro kratší trasy, resp. 2x8mm<sup>2</sup> pro trasy delší než 40m. Kabeláž a příslušné kabelové trasy zároveň musí splňovat požární odolnost alespoň E30. Přesné specifikace viz výkaz výměr.

## 4.2. Volba systému ozvučení s ohledem na akustiku

Současná průměrná doba dozvuku v prázdné hale je 2,7 s. Tato hodnota je téměř neslučitelná s dostatečnou hodnotou indexu srozumitelnosti řeči STI. V budoucnu je nutné vytvořit v hale podmínky, které snižují dobu dozvuku na hodnoty, při kterých index STI dosahuje vyšších hodnot. Akustické úpravy pro snížení doby dozvuku byly předmětem studie prostorové akustiky a v rámci realizace aktuálního projektu prozatím nejsou uvažovány.

## 4.3. Konfigurace reprosoustav systému ozvučení

Systém ozvučení má splňovat zejména funkci provozního rozhlasu pro kvalitní přenos mluveného slova v dostatečné srozumitelnosti. Zároveň je zvukový systém dostatečně výkonný a širokopásmový pro reprodukci hudebního signálu v požadované úrovni kvality. Vzhledem k primárnímu využití pro mluvené slovo ale v tomto projektu nejsou uvažovány subwoofery pro rozšíření systému k plnohodnotné reprodukci hlubokých kmitočtů.

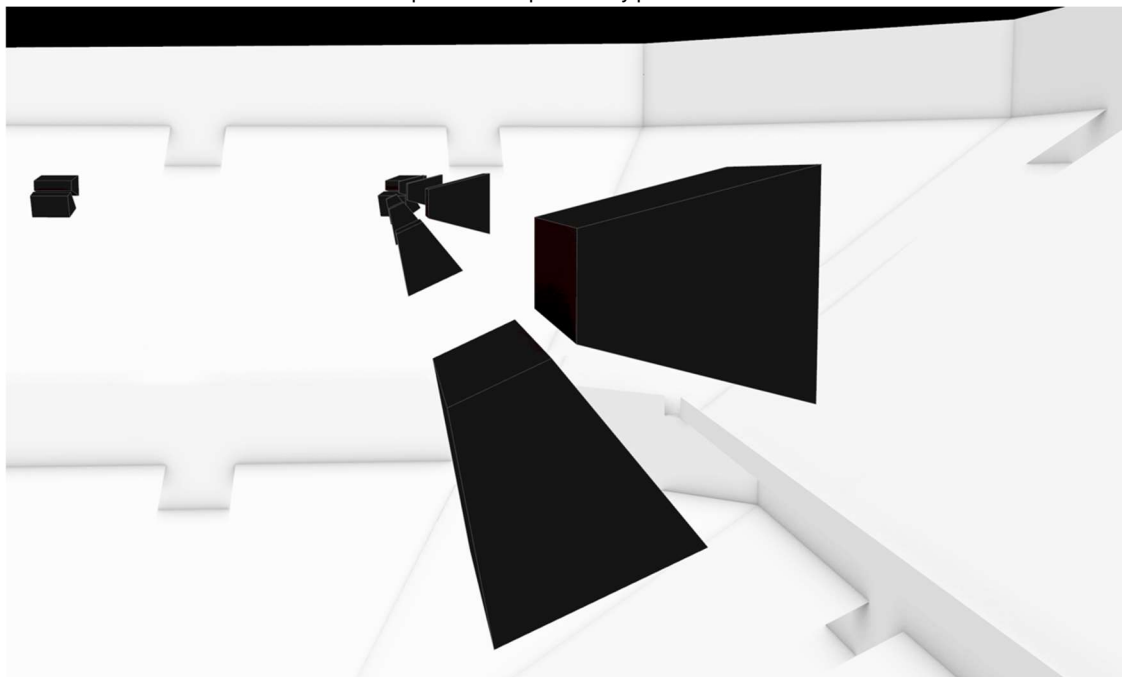
### 4.3.1. Ozvučení tribun

Hlavní programové ozvučení tribun bude nezávislý celek umožňující distribuci zvukových signálů dle požadavků sportovního utkání. V případě spuštění požárního hlášení bude automaticky programové ozvučení vypnuto a zvukový systém bude vyzařovat pouze zvukové signály související s požárním hlášením.

