

TECHSON
PRAHA

T/Z-226/09

**STUDIE HLUKU V OKOLÍ LETIŠTĚ
PRAHA RUZYNĚ,
VYVOLANÉHO MOTOROVÝMI ZKOUŠKAMI
LETADEL NA NOVÉM MOTOROVÉM STÁNÍ
V HANGÁROVÉ ZÓNĚ**



T/Z-226/09

**STUDIE HLUKU V OKOLÍ LETIŠTĚ
PRAHA RUZYNĚ,
VYVOLANÉHO MOTOROVÝMI ZKOUŠKAMI LETADEL
NA NOVÉM MOTOROVÉM STÁNÍ
V HANGÁROVÉ ZÓNĚ**

Zpracoval:
Spolupráce:

Ing. Jiří Šulc CSc
Ing. Josef Novák CSc
Ing. Václav Volejník

TECHSON
AKUSTIKA Praha, s.r.o.
AKUSTIKA Praha, s.r.o.

SOUHRN

Tato studie shrnuje dopady hluku z motorových zkoušek dopravních letadel na letišti PRAHA RUZYNĚ. Hluk z motorových zkoušek na stávajících motorových stáních, ověřený orientačním výpočtem a měřením hluku v kritických lokalitách v okolí letiště, se konfrontuje s orientačními výpočty výhledové hlukové zátěže, vyvolané při testování motorů proudových a vrtulových dopravních letadel na novém motorovém stání v hangárové zóně letiště.

Nové motorové stání bude součástí dráhového systému s dvojicí paralelních RWY 06R/L 24R/L letiště PRAHA RUZYNĚ a bude vybaveno pro testování pohonných jednotek dopravních letadel v celém rozsahu výkonů a potřeb provozovatele. Protihlukové vybavení stání zajistí, že nebude překračován hygienický limit hluku stacionárních zdrojů v denní době. Využití motorového stání v noční době bude upraveno provozními předpisy tak, aby nebyl překračován hygienický limit hluku stacionárních zdrojů v noční době. Nové motorové stání bude vyhovovat pro motorové zkoušky velkokapacitních letadel pro dálkové tratě.

Detailní návrh protihlukového vybavení nového motorového stání bude zpracován v průběhu dostavby infrastruktury letiště PRAHA RUZYNĚ. Pro optimální návrh konkrétního protihlukového vybavení nového motorového stání existuje dostatek technických podkladů. Dostupné technické prostředky (především protihlukové bariéry) poskytují možnosti pro dosažení stavu, při němž hygienický limit hluku pro stacionární zdroje nebude překročen.

Studie je součástí dokumentace EIA záměru výstavby paralelní RWY 06R/24L letiště PRAHA RUZYNĚ. Byla vypracována na základě objednávky zpracovatele dokumentace EIA (ECO-ENVI-CONSULT) číslo 10/2009 ze dne 06.07.2009.

Ing. Jiří Šulc CSc - **TECHSON**
Nad zámečkem 15
150 00 Praha 5
TEL: 257 216 227
607 939 780, 774 939 780
e-mail: jiri.sulc@cmail.cz

O b s a h:

1. ÚVOD
2. ZADÁNÍ
 - 2.1 Použité podklady
3. VŠEOBECNÉ PODMÍNKY
 - 3.1 Hluk z pozemních operací letadel
 - 3.2 Akustické deskriptory a hygienické limity hluku stacionárních zdrojů
 - 3.3 Vliv konfigurace terénu a zástavby na výsledky výpočtu
 - 3.4 Počítačový model pro výpočet zvukového pole zdroje ve venkovním prostoru
 - 3.5 Přesnost a nejistota výpočtu, přijatá zjednodušení
4. HLUK Z MOTOROVÝCH ZKOUŠEK LETADEL: SOUČASNÝ STAV
 - 4.1 Situace
 - 4.2 Současný rozsah motorových zkoušek letadel
 - 4.3 Hluk v kritických lokalitách při motorové zkoušce
 - 4.3.1 Měření hluku při motorové zkoušce proudového dopravního letounu
 - 4.3.2 Výpočet zvukového pole proudového letounu při motorové zkoušce
5. NOVÉ MOTOROVÉ STÁNÍ
 - 5.1 Situace
 - 5.2 Výhledový rozsah motorových zkoušek dopravních letadel na LKPR
6. HLUK Z MOTOROVÝCH ZKOUŠEK NA NOVÉM MOTOROVÉM STÁNÍ
 - 6.1 Základní zadání pro modelový výpočet
 - 6.2 Výpočet hluku z motorových zkoušek reprezentativních typů letadel
 - 6.2.1 Proudový dopravní letoun
 - 6.2.2 Turbovrtulový dopravní letoun
 - 6.3 Předběžný výpočet potřebného vložného útlumu pro nové motorové stání
 - 6.3.1 Využití nového motorového stání v denní době
 - 6.3.2 Využití nového motorového stání v noční době
7. MOTOROVÉ STÁNÍ S PROTIHLUKOVÝM VYBAVENÍM
 - 7.1 Protihluková bariéra jako nejjednodušší řešení nového motorového stání
 - 7.2 Omezující podmínky pro vybavení nového motorového stání
8. ZÁVĚREČNÝ KOMENTÁŘ
9. LITERATURA

Dodatky:

- DODATEK A Protihlukové úpravy motorového stání a problémy související
DODATEK B Posouzení stínícího účinku protihlukové clony (Autor: AKUSTIKA Praha)
DODATEK C Certifikát počítačového modelu LimA o shodě

1. ÚVOD

Součástí připomínek veřejnosti k dokumentaci EIA záměru výstavby paralelní RWY na letišti PRAHA RUZYNĚ (užíváme též kódové označení **LKPR**), předložené v prosinci 2007 do připomínkového řízení, je požadavek doplnit dokumentaci EIA o posouzení dopadů hluku z motorových zkoušek (**MZ**) letadel. Požadavek je součástí taxativně vyjmenovaných požadavků ve spisu MŽP čj. 21550/ENV/08 ze dne 13.3.2008, kterým se vrací zmíněná dokumentace EIA k doplnění.

Motorové zkoušky dopravních letadel mohou být potenciálním zdrojem obtěžování hlukem v blízkém obytném území, v porovnání s hlukem z leteckého provozu se však oprávněně považují za záležitost méně významnou. Řeší se vyhlášením provozních omezení pro motorové zkoušky letadel v noční době. V posledních létech jsou stížnosti na hluk z MZ z okolí LKPR spíše ojedinělé a nepřilíš důrazné, což zřejmě souvisí s obměnou letadlového parku za modernější typy letadel s nižší hlučností a s menšími nároky na údržbu a testování, a rovněž s důraznějším uplatňováním protihlukových omezení.

Testování letadel a vrtulníků s motory v chodu se provádí na volných plochách před hangárem F, D a na TWY P, donedávna též před hangárem E. Některé kontrolní zkoušky na volnoběžný režim motoru se uskutečňují i na odbavovacích plochách.

V roce 2008 byl, v návaznosti na Směrnici Evropského parlamentu a Rady 2002/49/EC [1], vypracován a předložen Akční plán letiště Praha Ruzyně [2], jehož úkolem bylo zpracovat dlouhodobou strategii ochrany okolí letiště a obyvatel v něm žijících před hlukem z letiště a z leteckého provozu. Prvořadým řešením situace je výstavba akusticky vybaveného motorového stání, které by mělo zaručit, že nebudou překročeny hygienické limity hluku pro stacionární zdroje při motorových zkouškách dopravních letadel v denní i noční době, včetně zkoušek v denní době s vyvedením na maximální režimy.

2. ZADÁNÍ

Údržba a provoz dopravních letadel vyžadují provádět motorové zkoušky pohonných jednotek letadel v širokém rozmezí výkonů až po vzletový výkon, o různé době trvání MZ, a testování v různých úsecích dne. Nové motorové stání, situované v hangárové zóně letiště PRAHA RUZYNĚ, by mělo umožnit zkoušení letadel, aniž by byl překročen hygienický limit hluku pro stacionární zdroje.

Stání by mělo sloužit pro motorové zkoušky letadel po předepsané údržbě, opravách a pro MZ všech provozovatelů, využívajících letiště PRAHA RUZYNĚ, bez ohledu na typ letounu a režimy pohonných jednotek. Motorové stání by mělo umožnit motorové zkoušky při širokém rozpětí povětrnostních podmínek bez překročení hlukového limitu.

Předpokládá se optimální protihlukové vybavení nového motorového stání pro motorové zkoušky nejméně dopravních letadel střední velikosti, výhledově až vysokokapacitních letadel pro dálkové tratě.

V současné době je možné pouze odhadovat budoucí rozsah motorových běhů v rozhodném intervalu T pro posouzení hlukové zátěže, a dominantní kategorie a typy letadel. Podstatnou složkou nejistot výpočtů pomocí počítačového modelu však je velká variabilita podmínek při šíření zvuku na velkou vzdálenost. Dostupné numerické modely pro výpočet zvukových polí zdrojů na zemi, popisujících hlukové zatížení rozsáhlého území, umožňují získat výsledky s nejistotou několika dB, závisící na více parametrech. Z těchto důvodů je reálné odvodit pouze nejpravděpodobnější, průměrný budoucí stav a z něj odvodit požadavky na protihlukové vybavení nového motorového stání.

V zájmu objektivního posouzení záměru vybudovat nové motorové stání v hangárové zóně letiště PRAHA RUZYNĚ se v této hlukové studii předkládají informace o tom, že výhledovou hlukovou zátěž okolí LKPR, vyvolanou motorovými zkouškami dopravních letadel, je možno spolehlivě omezit pomocí protihlukového vybavení nového motorového stání do té míry, že hygienický limit hluku pro stacionární zdroje, denní a noční dobu, a pro chráněný venkovní prostor a chráněný venkovní prostor staveb, nebude překročen.

2.1 Použité podklady

Hluková studie čerpá z těchto podkladů:

- 1) dotazníky „*Výchozí údaje pro posouzení realizovatelnosti stání pro motorové zkoušky na letišti PRAHA RUZYNĚ*“ (dotazník TECHSON), vyplněné organizacemi, provádějícími motorové zkoušky dopravních letadel na letišti PRAHA RUZYNĚ
- 2) „*Paralelní RWY 06R/24L letiště Praha Ruzyně – dokumentace pro územní rozhodnutí*“. Nikodem & Partner, s.r.o., květen 2005 [13] a dodatky k ní
- 3) „*Studie hluku ze stacionárních zdrojů na letišti PRAHA RUZYNĚ. Etapa I: Motorové zkoušky letadel na obvyklých motorových stáních*“. Zpráva TECHSON č. T/Z-217/08, květen 2008 [3]
- 4) Letecká informační příručka AIP CR, AD 2, LKPR – PRAHA/RUZYNĚ [5]

- 5) písemné podklady Letiště Praha, a.s. pro zpracování hlukové studie
- 6) další vyžádané písemné a ústní informace, poskytované LP, a.s.
- 7) četné podklady od výrobců protihlukových bariér.

3. VŠEOBECNÉ PODMÍNKY

3.1 Hluk z pozemních operací letadel

Pro posouzení dopadů hluku v okolí letišť naše legislativa odděluje

- hluk z leteckého provozu - zahrnuje odlety a přílety letadel, samotné vzlety a přistání a veškeré pohyby s nimi související, jako je brzdění reverzací tahu a nezbytné motorové zkoušky před vzletem a po dojezdu, a z hlediska hluku málo významné pojíždění letadel ke vzletu a po přistání
- hluk z pozemních operací letadel – zahrnuje testování leteckých motorů po opravě nebo po provedené předepsané údržbě, kontrolní motorové zkoušky letadel po nahlášení závady, chod pomocných energetických jednotek letadel (APU – Auxilliary Power Unit) a pozemních energetických jednotek, a z hlediska hluku zcela nevýznamné pohyby mobilních letištních prostředků; z pohledu legislativy na ochranu zdraví před hlukem se všechny tyto případy shrnují pod pojem stacionární zdroje hluku; nejvýznamnějším případem jsou motorové zkoušky letadel, které jsou předmětem této studie.

Mezi příčinami hluku z pozemních operací letadel hrají dominantní roli dlouhodobé nebo opakované motorové zkoušky při testování letadel po provedené opravě nebo související s plánovanou údržbou. Zejména u motorových zkoušek (**MZ**) s vyvedením motoru na vysoké režimy, včetně vzletového, může být území vystavené hluku poměrně velké, v řádu 2 až 3 km od zdroje.

Hluk z ostatních stacionárních zdrojů na letišti PRAHA RUZYŇ postihuje většinou jen blízké okolí letiště, do vzdálenosti asi 0,5 až 1 km, a přispívá ke zvýšení ekvivalentní hladiny akustického pozadí. Podílejí se na něm především běhy pomocných energetických jednotek APU.

3.2 Akustické deskriptory a hygienické limity hluku stacionárních zdrojů

Hluk v chráněném venkovním prostoru a v chráněném venkovním prostoru staveb, vyvolaný stacionárními zdroji na letišti, se podle §11 odst. (1) nařízení vlády ČR [9] vyjadřuje

ekvivalentní hladinou akustického tlaku $L_{Aeq T}$ v dB, přičemž rozhodným intervalem T se rozumí 8 souvislých na sebe navazujících nejhluchnějších hodin v denní době (06:00 – 22:00) a nejhluchnější jedna hodina v noci (22:00 – 06:00).

Hygienický limit hluku stacionárních zdrojů stanoví nařízení vlády ČR č. 148/2006 Sb. [9], §11 odst. (4) na

- $L_{Aeq T} = 50$ dB pro denní dobu
- $L_{Aeq T} = 40$ dB pro noční dobu.

Poznámky:

1. Pojem „chráněný venkovní prostor“ je definován zákonem č. 258/2000 Sb. [10] (v platném znění) jako *nezastavěné pozemky užívané k rekreaci, sportu, léčení a výuce, s výjimkou lesních a zemědělských pozemků takto definovaných v katastru nemovitostí, a venkovních pracovišť*.
2. „Rekreace“ zahrnuje i užívání pozemku na základě vlastnického, nájemního nebo podnájemního práva k bytovému nebo rodinnému domu.
3. Pojem „chráněný venkovní prostor staveb“ definuje zákon jako *prostor do 2 m okolo bytových a rodinných domů, staveb pro školní a předškolní výchovu a pro zdravotní a sociální účely, jakož i funkčně obdobných staveb*.

Z dikce zákonných ustanovení [9,10] vyplývá, že

- ochranné hlukové pásmo (**OHP**) letiště se vztahuje pouze na letecký provoz ve smyslu formulací z [9,10,11] a neumožňuje překročení hygienického limitu hluku pro stacionární zdroje uvnitř OHP, jako je tomu v případě leteckého provozu
- provozovatel letiště může při překročení hygienického limitu hluku ze stacionárního zdroje požádat o udělení časově omezeného povolení pokud prokáže, že limit nelze technickými, organizačními aj. prostředky dodržet.

Poznámka

Mezinárodní zdravotnická organizace WHO ve svém dokumentu [12] publikuje tyto mezní hodnoty pro územní plánování a ochranu zdraví: $L_{Aeq} = 55$ dB pro denní a večerní dobu

$L_{Aeq} = 45$ dB a $L_{Amax} = 65$ dB pro noční dobu.

Dokument má charakter veřejné publikace a není závazný, je uváděn pouze jako kvalifikovaný podklad vypracovaný týmy mezinárodních odborníků. Všechny hodnoty nižší než doporučené mezní hodnoty se v materiálu pokládají za nesignifikantní a nedůležité, a to i v případech noční doby v letní sezóně, kdy se předpokládá větrání otevřenými okny.

3.3 Vliv konfigurace terénu a zástavby na výsledky výpočtu

Při šíření zvuku prostorem intenzita zvuku (a také hladina akustického tlaku) klesá úměrně s rostoucí vzdáleností od zdroje. Na poklesu úrovně zvuku se podílí

- vlnová divergence na kulových vlnoplochách (sférická divergence)
- atmosférická absorpce (je formou ztráty při šíření zvuku volným prostorem)
- další ztráty vyvolané různými vlivy.

Zatím co známé fyzikální zákonitosti umožňují přesný výpočet poklesu hladiny akustického tlaku sférickou divergencí a atmosférickou absorpcí, odhad dalších ztrát je zatížen velkou nejistotou. Jejich velikost se mění v závislosti na povětrnostních podmínkách (směr a rychlost větru, gradienty teploty a rychlosti proudění a další), na koeficientech zvukové pohltivosti a difuznosti povrchu země a na topografii mezi zdrojem a přijímačem, která zahrnuje jak profil a pokrytí zemského povrchu, tak i objekty typu malých budov, plotů, lesních nebo křovinatých porostů aj. Zmíněné koeficienty, používané v numerických modelech, vycházejí z experimentů a uvádějí je různé publikace jako [14,15,16 a další]. Vliv velkých objektů typu odbavovacích budov, hangárů, obchodních středisek, garáží aj., se řeší samostatně.

Skutečné hladiny akustického tlaku se od vypočtených hodnot liší vlivem zakřivení zvukového paprsku, způsobeném především gradienty teploty a rychlosti větru v přízemní vrstvě, ale také meteorologickými vlivy jako je déšť, sněžení, silný vítr apod., a s rostoucí vzdáleností od zdroje se tyto difference zvětšují. Odchytky od hodnot vypočtených pro standardní podmínky se liší v obou směrech. Z uvedených důvodů je výpočet akustického pole zatížen významnou nejistotou. Se vzdáleností od zdroje a v malých výškách nad zemí tato nejistota vzrůstá.

Z těchto, jen ve stručnosti zmíněných důvodů, nemůže žádný z dostupných numerických modelů pro výpočet zvukových polí zdrojů hluku poskytnout spolehlivé, universálně použitelné výsledky pro predikci, zasahující velké, vždy nehomogenní území. Porovnání výsledků výpočtu s hygienickým limitem hluku proto může být pouze orientační.

