



**UNIVERZITNÍ  
CENTRUM  
ENERGETICKY  
EFEKTIVNÍCH BUDOV  
ČVUT V PRAZE**

---

# **Akustika hal s nízkými perforovanými trapézovými plechy v systémovém řešení ISOVER ROOF ACOUSTIC CEILING**

**Souhrnná zpráva**

---

Ing. Jiří Nováček, Ph.D.

21. dubna 2021

---



Název	Akustika hal s nízkými perforovanými trapézovými plechy v systémovém řešení ISOVER ROOF ACOUSTIC CEILING Souhrnná zpráva
Verze	1.0
Datum	21. 4. 2021
Číslo zakázky	8302031V100
Autor	Ing. Jiří Nováček, Ph.D.
Kontaktní osoba	Ing. Jiří Nováček, Ph.D. jiri.novacek.2@cvut.cz +420 224 357 157 České vysoké učení technické v Praze Univerzitní centrum energeticky efektivních budov Třinecká 1024   273 43 Buštěhrad   www.uceeb.cz

## Obsah:

1	Úvod .....	1
2	Objemové, tvarové a materiálové řešení vzorové haly .....	1
3	Zvuková pohltivost vnitřních povrchů .....	5
4	Zdroje zvuku .....	5
5	Doba dozvuku .....	6
6	Hladiny akustického tlaku A .....	8
6.1	Ocelová hala – bez akustických úprav .....	8
6.2	Ocelová hala – akustický obklad ISOVER na spodním líci střechy .....	10
6.3	Ocelová hala – akustický obklad ISOVER na spodním líci střechy a na stěnách .....	12
6.4	Betonová hala – bez akustických úprav .....	14
6.5	Betonová hala – akustický obklad ISOVER na spodním líci střechy .....	16
6.6	Betonová hala – akustický obklad ISOVER na spodním líci střechy a na stěnách .....	18
7	Závěr .....	20
	Literatura .....	21



# 1 ÚVOD

Tato zpráva volně navazuje na souhrnnou zprávu „Akustika hal se střešními perforovanými trapézovými plechy v systémových střešních skladbách ISOVER ROOF ACOUSTIC“, zpracovanou v březnu 2020, která se zabývala střešními skladbami s nosnými perforovanými trapézovými plechy na velké rozpony, určenými pro novostavby. Rovněž se zabývá výpočtovým stanovením vlivu perforovaných trapézových plechů v systémových skladbách společnosti ISOVER na prostorovou akustiku průmyslových a jiných halových objektů, v tomto případě určených především pro rekonstrukce stávajících staveb. Použití může být výhodné i u novostaveb, kdy projektant potřebuje zlepšení akustických vlastností nosných konstrukcí navržených na bázi betonu, dřeva, oceli apod., které v základním provedení akusticky pohltivé vlastnosti nemají. Akustický obklad ISOVER ROOF ACOUSTIC CEILING je prioritně určen pro střešní konstrukce, je ale možné jej použít i pro stěny. Dle výrobce se obklad kromě výborných akustických vlastností vyznačuje také vysokou mechanickou odolností, což lze s výhodou využít například u sportovních a výrobních halových staveb.

Zpráva se věnuje vlivu akustických úprav na zkrácení doby dozvuku a snížení hladin akustického tlaku z provozu zdrojů hluku. Akustický model „typické“ jednolodní haly byl převzatý z předchozí zprávy, čímž je zajištěna návaznost. Kromě varianty s ocelovou nosnou konstrukcí a lehkým opláštěním byl model upraven ještě na variantu betonové haly. Akustické výpočty byly provedeny ve specializovaném softwaru ODEON Combined verze 14 a doplněny predikcemi dle běžně používaných výpočtových metod.

## 2 OBJEMOVÉ, TVAROVÉ A MATERIÁLOVÉ ŘEŠENÍ VZOROVÉ HALY

Vzorová jednolodní hala má půdorysné rozměry 15 x 36 m a výšku 7,5 m u okapu a 8,5 m ve hřebeni. Nosnou konstrukci haly tvoří ocelové rámy svařované z profilů tvaru I v osové vzdálenosti 6 m nebo betonové sloupy 0,4 x 0,4 m v kombinaci s betonovými vazníky. Stěny haly ve variantě ocelové konstrukce jsou sendvičové panely s tepelně-izolačním jádrem a opláštěním z ocelového plechu (typ Kingspan), pro variantu betonové konstrukce jsou stěny z betonu. Podobně nosnou konstrukci střechy tvoří v první variantě plný trapézový plech a v druhé betonové panely. Podlaha haly je vždy betonová a ve hřebeni střechy se nachází pásový světlík. Akustické obklady byly uvažovány ve dvou variantách:

### Variant a č. 1 - ISOVER FASSIL NT

- povrch nosné konstrukce,
- mezera 125 mm,
- ISOVER FASSIL NT tl. 50 mm s kašírováním netkanou textilií,
- perforovaný trapézový plech Kovové profily SAB TR 35/207.

### Variant a č. 2 - ISOVER AKUSTIC SSP 2

- povrch nosné konstrukce,
- mezera 125 mm,
- ISOVER AKUSTIC SSP 2 tl. 50 mm s kašírováním netkanou textilií,
- perforovaný trapézový plech Kovové profily SAB TR 35/207.

Hodnoty činitelů zvukové pohltivosti akustických obkladů použité ve výpočtech byly uvažovány dle protokolu o zkoušce č. 19/430/A024 zpracovaného společností ITC a. s. – Divize CSI a jsou uvedeny v tabulkách 1 a 2.

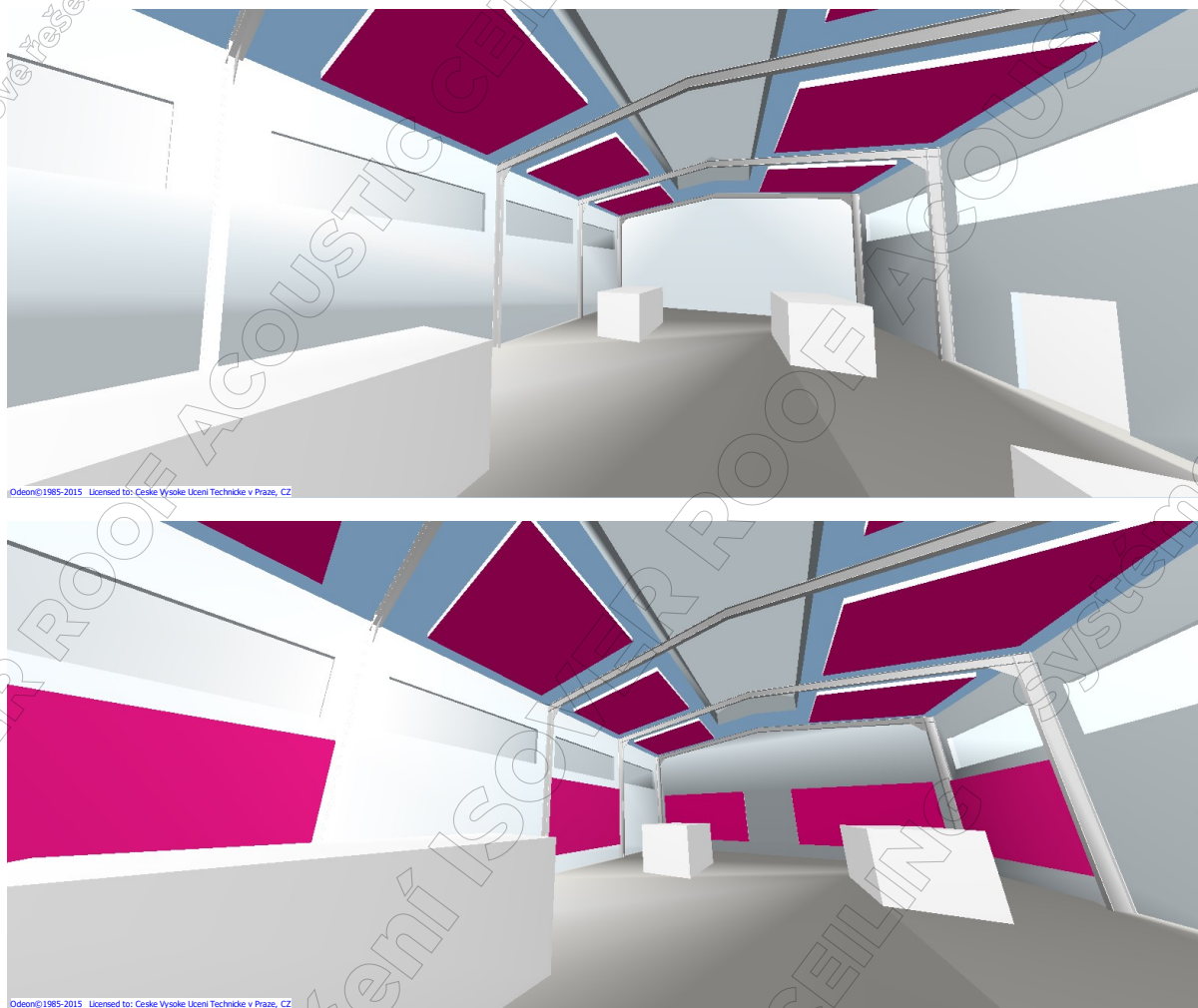
Tab. 1. Činitele zvukové pohltivosti akustického obkladu – varianta č. 1