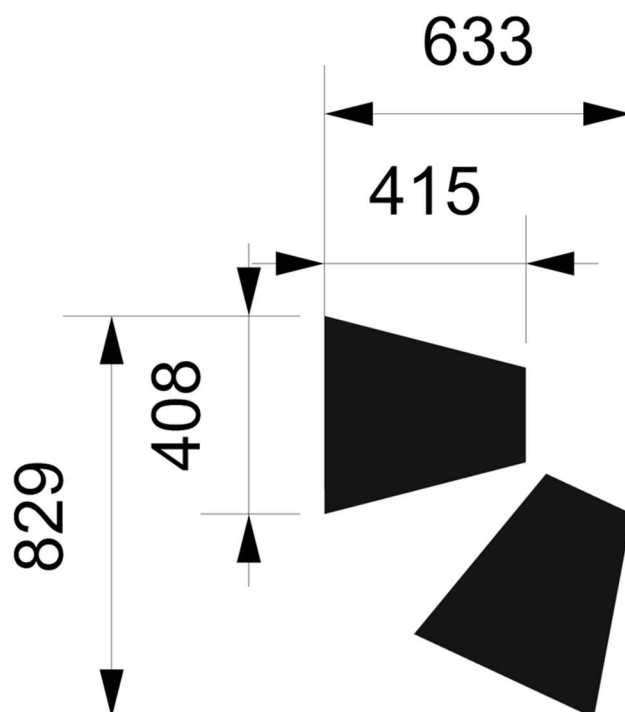
Ozvučení tribun je koncipováno pomocí 2 reproduktorů zavěšených nad sebou v konfiguraci „unity splay“. Tato konfigurace vytváří ze 2 reproduktorů 1 kompaktní cluster, který má definované jednotné vyzařování s minimální interferencí.



Obr. 1. 3D pohled na reproduktory pro ozvučení tribun.



Obr. 2. 3D pohled na cluster reproduktorů.

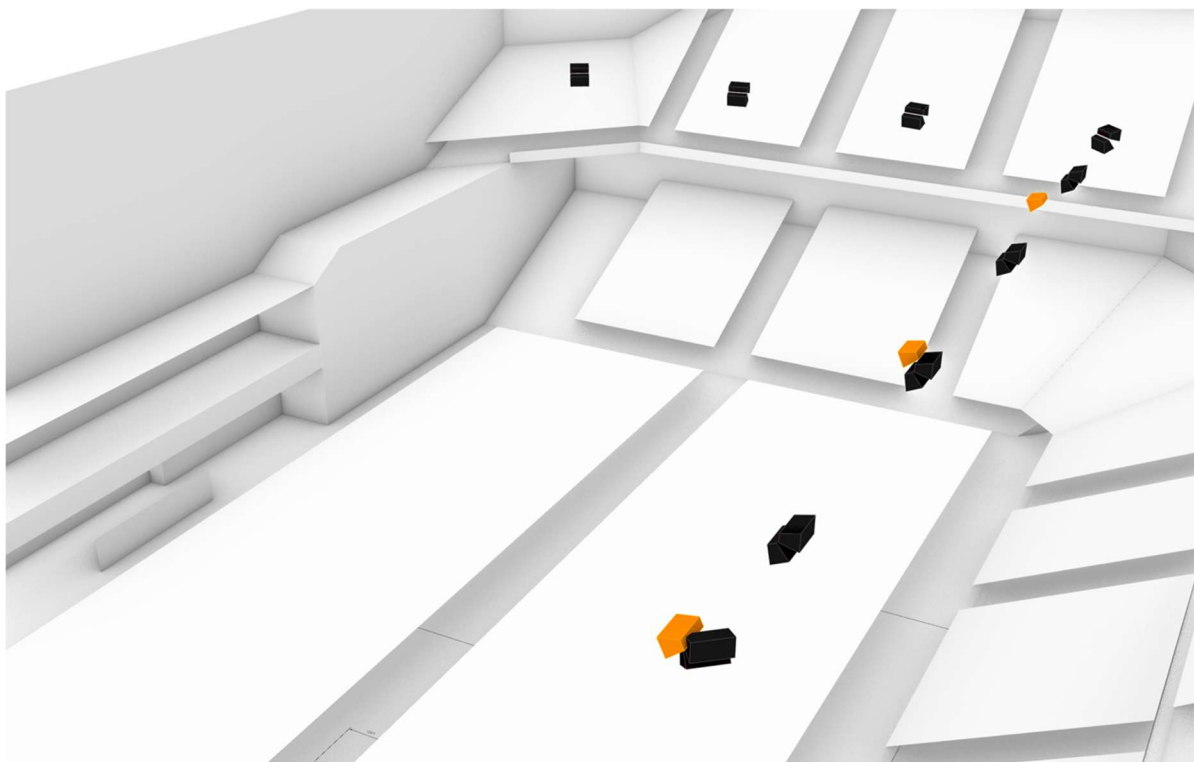


Obr. 3. Základní rozměry jednoho clusteru reproduktorů.