3.4 Počítačový model pro výpočet zvukového pole zdroje ve venkovním prostoru

K výpočtům zvukových polí dopravních letadel při motorových zkouškách na zadaných motorových stáních byl použit predikční program LimA 5, výrobce Stapelfeldt Ingenieuresellschaft mbH Dortmund, distributor Brüel & Kjaer, Dánsko. Kopii certifikátu počítačového modelu LimA o shodě s metodickými dokumenty ECAC, ISO a se Směrnicí EU obsahuje DODATEK C.

Jeho podstatnou součástí je predikce šíření zvuku, vycházející ze standardů ČSN ISO 9613-1 a ČSN ISO 9613-2. Použitý algoritmus výpočtu umožňuje respektování kmitočtových a směrových charakteristik zdrojů zvuku. Při výpočtu imisních hladin akustického tlaku je respektována sférická divergence, pohlcování zvuku při šíření ve vzduchu, meteorologické vlivy, pohlcování zvuku při šíření nad pohlivým povrchem, odrazy zvuku v závislosti na zvukové pohltivosti překážek a ohyb zvuku. Do souborů vstupních dat pro výpočet byly zadány

akustické vlastnosti stacionárního zdroje hluku (proudový, resp. turbovrtulový letoun) v oktákových pásmech, směrové charakteristiky a existující budovy v okolí. Terén mezi zdrojem a posluchačem byl modelován jako rovinný. Tato podmínka představuje nejhorší možný stav a zvyšuje bezpečnost výpočtu. Zadané hodnoty:

- index povrchu země: 0,85 (zvoleno s ohledem na vlastnosti terénu – viz ČSN 9613-1)
- teplota: 15 °C,
- relativní vlhkost: 70 %

3.5 Přesnost a nejistota výpočtu, přijatá zjednodušení

Pro odvození optimálního návrhu protihlukových opatření na motorovém stání z vypočtených zvukových polí dopravních letadel by odchylky výsledků numerického modelování od skutečných hodnot neměly překračovat ± 3 dB, v krajním případě ± 5 dB.

Odhad přesnosti pro výpočet šíření zvuku k přijímači ve směru větru a pro průměrné meteorologické podmínky podél dráhy šíření zvuku je podle ČSN ISO 9613 ± 3 dB a je nezávislý na nejistotách určení akustického výkonu zdroje. Existují však významnější zdroje nejistot výpočtu (v obecném slova smyslu), které ovlivňují výpočty pomocí numerického modelu:

- neurčitosti v zadání základních parametrů vyzařování zvuku jako je akustický výkon (je funkcí typu letounu a použitého motoru), nastaveném režimu při MZ, stínění trupem letadla, akustické vlastnosti motoru (spektrum, směrové vyzařování), cykly motorových běhů za rozhodný interval **T** pro uplatnění hlukového limitu aj.
- neurčitosti v zavedení ztrát při šíření zvuku nad nehomogenním povrchem na velkou vzdálenost (závisí na konfiguraci a pokrytí terénu, na sezónních vlivech, počasí, objektech a plochách okolo zvukového paprsku aj.).

Vzhledem k uvedeným nejistotám, které ovlivňují výsledné hodnoty, se pro modelové výpočty zvukových polí dopravních letadel při motorových zkouškách přijímají tato zjednodušení:

- vzhledem k unifikaci pohonných jednotek, používaných u dopravních letadel, je rozpětí publikovaných hodnot hluku z hlukové certifikace pro podmínky, kdy je letoun na zemi (rozjezd ke vzletu, místo bokem RWY) malé, okolo ± 4 dB pro většinu současně provozovaných proudových letadel, bez ohledu na jejich vzletovou hmotnost; z toho důvodu není nutné provádět modelové výpočty pro všechny typy letadel, které přicházejí v úvahu; výpočet se omezuje na dvě základní kategorie dopravních letadel (proudové a turbovrtulové), reprezentované typy Airbus A 320 a ATR 72, pro které má jejich provozovatel k dispozici spolehlivé akustické charakteristiky

- uvažují se standardní průběhy motorových zkoušek a jejich cykly v rozhodném intervalu, definované dále; doba běhu motoru hraje ve výsledné ekvivalentní hladině akustického tlaku L_{Aeq} menší roli než režim motoru, jak vyplývá z definice L_{Aeq} pro proměnný hluk
- uvažují se místa určená pro motorové zkoušky dopravních letadel
- uvažují se střední podmínky šíření zvuku, rovinný terén a definovaný index zemského povrchu.

Tato zjednodušení jsou v dané fázi řešení nového motorového stání zcela oprávněná. Jedině tak lze dospět ke konkrétnému výsledku, z něhož je možné odvodit potřebný vložný útlum pro motorové stání.

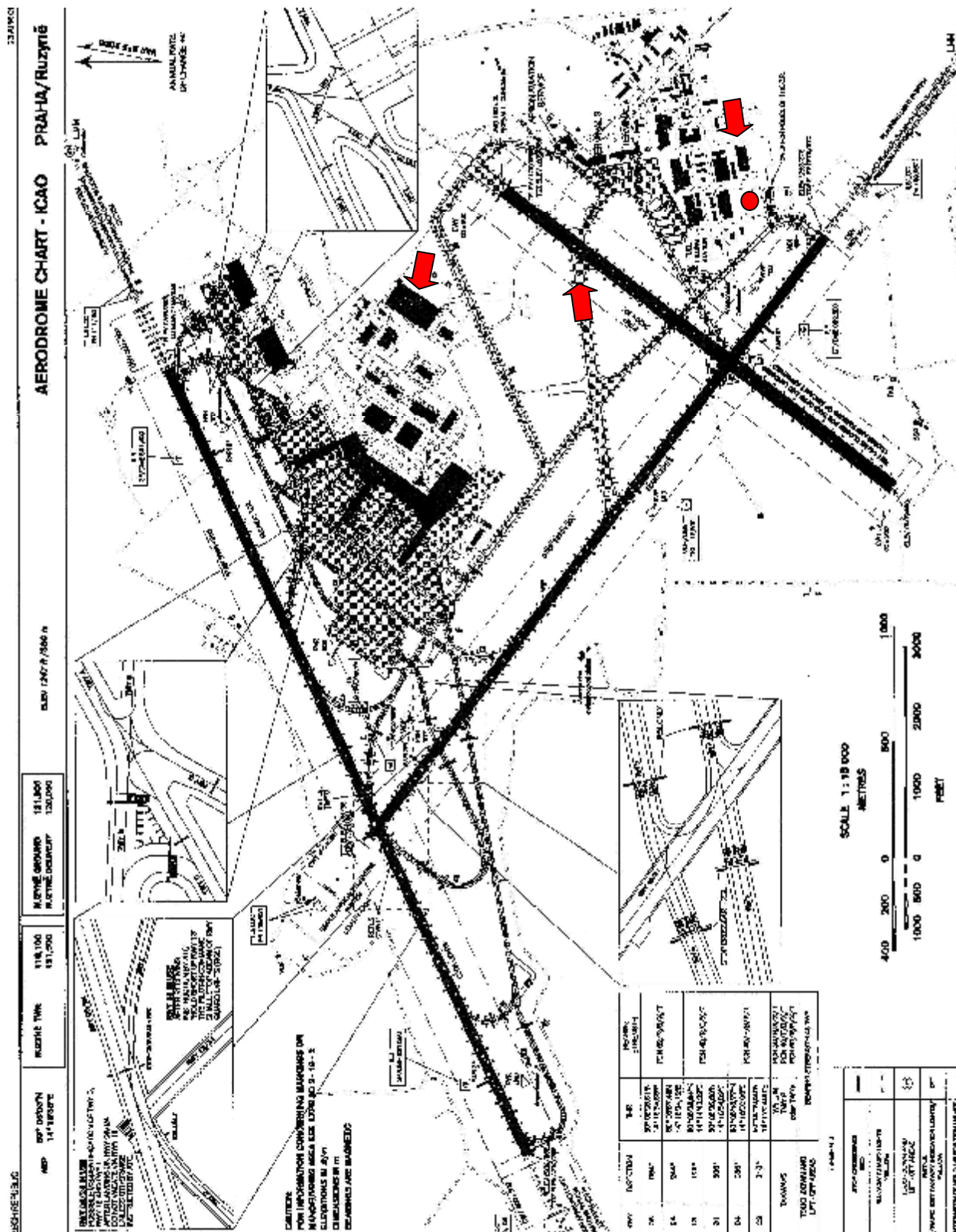
4. HLUK Z MOTOROVÝCH ZKOUŠEK LETADEL: SOUČASNÝ STAV

4.1 Situace

Pro motorové zkoušky letadel jsou na letišti PRAHA RUZYNE v současnosti vyčleněna tato místa, vyznačená na obr. 1:

- stání u hangáru F: proudové letouny (JET), MZ v celém rozsahu režimů
- stání u hangáru D: vrtulníky (HEL), MZ v celém rozsahu režimů
- stání na TWY „P“: všechny letouny, MZ v celém rozsahu režimů
- do května 2009 bylo v provozu stání u hangáru E: turbovrtulové letouny (PROP), MZ v celém rozsahu režimů
- parkovací stání na odbavovací ploše před terminálem SEVER a JIH: všechny letouny, pouze volnoběžné režimy (kontrola po nahlášení závady).

Předepsaná motorová stání, na kterých se v současnosti provádí motorové zkoušky letadel s vyvedením na režimy vyšší než volnoběh, jsou situována ve střední části letiště PRAHA RUZYNE (stání u hg F a na TWY „P“). Hluku z motorových zkoušek jsou vystavena zejména nejbližší sídla na západ od LKPR (sídlíště Na Dědině, lokalita Na Padesátníku a přilehlý okraj Přední Kopaniny), v menší míře přilehlý okraj Hostivice, Ruzyně – Jiviny a jihovýchodní okraj Kněževse.



Obr 1 Polohy současných stání pro motorové zkoušky dopravních letadel a vrtulníků na letišti PRAHA RUZYNE (schéma LKPR je převzato z AIP LKPR AD 2 – 19 – 1)

4.2 Současný rozsah motorových zkoušek letadel

Pro plánované motorové zkoušky, prováděné po údržbě či opravách letadel, jsou charakteristické

- relativně vysoké dosahované akustické výkony
- relativně dlouhé trvání MZ
- místo pro provedení MZ je v areálu letiště přesně stanoveno
- dobu provedení MZ lze plánovat do vhodného úseku dne

První tři body jsou příčinou akustického zatížení vymezených lokalit v okolí letiště, hlukovou zátěž však lze organizovat do vhodné denní doby, a také se tak děje.

Neplánované kontrolní motorové zkoušky motorů, prováděné po ohlášené závadě, se liší v tom, že

- provádí se většinou jen při volnoběžných režimech
- běhy motorů jsou krátkodobé
- kontrola se většinou provádí na odbavovací ploše
- z bezpečnostních důvodů je nutné provádět je podle potřeb provozu, tedy i v časně ranní nebo noční době.

Významné z hlediska zatížení okolí letiště hlukem mohou být především kontrolní motorové zkoušky prováděné v noční době.

Počty motorových zkoušek na letišti PRAHA RUZYNĚ jsou úměrné počtům letadel dominantního leteckého přepravce (ČSA a.s.), který provádí většinu MZ dopravních letadel. Počet dopravních letounů operovaných ČSA a.s. zůstává dlouhodobě na stejné úrovni (do 40 proudových, 12 vrtulových) a s tímto stavem počítá i dlouhodobá prognóza. V menší míře se ve statistikách prosazují motorové zkoušky letadel dalších dopravců (Travel Service, Sky Europe, AČR, PČR), nyní asi v 7 % ze všech MZ. Dlouhodobě se předpokládá jejich mírný nárůst (nejvýše o 10 %), což však příliš neovlivní celkovou bilanci.

Současný celkový počet motorových zkoušek dopravních letadel za rok (odvozeno ze statistik roku 2006 a 2007) se pohybuje v rozmezí 620 až 680 MZ turbovrtulových dopravních letadel a 625 až 710 MZ proudových dopravních letadel. Počet MZ vrtulníků se pohybuje okolo 80 za rok, z toho v 80 % je použitý výkon nižší než vzletový. Pro malý význam v hlukové expozici okolí LKPR se MZ vrtulníků dále neuvažují.

V současné době se skladba testovaných letadel, vyjádřená v % z celoročního počtu uskutečněných motorových zkoušek, omezuje převážně na tyto typy:

- dopravní turbovrtulové letouny: ATR 72 (16 %), ATR 42 (33 %)
- dopravní proudové letouny: B 737 (30 %), A 320 (10 %), A 310 (4 %).

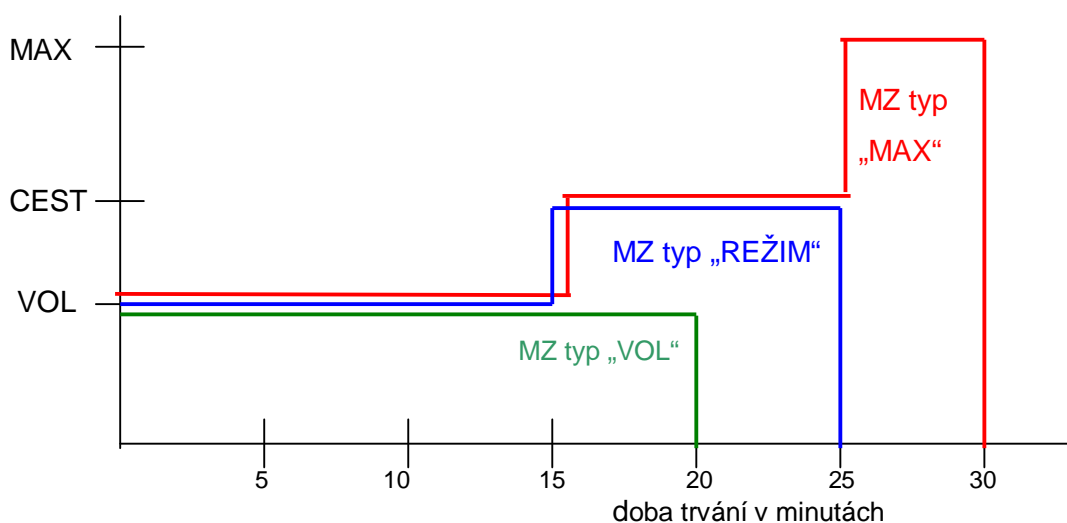
Zbývajících 7 % připadá na MZ ostatních typů letadel a na vrtulníky PČR. Největším typem letounu ČSA co do rozměrů, hmotnosti, výkonu a akustických parametrů je v současnosti Airbus A 310. V počtu MZ je ale zastoupen jen asi ze 4 %.

Převážná většina MZ na letišti PRAHA RUZYNĚ se nyní provádí na MS před hangárem F, do května 2008 bylo asi 25 % MZ v denní době a téměř 60 % MZ v noční době (kontrolní zkoušky turbovrtulových letadel) prováděno také na MS před hangárem E.

Při výpočtu hlukové zátěže okolí LKPR pomocí numerického modelu je nutné kromě dalších parametrů specifikovat i dobu trvání chodu motoru na jednotlivých (charakteristických) režimech. Vzhledem k tomu, že nejsou předepisovány povinné, universálně platné formáty testovacích běhů motorů, definujeme tři typické motorové zkoušky, lišící se střední dobou chodu při typických režimech motoru:

- „VOL“ - MZ pouze na volnoběžném režimu motoru (VOL)
(volnoběžný režim 20 minut)
- „REŽIM“ - MZ s vyvedením na vyšší než volnoběžný režim motoru (CEST)
(volnoběžný režim 15 minut + režim mezi volnoběhem až vzletovým (CEST) 10 minut)
- „MAX“ - MZ s vyvedením na vzletový režim motoru (MAX)
(volnoběžný režim 15 minut + režim CEST 10 minut + vzletový režim (MAX) 5 minut).

Profily uvažovaných typických motorových zkoušek graficky znázorňuje obr. 2.



Obr. 2 Profily typických motorových zkoušek proudových a vrtulových dopravních letadel

Uvedené doby trvání typických MZ jsou průměrné. V ojedinělých případech se mohou celkové doby trvání typické MZ zvýšit až na:

- 30 minut - pro MZ typu „VOL“
- 40 minut - pro MZ typu „REŽIM“
- 50 minut - pro MZ typu „MAX“.

Počty typických motorových zkoušek z celkového počtu všech MZ za rok se na základě statistických výkazů udávají paušálně v tomto rozmezí:

MZ typu „VOL“	70 až 80 %
MZ typu „REŽIM“	10 až 15 %
MZ typu „MAX“	10 až 15 %.

Údaje se vztahují na obě hlavní kategorie dopravních letadel a v průběhu času se příliš nemění.

Převážná většina (okolo 75 %) motorových zkoušek se provádí v denní době (06:00 – 22:00), v noci (22:00 – 06:00) se jedná převážně jen o kontrolní zkoušky na volnoběžný režim motoru, což v průměru odpovídá asi jedné MZ v noční době každého dne, většinou turbovrtulového letounu. Na denní dobu připadají asi 3 MZ každý den. Motorové zkoušky vrtulníků jsou v noční době zcela výjimečné.