Střední kmitočet 1/3-oktávového pásmo (Hz)	Činitel zvukové pohltivosti – změřený (-)	Střední kmitočet oktávového pásmo (Hz)	Činitel zvukové pohltivosti – průměr (-)	Praktický činitel zvukové pohltivosti (-)
100	0,17			
125	0,26	125	0,27	<b>0,25</b>
160	0,38			
200	0,55			
250	1,00	250	0,85	<b>0,85</b>
315	0,99			
400	1,01			
500	1,09	500	1,04	<b>1,00</b>
630	1,02			
800	1,02			
1000	1,02	1000	1,04	<b>1,00</b>
1250	1,07			
1600	1,00			
2000	1,11	2000	1,06	<b>1,00</b>
2500	1,07			
3150	1,10			
4000	1,06	4000	1,06	<b>1,00</b>
5000	1,03			

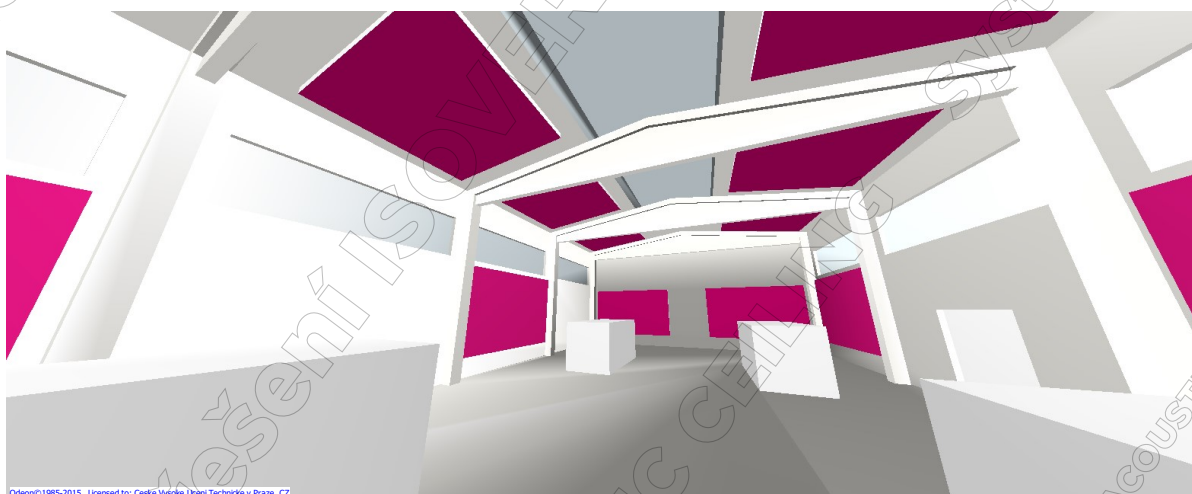
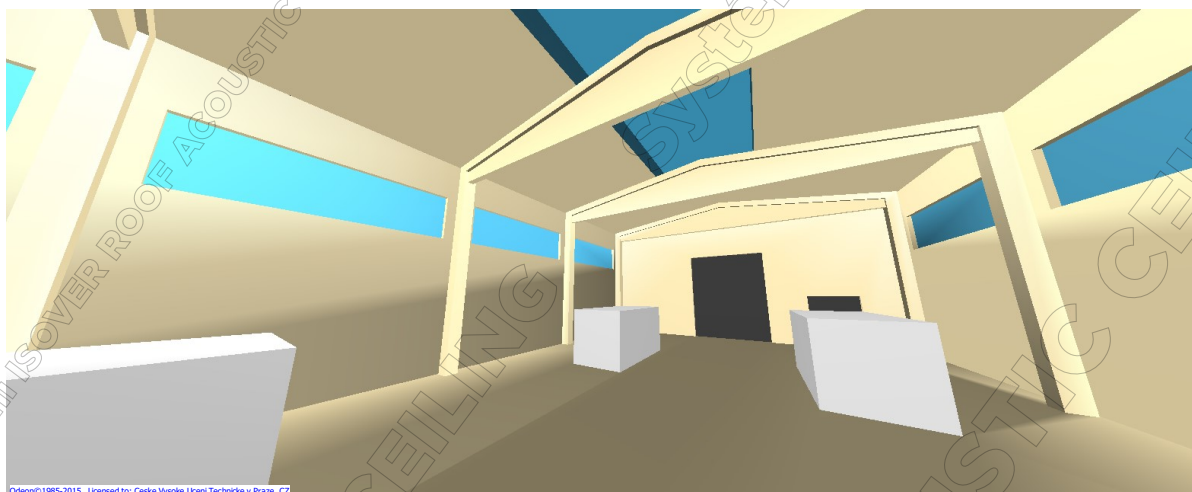
Tab. 2. Činitele zvukové pohltivosti akustického obkladu – varianta č. 2

Střední kmitočet 1/3-oktávového pásmo (Hz)	Činitel zvukové pohltivosti – změřený (-)	Střední kmitočet oktávového pásmo (Hz)	Činitel zvukové pohltivosti – průměr (-)	Praktický činitel zvukové pohltivosti (-)
100	0,18			
125	0,26	125	0,27	<b>0,25</b>
160	0,36			
200	0,61			
250	0,87	250	0,84	<b>0,85</b>
315	1,03			
400	0,96			
500	1,01	500	0,99	<b>1,00</b>
630	0,99			
800	0,98			
1000	0,97	1000	1,02	<b>1,00</b>
1250	1,12			
1600	1,08			
2000	1,05	2000	1,05	<b>1,00</b>
2500	1,02			
3150	1,06			
4000	1,16	4000	1,08	<b>1,00</b>
5000	1,03			

Ve výpočtech byly uvažovány hodnoty praktického činitele zvukové pohltivosti, které jsou pro obě varianty obkladu stejné. V následujícím textu jsou proto oba obklady označeny názvem „akustický obklad Isover“. Hodnoty uvedené v tabulkách 1 a 2 (2. sloupec) byly změřené pro obklad na betonovém povrchu. Protože nejsou k dispozici údaje o pohltivosti na jiných površích, např. trapézovém plechu, ve všech variantách výpočtů byly pro akustický obklad Isover uvažovány hodnoty činitelů pohltivosti dle tabulek. Umístění obkladu bylo ve dvou variantách: pouze na spodním líci střechy a na spodním líci střechy v kombinaci s obkladem stěn. Akustický obklad pod střechou tvořilo 12 polí, každé o ploše 17,5 m<sup>2</sup>. Obklad stěn byl tvořen 8 poli, každé o ploše přibližně 18 m<sup>2</sup>. Jednotlivé varianty řešení haly uvažované ve výpočty jsou přehledně uvedeny na obrázcích 1 až 2.



Obr. 1. Prostorový model ocelové haly: s akustickým obkladem pouze na spodním líci střechy (nahore), s akustickým obkladem na spodním líci střechy a na stěnách (dole)



Obr. 2: Prostorový model betonové haly: bez akustických úprav (nahore), s akustickým obkladem pouze na spodním líci střechy (uprostřed), s akustickým obkladem na spodním líci střechy a na stěnách (dole)



### 3 ZVUKOVÁ POHLTIVOST VNITŘNÍCH POVRCHŮ

Pro akustické výpočty byly použity hodnoty činitelů zvukové pohltivosti z materiálové knihovny programu ODEON a z podkladů výrobců stavebních materiálů, viz tabulka 3.

Tab. 3. Činitele zvukové pohltivosti vnitřních povrchů haly

Povrch	f (Hz)					
	125	250	500	1 000	2 000	4 000
Střecha – plný trapézový plech TR 150/280/0,75 <sup>1</sup> – varianta haly s ocelovou konstrukcí	0,60	0,65	0,25	0,10	0,10	0,10
Střecha – akustický obklad <sup>2</sup>	0,25	0,85	1,00	1,00	1,00	1,00
Stěny – sendvičový panel s opláštěním z ocelového plechu <sup>3</sup> – varianta haly s ocelovou konstrukcí	0,25	0,20	0,10	0,15	0,10	0,08
Podlaha – hladký beton Střecha a stěny pro variantu haly s betonovou konstrukcí	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,05
Okna a světlík	0,10	0,07	0,05	0,03	0,02	0,02
Vrata – pohltivost 10 %;	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Nosné ocelové prvky – pohltivost 2 %	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02

<sup>1</sup>Protokol č. 207/17 o zkoušce stanovení činitele zvukové pohltivosti v dozvukové místnosti ploché střechy z trapézového plechu s izolací Isover, CSI a. s., 2017

<sup>2</sup>Stanoveno výpočtem z naměřených hodnot uvedených v protokolu č. 19/430/A024 o zkoušce měření činitele zvukové pohltivosti stropních podhledů z trapézového plechu TR35/207 SAB, varianty A a B, ITC a. s., 2019

<sup>3</sup>Acoustic Performance Guide, Insulated roof, wall and facade systems, společnosti Kingspan (6/2005)