#### 4.3.2. Ozvučení hrací plochy

Hrací plocha by měla splňovat stejné předpoklady srozumitelnosti právě z důvodu použití zvukového systému k požárnímu hlášení. Distribuce zvukových signálů do tohoto systému bude nezávislá na ozvučení tribun, tzn. reproduktory můžou být vypnuté po celou dobu utkání, případně můžou distribuovat stejný zvukový signál jako na tribunách, nebo můžou mít nezávislý zvukový signál. Tohle bude docíleno vhodným nastavením zvukového procesoru, který bude zajišťovat distribuci audio signálů. V případě spuštění požárního hlášení bude automaticky programový obsah přerušen a zvukový systém bude přehrávat pouze zvukové signály související s požárním hlášením.

Ozvučení hrací plochy je koncipováno 3 reproduktory umístěných na stejné lávce jako je tomu u reproduktorů pro tribuny.



**Obr. 4.** 3D pohled na všechny reproduktory – reproduktory pro hrací plochu (oranžová).

#### 4.3.3. Zavěšení reproduktorů

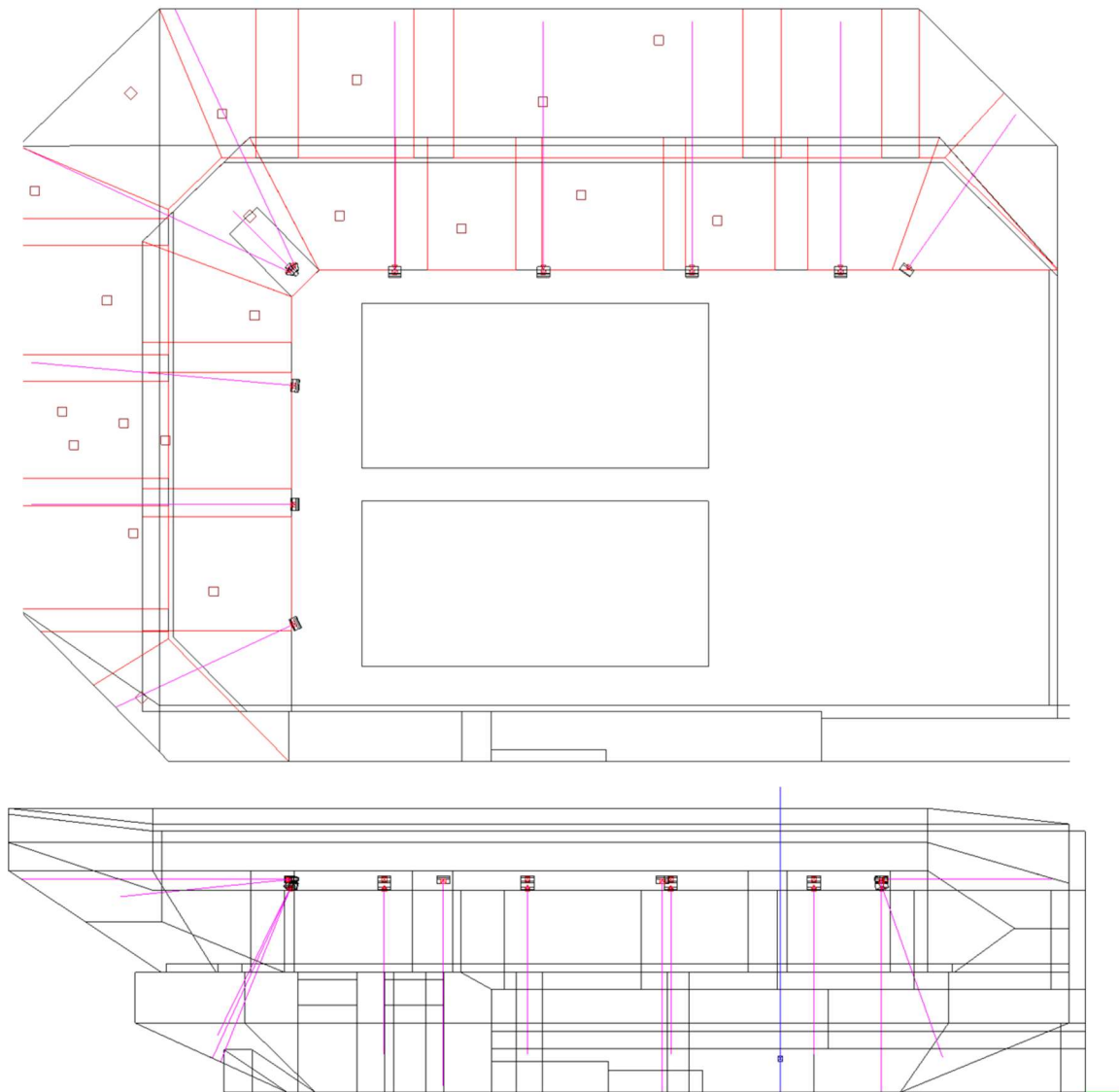
Vzhledem k relativnímu úhlu mezi reproduktory, který je 65°, je třeba použít vhodné uchycení reproduktorů do clusteru, které vytváří úhel 65° mezi osami beden, s výjimkou rohového clusteru a krajního clusteru krátké tribuny. Tyto úhly musí být dodrženy dle tabulky 2.