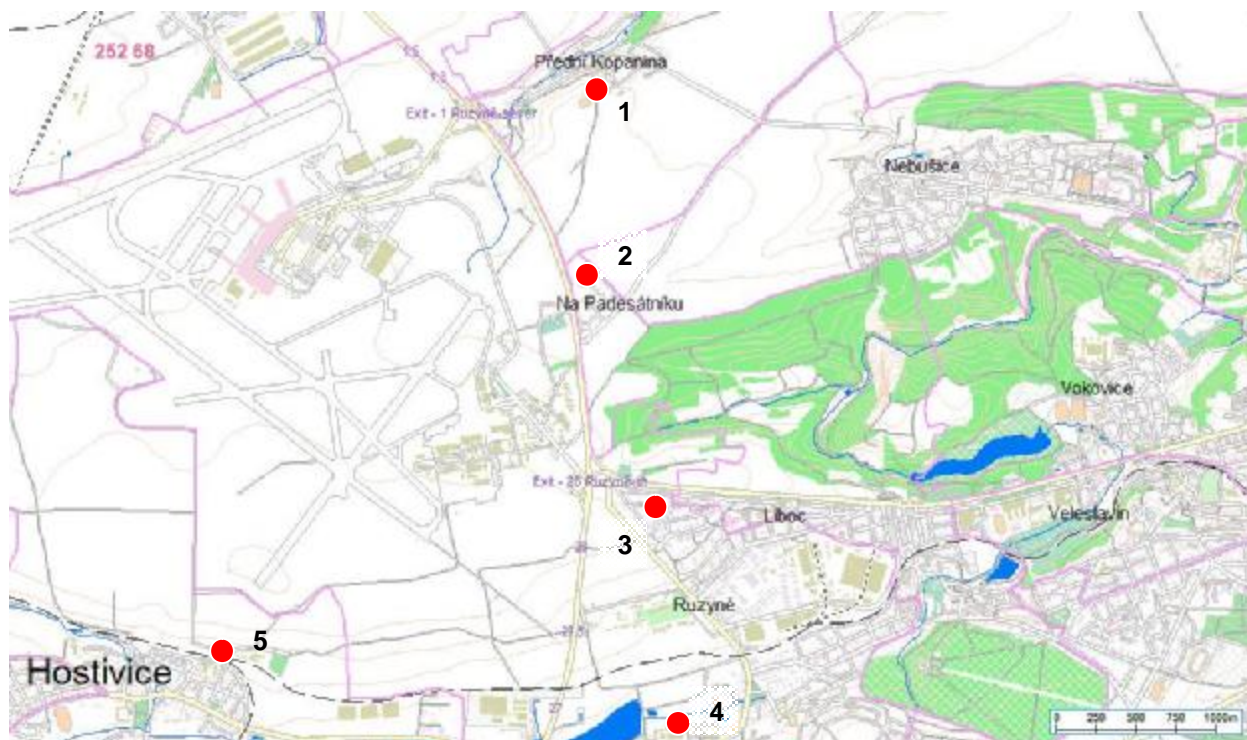
Za hlavní důvod pro provádění MZ v noční době se uvádí nutnost odstranění závady a přistavení letadla k obchodnímu letu v plánovaném ranním čase. Provádění MZ v noční době přirozeně nelze zcela vyloučit; podle sdělení největšího z dopravců (České aerolinie, a.s.) se noční MZ provádějí pouze ve výjimečných případech, a jejich další omezení se pokládá za obtížné.

4.3 Hluk v kritických lokalitách při motorové zkoušce

Za kritická území pro dodržení hygienických limitů hluku ze stacionárních zdrojů na letišti PRAHA RUZYNĚ považujeme přilehlé okraje nejbližších obytných území – viz obr. 3.:

1. jihozápadní okraj obce Přední Kopanina
2. lokalita Na Padesátníku
3. severozápadní okraj sídliště Na Dědině
4. severní okraj Ruzyně - Jiviny
5. severovýchodní okraj Hostovice

Hodnoty hluku v místech 4 a 5 jsou ve srovnání s ostatními lokalitami vždy nižší a proto se tato místa v dalších analýzách již neuvažují. Nejbližší obytné území (Na Padesátníku) je vzdáleno asi 1 900 m od středu LKPR a 1 150 m od MS u hangáru F.



Obr. 3 Kritické lokality v okolí letiště PRAHA RUZYŇ z hlediska hlukové zátěže, vyvolané motorovými zkouškami dopravních letadel na obvyklých motorových stáních

Při posouzení dopadů hluku v kritických lokalitách vycházíme ze stavu, který se může opakovaně vyskytovat. Předem můžeme vyloučit ty motorové zkoušky, které jsou z hlediska hlukového zatížení okolí LKPR nevýznamné. Jedná se o krátkodobé MZ typu „VOL“, prováděné na odstavných plochách SEVER a JIH v denní době (jde většinou o turbovrtulové letouny) a o MZ vrtulníků u hg D (v průměru 1 až 2 MZ za měsíc s vyvedením na vzletový režim).

Nejčastěji se opakují situace, kdy se v rozhodném intervalu $T_D = 8$ hodin v denní době uskuteční 2 až 3 motorové zkoušky, s celkovou dobou chodu 50 až 70 minut. V noční době je nejčastějším případem jedna krátká MZ typu „VOL“ v trvání 20 minut během intervalu $T_N = 1$ hodina. Většinou jde o MZ turbovrtulového letounu ATR, řidčeji proudového letounu z řady B 737 nebo A 320.

4.3.1 Měření hluku při motorové zkoušce proudového dopravního letounu

Cílem měření bylo získat prvotní informace o hladinách akustického tlaku v místech blízkých kritickým lokalitám, vyvolaných při motorové zkoušce proudového dopravního letadla. Měření hluku proběhlo ve spolupráci s ČSA, a.s., LP, a.s., vlastní akustická měření provedl smluvní partner AKUSTIKA Praha, s.r.o.

Pro měření hluku byly stanoveny tyto podmínky:

- letoun byl ustaven na motorovém stání u hangáru F, motorová zkouška letadla sestávala ze série plynule navazujících režimů motorů
- byly prováděny kontinuální záznamy celé hlukové události, vyvolané motorovou zkouškou, s frekvencí odečtu 100 ms a s dostatečným časovým rozlišením grafického záznamu
- měření hluku proběhlo simultánně ve stanovených měřicích místech po celou dobu MZ
- v každém místě měření byl veden protokol s výsledky měření, s výsledky kalibrace a se záznamem rušivých akustických signálů během záznamu dat spolu s přesným časem výskytu
- kalibrace měřicího řetězce byla provedena před měřením a po jeho ukončení
- mikrofony byly umístěny ve výšce 4 až 6 m nad zemí, co nejdále od zdrojů rušení a co nejdále od větších odrazivých a pohltivých ploch (budovy ap.)
- mikrofony byly směřovány osou největší citlivosti ke zdroji (letounu)
- byly použity kryty proti větru
- metoda měření byla v souladu s ČSN ISO 1996 Popis a měření hluku prostředí.

Měření:

Měření se uskutečnilo dne 27. srpna 2008 v dopoledních hodinách, doba trvání celé MZ byla asi 26 minut. Atmosférické podmínky vyhovovaly normě (rychlost větru 2 – 3 m/s, relativní vlhkost 70%, teplota 23° C). Měření hluku bylo provedeno v rámci plánované MZ letounu v provozních podmínkách, což ovlivnilo rozsah a přesnost dat.

Letoun

K měření hluku byl přistaven letoun Airbus A 310, im. zn. OK-WAB, s motory GE CF6-80C2-A2. Letoun byl ustaven na motorovém stání před hangárem F do směru 270°. Během MZ byly v chodu oba motory, levý motor byl postupně vyveden až na režim blízký MAX ($n_1 = 94,6 \%$) režim pravého motoru v té době nepřesáhl $n_1 = 68 \%$. Doba chodu na nejvyšší režimy byla asi 2 minuty. Po zbytek doby (s výjimkou přechodu mezi režimy) byl nastaven volnoběžný režim ($n_1 = 23,6 \%$). Jednalo se o typickou MZ letounu A 310 po opravě, s vyvedením na vzletový výkon.

Místa měření

Místa měření - viz obr. 4 - jsou vybrána tak, aby byly měřené hodnoty co možná nejméně ovlivněny zástavbou a terénními nerovnostmi v okolí zvukového paprsku. Popisují se vzdáleností R od letounu a úhlem vyzařování (v souřadné soustavě letounu na MS).

	<i>úhel vyzařování</i>	<i>vzdálenost od letadla</i>
1 Na Dědině, ul. Pilotů	150°	1 340 m
2 Na Padesátníku, ul. Na Padesátníku V	180°	1 130 m
3 Přední Kopanina, cesta k Padesátníku	135°	1 930 m



Obr. 4 Místa měření hluku z motorové zkoušky letounu A 310 u hangáru F
(mapový podklad: GOOGLE)

Výsledky kontrolního měření hluku

Po zpracování záznamů lze uzavřít:

- místo měření 1: zdroj hluku (letoun A 310) je v zákrytu za letištními objekty; hluk z MZ byl subjektivně slabě slyšitelný a jeho příspěvek k celkové ekvivalentní hladině akustického tlaku A v místě lze odhadnout na několik desetin decibelu; hluk pozadí z dopravy na blízké pozemní komunikaci (Evropská tř.) dosahoval trvale hodnoty vyšší než 50 až 55 dB, s jednotlivými špičkami 65 až 70 dB; v době vyvedení letounu A 310 na vzletový režim se měřená hodnota L_A pohybovala okolo 55 dB
- místo měření 2: letoun je v přímé viditelnosti z místa měření, terén je plochý a bez větších překážek; hluk z MZ byl subjektivně odlišitelný a jeho příspěvek k celkové ekvivalentní hladině akustického tlaku A v místě lze odhadnout přibližně na 1 dB; v místě byl zaznamenán velmi vysoký hluk pozadí z automobilové dopravy na rychlostní komunikaci R7 ($L_{Aeq} > 50$ dB, L_A okolo 60 dB a více); hodnoty L_A v tomto směru vyzařování (180° , ve směru výtokového proudu spalín) jsou vždy velmi nízké; hodnoty L_A v místě 2, vyvolané MZ letounu A 310, jsou natolik nízké, že je nelze oddělit od hluku pozadí
- místo měření 3: zdroj hluku (letoun A 310) je v přímé viditelnosti, v plochém terénu bez překážek; hluk z MZ byl subjektivně odlišitelný a jeho příspěvek k celkové ekvivalentní hladině akustického tlaku A v místě lze odhadnout přibližně na 1 dB; v místě byly jako

významnější hlukové události zaznamenány přelety letadel (ARR RWY 24) o úrovních nejčastěji mezi 60 až 65 dB; plovoucí akustické pozadí v místě se pohybuje okolo 42 dB; v průběhu MZ při běhu na maximální režim motoru byly naměřené hodnoty L_A v rozmezí 50 až 53 dB, výsledek však ovlivňuje stínění vyzařovaného zvuku trupem letounu, které může podle publikovaných údajů dosahovat asi 6 dB.

V denní době a v místech s vysokým hlukovým pozadím nemůže měření hluku poskytnout spolehlivé údaje o emisi hluku z motorových zkoušek. Výrazně se při tom projevují ztráty při šíření zvuku nad nehomogenním zemským povrchem. V budoucnu bude třeba zaměřit se spíše na měření hluku v blízkosti MZ, kdy výsledky nebudou ovlivněny proměnným šířením zvuku za různých povětrnostních podmínek.

Poznámka

Využití systému monitoringu hluku a letových tratí LKPR je pro tento účel velmi omezené vzhledem k velké vzdálenosti nejbližší stanice (MM 9 Přední Kopanina - viz obr. 4) od současných motorových stání LKPR. Průběžné monitorování hluku je možné v omezené míře využít, a to především k posouzení odstupů mezi akustickým pozadím v místě MM 9 v denní a noční době od okamžitých hladin akustického tlaku L_A , vyvolaných leteckým provozem a zčásti též motorovou zkouškou. Trvalé akustické pozadí v místě, bez jakýchkoliv hlukových projevů z LKPR, se pohybuje běžně okolo 50 dB v denní době a okolo 40 dB v noční době, tedy na úrovni hygienického limitu hluku pro stacionární zdroje. Jednotlivé přelety letadel vyvolávají hlukové události o úrovních obvykle mezi 65 až 70 dB. Při motorové zkoušce turbovrtulového letounu (ATR 72 na motorovém stání u hangáru F, s vyvedením na režim MAX) byla zaznamenána hladina akustického tlaku 55 dB při maximálním režimu, což při trvání MZ asi 30 minut odpovídá ekvivalentní hladině akustického tlaku v intervalu $T = 8$ hodin asi 40 dB, a asi 49 dB v intervalu jedné hodiny. Jsou to hodnoty blízké vypočteným hodnotám ze zprávy [3]. K této shodě zřejmě napomáhá diskrétní nízkofrekvenční charakter zvuku generovaného turbovrtulovým letadlem, pro nějž jsou ztráty při šíření akustické energie obecně nižší.

4.3.2 Výpočet zvukového pole proudového letounu při motorové zkoušce

Účelem výpočtu bylo ověření hodnot hluku v kritických lokalitách v okolí letiště PRAHA RUZYNĚ, udávaných ve zprávě [3], pomocí přesnějšího numerického modelu LIMA pro výpočet zvukového pole stacionárního zdroje. Model v daleko větší míře zahrnuje fyzikální jevy při šíření zvukového paprsku nad terénem, index povrchu země, konfigurace terénu a další parametry jsou volitelné. Výpočet provedl smluvní partner AKUSTIKA Praha, s.r.o. pro zadané výchozí parametry. Zadávané hodnoty a celý soubor výsledků jsou uloženy v archivu TECHSON.

Letadlo

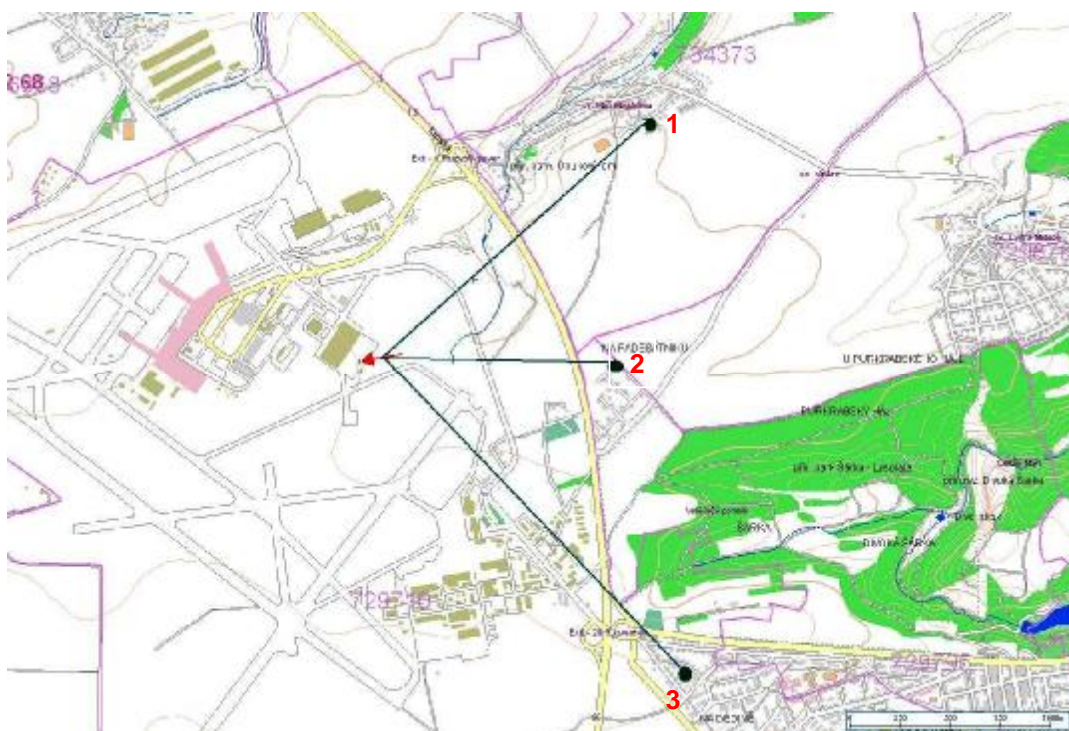
Výpočet zvukových polí byl proveden pro proudový dopravní letoun Airbus A 320 s motory V2500. Důvodem této volby jsou malé počty prováděných MZ letounu A 310 v průběhu roku, plánované ukončení provozu letounů A 310 u ČSA, a.s., dostupnost podrobnějších údajů o hlukových charakteristikách letounu A 320 a především srovnatelné akustické charakteristiky letounu A 320 s dalšími současně provozovanými proudovými dopravními letouny střední

velikosti. Podklady pro výpočet byly převzaty z dokumentace letounu A320 Maintenance Facility Planning, zapůjčené pro tento účel ČSA, a.s. Uvažují se oba motory v chodu.