### 4 ZDROJE ZVUKU

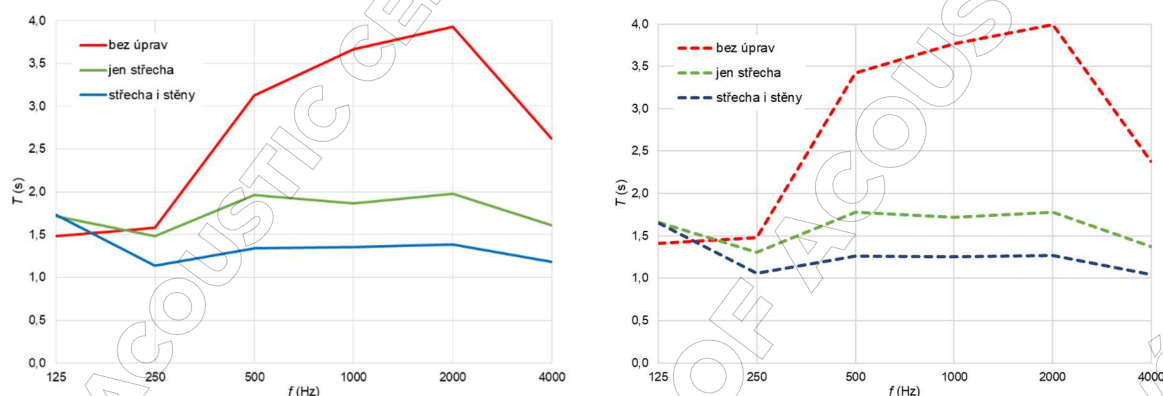
Akustické výpočty byly provedeny pro zdroje zvuku s hladinou akustického výkonu A,  $L_{WA} = 90$  dB, a to ve dvou variantách provozu – současně běžících všech šest zdrojů a pouze dva současně běžící zdroje. Podrobnější informace o akustických vlastnostech zdrojů zvuku uvažovaných ve výpočtech lze nalézt v předchozí souhrnné zprávě „Akustika hal se střešními perforovanými trapézovými plechy v systémových střešních skladbách ISOVER ROOF ACOUSTIC“. Z důvodu návaznosti byly uvažovány identické zdroje zvuku jako v předchozích výpočtech.

## 5 DOBA DOZVUKU

Výpočet doby dozvuku byl proveden softwarem ODEON 14.00 a ručně podle Eyringova vzorce, uvedeného v ČSN 73 0525:

$$T = 0,163 \frac{V}{-S \cdot \ln(1 - \alpha_m) + 4mV} \quad (1)$$

kde  $V$  ( $\text{m}^3$ ) je objem uzavřeného prostoru,  $S$  ( $\text{m}^2$ ) plocha vnitřních povrchů,  $\alpha_m$  (-) střední činitel zvukové pohltivosti a  $m$  ( $\text{m}^{-1}$ ) činitel útlumu zvuku při šíření ve vzduchu.



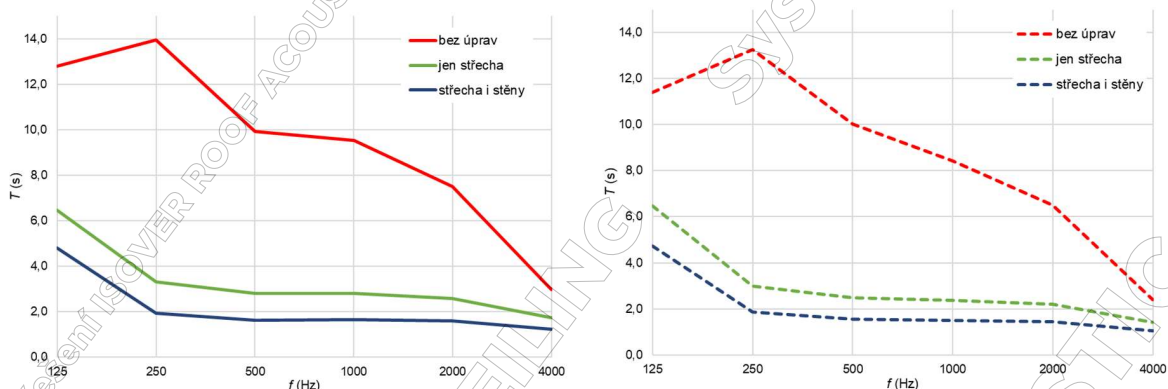
Obr. 3. Doba dozvuku  $T$  (s) ocelové haly, vlevo: ODEON, vpravo: Eyring

Tab. 4. Doba dozvuku vypočtená softwarem ODEON – hala s ocelovou konstrukcí

Varianta	Doba dozvuku $T$ (s)					
	125	250	500	1 000	2 000	4 000
Hala bez akustických úprav	1,48	1,58	3,13	3,67	3,93	2,62
Akustický obklad ISOVER – střecha	1,72	1,48	1,96	1,86	1,98	1,61
Akustický obklad ISOVER – střecha a stěny	1,73	1,14	1,34	1,35	1,39	1,18

Tab. 5. Doba dozvuku vypočtená podle Eyringova vzorce – hala s ocelovou konstrukcí

Varianta	Doba dozvuku $T$ (s)					
	125	250	500	1 000	2 000	4 000
Hala bez akustických úprav	1,41	1,48	3,42	3,77	3,99	2,38
Akustický obklad ISOVER – střecha	1,66	1,30	1,78	1,72	1,78	1,37
Akustický obklad ISOVER – střecha a stěny	1,65	1,06	1,27	1,25	1,27	1,04



Obr. 4. Doba dozvuku  $T$  (s) betonové haly, vlevo: ODEON, vpravo: Eyring

Tab. 6. Doba dozvuku vypočtená softwarem ODEON – hala s betonovou konstrukcí

Varianta	Doba dozvuku $T$ (s)					
	125	250	500	1 000	2 000	4 000
Hala bez akustických úprav	12,81	13,96	9,92	9,53	7,49	2,98
Akustický obklad ISOVER – střeška	6,45	3,32	2,81	2,80	2,59	1,74
Akustický obklad ISOVER – střeška a stěny	4,80	1,94	1,63	1,64	1,58	1,22

Tab. 7. Doba dozvuku vypočtená podle Eyringova vzorce – hala s betonovou konstrukcí

Varianta	Doba dozvuku $T$ (s)					
	125	250	500	1 000	2 000	4 000
Hala bez akustických úprav	11,41	13,25	10,02	8,43	6,50	2,40
Akustický obklad ISOVER – střeška	6,47	3,00	2,48	2,38	2,19	1,41
Akustický obklad ISOVER – střeška a stěny	4,74	1,86	1,54	1,50	1,43	1,05

Z výsledků uvedených v tabulkách 4 až 7 je zřejmé, že doba dozvuku stanovená ručním výpočtem dobře odpovídá hodnotám určeným softwarem ODEON zejména pro variantu hal bez akustických úprav a pro variantu s akustickým obkladem spodního líce střechy a stěn. Pro variantu s akustickým obkladem pouze spodního líce střechy byly zjištěny větší rozdíly v důsledku nerovnoměrně rozložené pohltivosti, která se projevuje prodloužením doby dozvuku. K výrazně většímu zkrácení doby dozvuku došlo u betonové haly v porovnání s halou ocelovou. Je to dáno tím, že plný trapezový plech má vyšší zvukovou pohltivost než hladký beton. Obklad vnitřních povrchů betonové haly zvukově akustickým obkladem Isover tudíž výrazněji zvýší celkovou zvukovou pohltivost haly.

## 6 HLADINY AKUSTICKÉHO TLAKU A

Hladina akustického tlaku A v hale v poli odražených vln byla stanovena podle vztahu:

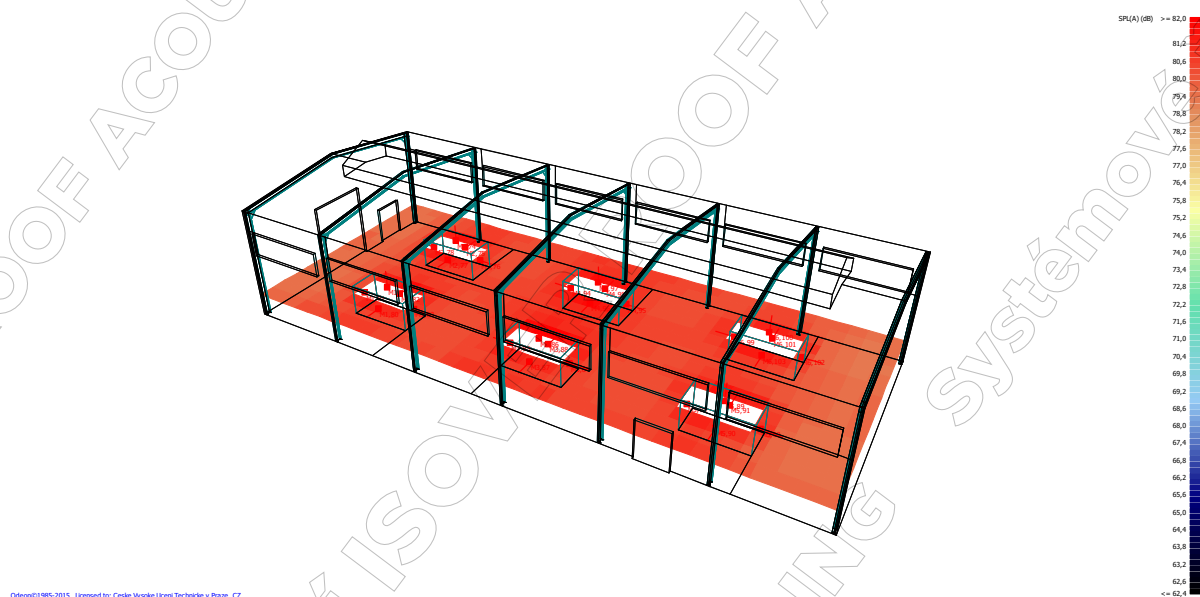
$$L = L_w + 10 \lg \left[ \frac{4(1-\alpha_m)}{-S \cdot \ln(1-\alpha_m) + 4m} \right] \quad (2)$$

kde  $L_w$  (dB) je hladina akustického výkonu zdroje zvuku.

