



Riferimento/numero d'incarto: S374-0502

Effetti dei segnali acustici di Beem su persone e animali

Analisi e raccomandazioni dell'Ufficio federale dell'ambiente UFAM

24 febbraio 2020

1 Che cos'è Beem?

Con il nome «Beem», Swisscom sta implementando una piattaforma pubblicitaria interattiva per smartphone, che può essere utilizzata dai musei, negli eventi fieristici, sportivi e musicali, ma anche nelle sale cinematografiche o per la cartellonistica pubblicitaria[1]. Gli utenti, che hanno attivato l'app di Beem sul proprio smartphone e si trovano, per esempio, nelle vicinanze di un cartello pubblicitario munito di un trasmettitore Beem, ricevono un messaggio sullo smartphone contenente maggiori informazioni sul prodotto pubblicizzato. Oltre alle tecnologie Bluetooth e di riconoscimento dei contenuti audio (*Audio Content Recognition*, ACR), Beem può utilizzare anche segnali audio ad alta frequenza come canale di trasmissione. I cartelloni pubblicitari abilitati per Beem trasmettono segnali audio pulsanti ad alta frequenza (le cosiddette *fingerprint* o impronte digitali) che effettuano la codifica acustica delle informazioni da trasmettere allo smartphone. Una volta che è stato consentito a Beem di accedere al proprio microfono, se l'app identifica un modello sonoro compatibile appare un messaggio in riferimento alle informazioni e alle offerte corrispondenti. Secondo le indicazioni pubblicate nel sito di Swisscom, inizialmente Beem utilizzerà le tecnologie Bluetooth e ACR. Quest'ultima è per esempio in grado di riconoscere lo spot pubblicitario proiettato al cinema in quel momento in base alla riproduzione audio in corso. In una prima fase Swisscom prevede di installare Beem nei cartelloni pubblicitari situati nei nodi ferroviari come le stazioni o nelle principali fermate dei mezzi di trasporto urbani con una forte affluenza di utenti.

2 Emissioni acustiche prodotte da Beem

In linea di principio i segnali acustici utilizzati da Beem possono essere emessi da normali altoparlanti. Per i cartelloni pubblicitari il segnale proviene da un dispositivo SoundBeacon, che consiste di un microchip con trasmettitore Bluetooth, un minialtoparlante e un accumulatore esterno per l'alimentazione elettrica. Swisscom ha fornito un dispositivo di questo tipo all'Ufficio federale dell'ambiente (UFAM) affinché potesse misurare il segnale acustico prodotto da esso. Di seguito sono sintetizzati i risultati. Il rapporto di misurazione completo è riportato in allegato.

Il segnale emesso dal dispositivo SoundBeacon è un impulso lungo 300 millisecondi con un ritmo di ripetizione di circa 1,1 secondi. Ogni 20 impulsi la pausa si allunga leggermente a 1,8 secondi circa (fig. 1). L'udito medio percepisce soltanto un lento rumore pulsante. Il livello di pressione sonora di questo impulso è di poco inferiore a 53 dB(A)¹ a 1 metro di distanza e corrisponde al volume medio di una normale conversazione.

¹ La lettera A indica il filtro ponderatore (curva A) che riproduce approssimativamente la sensibilità dell'orecchio umano al variare della frequenza.

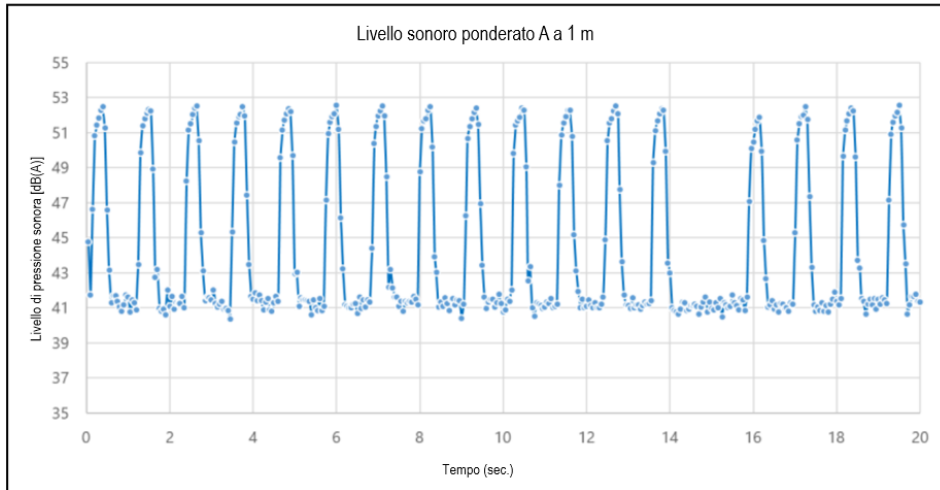


Figura 1: Livello sonoro con periodi di 50 millisecondi sull'arco di 20 secondi per il livello sonoro ponderato A a 1 m di distanza.