Kritická místa pro výpočet – viz obr. 5

	úhel vyzařování *)	vzdálenost od letadla
1 Přední Kopanina	140°	1 600 m
2 Na Padesátníku	170°	1 070 m
3 Na Dědině	135°	1 930 m

*) v souřadné soustavě letadla na MS



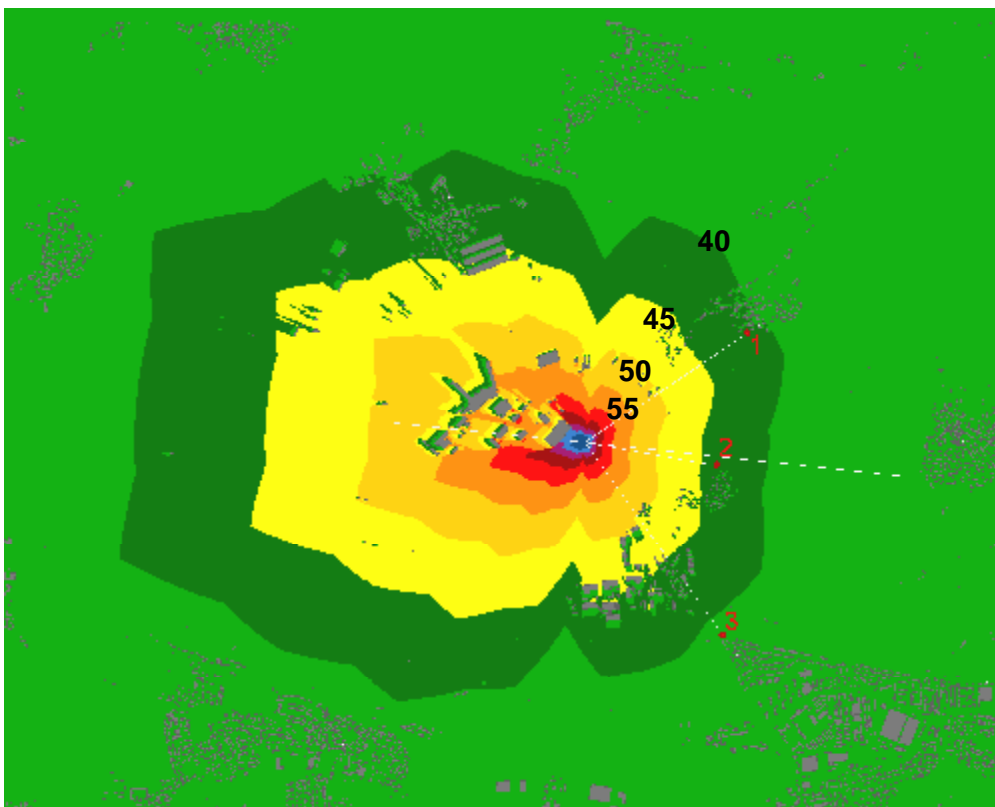
Obr. 5 Kritická místa pro výpočet hluku z motorových běhů dopravního letadla u hangáru F (mapový podklad: InfoMapa)

Výsledky výpočtu

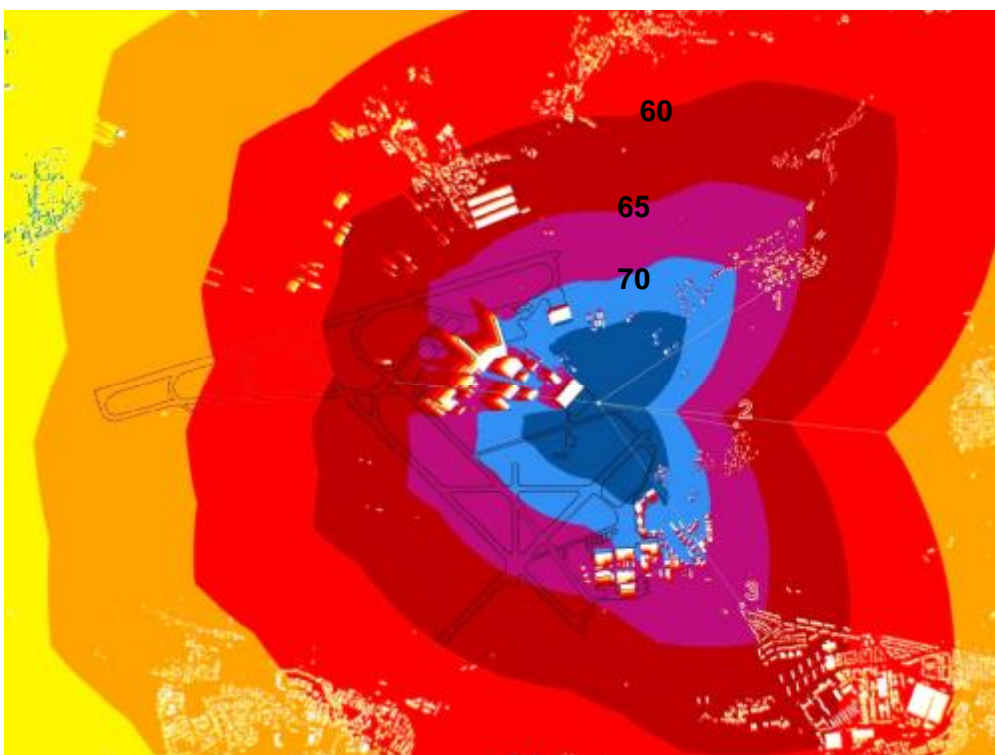
Vypočtené hladiny akustického tlaku L_A v kritických místech 1 až 3 a pro volnoběžný a maximální režim chodu letounu A 320 shrnuje tabulka 1. Hodnoty jsou z dříve uvedených důvodů rovněž pouze orientační, stejně jako průběhy izofon hladin akustického tlaku L_A v dB, popisující zvukové pole letounu na zemi. Grafické vyjádření zvukového pole letounu A 320 při motorové zkoušce u hangáru F je na obr. 6 a obr. 7.

Tabulka 1

místo	lokalita	hladiny akustického tlaku L_A v dB	
		režim: VOLNOBĚH	režim: MAXIMÁLNÍ
1	Přední Kopanina	38	69
2	Na Padesátníku	41	66
3	Na Dědině	36	69



Obr. 6 Zvukové pole letounu A 320, MS u hangáru F, režim: VOLNOBĚH



Obr. 7 Zvukové pole letounu A 320, MS u hangáru F, režim: MAXIMÁLNÍ

Vypočtené hladiny akustického tlaku L_A pro maximální režim motoru převyšují hodnoty měřené pro letoun A 310. Částečným důvodem může být skutečnost, že při výpočtu se uvažují oba motory v chodu na vzletový výkon, hlavní příčina však je zřejmě v nízkém odhadu hodnoty indexu povrchu země při šíření zvuku na velké vzdálenosti, v níž nejsou zahrnuty reálné vlivy konfigurace terénu v místě včetně překážek typu malých objektů, zvlnění, plotů a vyšších porostů.

5. NOVÉ MOTOROVÉ STÁNÍ

5.1 Situace

V rámci výstavby paralelní RWY 06R/24L bude zároveň dokončena výstavba nového motorového stání s protihlukovým vybavením pro motorové zkoušky dopravních letadel. V projektové dokumentaci k záměru [13] se předpokládá umístění stání v hangárové zóně, zhruba 350 m severně od příletového prahu nové RWY 06R/24L. Situaci znázorňuje obr. 8, detail je na obr. 9.

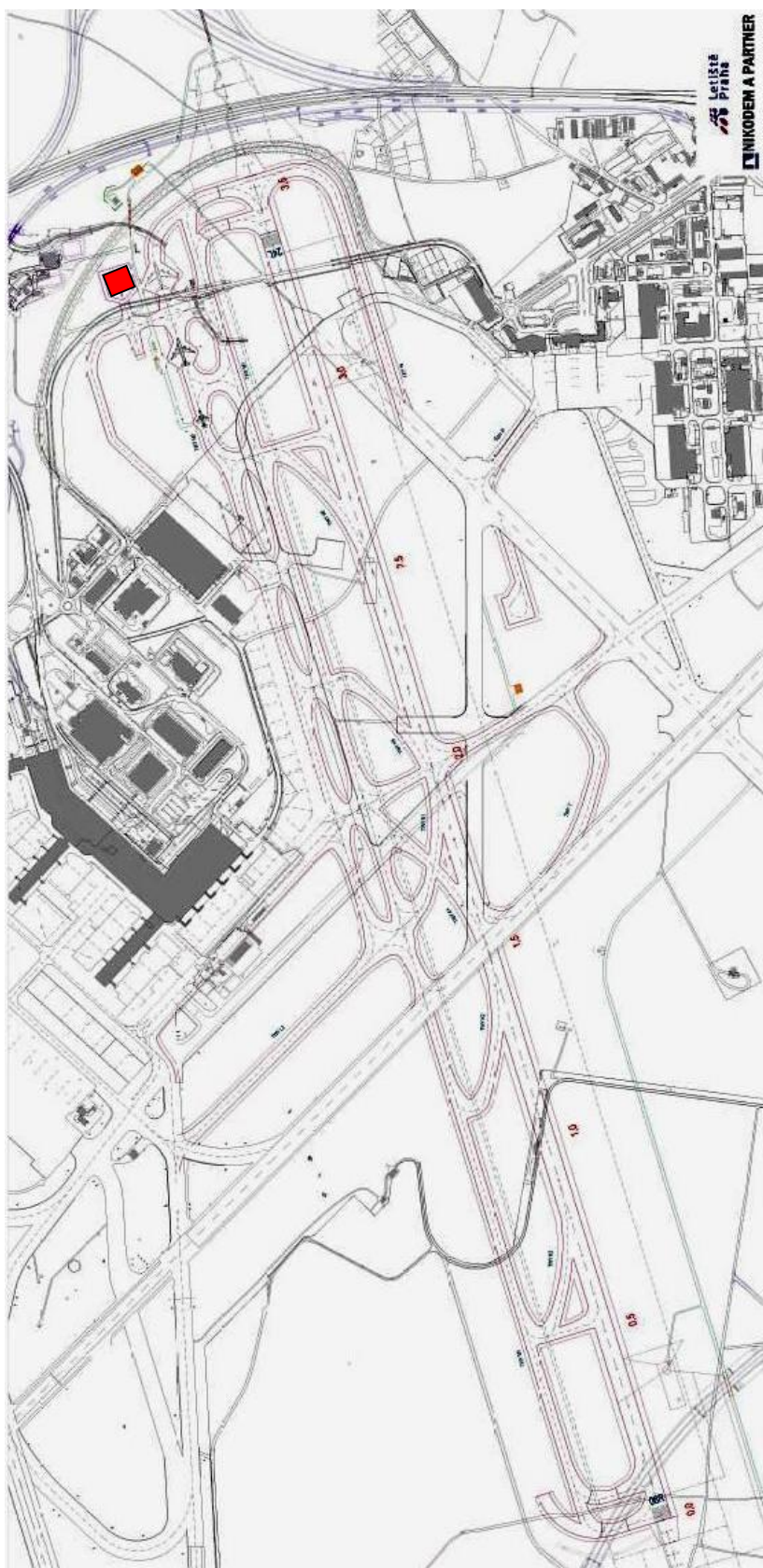
Po dobudování infrastruktury letiště PRAHA RUZYNEŽ a uvedení nového motorového stání do provozu tak bude nové MS jediným stáním pro provádění motorových zkoušek všech letadel s vyvedením na vyšší než volnoběžný režim. Předpokládá se, že zůstane zachována možnost kontrolních motorových běhů letadel na odbavovací ploše před terminálem SEVER a JIH, prováděných pouze na volnoběžný režim (kontrola po nahlášení závady).

Nové MS se oproti současnému stavu přesouvá do východního sektoru LKPR a přiblíží se k již dříve vymezeným kritickým lokalitám. Rozměry plochy MS jsou dostatečné pro doplnění protihlukového vybavení, účinného až pro MS velkokapacitních letadel pro dálkové tratě. Ustavení letounů se předpokládá s osou letounu ve směru 240° , tedy paralelně s osou RWY 06R/24L.

5.2 Výhledový rozsah motorových zkoušek dopravních letadel na LKPR

Podle vyjádření provozovatelů k dlouhodobému výhledu potřeb motorových zkoušek na letišti PRAHA RUZYNEŽ, shrnutého v [3], se celkové počty MZ na letišti PRAHA RUZYNEŽ mohou měnit jen nepatrně, nejvýše v rozmezí do 10 % ve srovnání se současným stavem. Očekávaný vývoj, vyjádřený celkovými počty motorových zkoušek za rok, shrnuje tabulka 2. Vyjadřuje optimistické (MAX) a pesimistické (MIN) prognózy pro rok 2014 (po dostavbě nového

MS) a pro rok 2020. Motorové zkoušky vrtulníků se v tabulce pro jejich malý význam v hlukové expozici okolí LKPR neuvažují.



Obr. 8 Umístění nového motorového stání ■ v hangárové zóně letiště PRAHA RUZYŇĚ (podle projektové dokumentace Nikodem a Partner)



Obr. 9 Nové motorové stání v systému letištních komunikací a provozních ploch LKPR
(podle projektové dokumentace Nikodem a Partner)

Tabulka 2

kategorie letadel	2014 - MAX	2014 - MIN	2020 - MAX	2020 - MIN
dopravní turbovrtulové	698	544	696	614
dopravní proudové	796	710	830	685
CELKEM	1494	1254	1526	1299

Předpokládá se zachování skladby hlavních kategorií letadel (proudové, turbovrtulové), dojde ale k obměně letadlového parku za nové typy a verze letadel s nižší hlučností a s nižšími nároky na počty motorových zkoušek. Konkrétní typy letadel není nutné nyní definovat, jejich akustické charakteristiky jsou v rámci daných kategorií vzájemně podobné.

Co do počtu prováděných MZ zůstane s největší pravděpodobností dominantní kategorie dopravních letadel střední velikosti, dnes zastoupená verzemi letounů B 737 a A 320, a vrtulovými letouny ATR se sníženou hlučností. Prognózy provozovatele LKPR připouštějí i výhledové testování dopravních letadel pro dálkové tratě.

Charakteristické typy motorových zkoušek rovněž zůstanou zachovány, takže pro výpočty hlukových zátěží okolí LKPR, vyvolaných MZ na novém motorovém stání v hangárové zóně LKPR, lze převzít podmínky z kapitoly 4.2.

6. HLUK Z MOTOROVÝCH ZKOUŠEK NA NOVÉM MOTOROVÉM STÁNÍ

6.1 Základní zadání pro modelový výpočet

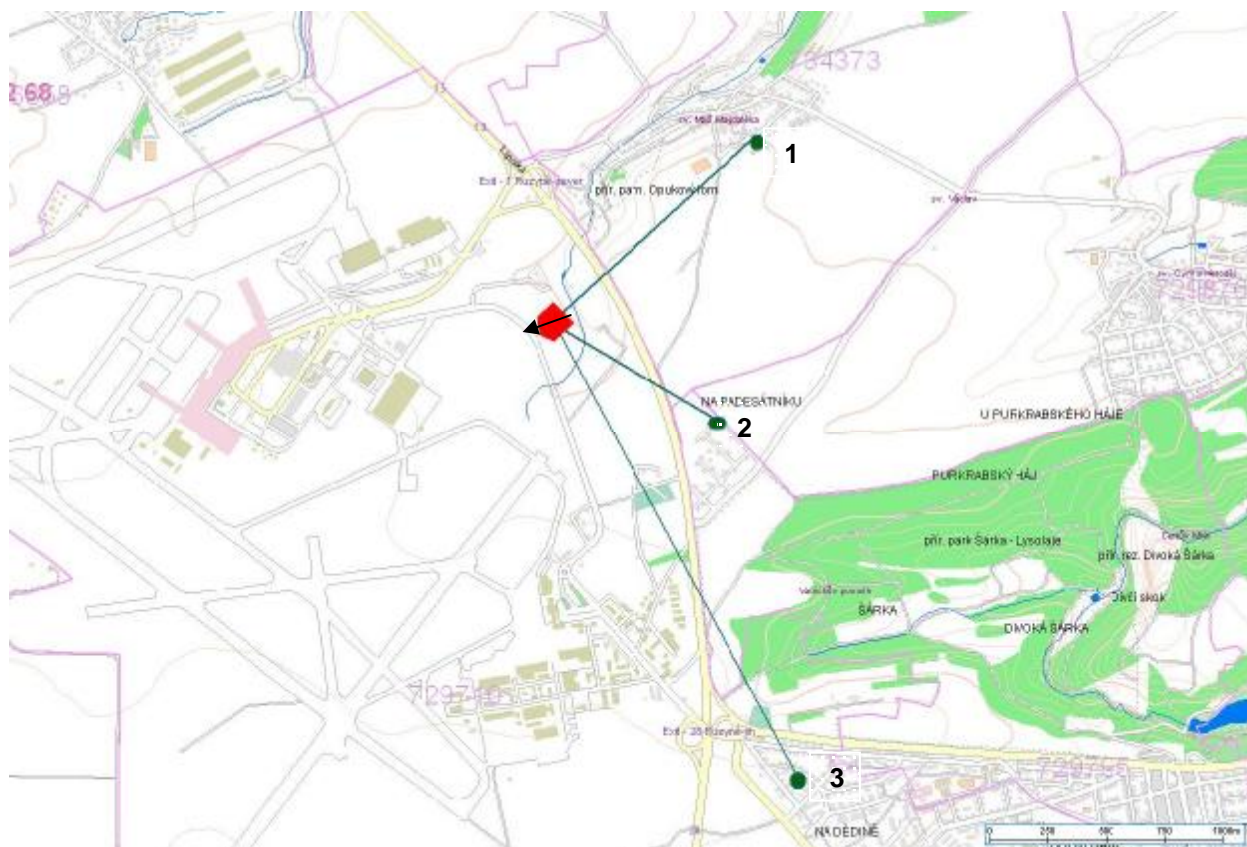
Na základě odborných diskusí o možnostech numerického řešení prostorově rozsáhlých zvukových polí v podmínkách časově a prostorově proměnných podmínek šíření zvuku nad zemským povrchem a časově proměnných podmínek generace zvuku při motorových zkouškách letadel na novém motorovém stání byl přijat následující přístup k řešení. Uvažují se dva reprezentativní typy dopravních letadel s výrazně odlišnou frekvenční skladbou vyzařovaného zvuku a se známými akustickými charakteristikami, s odlišnými směrovými vlastnostmi a s odlišnou polohou zdroje (pohonné jednotky). Předpokládají se známé průběhy typických MZ. Výsledky výpočtu reprezentují střední podmínky pro celou flotilu proudových a turbovtulových dopravních letadel operujících na letišti PRAHA RUZYNEŽ, přičemž v okrajových případech (např. velkokapacitní letouny pro dálkové tratě) jsou výsledné hodnoty stále v mezích nejistoty výpočtu. Výpočtová rezerva pro celkové ekvivalentní hladiny akustického tlaku $L_{Aeq D}$ v intervalu $T_D = 8$ hodin, vyvolané motorovými zkouškami dopravních letadel v denní době, je již zahrnuta v zadání. Poměry pro noční dobu se výpočtem explicitně neřeší, důvody jsou uvedeny dále.

Výpočtem se řeší

- zvukové pole reprezentativního proudového (A 320) a turbovtulového (ATR 72) dopravního letounu při typických režimech motoru (MAX, CEST, VOL) při motorové zkoušce na novém motorovém stání bez protihlukového vybavení
- celkové ekvivalentní hladiny akustického tlaku $L_{Aeq D}$ v kritických lokalitách dle obr. 10, v intervalu $T_D = 8$ hodin, vyvolané opakovanými typickými motorovými zkouškami reprezentativních typů dopravních letadel v denní době, ustavených na novém motorovém stání bez protihlukového vybavení.