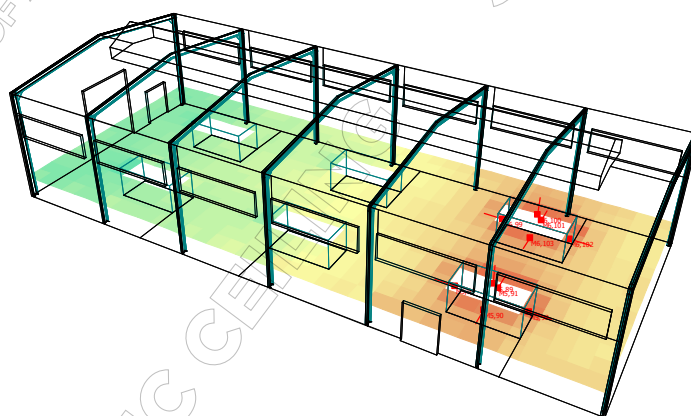
Výsledky výpočtů dle tohoto vzorce jsou uvedeny kurzívou v následujících obrázcích spolu s výsledky simulačních výpočtů programem ODEON.

### 6.1 Ocelová hala – bez akustických úprav

Výsledky výpočtů pro variantu ocelové haly bez akustických úprav jsou převzaté z předchozí zprávy „Akustika hal se střešními perforovanými trapézovými plechy v systémových střešních skladbách ISOVER ROOF ACOUSTIC“, z března 2020.

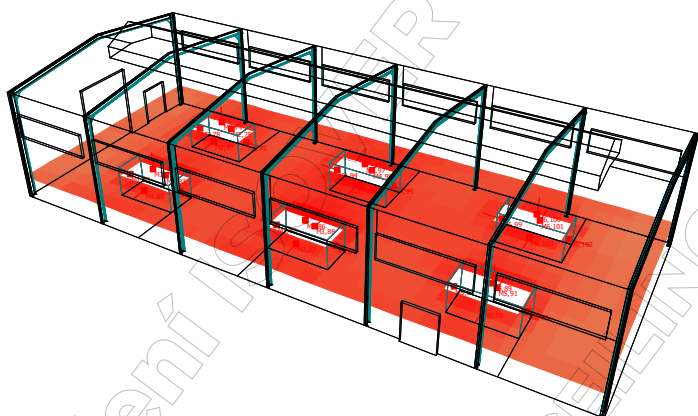


Obr. 5. – Hladiny akustického tlaku A,  $L_A$  (dB) pro spektrum č. 1 a 6 zdrojů zvuku, průměrná hodnota 80,4 dB (80,1 dB)



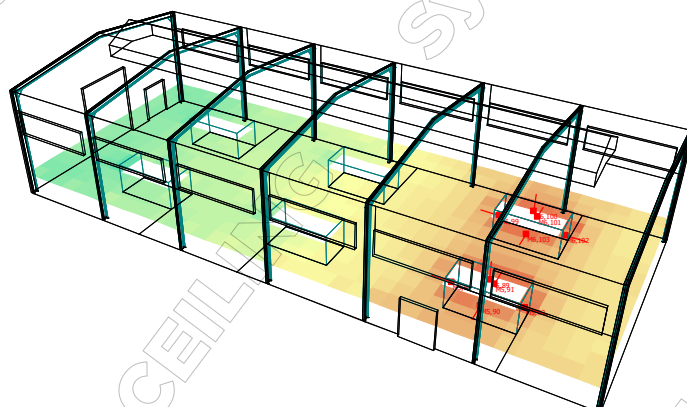
Odson(1985-2015) Licensed to: České Vysoké Učení Technické v Praze, CZ

Obr. 6. – Hladiny akustického tlaku  $A$ ,  $L_A$  (dB) pro spektrum č. 1 a 2 zdroje zvuku, průměrná hodnota 75,3 dB (75,3 dB)



Odson(1985-2015) Licensed to: České Vysoké Učení Technické v Praze, CZ

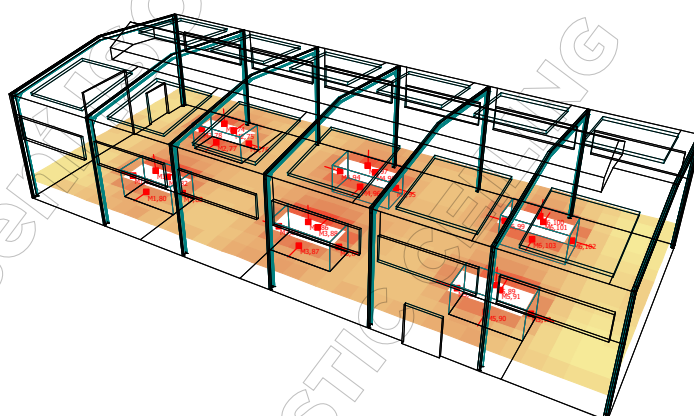
Obr. 7. – Hladiny akustického tlaku  $A$ ,  $L_A$  (dB) pro spektrum č. 2 a 6 zdrojů zvuku, průměrná hodnota 80,4 dB (80,1 dB)



Odeon©1985-2015 Licensed to: České Vysoké Učení Technické v Praze, CZ

Obr. 8. – Hladiny akustického tlaku A,  $L_A$  (dB) pro spektrum č. 2 a 2 zdroje zvuku, průměrná hodnota 75,4 dB (75,4 dB)

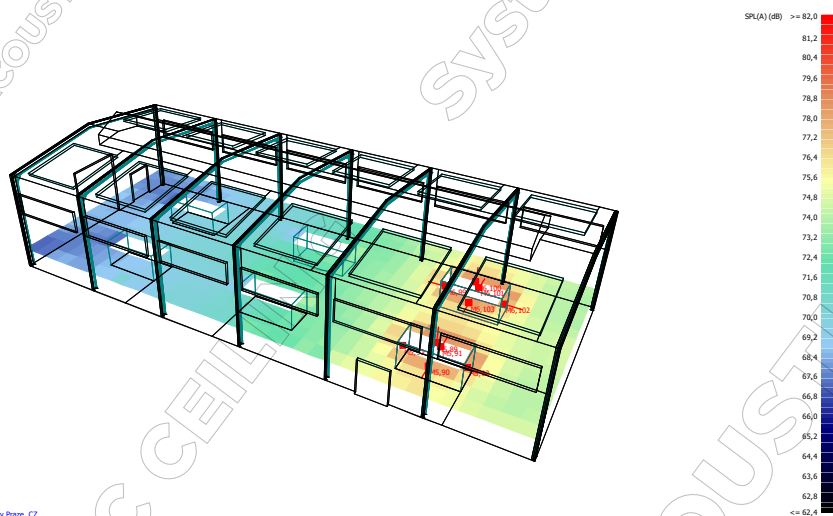
## 6.2 Ocelová hala – akustický obklad ISOVER na spodním líci střechy



Odeon©1985-2015 Licensed to: České Vysoké Učení Technické v Praze, CZ

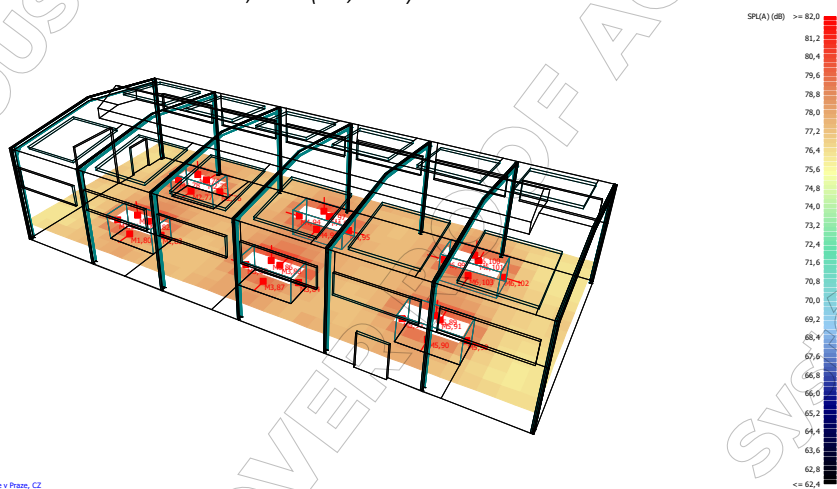
Obr. 9. Hladiny akustického tlaku A,  $L_A$  (dB) pro spektrum č. 1 a 6 zdrojů zvuku, průměrná hodnota 77,7 dB (76,7 dB)