Reproduktory na delší tribuně budou instalovány pod pochozí lávky a jejich systém bude přizpůsoben konstrukci lávky. Reprodukory na kratší tribuně je nutné instalovat na stávající nosníky střechy. Vzhledem

k aktuální kolizi vyzařovacího úhlu s látkovým výkrytem tribun bude součástí realizace také demontáž stávajících látkových závěsů, stejně jako demontáž stávajícího ozvučovacího systému, který je na hranici svojí životnosti.

Systém zavěšení a ukotvení na konstrukci střechy a lávky bude upřesněn při tvorbě realizační dokumentace. Je nutné splnit veškeré statické a bezpečnostní náležitosti a zajistit statický posudek zakázkových dílů, které nebudou od výrobce reproduktorů.

#### 4.3.4. Umístění reproduktorů

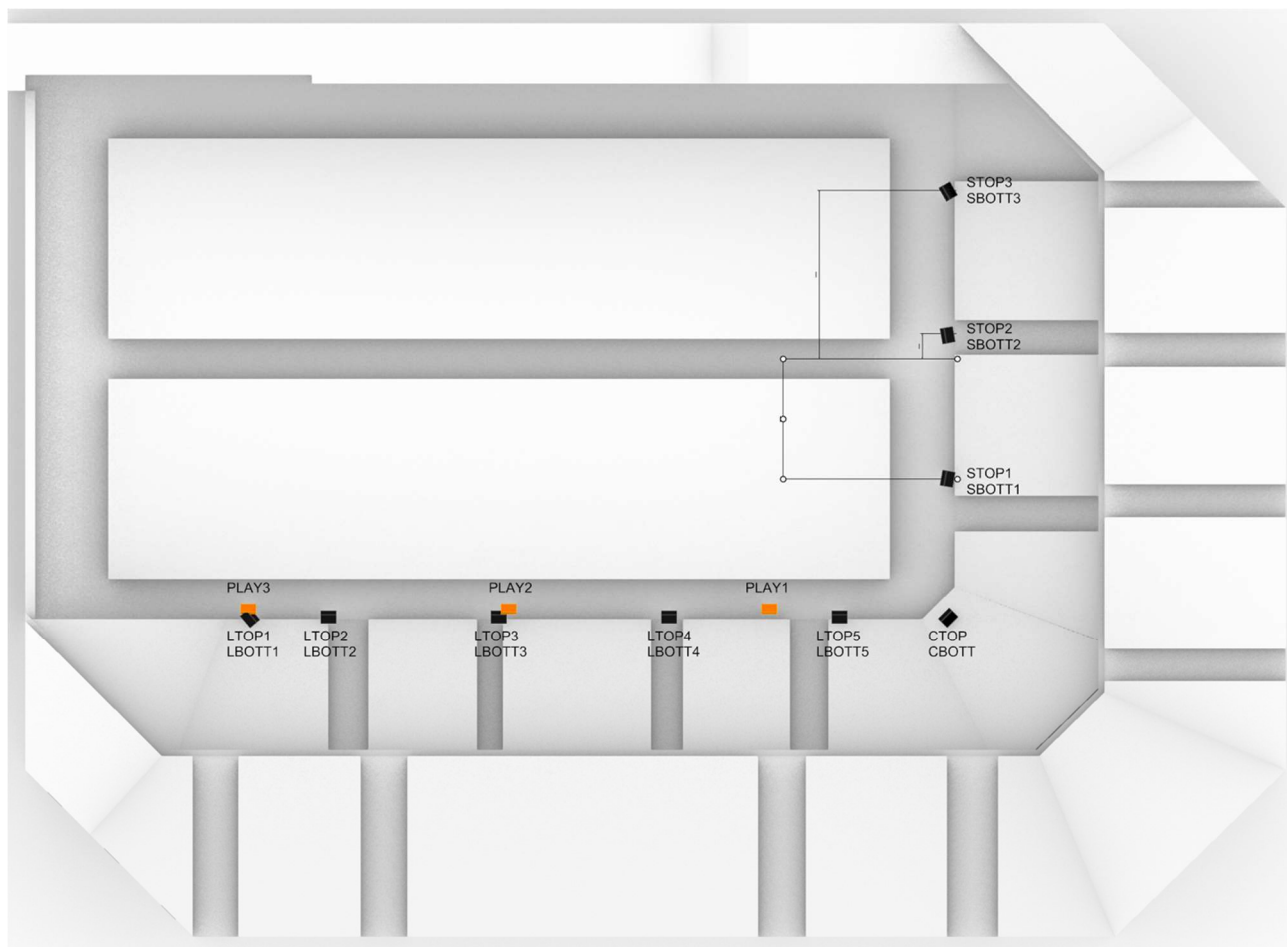


**Obr. 5.** Půdorys a boční pohled – umístění reproduktorů v modelu haly. Červenou barvou jsou vyznačeny analyzované prostory.



**Tab. 2.** Tabulka se souřadnicemi jednotlivých reproduktorů včetně úhlů jednotlivých reproduktorů v clusteru.

Name	Item	Speaker dispersion H x V	x [m]	y [m]	z [m]	Hor [°]	Ver [°]	Rot [°]
Tribuna dlouhá	LTOP1	90x60	-13.00	6.00	12.6	-140.0	0.0	90.0
Tribuna dlouhá	LBOTT1	120x60	-12.75	6.00	12.25	-140.0	-65.0	90.0