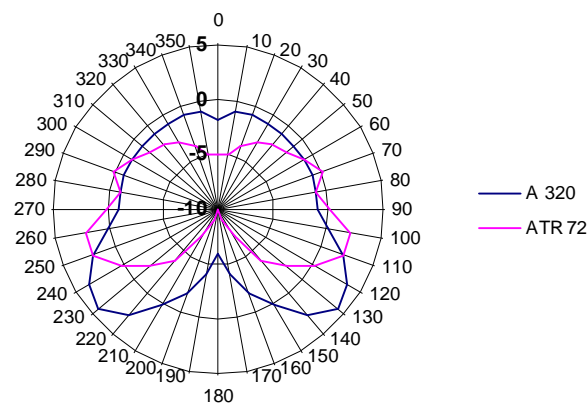
Poměry v kritických lokalitách reprezentují hladiny akustického tlaku v nejbližších místech se souřadnicemi, odvozenými od středu a os letounu ustaveného na novém motorovém stání do směru 240°

	<i>úhel vyzařování</i>	<i>vzdálenost</i>
1 Přední Kopanina	145°	1 050 m
2 Na Padesátíku	115°	700 m
3 Na Dědině	85°	1 900 m



Obr. 10 Kritické lokality v okolí LKPR z hlediska hlukové zátěže vyvolané motorovými zkouškami dopravních letadel na novém motorovém stání v hangárové zóně

Uvažuje se rovinná, akusticky tvrdá volná plocha motorového stání bez jakéhokoliv protihlukového nebo jiného vybavení, s letounem ustaveným do směru 240° , s bližším a nestíněným motorem v chodu. Uvažuje se dopravní letoun jako bodový směrový zdroj se směrovými vlastnostmi podle obr. 11, o známém akustickém výkonu při jednotlivých režimech chodu. Uvažuje se poloha bodového zdroje ve výšce 3 m nad zemí pro proudový letoun a ve výšce 4,5 m nad zemí pro vrtulový letoun. Uvažuje se situace se dvěma typickými motorovými zkouškami během intervalu $T_D = 8$ hodin, s celkovou dobou běhu motoru 90 minut a s dobami chodu při režimech motoru MAX = 10 minut, CEST = 30 minut a VOL = 50 minut. Tato situace se v provozu opakovaně vyskytuje, představuje však horší než průměrný stav v běžném letovém dni.



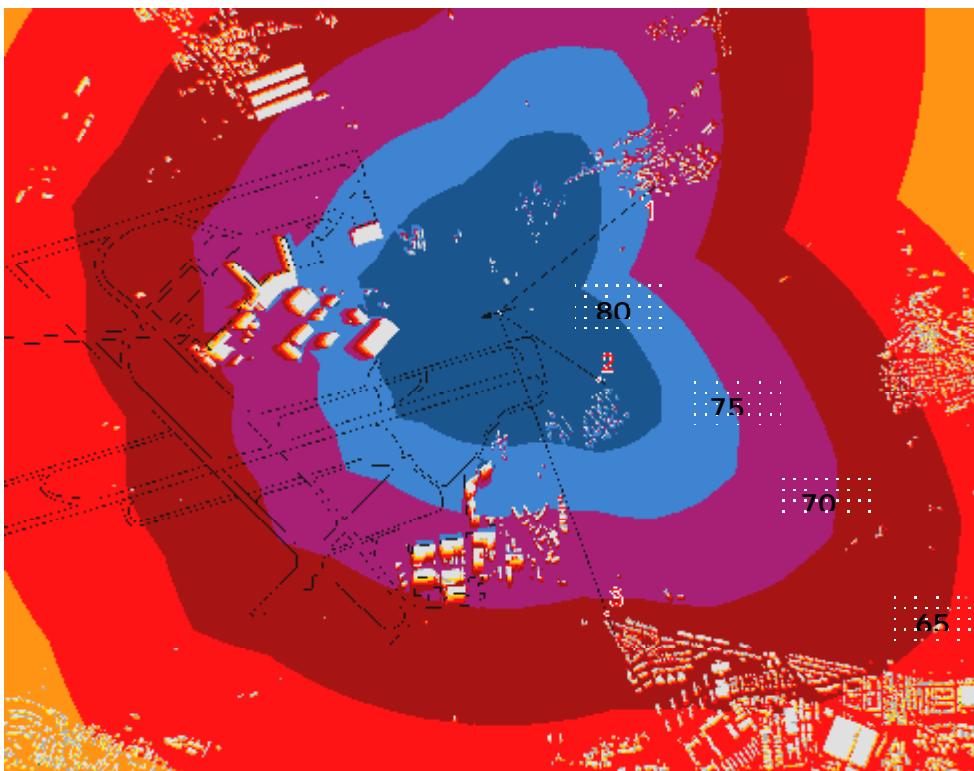
Obr. 11 Směrové vyzařování hluku dopravních letadel A 320 a ATR 72, vyjádřené směrovým indexem **DI** v dB. Střed kružnice je v průsečíku středů motoru a podélné osy letounu. Režim: MAX

Výsledky výpočtu je možno přiřadit častěji opakovanému výhledovému stavu, nikoliv však ojedinělým kritickým podmínkám, které se mohou ve výhledu vyskytnout.

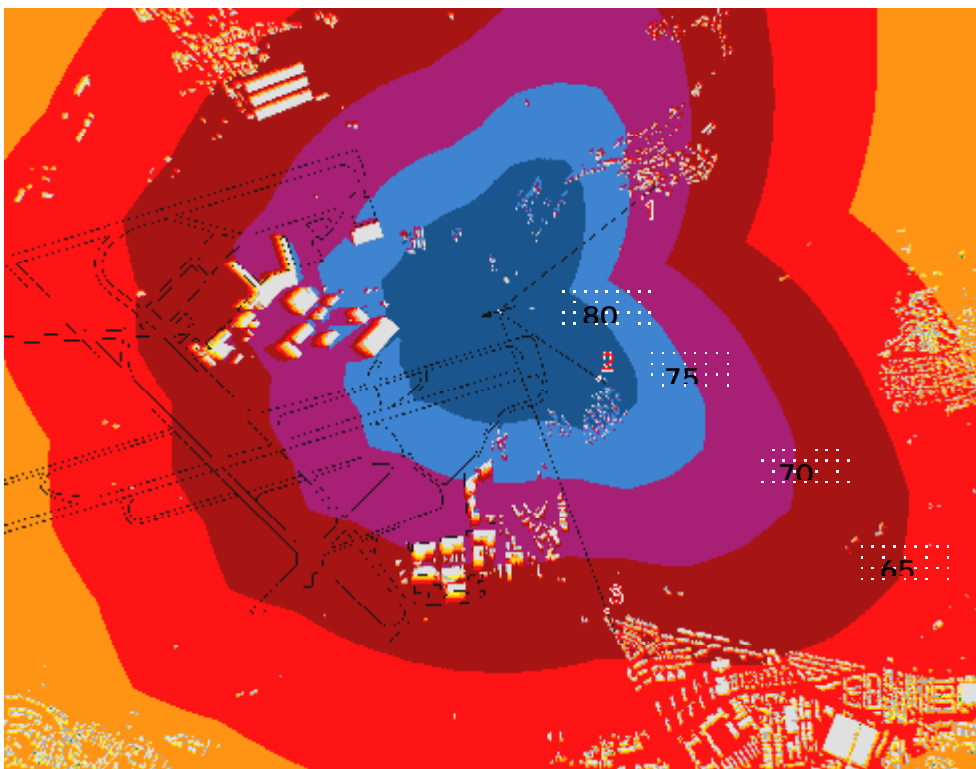
6.2 Výpočet hluku z motorových zkoušek reprezentativních typů letadel

6.2.1 Proudový dopravní letoun

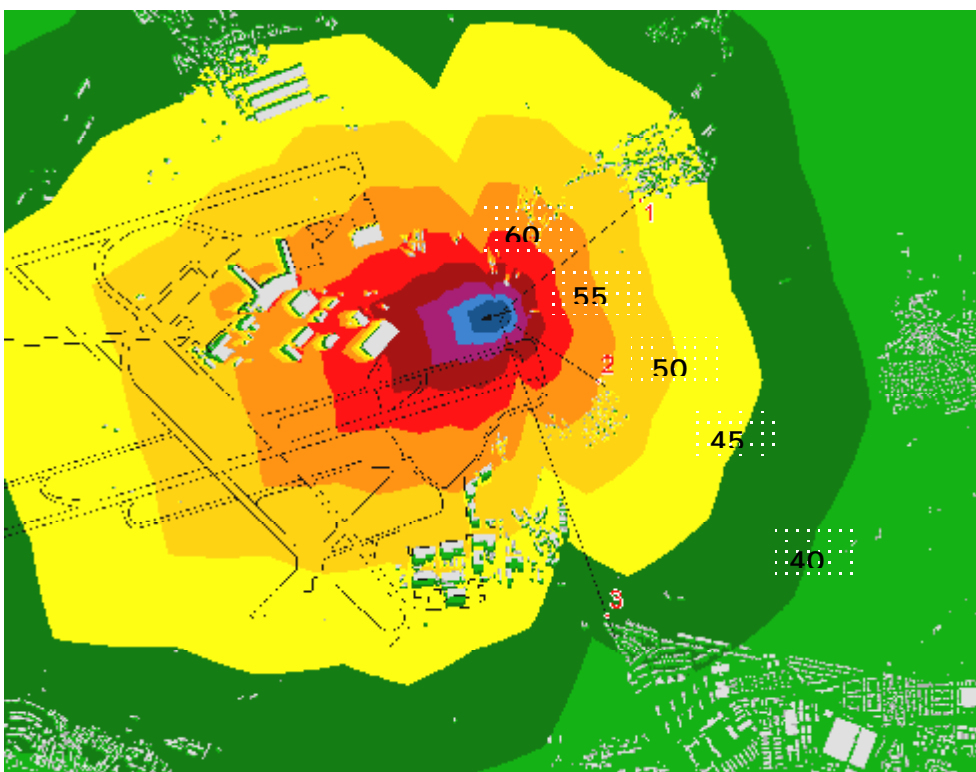
Vypočtené zvukové pole proudového dopravního letounu, reprezentovaného typem A 320, je doloženo na obr. 12 (režim MAX), obr. 13 (režim CEST) a obr. 14 (režim VOL).



Obr. 12 Zvukové pole hladin akustického tlaku L_A proudového dopravního letounu při MZ na novém motorovém stání v hangárové zóně. Režim: MAX



Obr. 13 Zvukové pole hladin akustického tlaku L_A proudového dopravního letounu při MZ na novém motorovém stání v hangárové zóně. Režim: CEST



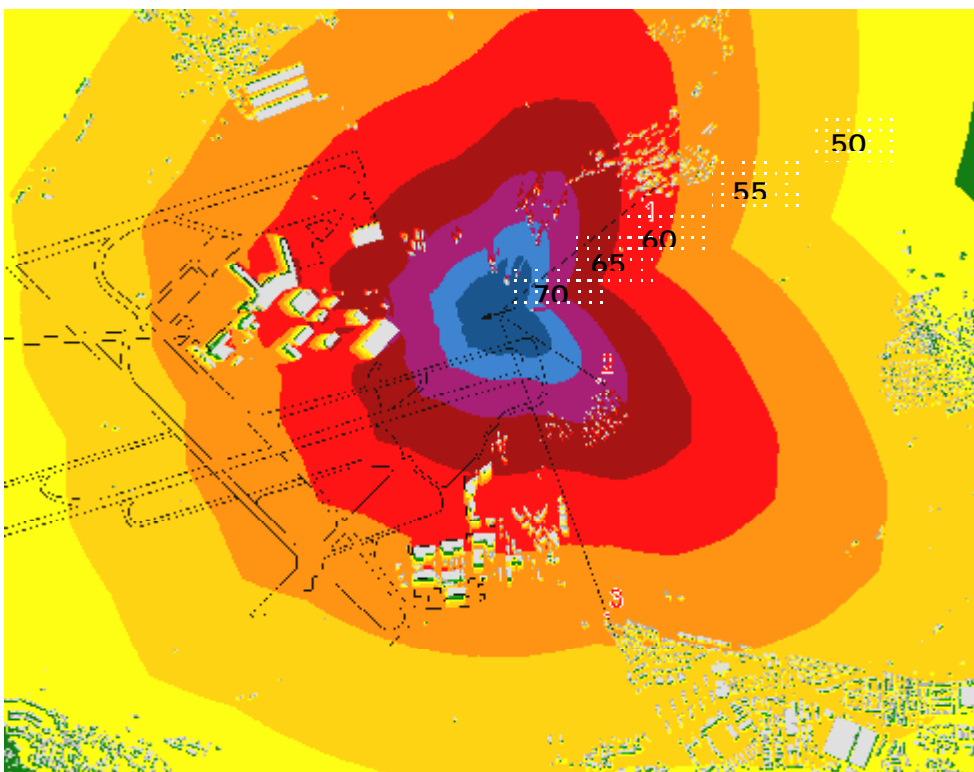
Obr. 14 Zvukové pole hladin akustického tlaku L_A proudového dopravního letounu při MZ na novém motorovém stání v hangárové zóně. Režim: VOL

Ve zvolených kritických místech je v rozmezí režimů VOL až MAX během motorové zkoušky proudového dopravního letounu, bez ohledu na typ, možno očekávat hladiny akustického tlaku L_A v rozmezí hodnot, uvedených v tabulce 3:

Tabulka 3

Kritické místo	Režim: MAX	Režim: CEST	Režim: VOL
1	76	74	49
2	88	84	55
3	69	67	42

Pole celkových ekvivalentních hladin akustického tlaku $L_{Aeq D}$ pro rozhodný interval $T_D = 8$ hodin v denní době, vyvolané definovanými opakovanými motorovými zkouškami proudových dopravních letadel na novém motorovém stání, o celkové době trvání 90 minut, je na obr. 15.



Obr. 15 Pole ekvivalentních hladin akustického tlaku $L_{Aeq D}$ při opakované MZ proudového dopravního letounu na novém motorovém stání v hangárové zóně.

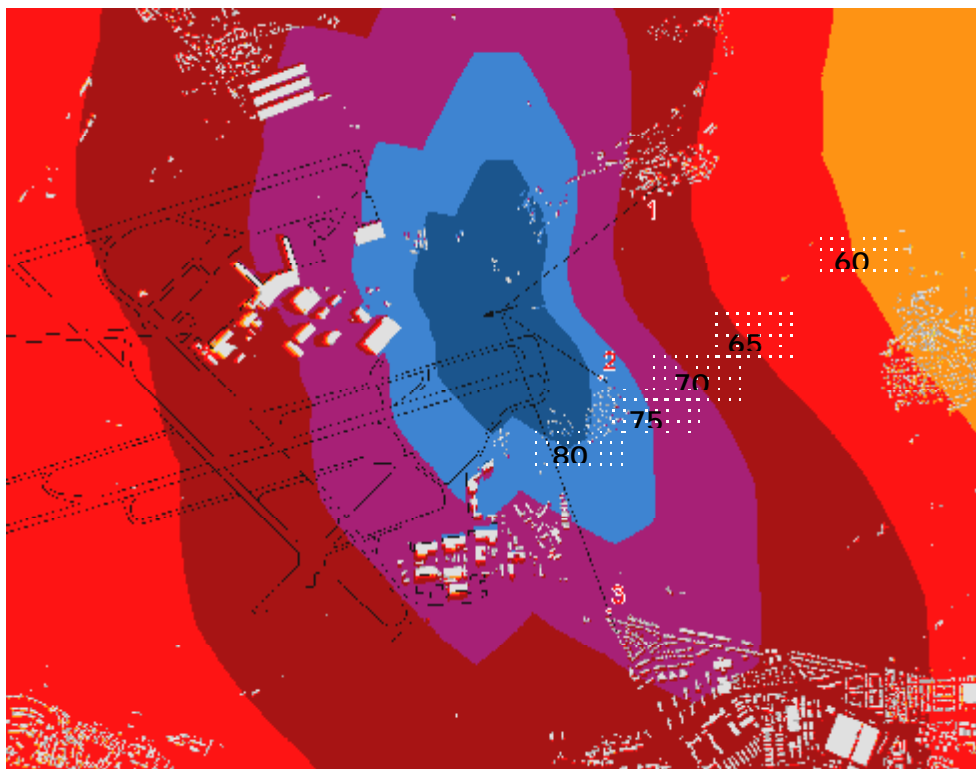
V tabulce 4 se shrnují celkové ekvivalentní hladiny akustického tlaku $L_{Aeq D}$ v intervalu $T_D = 8$ hodin ve zvolených kritických místech, vyvolané definovanými opakovanými motorovými zkouškami proudových dopravních letadel na novém motorovém stání, o celkové době trvání 90 minut.