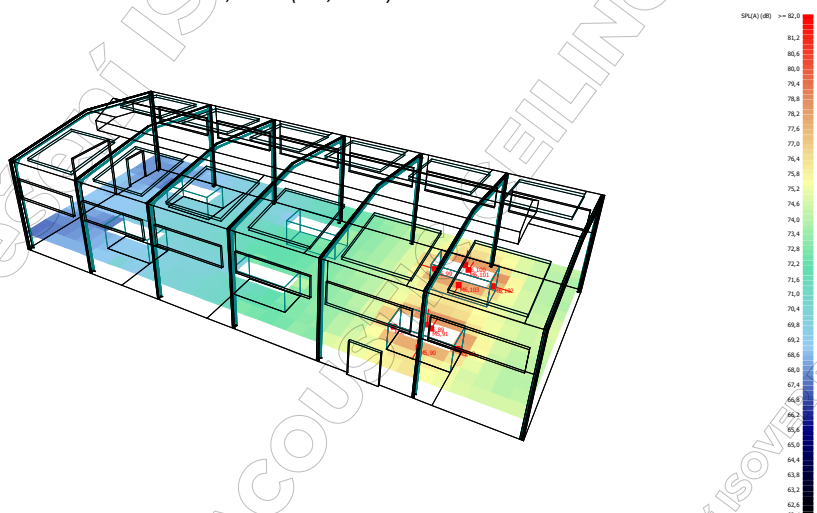
Odson©1985-2015 Licensed to: České Vysoké Učení Technické v Praze, CZ

Obr. 10. Hladiny akustického tlaku A,  $L_A$  (dB) pro spektrum č. 1 a 2 zdroje zvuku, průměrná hodnota 72,0 dB (72,0 dB)



Odson©1985-2015 Licensed to: České Vysoké Učení Technické v Praze, CZ

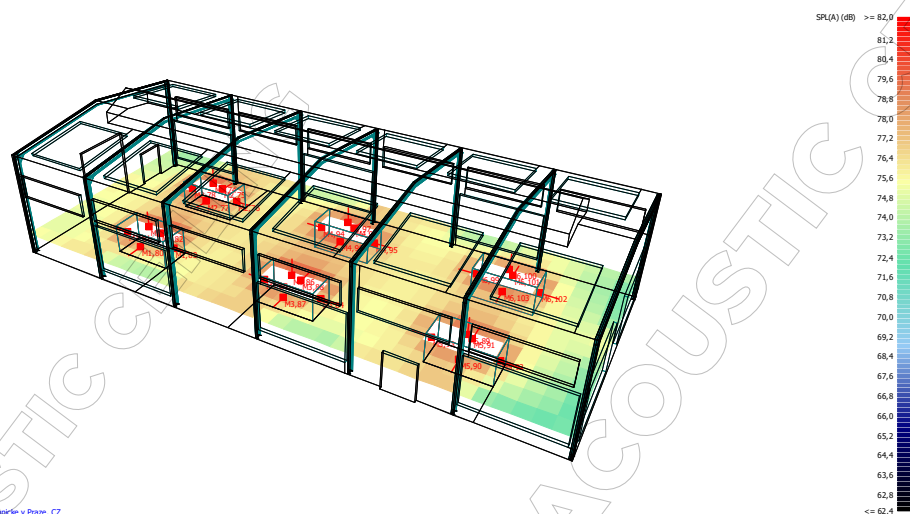
Obr. 11. Hladiny akustického tlaku A,  $L_A$  (dB) pro spektrum č. 2 a 6 zdrojů zvuku, průměrná hodnota 77,8 dB (76,8 dB)



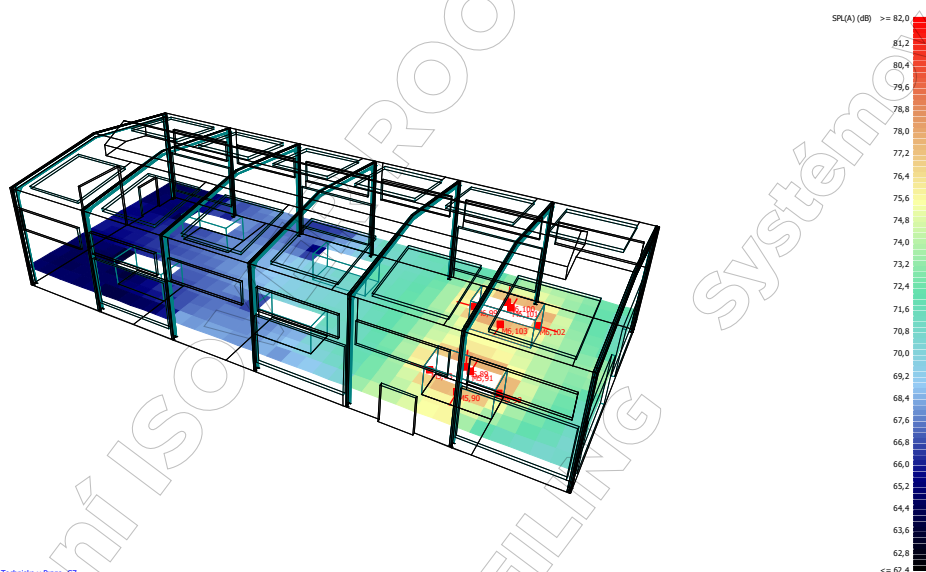
Odson©1985-2015 Licensed to: České Vysoké Učení Technické v Praze, CZ

Obr. 12. Hladiny akustického tlaku A,  $L_A$  (dB) pro spektrum č. 2 a 2 zdroje zvuku, průměrná hodnota 72,1 dB (72,0 dB)

### 6.3 Ocelová hala – akustický obklad ISOVER na spodním líci střechy a na stěnách

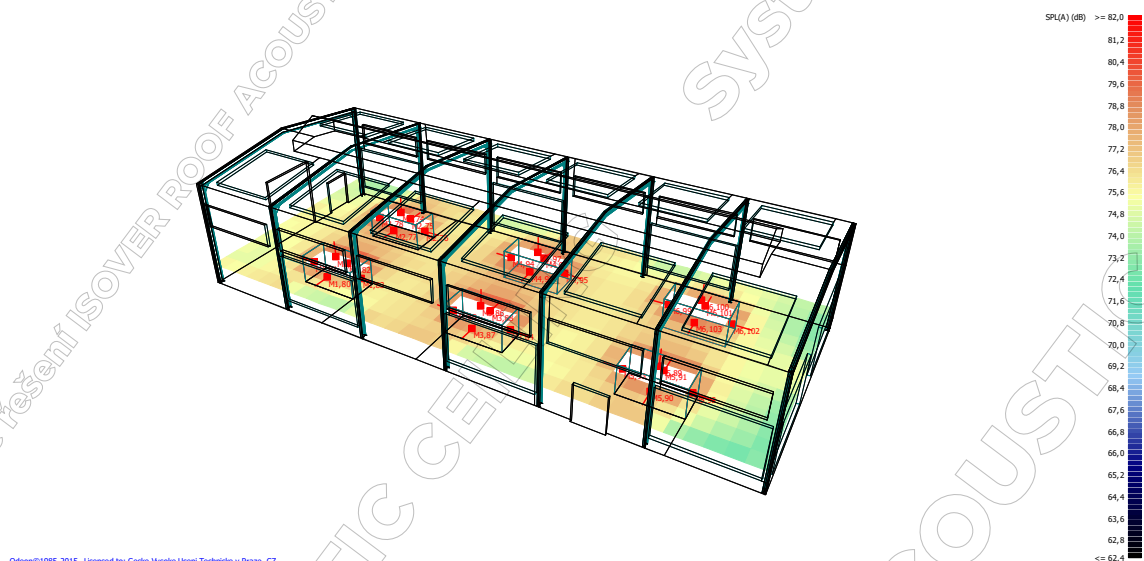


Obr. 13. Hladiny akustického tlaku A,  $L_A$  (dB) pro spektrum č. 1 a 6 zdrojů zvuku, průměrná hodnota 76,2 dB (75,1 dB)

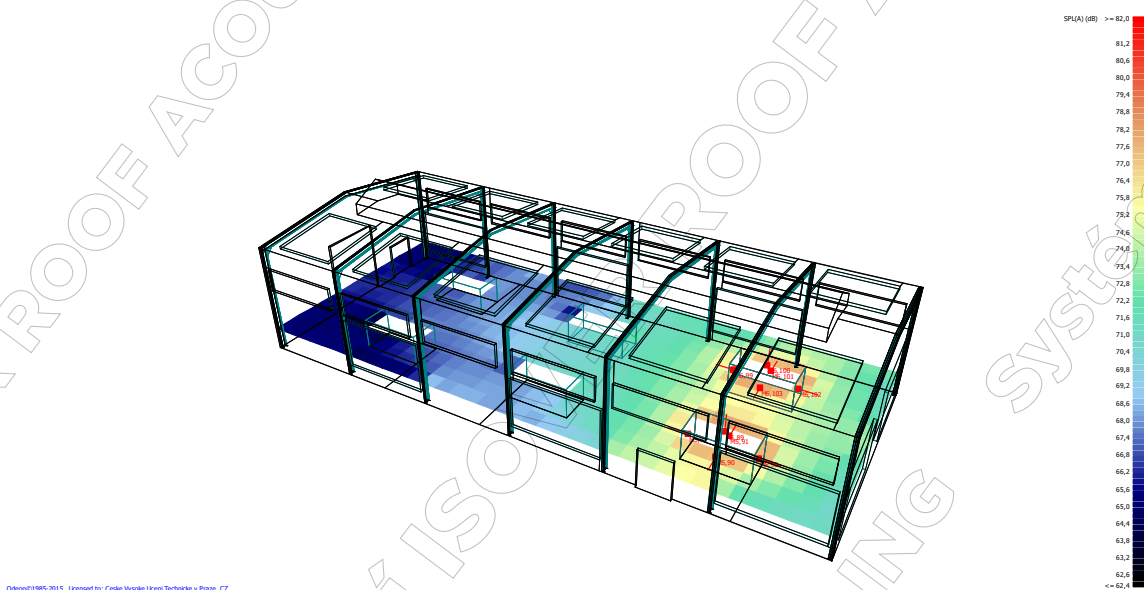


Obr. 14. Hladiny akustického tlaku A,  $L_A$  (dB) pro spektrum č. 1 a 2 zdroje zvuku, průměrná hodnota 69,9 dB (70,4 dB)