Tribuna dlouhá	LTOP2	90x60	-13.00	2.00	12.6	-90.0	0.0	90.0
Tribuna dlouhá	LBOTT2	120x60	-12.75	2.00	12.25	-90.0	-65.0	90.0
Tribuna dlouhá	LTOP3	90x60	-13.00	-6.50	12.6	-90.0	0.0	90.0
Tribuna dlouhá	LBOTT3	120x60	-12.75	-6.50	12.25	-90.0	-65.0	90.0
Tribuna dlouhá	LTOP4	90x60	-13.00	-15.00	12.6	-90.0	0.0	90.0
Tribuna dlouhá	LBOTT4	120x60	-12.75	-15.00	12.25	-90.0	-65.0	90.0
Tribuna dlouhá	LTOP5	90x60	-13.00	-23.50	12.6	-90.0	0.0	90.0
Tribuna dlouhá	LBOTT5	120x60	-12.75	-23.50	12.25	-90.0	-65.0	90.0
Tribuna rohová	CTOP	90x40	-13.00	-29.00	12.6	-45.0	0.0	90.0
Tribuna rohová	CBOTT	90x60	-12.75	-29.00	12.25	-45.0	-55.0	90.0
Tribuna krátká	STOP1	90x60	-6.00	-29.00	12	-10.0	0.0	90.0
Tribuna krátká	SBOTT1	120x60	-6.00	-29.00	11.75	-10.0	-65.0	90.0
Tribuna krátká	STOP2	90x60	1.2	-29.00	12	10.0	0.0	90.0
Tribuna krátká	SBOTT2	120x60	1.2	-29.00	11.75	10.0	-65.0	90.0
Tribuna krátká	STOP3	90x60	8.4	-29.00	12	30.0	-5.0	90.0
Tribuna krátká	SBOTT3	60x60	8.4	-29.00	11.75	30.0	-65.0	90.0
Hrací plocha	PLAY1	90x90	-12.50	-20.00	12.6	90.0	-25.0	90.0
Hrací plocha	PLAY2	90x90	-12.50	-7.00	12.6	90.0	-25.0	90.0
Hrací plocha	PLAY3	90x90	-12.50	6.00	12.6	90.0	-25.0	90.0