Tabulka 4

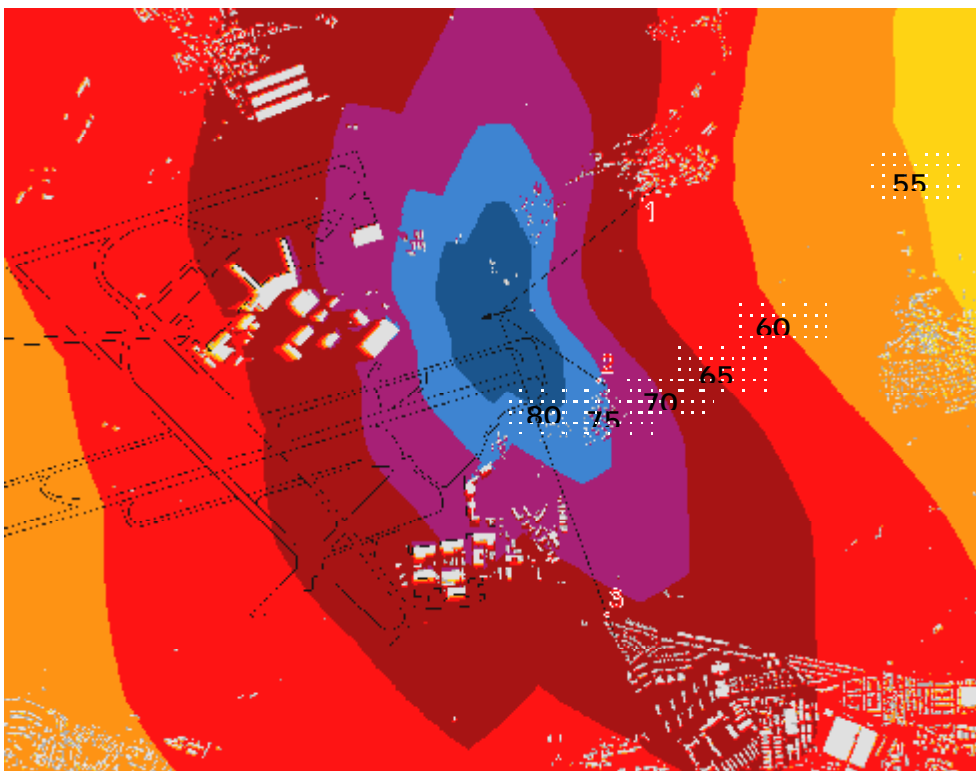
Kritické místo	$L_{Aeq D}$ (dB)
1	63
2	73
3	56

6.2.2 Turbovrtulový dopravní letoun

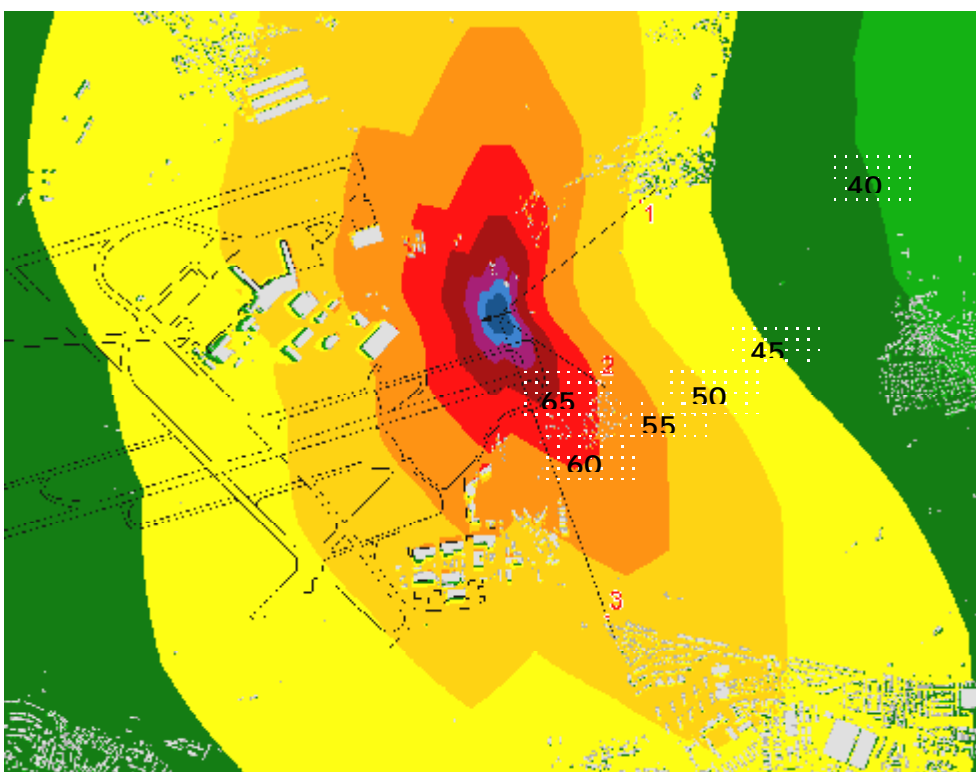
Vypočtené zvukové pole turbovrtulového dopravního letounu, reprezentovaného typem ATR 72, je doloženo na obr. 16 (režim MAX), obr. 17 (režim CEST) a obr. 18 (režim VOL). Reálné nejistoty v numerickém výpočtu, způsobené především fyzikálními důvody při šíření zvuku v prostředí s neznámými a v čase proměnnými charakteristikami, umožňují považovat tyto výsledky za typické dlouhodobé průměry pro turbovrtulové dopravních letouny obvykle užívané na letišti PRAHA RUZYNĚ.



Obr. 16 Zvukové pole hladin akustického tlaku L_A turbovrtulového dopravního letounu při MZ na novém motorovém stání v hangárové zóně. Režim: MAX



Obr. 17 Zvukové pole hladin akustického tlaku L_A turbovtulového dopravního letounu při MZ na novém motorovém stání v hangárové zóně. Režim: CEST



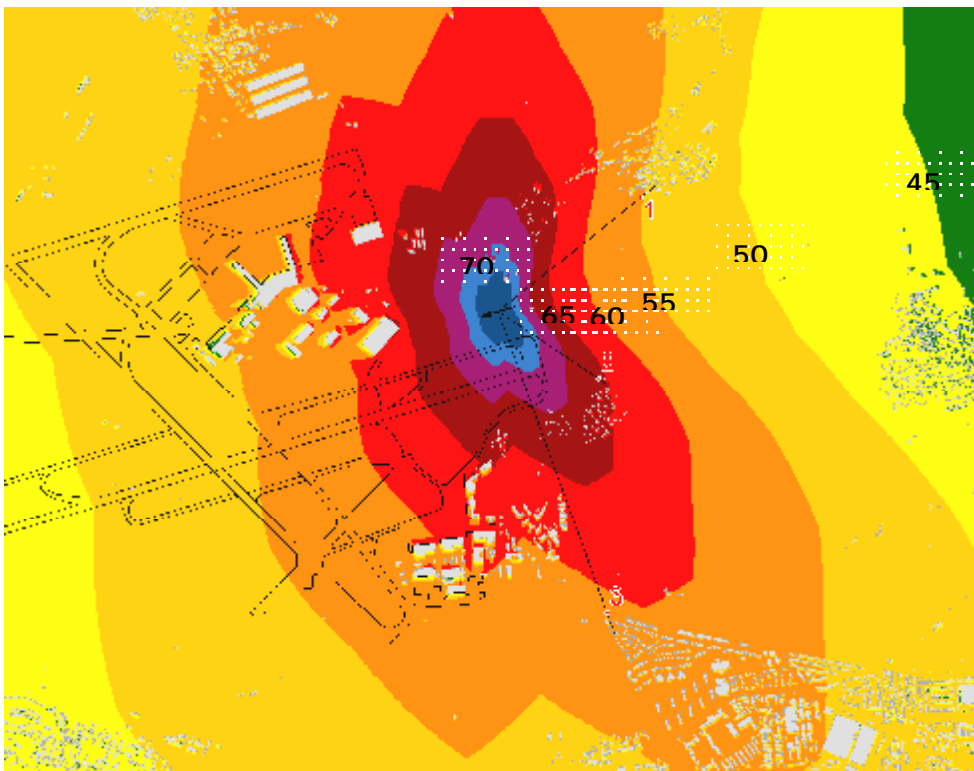
Obr. 18 Zvukové pole hladin akustického tlaku L_A turbovtulového dopravního letounu při MZ na novém motorovém stání v hangárové zóně. Režim: VOL

Ve zvolených kritických místech je během motorové zkoušky turbovrtulového dopravního letounu bez ohledu na typ, v rozmezí režimů VOL až MAX, možno očekávat hladiny akustického tlaku L_A uvedené v tabulce 5.

Tabulka 5

Kritické místo	Režim: MAX	Režim: CEST	Režim: VOL
1	68	65	49
2	79	76	60
3	72	69	53

Pole celkových ekvivalentních hladin akustického tlaku $L_{Aeq,D}$ rozhodný interval $T_D = 8$ hodin, vyvolané definovanými opakovanými motorovými zkouškami turbovrtulových dopravních letadel na novém motorovém stání, o celkové době trvání 90 minut, je na obr. 19.



Obr. 19 Pole ekvivalentních hladin akustického tlaku $L_{Aeq,D}$ při opakované MZ turbovrtulového dopravního letounu na novém motorovém stání v hangárové zóně.

V tabulce 6 se shrnují celkové ekvivalentní hladiny akustického tlaku $L_{Aeq,D}$ v intervalu $T_D = 8$ hodin ve zvolených kritických místech, vyvolané definovanými opakovanými motorovými zkouškami turbovrtulových dopravních letadel na novém motorovém stání, o celkové době trvání 90 minut.

Tabulka 6

Kritické místo	$L_{Aeq D}$ (dB)
1	55
2	66
3	59

6.3 Předběžný výpočet potřebného vložného útlumu pro nové motorové stání

Okamžité hodnoty hluku v každé kritické lokalitě závisí na typu testovaného letounu, na průběhu motorové zkoušky a počtu cyklů za hodnotící interval T , především však na útlumu zvuku při šíření nad povrchem země (závisí na okolním terénu a na okamžitých atmosférických podmínkách). Ve všech případech se jedná o parametry frekvenčně závislé.

Odvození vložného útlumu, potřebného pro návrh optimalizovaných protihlukových opatření, při kterých by hygienický limit hluku nebyl překročen, je možné jedině tehdy, když se přijmou zdůvodněná zjednodušující kritéria. V daném případě je zastupují:

- vymezení rozhodných kritických lokalit vzhledem k poloze motorového stání (vzdálenost, směr vyzařování)
- vypočtená střední hluková zátěž v těchto lokalitách pro typické (směrodatné) podmínky.

6.3.1 Využití nového motorového stání v denní době

Z výsledků výpočtů zvukových polí reprezentativních typů dopravních letadel při motorových zkouškách, prováděných na novém motorovém stání v hangárové zóně, je sestavena tabulka 7. Uvádí se v ní

- rozmezí okamžitých hladin akustického tlaku L_A v dB, očekávaných v kritických lokalitách při motorových zkouškách proudových (JET) a turbovrtulových (PROP) dopravních letadel při režimech CEST až MAX
- celkové ekvivalentní hladiny akustického tlaku $L_{Aeq D}$, vyvolané v intervalu $T_D = 8$ hodin definovanými opakovanými motorovými zkouškami proudových (JET), resp. turbovrtulových (PROP) dopravních letadel, o celkové době trvání 90 minut
- potřebný vložný útlum pro nové motorové stání jako rozdíl mezi vypočtenou hodnotou $L_{Aeq D}$ a hygienickým limitem $L_{Aeq limit} = 50$ dB pro denní dobu.

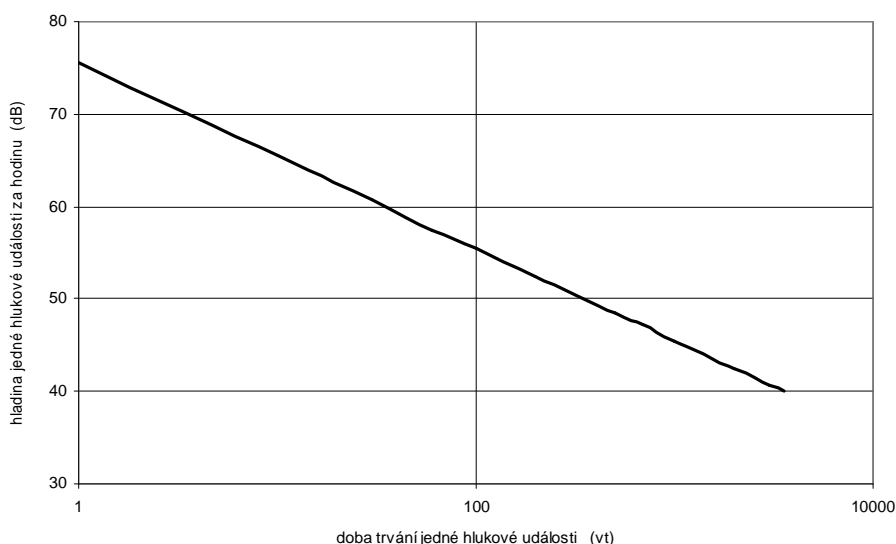
Tabulka 7

Kritické místo	L_A (dB)		$L_{Aeq D}$ (dB)		VLOŽNÝ ÚTLUM (dB)	
	JET	PROP	JET	PROP	JET	PROP
1 Přední Kopanina	70 – 73	63 – 66	60	53	10	3
2 Na Padesátku	81 – 84	77 – 80	71	67	21	17
3 Na Dědině	66 - 69	66 - 69	56	56	6	6

6.3.2 Využití nového motorového stání v noční době

Především je nutné zdůraznit, že riziko překročení hygienického limitu hluku $L_{Aeq\ limit} = 40\text{ dB}$ pro stacionární zdroje a noční dobu je neobyčejně vysoké i při slabých hlukových událostech. Je to dáno dobou předepsaného rozhodného intervalu $T_N = 1$ hodina pro hodnocení, což neúměrně zvyšuje citlivost hodnot $L_{Aeq\ N}$, porovnávaných s limitem, na krátkodobé hladině akustického tlaku L_A v místě.

Situaci dokumentuje graf závislosti hladiny akustického tlaku ustáleného zvuku a doby jeho trvání, při kterých je právě dosažen hygienický limit $L_{Aeq\ limit} = 40\text{ dB}$ pro interval jedné hodiny – viz obr. 20. Z grafu např. vyplývá, že daný hygienický limit je překročen, pokud hluková událost o hladině 55 dB trvá asi 100 vteřin. Jedná se přitom o hlukovou událost slabou, o úrovních obvyklých pro hluk z dopravy.



Obr. 20 Závislost mezi hladinou akustického tlaku a dobou trvání jedné hlukové události, při níž je právě dosažen hygienický limit hluku pro stacionární zdroje v noční době, $L_{Aeq\ limit} = 40\text{ dB}$

Vypočtené hladiny akustického tlaku $L_{Aeq\ N}$ v intervalu $T_N = 1$ hodina ve zvolených kritických lokalitách, odpovídající jedné typické motorové zkoušce typu „VOL“ (20 minut při volnoběžném (VOL) režimu motoru), resp. jedné motorové zkoušce typu „REŽIM“ (15 minut režim motoru VOL 10 minut cestovní (CEST) režim motoru), jsou v tabulce 8. V pravé části tabulky se uvádí hodnoty vložného útlumu potřebné pro to, aby hygienický limit hluku v kritických lokalitách při jediné typické MZ proudového (JET), resp. turbovrtulového (PROP) dopravního letounu v noční době, nebyl překročen.

Tabulka 8

MZ typu	Kritické místo	$L_{Aeq,N}$ (dB)		VLOŽNÝ ÚTLUM (dB)	
		JET	PROP	JET	PROP
VOL	1 Přední Kopanina	49	49	4	4
	2 Na Padesátníku	55	60	10	15
	3 Na Dědině	42	53	0	8
REŽIM	1 Přední Kopanina	66	57	26	17
	2 Na Padesátníku	76	68	36	28
	3 Na Dědině	59	61	19	21

Z tabulek 7 a 8 je patrné, že pokud zůstane zachována lokalita Na Padesátníku k trvalému bydlení nebo k rekreaci, nároky na potřebný vložný útlum nového motorového stání se odvozují z podmínek v této lokalitě. Dále je zřejmé, že požadavky na protihlukové vybavení nového motorového stání, které by umožňovalo plnohodnotné zkoušení dopravních letadel v noční době (tabulka 8), jsou nesrovnatelné s podmínkami pro denní dobu (tabulka 7).

7. MOTOROVÉ STÁNÍ S PROTIHLUKOVÝM VYBAVENÍM

7.1 Protihluková bariéra jako nejjednodušší řešení nového motorového stání

Nová poloha motorového stání v areálu letiště PRAHA RUZYNĚ bližší k obytné zástavbě, výsledky kvalifikovaných odhadů požadovaného vložného útlumu založených na výpočtu pomocí počítačového modelu, a avizovaný záměr využívat MS k motorovým zkouškám velkokapacitních dopravních letadel pro dálkové tratě, vyžadují instalaci účinného protihlukového vybavení nového motorového stání.

Cílem záměru je dosažení stavu, kdy hygienický limit hluku pro stacionární zdroje na letišti nebude překračován, a to ve všech blízkých obytných lokalitách a v uvažovaném návrhovém rozmezí motorových zkoušek.

Z technických prostředků pro snížení hluku z motorových zkoušek letadel je třeba jmenovat

- mobilní tlumiče hluku; používaly se především u vojenských letadel, v současné době se již vzhledem k četným technickým problémům od jejich využití ustoupilo
- protihlukové hangáry; poskytují nejvyšší možnou ochranu okolí před hlukem, ovšem za cenu extrémně vysokých pořizovacích nákladů; na evropských letištích je znám pouze jediný realizovaný případ hangáru pro MZ dopravních letadel
- protihlukové bariéry v různém uspořádání – viz DODATEK A; využívají se na řadě letišť, vykazují příznivý poměr mezi pořizovacími náklady a dosaženým vložným útlumem.

Obvyklá protihluková opatření, realizovaná na motorovém stání pro testování dopravních (ale též bojových) letadel, tedy představují protihlukové valy a bariéry. Používají se

- zemní valy s omezeným účinkem a velkými prostorovými nároky
- betonové stěny s hladkou nebo pohltivou vnitřní plochou
- bariéry sestavené ze speciálně laděných prvků s vysokou pohltivostí a neprůzvučností, s možností zástavby dalších účelových prvků; jsou zpravidla kovové.

Stínící účinek protihlukové bariéry závisí na její výšce, geometrických poměrech bariéry vůči letounu (vzdálenost letounu od stěny a výška motoru nad zemí), na vzdálenosti bariéry od chráněné lokality, to vše v závislosti na kmitočtovém složení hluku aj.