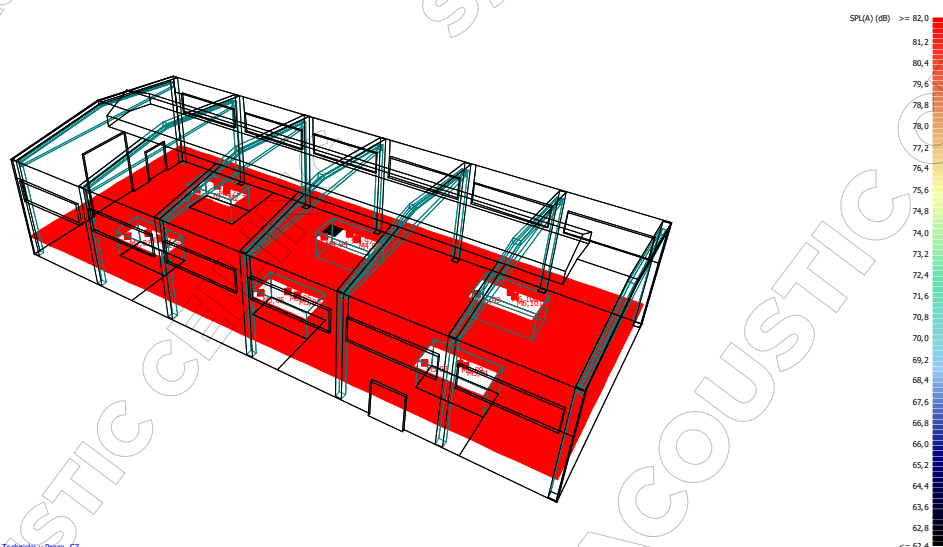


Obr. 15. Hladiny akustického tlaku A,  $L_A$  (dB) pro spektrum č. 2 a 6 zdrojů zvuku, průměrná hodnota 76,3 dB (75,3 dB)

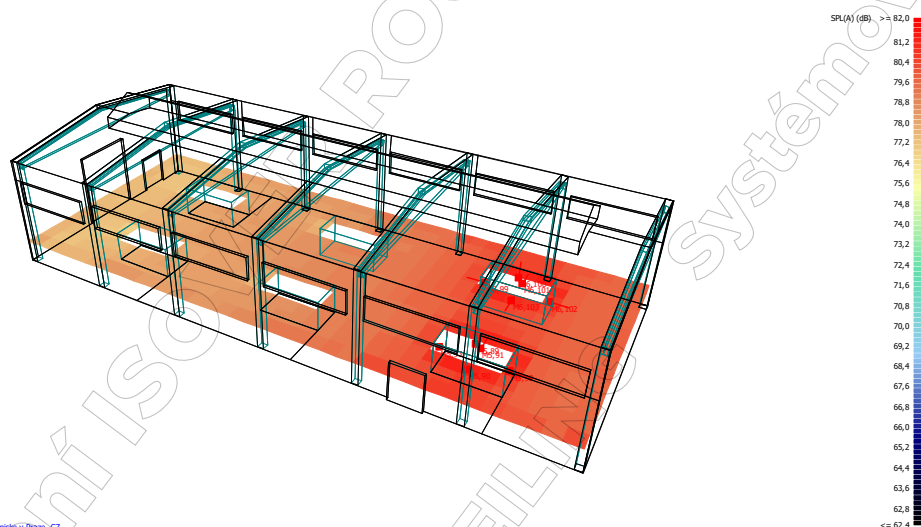


Obr. 16. Hladiny akustického tlaku A,  $L_A$  (dB) pro spektrum č. 2 a 2 zdroje zvuku, průměrná hodnota 70,1 dB (70,5 dB)

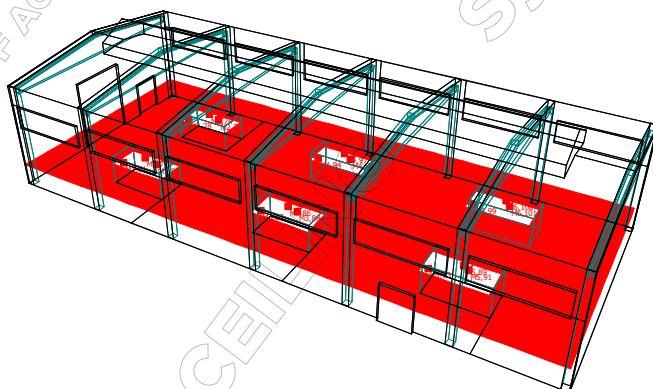
## 6.4 Betonová hala – bez akustických úprav



Obr. 17. Hladiny akustického tlaku A,  $L_A$  (dB) pro spektrum č. 1 a 6 zdrojů zvuku, průměrná hodnota 83,9 dB (84,4 dB)

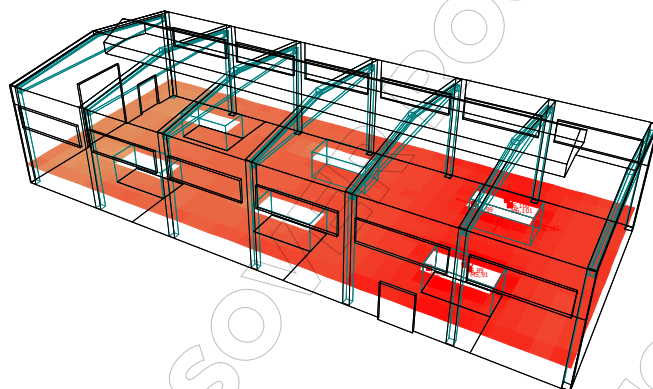


Obr. 18. Hladiny akustického tlaku A,  $L_A$  (dB) pro spektrum č. 1 a 2 zdroje zvuku, průměrná hodnota 78,9 dB (79,7 dB)



Odeon©1985-2015 Licensed to: Ceske Vyske Ucení Technické v Praze, CZ

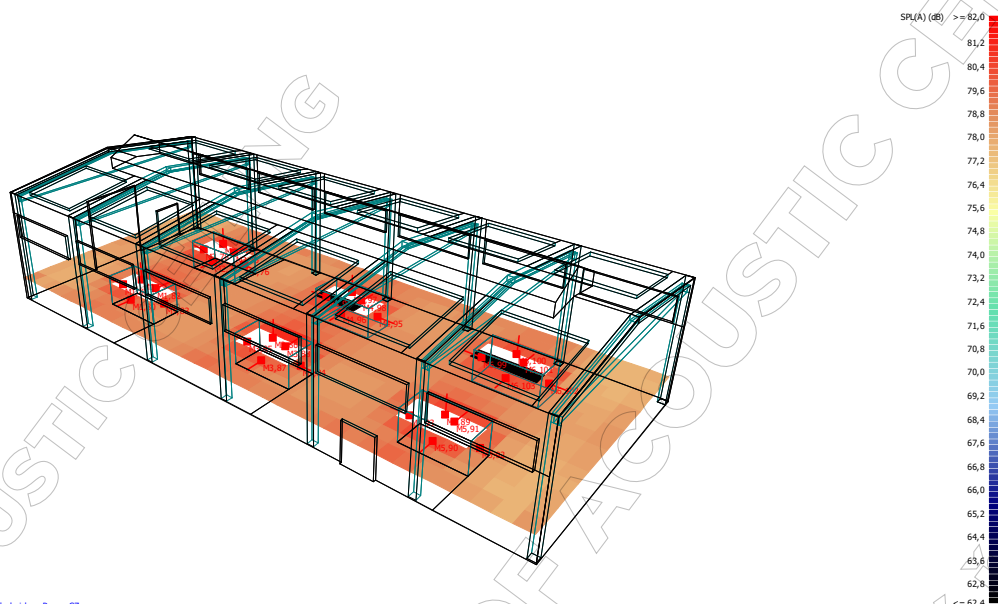
Obr. 19. Hladiny akustického tlaku A,  $L_A$  (dB) pro spektrum č. 2 a 6 zdrojů zvuku, průměrná hodnota 85,0 dB (83,2 dB)