**Obr. 6.** Půdorys – umístění reproduktorů v modelu haly s názvy korespondující s tabulkou.

#### 4.4. Zesilovače

Zesilovače PA systému musí zajistit dostatečný výkon k dosažení předpokladů průměrného akustického tlaku většího než 103 dBA. Rozdělení kanálů zesilovačů pro reprosoustavy viz blokové schéma systému ozvučení. Zesilovače musí být použitelné jako součást systému evakuačního rozhlasu, tedy splňovat certifikaci EN 54-16 a další parametry uvedené ve výkazu výměr.

Zesilovače musí umožňovat vzdálené ovládání a přenos audio signálu přes IP síť. Zesilovače budou umístěny v technologické místnosti sousedící s halou, odtud budou instalační šachty rozvedené jednotlivé kabelové trasy k reprosoustavám umístěným na nosné konstrukci střechy haly. Kabelové trasy a samotná kabeláž musí splňovat výkonové požadavky vzhledem k potřebnému akustickému tlaku jednotlivých reprosoustav a zároveň musí zajistit nepřerušenou funkci zvukového systému v případě požáru po celou dobu evakuace osob – specifikace viz výkaz výměr.

##### 4.4.1. Propojení se systémem evakuačního rozhlasu

Systém evakuačního rozhlasu musí být postaven na zabezpečené infrastruktuře, která umožní propojení se všemi prvky zvukového systému. Výhodou bude síť postavená na stejném protokolu, která umožní komunikaci všech zařízení v rámci jedné sítě. Tato struktura by měla umožnit redundanci síťového připojení.

#### 4.5. Audio zařízení

##### **Audioprocessor**

Obsluha a odbavovací pracoviště ozvučení haly musí být přizpůsobeno pro laickou obsluhu, případně lokálního technika proškoleného na základní nastavení systému. Hlavním prvkem, který bude sloužit pro úpravu, mix a směřování signálů, bude audioprocessor s konfigurovatelnou DSP jednotkou a dostatečným počtem analogových vstupů/výstupů a podporou digitálního audio protokolu Dante. Audio procesor bude v rackovém provedení nainstalován v AVT rackovém stojanu v technické místnosti. Bude konfigurovatelný přes software lokálně nebo vzdáleně přes ethernet. Integrovaná DSP jednotka musí mít automatické funkce zpracování signálu jako jsou: automatická kontrola gainu, eliminátor zpětné vazby, ducker, prioritní vstup, potlačení hluku pozadí, compressor, gate, limiter. Dále jsou v audioprocessoru k dispozici interní efektové jednotky, grafické a parametrické ekvalizéry a další funkce nutné pro korektní nastavení zvukového řetězce.

Audioprocessor bude uživatelsky obsluhován pomocí 2 ovládacích panelů. Panel pro základní ovládání hlasitosti vstupních signálů (mikrofon, podkresová hudba, apod.) bude umístěn na stanovišti časomíry. Druhý panel pro pokročilejší ovládání, který bude určen pro nastavování systému proškoleným technikem, bude umístěn v technické místnosti vedle haly. Oba panely jsou propojeny s audioprocessorem standardní datovou LAN kabeláží.

Distribuce audio signálů mezi audioprocessorem a zesilovači bude probíhat pomocí digitálního audio protokolu Dante.

## Doplňková zařízení

Nezbytnou součástí audio řetězce jsou další zařízení, která budou v dosahu obsluhy. Jedná se zejména o komentátorský mikrofon na husím krku a univerzální přípojné místo s konektivitou potřebnou pro připojení externích zdrojů zvuku a mikrofonů na stanovišti časomíry. Za přípojným místem je audio signál převeden do digitální podoby audio převodníkem Dante protokolu a distribuován pomocí LAN sítě do audioprocesoru umístěného v technické místnosti.

V rámci budoucího rozšíření bude vhodné systém doplnit o bezdrátový digitální mikrofonní set s ručním mikrofonem, bodypackem, náhlavní mikrofonní sadou a anténním systémem pro dostatečné pokrytí signálem v celém prostoru haly. Dále je vhodný multifunkční audio přehrávač a případně další koncová zařízení dle potřeb běžného provozu sportovní haly.