Navržené uspořádání a konstrukční řešení protihlukové bariéry nemusí vyhovovat se stejnou účinností všem kategoriím letadel. Turbovrtulové a proudové letouny mají odlišné směrové vyzařování a odlišné spektrum zvuku a navíc se liší i polohou pohonných jednotek, z provozního hlediska též poměry při průtoku vzduchu propulsořem (množství, teplota, rychlost proudu).

Reálné závislosti mezi geometrickými poměry (výška a vzdálenosti od zdroje a od chráněného místa) a stínícím účinkem bariéry jsou východiskem pro návrh budoucího řešení MS. Pro posouzení možnosti dosáhnout stavu, při němž hygienický limit hluku pro stacionární zdroje při MZ proudových a vrtulových letadel pomocí protihlukové bariéry nebude překračován, jsou v DODATKU B shrnuty základní závislosti stínícího účinku na výšce a vzdálenostech od zdroje a chráněného místa. Jedná se o ryze teoretický produkt výpočtu s řadou zjednodušujících předpokladů, které nemusí být ve skutečnosti vždy splněny. Neuvažují se např. okrajové efekty bariéry, předpokládá se rovinný a homogenní povrch země a další. Odchytky skutečných od vypočtených hodnot však budou ve většině případů zvyšovat rezervu výpočtu.

Dosažení potřebného vložného útlum nového motorového stání (viz. část 6.3.) nejjednodušším prvkem protihlukového vybavení motorového stání – protihlukovou stěnou, je

dostupné. Jak vyplývá z grafů v DODATKU B, požadovaný vložný útlum poskytuje stěna o výšce 14,5 až 18,5 m, která zajistí, že hygienický limit hluku pro stacionární zdroje v chráněných místech, vzdálených 1 000 m, nebude překročen nejméně do výšky 20 m nad zemí, a to shodně pro všechny kategorie proudových a turbovtulových dopravních letadel, provozovaných v současnosti a ve výhledu na letišti PRAHA RUZYNĚ.

Nelze vyloučit, že pro některé mimořádné situace, jako jsou opakované MZ s vyvedením na vzletový výkon v průběhu intervalu T_D , motorové zkoušky některých typů letadel, MZ v noční době apod., bude nutné uplatnit další provozní omezení. Doporučuje se provádět účinnou kontrolu dodržování stanovených omezení.

7.2 Omezující podmínky pro vybavení nového motorového stání

Jediná omezení pro realizaci motorového stání vybaveného protihlukovými bariérami představují požadavky provozní bezpečnosti. Jedná se o

- uspořádání proudu vzduchu a spalin za propulsorem, tj. o ochranu prostoru za letounem; běžně dostupné jsou speciální deflektory; realizace nečiní potíže
- výškové omezení bariéry stanoví předpis L 14 [4]; bariéra o nejvýše realizovatelné výšce 20 m nesmí být blíže než 290 m od osy budoucí RWY 06R/24L
- omezení z hlediska ovlivnění radionavigačních prostředků závisí na zvolené konstrukci a použitých materiálech; bude posuzováno ve fázi projekční přípravy MS.

Protože je orientace nového motorového stání předem určena, bude nutné posoudit využitelnost MS při proměnných povětrnostních podmínkách na letišti (směr a rychlost větru) a v případě uzavřeného nebo polouzavřeného uspořádání MS (viz DODATEK A) případně řešit potřebu usměrnění toku vzduchu do pohonných jednotek.

Nové motorové stání bude významným prvkem v areálu LKPR, proto bude nutné věnovat pozornost i architektonické řešení stavby.

8. ZÁVĚREČNÝ KOMENTÁŘ

Tato hluková studie se zaměřuje především na

- zpřesnění podmínek pro odvození potřebného vložného útlumu pro nové motorové stání, umístěné v hangárové zóně letiště PRAHA RUZYNĚ

- posouzení podmínek, za kterých nebudou hygienické limity hluku pro stacionární zdroje při motorových zkouškách dopravních letadel po dobudování infrastruktury letiště PRAHA RUZYNĚ překročeny
- doložení dostupného protihlukového vybavení motorového stání pro testování pohonných jednotek dopravních letadel
- shrnutí doplňujících informací o možném vybavení a provozu motorového stání.

Vzdálenost od zdroje (letoun na MS) a směr vyzařování zvuku do rozhodných kritických lokalit hrají v návrhu optimálního protihlukového vybavení motorového stání dominantní roli, a proto je budoucí využití nejbližší lokality Na Padesátníku poměrně klíčové.

V přípravném období stavby bude nutné dále rozhodnout o nezbytných doplňcích motorového stání jako je deflektor proudu spalin (v případě uzavřeného stání je podmínkou), o konstrukčním řešení protihlukových barier (určují cenu MS) a o případném doplňujícím vybavení MS aerodynamickými prostředky na usměrnění proudu vzduchu do motorů (zřejmě je nezbytné pro testování velkokapacitních letadel pro dálkové tratě).

Jednoznačně lze potvrdit, že i při umístění nového motorového stání na východním okraji areálu LKPR je možné navrhnout řešení, v němž nebudou překročeny hygienické limity hluku pro stacionární zdroje. Konkrétní řešení bude nepochybně souviset s efektivním využitím investice, což závisí především na dimenzování MS a na provedení protihlukových barier tak, aby byly pokryty potřeby ochrany okolí před hlukem ve většině běžných situací.

Hluk z motorových zkoušek neovlivňuje dodržení podmínek ochranného hlukového pásma (OHP). Hygienický limit hluku pro stacionární zdroje je vždy o 10 dB nižší než činí hygienický limit hluku z leteckého provozu, takže k hlukové zátěži uvnitř OHP v okolí LKPR, vyjádřené místní ekvivalentní hladinou akustického tlaku $L_{místní}$, přispějí motorové zkoušky hodnotou $(L_{místní} - 10)$ dB, což je v hodnotě $L_{místní}$ příspěvek zanedbatelný. Nové motorové stání s protihlukovým vybavením tedy nevloží významný příspěvek k průměrné hlukové zátěži v okolí LKPR z leteckého provozu.

Záměr výstavby nového motorového stání s protihlukovým vybavením se pro letiště PRAHA RUZYNĚ jeví jako opodstatněný, neboť snižuje riziko překročení hygienického limitu hluku pro denní i noční dobu na minimum.

9. LITERATURA

- [1] Directive 2002/49/EC of the European Parliament and of the Council (25 June 2002) relating to the assessment and management of environmental noise
- [2] Akční plán letiště Praha Ruzyně. Část I (Textová část) a Část II (Sumarizace/Reporting). Správa Letiště Praha, s.p., 2008
- [3] Studie hluku ze stacionárních zdrojů na letišti PRAHA RUZYNE. Etapa I: Motorové zkoušky letadel na obvyklých motorových stáních. Zpráva TECHSON č. T/Z-217/08, květen 2008
- [4] Letecký předpis L 14 – LETIŠTĚ. MD ČR č.j. 439/2005-220-SP/1
- [5] Letecká informační příručka AIP CR, AD 2, LKPR – PRAHA/RUZYNE
- [6] ICAO ANNEX 16, Vol. I – Aircraft Noise
- [7] Tubs, R.L.: Case Studies Noise Exposure to Airline Ramp Employees. Applied Occupational and Environmental Hygiene, Sept. 2000
- [8] Závěrečná zpráva z měření hluku leteckého provozu na letišti PRAHA RUZYNE v roce 2007. Zpráva TECHSON č. T/Z – 211/07, červenec 2007
- [9] Nařízení vlády č. 148/2006 Sb., o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací
- [10] Zákon č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů (v platném znění)
- [11] Metodický návod pro měření a hodnocení hluku z leteckého provozu. MZ ČR č.j. OVZ-32.0-9.02.2007/6306
- [12] World Health Organisation (2000) Guidelines for Community Noise
- [13] Paralelní RWY 06R/24L letiště Praha Ruzyně – dokumentace pro územní rozhodnutí. Nikodem & Partner, s.r.o., květen 2005
- [14] ISO 9613-2 Acoustics Attenuation of sound during propagation outdoors. Part 2: General method of calculation. 1996
- [15] BS 5228: 1997 Noise and vibration control on constructions and open sites. BSI 1997
- [16] Prediction Metod for lateral attenuation of airplane noise during takeoff and landing. SAE AIR 1751. Reaffirmed Feb. 1991

Praha, 28. července 2009

Ing. Jiří Šulc CSc - **TECHSON**
Nad zámečkem 15
150 00 Praha 5
TEL: 257 216 227
607 939 780, 774 939 780
e-mail: jiri.sulc@cmail.cz

DODATEK A**PROTIHLUKOVÉ ÚPRAVY MOTOROVÉHO STÁNÍ A PROBLÉMY SOUVISEJÍCÍ**

Osvědčené řešení jak snížit hluk v okolí extrémně hlučného zdroje je použití protihlukových valů a bariér. Pojmem val rozumíme překážku, nejčastěji sypanou zeminu, často osázenou stromy a keři, čímž se stínící účinek zvyšuje. Bariéra je prefabrikovaná stěna, zpravidla vsazená do podpůrné konstrukce, často s pohltivými úpravami povrchu přilehlého ke zdroji zvuku. Použití té které cesty závisí na požadovaném účinku a na dispozicích v blízkém okolí zdroje, a v neposlední řadě na ekonomických aspektech.

Protihlukové úpravy motorových stání, určených pro motorové zkoušky dopravních proudových a vrtulových letadel, se obvykle realizují pomocí bariér. Při testování leteckých pohonných jednotek však je třeba respektovat i specifické podmínky, především vysoké objemy, rychlosti a teploty výtokového proudu spalin a požadavky na uspořádaný proud vzduchu vstupujícího do propulsoru. Návrh protihlukového vybavení motorového stání není tedy jen problémem akustiky, významnou složkou je i aerodynamické řešení MS.

Počáteční rozvaha by měla stanovit priority záměru, které budou určovat pořizovací náklady, např.:

- které lokality v okolí letiště a v jeho areálu je nutné chránit před hlukem z MZ; problém hluku se dotýká také letištního personálu a míst pohybu cestujících
- míra požadované ochrany před hlukem; do značné míry závisí na legislativním výkladu funkce hlukových limitů, ale také na připravenosti prosadit důrazná provozní omezení pro MZ a kontrolu jejich plnění
- požadované nebo předpokládané využití motorového stání letadly různých kategorií, v závislosti např. na povětrnostních podmínkách, což je podstatné pro určení potřebné výšky bariér, jejich konstrukci a pro dodatečné vybavení MS
- dostupnost a přijatelné pořizovací náklady, aj.

Pokud je motorové stání umístěno v dostatečné vzdálenosti od citlivých lokalit, včetně lokalit v areálu letiště, případně rozměrné objekty (hangáry a další letištní objekty, sklady a jiné velké objekty mimo letiště) poskytují dostatečné stínění ve směrech do kritických lokalit, pak motorové stání nevyžaduje žádné protihlukové úpravy. O takové variantě by bylo možné zřejmě uvažovat v souvislosti s výstavbou hangáru G, po úpravě výkladu k uplatňování hygienického limitu hluku nebo po jeho změně na hodnoty uznávané WHO [12] a také v případě, že pro motorové zkoušky na letišti PRAHA RUZYNĚ budou stanoveny podmínky, vylučující např. zkoušení velkých letadel a letadel extrémně hlučných. Taková omezení však nejsou pravděpodobná.

Reálným požadavkům na protihlukové vybavení nového motorového stání na letišti PRAHA RUZYNĚ může vyhovovat různé uspořádání protihlukových bariér. Obecně je možné vycházet z těchto možností:



A. Motorové stání s deflektorem výtokového proudu spalín

Umístění MS vyžaduje ochranu okolí, např. spojovacích komunikací nebo zařízení letiště, před účinky proudu spalín. Nevyžaduje se doplnění protihlukovou bariérou.



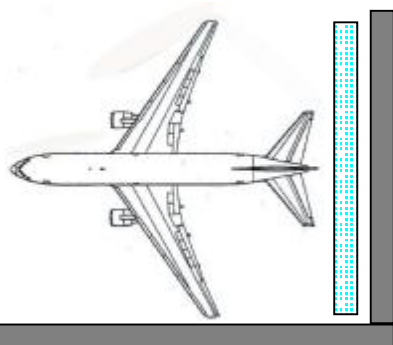
Mírný protihlukový účinek je možný ve směrech do Přední Kopaniny a Na Padesátníku.



B. Jednostranná protihluková bariéra – VARIANTA I

Bariéra snižuje hluk z motorových zkoušek pouze v jedné hemisféře, je obdobou protihlukových stěn u dálnic. Použití závisí na situování MS vůči okolí, toto uspořádání není příliš obvyklé. Může být doplněno deflektorem výtokového proudu.

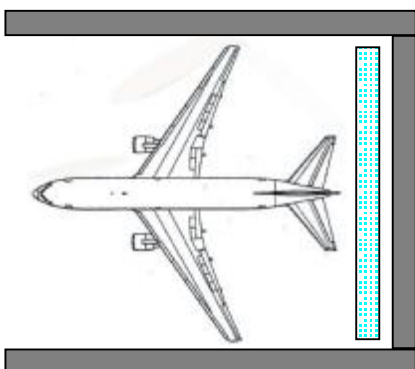
V případě LKPR chrání sídliště Na Dědině a lokalitu Na Padesátníku.



C. Dvoustranná protihluková bariéra – VARIANTA L

Obdoba uspořádání sub. B, zvyšuje se protihlukový účinek i ve směrech za zkoušený letoun. Zabudování deflektoru výtokového proudu je podmínkou.

V případě LKPR chrání všechna podstatná kritická území v okolí letiště, nikoliv však letištní objekty a blízké provozní a manipulační plochy u odstavnou plochu u prstu D.

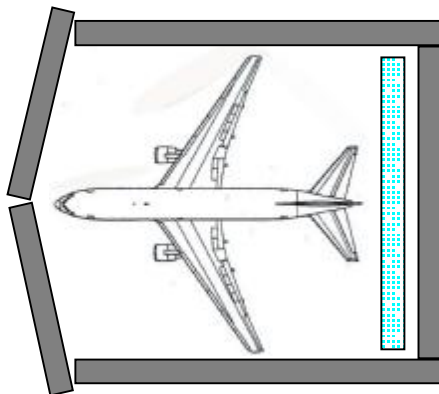


D. Polouzavřená plocha MS – VARIANTA U

Nejčastěji používané uspořádání protihlukových bariér pro MS. Zabudování deflektoru výtokového proudu je podmínkou, bariéry tvoří betonové panely nebo speciální kovové panely s vysokou pohltivostí a neprůzvučností. Součástí vybavení moderních MS pro velké letouny jsou prvky, usměřující proud vzduchu do motoru.

V případě LKPR chrání všechna kritická území v okolí a letištní objekty ve střední části letiště. Manipulační plochy u hangáru F a odstavná plocha u prstu D jsou chráněna málo nebo vůbec.





E. Uzavřená plocha MS – VARIANTA D

Uspořádání sub. D je doplněno o pohyblivé bariéry, uzavírající prostor MS. Manipulace s nimi závisí na prostorových dispozicích plochy, může být řešena jako pojezd do stran, otevření nebo přejezd na boky stání. Výjimečné je kruhové, zcela uzavřené MS. Doporučují se zkosené nebo zaoblené vnitřní kouty, které snižují produkci vírů a zlepšují podmínky pro vstupní proud. Zadní stěna a deflektor mohou být vcelku, což snižuje účinky recirkulace proudu uvnitř MS a stabilizuje vstupní proud vzduchu do motorů.



Akustické vlastnosti bariéry jsou závislé na provedení a také na ceně. Požadavky na bariéru jsou obvykle tyto:

- vysoká zvuková pohltivost; pokud je uvažuje o využití MS i pro turbovrtulové letouny, vyžaduje se vysoká pohltivost též v pásmech nízkých kmitočtů
- vysoká neprůzvučnost (více než 20 dB v širokém pásmu)
- pevnost a odolnost bariéry pro požadovanou výšku stěny
- snadná montáž a vyhovující vnější vzhled.

Obvyklá výška bariér u realizovaných MS je 12 až 15 m, výrobci nabízejí možnost zvýšení až na 20 m. Vybavené MS umožňuje motorové zkoušky při bočním větru až 18 knot. Udává se snížení hladiny akustického tlaku ve vzdálenosti 1 600 m až 20 dB.

Deflektor proudu spalín představuje horizontální lopatková mříž, která obrací směr proudu spalín z vodorovného směru do směru blízkého vertikálního. Požadavky na deflektory užívané na MS jsou především:

- ohyb proudu o 40 až 70° (podle vzdálenosti od chráněného objektu)
- zachování nebo zvýšení přirozeného rozevření proudu
- vyloučení recirkulace proudu za deflektorem
- vyloučení generace zvuku při průchodu proudu mříží
- dostatečný průchod zvuku mříží (neodráží zvuk zpět do prostoru MS)
- dostatečná ochrana bariéry umístěné za deflektorem (zadní část i boční stěny) před dynamickými účinky a teplotou proudu
- odolnost vůči dynamickému účinku a vysoké teplotě spalín a vůči povětrnostním vlivům
- snadná montáž a údržba.

Deflektor proudu spalin může vykazovat mírné snížení nízkofrekvenčních (do 500 Hz) složek zvuku. Je to spíše důsledek změny měřítek vírových struktur v proudu, procházejícím mříží, než snížením akustické energie. Šíření zvukových vln o vyšších kmitočtech doprovázejí vyšší ztráty než připadají na nízkofrekvenční složky.

Bariéra, zvláště v uzavřeném nebo polozavřeném provedení, deformuje proudění vzduchu před vstupy do motoru, a to v závislosti na směru a rychlosti větru. Nevyrovnaný a nestabilní vstupní proud ovlivní měřené hodnoty motoru a může vyvolat pulzace a zastavení motoru.

Prvky na úpravu vstupního proudu do motoru, jimiž může být MS opatřeno, zabezpečují

- hladký stabilní proud bez turbulence, s vyrovnaným polem střední rychlosti
- symetrický vstup vzduchu do kompresoru nebo dmychadla
- odolnost těchto podmínek vůči směru a rychlosti větru v širokém rozmezí hodnot.