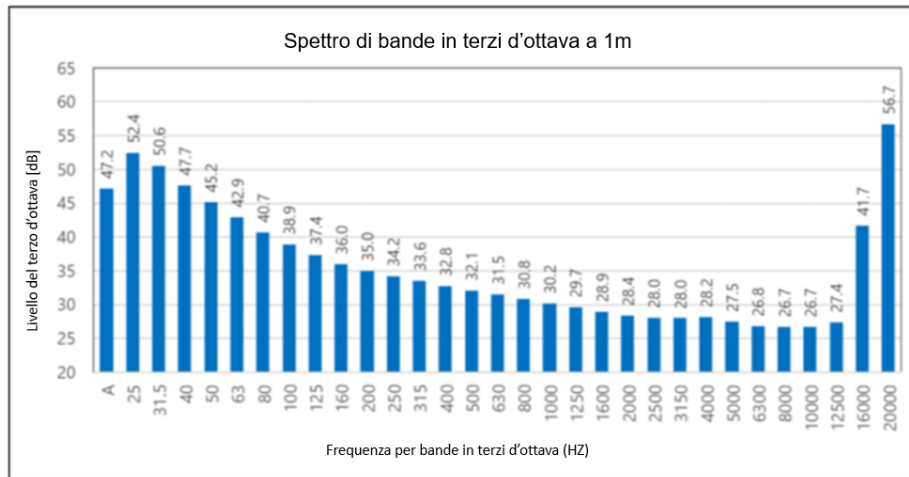


Figura 2: Spettro di bande in terzi d'ottava a lungo termine a 1 m di distanza.

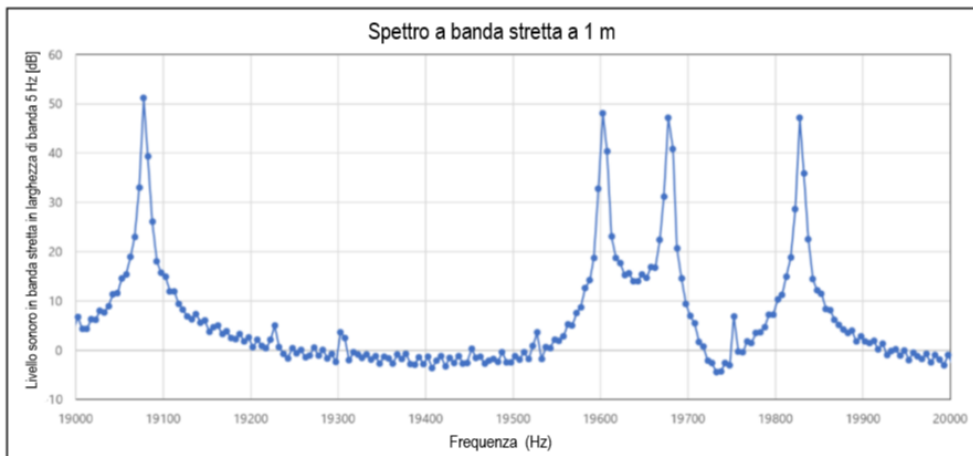


Figura 3: Spettro a banda stretta a lungo termine con risoluzione in frequenza 5 Hertz a 1 m di distanza

La banda di frequenza di trasmissione delle informazioni è compresa tra 19 e 20 kHz. Lo spettro della figura 2 mostra che in questo intervallo è stato misurato il livello più alto di pressione sonora con 56,7 decibel (dB). Lo spettro a banda stretta nell'intervallo di frequenza indica diverse componenti tonali pure, con la stessa ampiezza (fig. 3). Al di sopra di queste componenti, nell'intervallo di 19–20 kHz, non sono state misurate ulteriori quote significative nell'intervallo degli ultrasuoni fino a 80 kHz.