### 4.6. Evakuační rozhlas

Systém evakuačního ozvučení bude sloužit k pokrytí zvukovým signálem charakteru mluveného slova (ale i hudebním signálem) daných poslechových ploch v hale, a v budoucnosti i pokrytí vedlejší prostorů uvnitř objektu. Stanovení požadavků na systém ozvučení a jeho parametrů je řízeno údaji, které jsou přesně specifikovány v ČSN EN 50849 a v ČSN EN 54-24. V těchto normách jsou specifikovány požadavky na srozumitelnost řeči v celé oblasti pokrytí. Jeho hodnota musí být větší nebo rovna 0,45 na jednotné stupnici srozumitelnosti (STI).

V uvažovaných prostorách je v budoucnu doporučena úprava prostorové akustiky dle příslušné akustické studie.

Průměrná hodnota v dané ADA musí být větší než 0,5. Postup hodnocení klasifikačního parametru STI a jeho získání je uvedeno v normě ČSN EN 60268-16, Elektroakustická zařízení - Část 16, Objektivní hodnocení srozumitelnosti řeči indexem přenosu řeči a dále požadavky na provedení vlastní reproduktorové soustavy z hlediska splnění požadavků na instalaci ve venkovním prostředí.

Koncové prvky instalovaného systému provozního ozvučení s prvky evakuačního rozhlasu musí splňovat základní předpoklady výše zmíněných norem. Zesilovače musí umožnit kontrolu jednotlivých reproduktorových linek a sledování interních poruchových stavů, včetně možnosti podmíněného přepínání na základě vyhodnocení těchto informací. Kabeláž pro připojení reproduktorů musí zajistit funkci při požáru po dobu stanovenou v PBŘ budovy.

Instalovaný systém provozního ozvučení s prvky evakuačního rozhlasu musí být připraven na budoucí rozšíření o prostory mimo hlavní prostor haly a další nezbytné prvky pro plnohodnotnou funkci evakuačního rozhlasu jako jediného požárně bezpečnostního řešení pro poplach a evakuaci budovy.

### Požadavky na provedení rozvodů

Trasy ERO musí splňovat odolnost a plnou funkčnost dle požární zprávy. Veškeré trasy rozhlasového zařízení budou vystavěny kabely splňující ČSN IEC 60331(IEC 331) a ČSN 50266-1+ČSN 50266-2 (ČSN IEC 332-3A) a IEC754-2 .

Veškeré rozvody musí být v souladu s ČSN 342300 (Předpisy pro vnitřní rozvody sdělovacích vedení) a ČSN IEC 50 266 (Požární bezpečnost staveb – Shromažďovací prostory). Kabelové prostupy mezi požárními úseky budou provedeny tak, aby byla zachována požární odolnost dělicích konstrukcí (požární ucpávky, součást výkazu výměr). Kabelová zařízení budou realizována v souladu s ČSN EN 50 174. Je nutné zajistit minimální odstup 150mm mezi silnoproudými a slaboproudými trasami. Odbočky z hlavních úložných konstrukcí budou řešeny pomocí kovových příchytek. Tyto odbočky musí splnit stejné požadavky jako hlavní úložné konstrukce.

Součástí zprovoznění systému bude také detailní nastavení DSP pro jednotlivé zóny a také jejich adresování tlačítky operátora na recepci.

#### 4.6.1. Koncepce a topologie systému:

Komponenty ústředny budou instalovány v technologické místnosti do 19" datového rozvaděče vybaveného potřebným příslušenstvím (rozvody napájení a odvětrání), včetně záložních akumulátorů pro nouzové napájení systému. Pro primární ovládání systému bude sloužit mikrofonní stanice na recepci, včetně tlačítkového panelu pro adresování zón.

## 5 Dispozice technických místností

Pro umístění AV techniky, systému evakuačního rozhlasu a obsluhu proškoleným technikem slouží místnost technického zázemí sousedící s halou.

### 5.1. Technologická místnost

Technologická místnost slouží k umístění technologických stojanů. V této místnosti jsou umístěny veškeré stojany s technologiemi. Do této místnosti jsou distribuovány všechny signály z přípojných míst a také distribuovány signály ke koncovým prvkům v hale.

Budou zde umístěny zesilovače evakuačního systému haly a rozhlasová ústředna. Z této místnosti budou rozvedeny zvukové signály po celém objektu ke koncovým prvkům.