Směr a rychlost větru se v průběhu roku mění, je možné vytvořit diagram mezních podmínek (směr a rychlost větru) pro využití MS. Zpravidla se požaduje nízké procento vyloučených dnů pro bezpečné testování motorů. Pokud nemá MS upraven vstupní proud, je nutné omezit využití MS jen na podmínky vyhovující jednotlivým typům letadel.

Motorové stání nemusí optimálně vyhovovat všem kategoriím letadel. Snížení hluku závisí na spektru a směrových vlastnostech pohonné jednotky a na jejím umístění na letounu. Principálně se liší podmínky pro letouny:

- turbovrtulové - pohonné jednotky jsou vysoko položené, maximum vyzařování zvuku je do směrů 60° – 120°, specializované MS jen pro turbovrtulové letouny umožňují opačné ustavení turbovrtulového letounu v stání, s přídí dovnitř stání
- proudové s motory na zádi trupu - pohonné jednotky jsou vysoko položené, MS vyžaduje vysoké bariéry, problém je s odvodem spalin (vysoký deflektor)
- proudové s motory pod křídlem - nejčastější uspořádání, převážná většina MS je řešena pro tuto kategorii letadel.

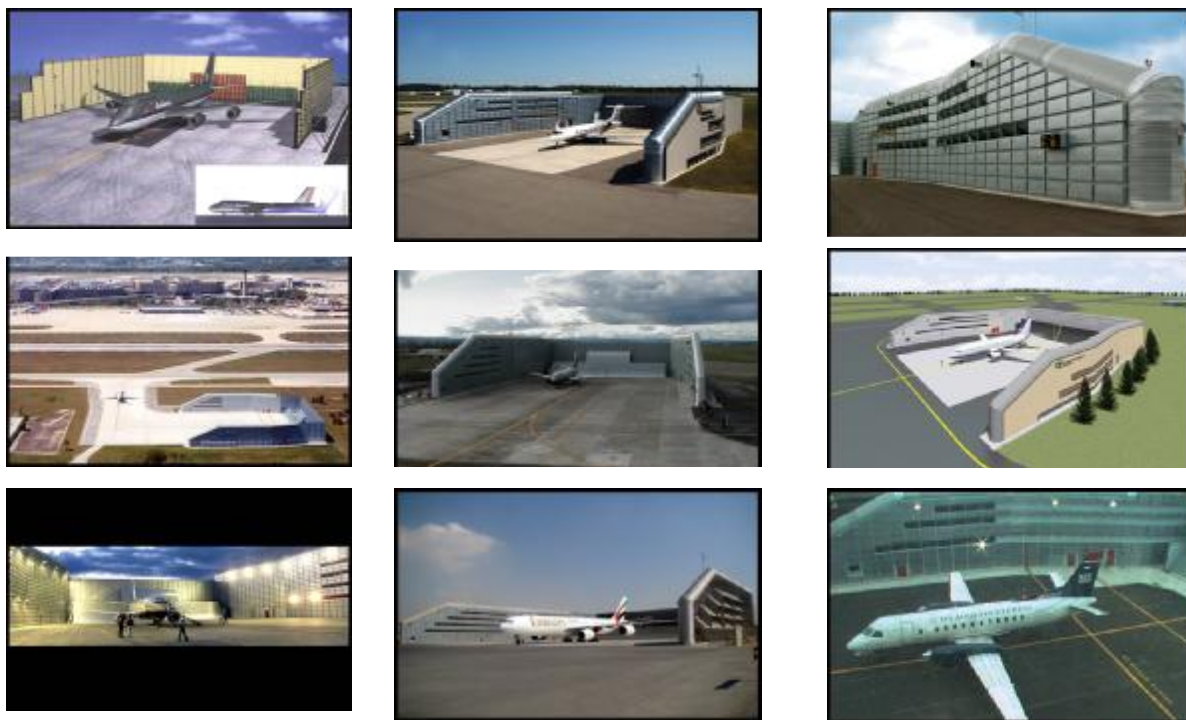
Historicky jsou motorová stání s protihlukovým vybavením řešena jako polozavřená plocha (VARIANTA U), vnitřní aerodynamice MS byla dříve věnována malá pozornost především proto, že nároky na relativně malé objemové množství vzduchu protékajícího motorem řešení nevyžadovalo. Nynější MS, zejména ta která využívají letouny s motory s velkým obtokovým poměrem, jsou vybavena prvky, které usměrňují proudění v uzavřeném prostoru MS, a které vyhovují požadavkům na vstupní proud do motoru bez deformací pole rychlosti a bez turbulence při většině povětrnostních podmínek. Nové konstrukce barrier kombinují akustické panely s prvky usměrňující proudění vzduchu do prostoru MS. Zaoblená horní hrana bočních

bariér a zkosené vstupní boční panely snižují riziko turbulence v MS a boční ventilační vstupní otvory (průduchy) s vysokou neprůzvučností zvyšují průtok vzduchu boční stěnou. Vše tak poskytuje vyrovnaný proud vzduchu vstupujícího do motorů, s minimální turbulencí, a to v širokém rozmezí podmínek směru a rychlosti větru včetně větru z bočních směrů. Dalším výsledkem je snížení recirkulace výtokového proudu uvnitř MS.

Z velkého počtu realizací s protihlukovým vybavením dále vybíráme některé příklady s publikovanými parametry. Vesměs se jedná o polozavřené varianty U na letištích:

- San Louis Obispo pro turbovrtulové letouny, šířka 27 m, hloubka 20 m, výška 6 m, snížení hluku asi 12 až 19 dB
- Oakland až pro B 747, 99 m x 80,5 m x 5,8 až 12,2 m, snížení hluku asi 17 dB
- Memphis až pro C-5 Galaxy, 111 x 96 x 17,7 m
- Portland pro proudové i turbovrtulové letouny k.p.C, 85x63,1x17 m, snížení hluku až 18 dB
- Hannover – snížení hluku 9 až 12 dB
- San Antonio, výška barier 8,5 m, snížení hluku 13 dB

Výrobci protihlukových barier udávají shodně dosahované snížení hluku minimálně 18 dB při výšce 20 m, až 23 dB ve vzdálenosti 450 m a 19 dB ve vzdálenosti 3,2 km. Pořizovací cena z roku 2000 se udává na 4,0 až 7,8 mil USD, potřebná doba stavby je asi 160 dnů.



Příklady provedení motorových stání na zahraničních letištích.

(Obrázky jsou převzaty z informací publikovaných na webových stránkách výrobců protihlukových barier a dalších prvků MS)

DODATEK B

Akustika Praha s. r. o., Thákurova 7, 166 29 Praž
 Tel. 224 312 419, fax 224 355 433
 e-mail: akustika@akustika.cz
 http: www.akustika.cz

Posouzení stínícího účinku protihlukové clony

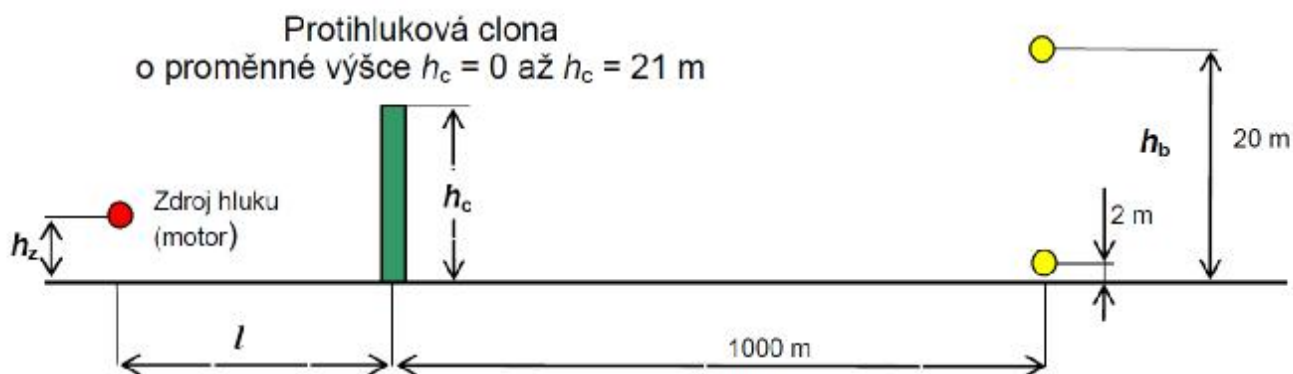
Toto posouzení se zabývá stínícím účinkem protihlukové clony vůči bodovému zdroji hluku. Bodový zdroj zjednodušeně představuje motor letounu se všesměrovým vyzářováním.

K výpočtům hluku byl použit predikční program LimA 5, výrobce Stapelfeldt Ingenieurgesellschaft mbH Dortmund, distributor Brüel & Kjaer, Dánsko. Predikce šíření zvuku je založena na třírozměrném topografickém modelu venkovního prostředí a normách ČSN ISO 9613-1 a ČSN ISO 9613-2.

Výpočty proběhly pro následující zadání:

- kmitočtové charakteristiky hluku proudového a vrtulového motoru v oktávo-
vých pásmech;
- rovinný terén, index povrchu země $G = 0,85$;
- teplota vzduchu $15\text{ }^{\circ}\text{C}$, relativní vlhkost vzduchu 70% .

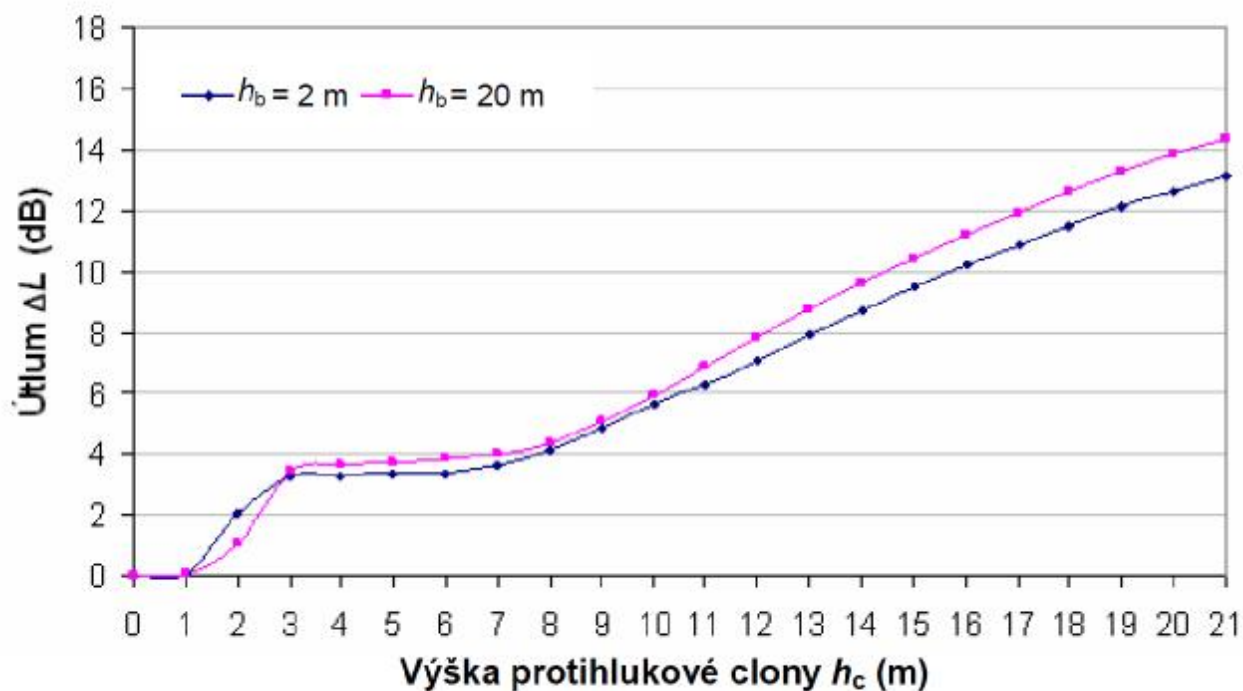
Útlum hluku clonou byl vypočítán pro dva body ve vzdálenosti $1\,000\text{ m}$ od protihlukové clony, ve výškách $h_b = 2\text{ m}$ a $h_b = 20\text{ m}$ nad zemí. Zdroj byl umístěn ve vzdálenosti l před protihlukovou clonou ve výšce h_z , rozdílné pro proudový a vrtulový letoun. Výška clony byla zadávána od $h_c = 0\text{ m}$ do $h_c = 21\text{ m}$ nad terénem.



Výsledky výpočtů útlumu protihlukovou clonou jsou uvedeny v následujících grafech.

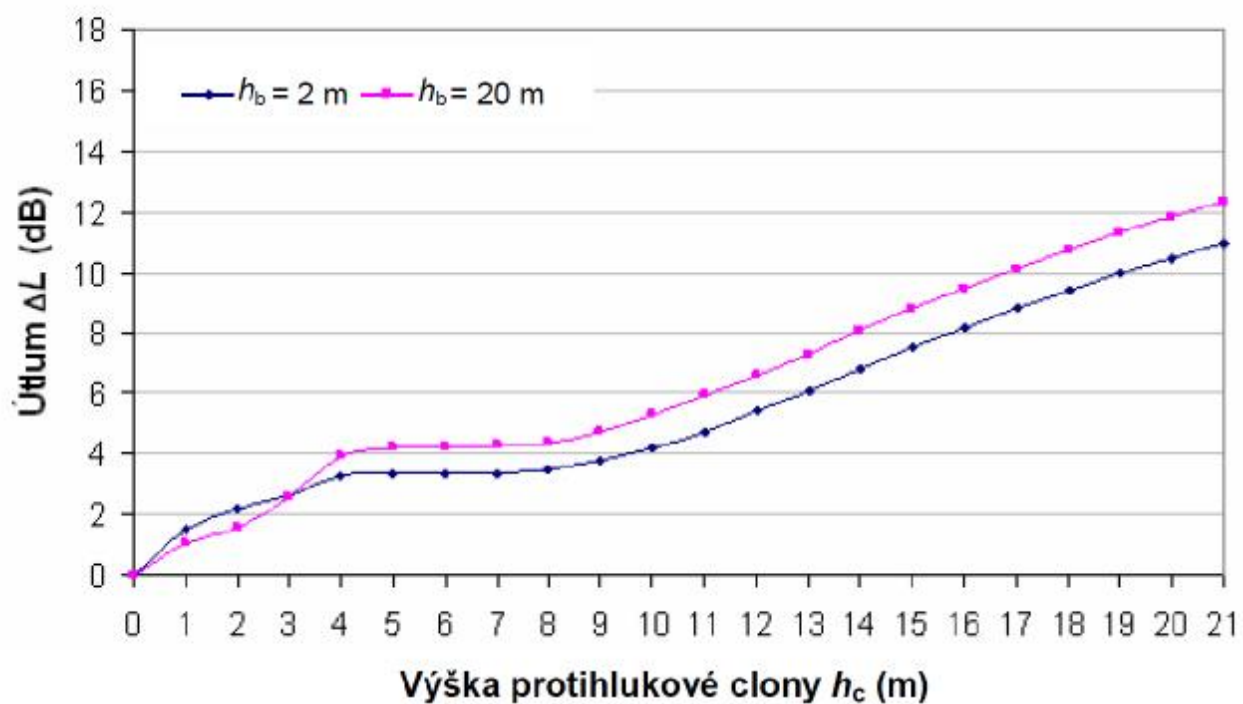
Výpočet pro proudový letoun

Výška zdroje nad zemí $h_z = 3,0$ m, vzdálenost od protihlukové stěny $l = 30$ m.



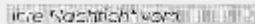



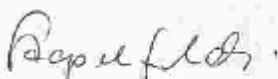


Výpočet pro vrtulový letoun

Výška zdroje nad zemí $h_z = 4,5$ m, vzdálenost od protihlukové stěny $l = 20$ m.



DODATEK C**CERTIFIKÁT POČÍTAČOVÉHO MODELU LIMA O SHODĚ**

				
Stapelfeldt Ingenieurgesellschaft mbH Wilhelm-Brand-Str. 7 * D-44141 Dortmund				
Akuslika Praha s.r.o. Thákurova 7 166 29 Praha 6 Czech Republic				
Ihre Zeichen: 	Ihre Nachricht* vom: 	Unser Zeichen:  B60921	Tag:  26.09.2006	
Betreff: 				
<p>Dear Mr. Novák,</p> <p>we hereby confirm that the Lima software, developed by Stapelfeldt Ingenieurgesellschaft mbH, Dortmund, Germany, enables the calculation of strategic noise maps in accordance with the following methodologies:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Road traffic noise: NMPB Routes 96, published in the French standard XPS 31-133 • Aircraft noise: ECAC/CEAC Doc.29, published in Report on Standard Method of Computing Noise Contours around Civil Airports, 1977 and modified according to suggestions of the Interim Method Report • Industrial noise: ISO 9612-2 – Acoustics- Abatement of sound propagation outdoors, Part 2: General method of calculation, • The Software Lima meets the requirements of the Directive 2002/49/EC of the European Parliament and the Council for the strategic noise maps. <p>Dortmund, 26th of September 2006</p> <p></p> <p>Dipl.-Ing U. Stapelfeldt</p>				
5010 Dortmund Angeschrieben Dortmund HRB 0231 Steuern: S176926/0209 Ust-Id: DE12470332	Geschäftsführung: Dipl.-Ing. Holmfr. Stapelfeldt Dipl.-Ing. Ute Stapelfeldt	Commerzbank Dortmund A/Nr: 330603 BIC: 44040033 BIC: COBA3333 IBAN: B53 450 000 0300 004 00	Volksbank Dortmund A/Nr: 26002089 BIC: 44160014 BIC: GENODE33 IBAN: DE 4 411 001 4 2600 2089 00	Tel: +49 (0) 231 74271-71 Fax: +49 (0) 231 74271-73 e-Mail: info@stapeltd.de Web: www.stapeltd.de