Odeon©1985-2015 Licensed to: Ceske Vyske Ucení Technické v Praze, CZ

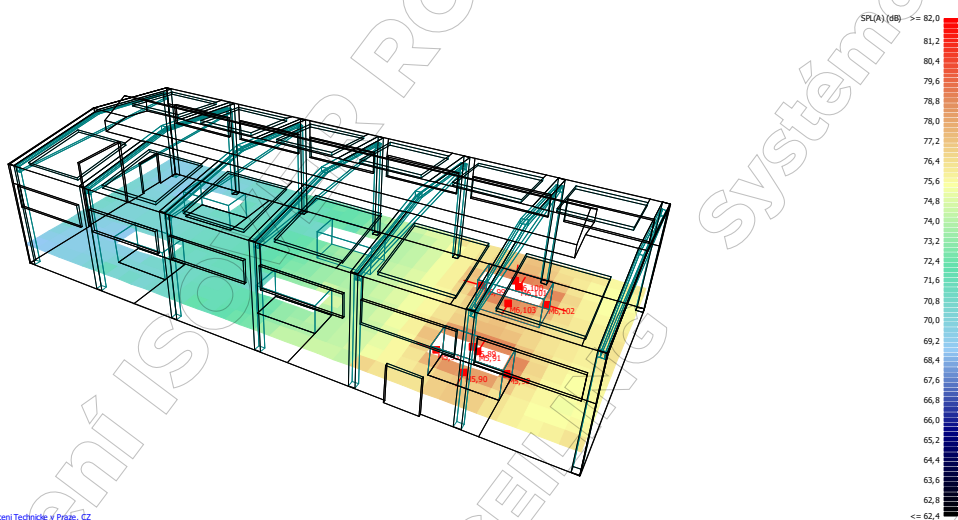
Obr. 20. Hladiny akustického tlaku A,  $L_A$  (dB) pro spektrum č. 2 a 2 zdroje zvuku, průměrná hodnota 80,1 dB (78,5 dB)

## 6.5 Betonová hala – akustický obklad ISOVER na spodním líci střechy



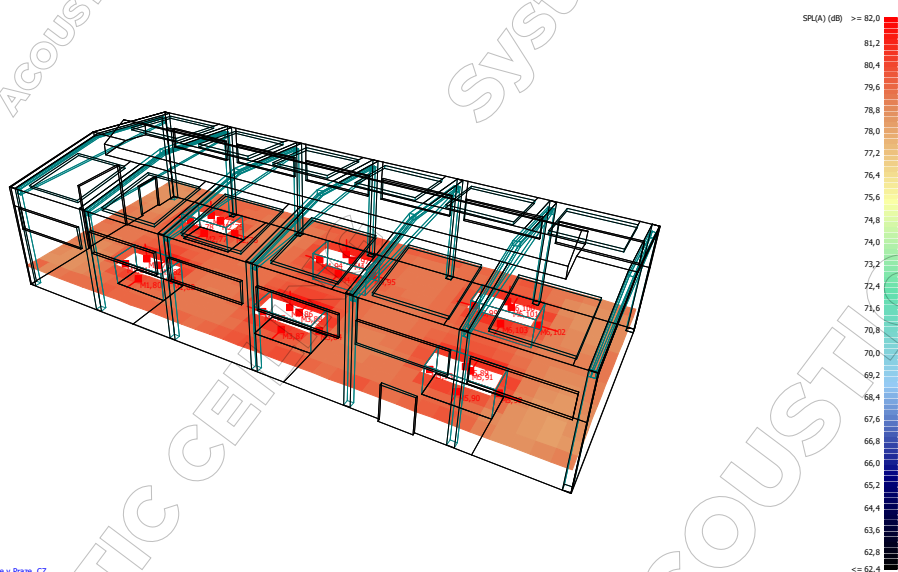
Odeon©1985-2015 Licensed to: České Vysoké Učení Technické v Praze, CZ

Obr. 21. Hladiny akustického tlaku A,  $L_A$  (dB) pro spektrum č. 1 a 6 zdrojů zvuku, průměrná hodnota 78,9 dB (78,1 dB)



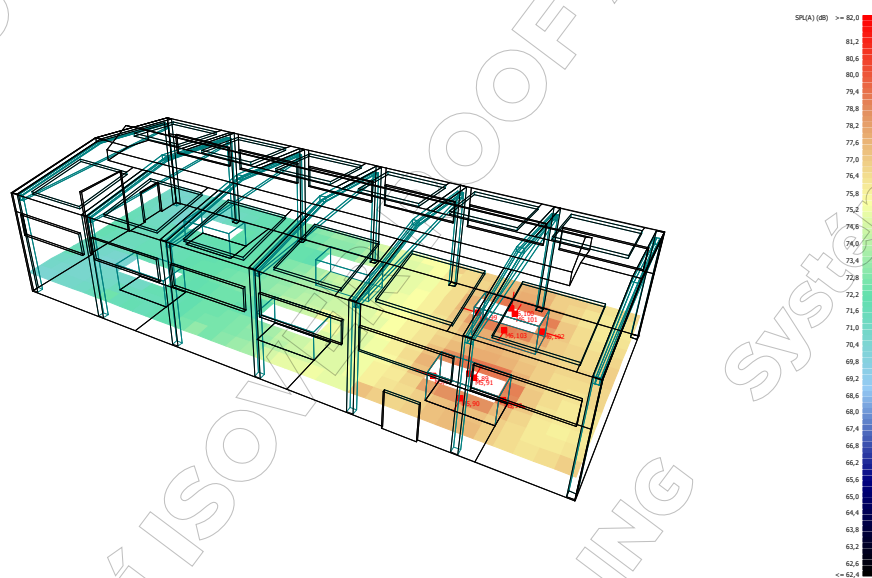
Odeon©1985-2015 Licensed to: České Vysoké Učení Technické v Praze, CZ

Obr. 22. Hladiny akustického tlaku A,  $L_A$  (dB) pro spektrum č. 1 a 2 zdroje zvuku, průměrná hodnota 73,3 dB (73,3 dB)



Odeon©1985-2015 Licensed to: Ceske Vyske Ueni Technice v Praze, CZ

Obr. 23. Hladiny akustického tlaku A,  $L_A$  (dB) pro spektrum č. 2 a 6 zdrojů zvuku, průměrná hodnota 79,6 dB (78,9 dB)

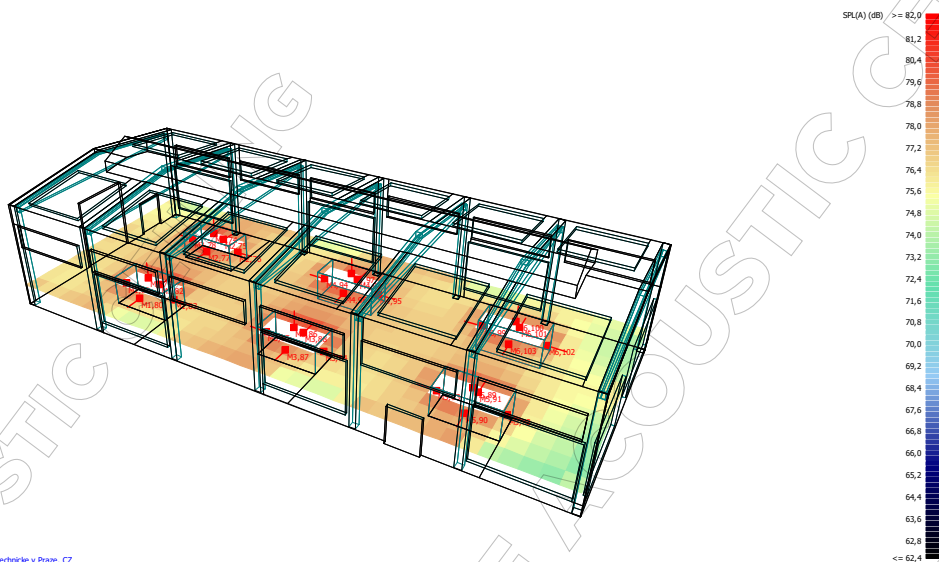


Odeon©1985-2015 Licensed to: Ceske Vyske Ueni Technice v Praze, CZ

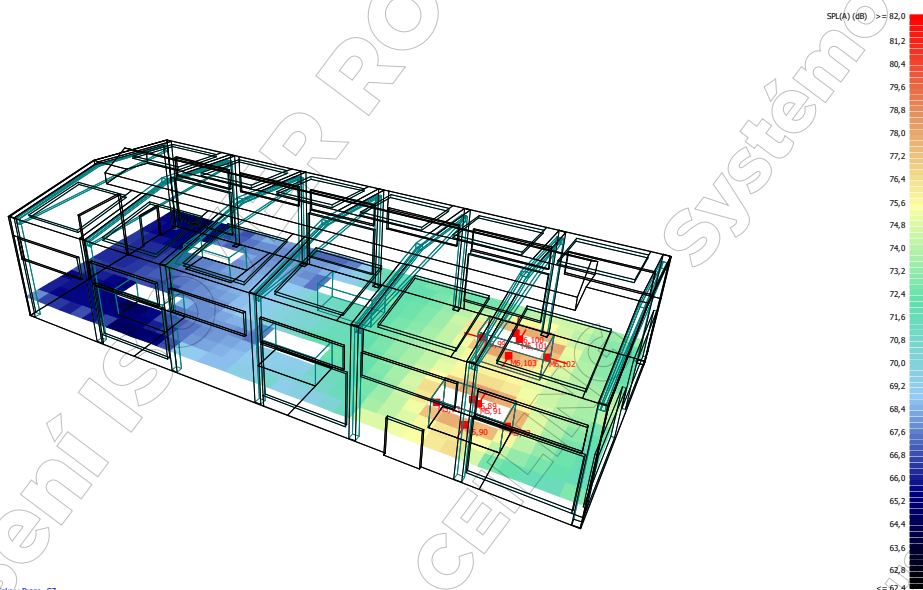
Obr. 24. Hladiny akustického tlaku A,  $L_A$  (dB) pro spektrum č. 2 a 2 zdroje zvuku, průměrná hodnota 74,1 dB (74,1 dB)



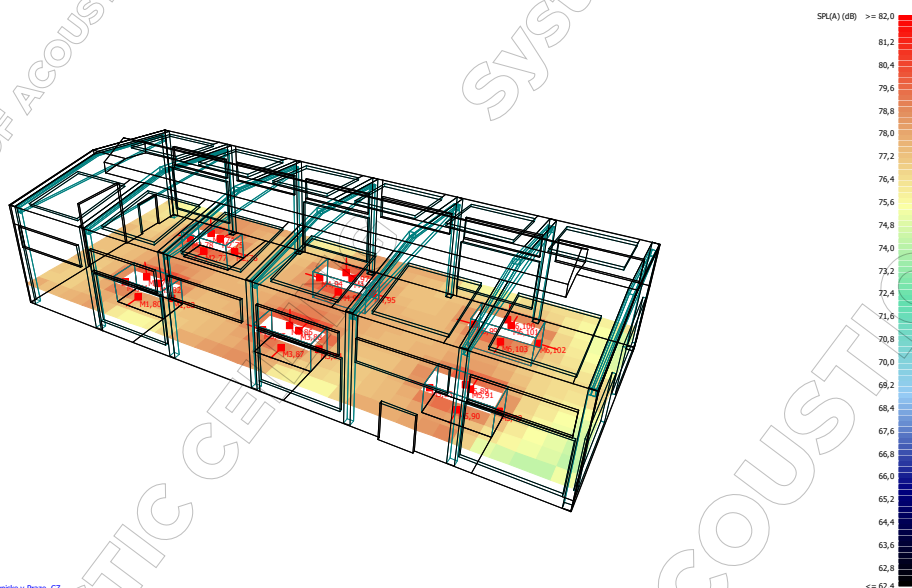
## 6.6 Betonová hala – akustický obklad ISOVER na spodním líci střechy a na stěnách



Obr. 25. Hladiny akustického tlaku A,  $L_A$  (dB) pro spektrum č. 1 a 6 zdrojů zvuku, průměrná hodnota 76,9 dB (76,1 dB)

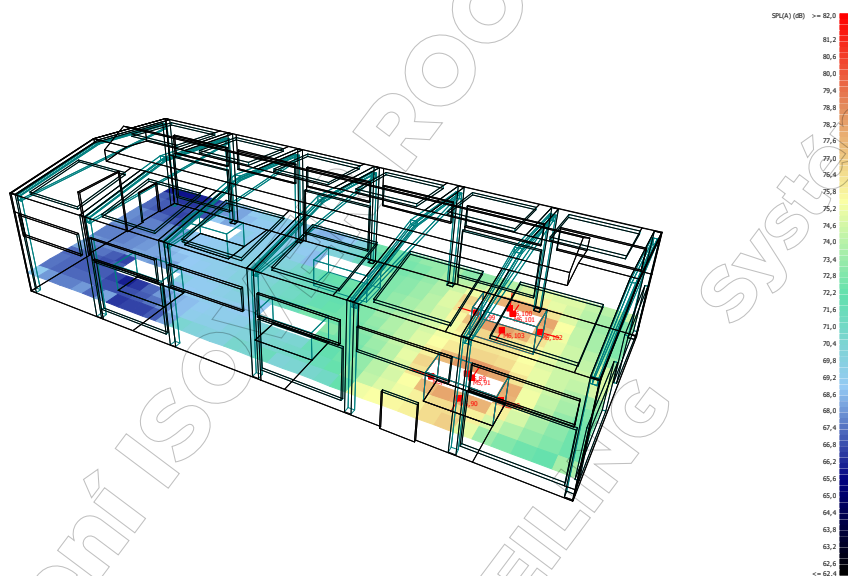


Obr. 26. Hladiny akustického tlaku A,  $L_A$  (dB) pro spektrum č. 1 a 2 zdroje zvuku, průměrná hodnota 70,5 dB (71,3 dB)



Odeon©1985-2015 Licensed to: Ceske Vysoke Ucteni Technicke v Praze, CZ

Obr. 27. Hladiny akustického tlaku A,  $L_A$  (dB) pro spektrum č. 2 a 6 zdrojů zvuku, průměrná hodnota 77,5 dB (76,8 dB)



Odeon©1985-2015 Licensed to: Ceske Vysoke Ucteni Technicke v Praze, CZ

Obr. 28. Hladiny akustického tlaku A,  $L_A$  (dB) pro spektrum č. 2 a 2 zdroje zvuku, průměrná hodnota 71,4 dB (72,1 dB)

## 7 ZÁVĚR

Akustický obklad ISOVER z nízkého perforovaného trapézového plechu se zvukově pohltivou výplní má výrazný vliv na prostorovou akustiku haly. Doba dozvuku ocelové haly s obkladem spodního líce střechy je přibližně poloviční oproti řešení bez úprav ( $T = 3,40$  s – bez úprav, 1,91 s – s obkladem, průměrné hodnoty pro oktávová pásma 500 Hz a 1 000 Hz). Ve variantě s kombinovaným obkladem spodního líce střechy a stěn je ještě kratší (1,35 s). Pro betonovou halu s obkladem spodního líce střechy se doba dozvuku zkrátí dokonce 3,5 násobně (z hodnoty 9,73 s pro halu bez úprav na 2,81 s pro halu s obkladem). Při obkladu střechy i stěn je doba dozvuku dokonce šestinásobně kratší (1,64 s).

Pro srovnání, ČSN 73 0527 doporučuje pro haly se sportovním využitím dobu dozvuku 1,6 s (vztaženou k vnitřnímu objemu 4 423 m<sup>3</sup>). Vypočtené doby dozvuku jsou pro obě varianty haly (ocelová i betonová) a pro obklad spodního líce střechy a stěn blízké této hodnotě v celém hodnoceném rozsahu kmitočtových oktávoových pásem od 250 Hz do 2 000 Hz.

Akustický obklad se podílí i na snižování hluku v hale (s výjimkou míst v těsné blízkosti zdrojů zvuku). Z výpočtů je zřejmé, že výsledky pro obě frekvenční spektra zdrojů zvuku jsou podobné, zatímco vliv počtu současně běžících zdrojů není zanedbatelný. Velkého snížení hladiny akustického tlaku  $A$  bylo dosaženo zejména kombinovaným obkladem spodního líce střechy a stěn u betonové haly: o cca **7,3 dB** (6 zdrojů), resp. o **8,6 dB** (2 zdroje). Souhrnné výsledky pro všechny varianty haly jsou uvedené v tabulce 8.

Tab. 8. Změna průměrné hladiny akustického tlaku  $A$  v hale vlivem akustického obkladu oproti variantě bez obkladu

typ haly	obklad spodního líce střechy		obklad spodního líce střechy a stěn	
	2 zdroje	6 zdrojů	2 zdroje	6 zdrojů
ocelová hala	- 3,3 dB	- 2,6 dB	- 5,3 dB	- 4,1 dB
betonová hala	- 5,8 dB	- 5,2 dB	- 8,6 dB	- 7,3 dB

Pokles o 3 dB zjednodušené odpovídá fiktivnímu snížení počtu běžících zdrojů zvuku o 50 %, resp. rozdíl 5 dB o cca 70 % a rozdíl o 8 dB o cca 85 %.



## LITERATURA

- [1] ČSN 73 0525 Akustika – Projektování v oboru prostorové akustiky – Všeobecné zásady
- [2] ČSN 73 0527 Akustika – Projektování v oboru prostorové akustiky – Prostory pro kulturní účely – Prostory ve školách – Prostory pro veřejné účely
- [3] ČSN EN ISO 717-1 Akustika – Hodnocení zvukové izolace stavebních konstrukcí a v budovách – Část 1: Vzduchová neprůzvučnost
- [4] Protokol o zkoušce č. 207/17 Stanovení činitele zvukové pohltivosti plochých střeš z trapézového plechu s izolací Isover, CSI a. s., 2017
- [5] Ploché střechy, technická informace společnosti Isover, č. 6-19-3, 32 str.
- [6] Manuál programu ODEON, verze 14 Combined
- [7] Acoustic Performance Guide, Insulated Roof, Wall and Facade Systems, UK, CI/SfB (37), Hh2, June 2005
- [8] Fernández Otero, L. A., Sobreira Seoane, M. A., González Cespón, J. L., Vilán, J. A., Prediction of noise levels in closed industrial plants, Internoise 2013, Innsbruck
- [9] Probst, W., Calculation of sound in workrooms to support noise control and acoustic optimization, Internoise 2017, Hong-Kong
- [10] Rindel, J., H., Christensen, C. L., Odeon, a design tool for noise control in indoor environments, Conference paper: Noise at Work 2007, Lille
- [11] [www.isover.cz](http://www.isover.cz)