È presumibile che il *pattern* delle componenti tonali pure presenti o assenti tra 19 e 20 kHz codifichi l'informazione. Queste componenti si trovano in una griglia di 75 Hz. Ipotizzando che la banda di frequenza di 19–20 kHz sia utilizzata anche per altri codici, con incrementi di 75 Hz troverebbero posto complessivamente 14 componenti. Rispetto alle quattro componenti qui presenti, il livello sonoro di un altro codice potrebbe quindi aumentare in questo intervallo di frequenza di 5,4 dB ($10 \log(14/4)$). Con incrementi di frequenza minori, il numero delle componenti e l'eventuale aumento del livello sonoro risulterebbero di conseguenza maggiori.

3 Effetti sulle persone

Oltre a un basso rumore di fondo del sistema Beem, udibile a un metro di distanza, il segnale che trasporta le informazioni è costituito da brevi impulsi, che in termini di frequenza devono essere collocati nel punto di transizione tra il cosiddetto «suono udibile» e gli ultrasuoni. Le applicazioni che emettono ultrasuoni nell'aria (>17,8 kHz) o suoni ad altissima frequenza (>11,2 kHz) nei luoghi pubblici esistono da tempo (p. es. dispositivi scaccia animali, telecomandi, sistemi di comunicazione al pubblico e di allarme vocale (*Public Address Voice Alarm*, PAVA) o dissuasori a ultrasuoni (cosiddetti «mosquito») ecc.) Gli ultrasuoni nell'aria o i suoni udibili a frequenza molto elevata sono un fenomeno frequente proprio nelle aree densamente popolate [2, 3]. Dal momento che di solito l'orecchio umano non percepisce affatto o percepisce male tali frequenze elevate, la popolazione è in gran parte all'oscuro dell'esistenza di questi suoni ad alta frequenza. È molto probabile che in futuro aumenti il numero delle tecnologie che utilizzano frequenze superiori a 17,8 kHz nell'aria. Purtroppo mancano ancora direttive scientificamente valide per l'impiego di queste tecnologie nei luoghi pubblici. In realtà esiste una raccomandazione sui valori limite formulata dalla Commissione Internazionale sulla Protezione dalle Radiazioni Non Ionizzanti (*International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection*, ICNIRP) per gli ultrasuoni propagati nell'aria tra la popolazione («general public») [4]; in caso di esposizione permanente: $f < 22.5$ kHz: max. 70 dB; $f > 22.5$ kHz: max. 100 dB. Questi valori limite si basano su una valutazione attuale, che tuttavia si rifà a studi datati [5]. I livelli sonori del sistema Beem sono inferiori.

Il limite tra le frequenze «udibili» e quelle «non udibili» varia molto da persona a persona e dipende, tra l'altro, dal livello sonoro, dall'età dell'ascoltatore e da altri fattori. La sensibilità, soprattutto alle alte frequenze, diminuisce relativamente in fretta con l'avanzare dell'età.

Per valutare gli effetti degli ultrasuoni non si può prescindere dal mezzo di trasmissione del suono (aria, acqua, tessuti). Con la piattaforma Beem il segnale a ultrasuoni viene trasmesso nell'aria, a differenza di quanto avviene, per esempio, nelle applicazioni mediche degli ultrasuoni nei liquidi (che inoltre operano con frequenze molto più elevate). In generale, l'energia degli ultrasuoni penetra nei tessuti in modo più efficace attraverso i liquidi che attraverso l'aria. Gli ultrasuoni nell'aria impattano il corpo principalmente o quasi esclusivamente attraverso l'orecchio (fatta eccezione per livelli sonori molto elevati). Gli effetti dell'esposizione agli ultrasuoni nell'aria sono stati sinora riscontrati quasi esclusivamente a frequenze inferiori a 50 kHz [4].

I principali effetti osservabili degli ultrasuoni nell'aria sulle persone (e sugli animali, si veda la sezione successiva) dipendono dall'intensità del suono e possono essere suddivisi in tre categorie:

- 1) effetti uditivi (danni all'udito);
- 2) effetti non uditivi (fisiologici e psicologici), per esempio reazioni di stress;
- 3) riscaldamento della pelle e dei tessuti.

Sui diversi effetti potenziali del sistema Beem nelle suddette categorie è possibile constatare quanto segue:

1) Per quanto riguarda gli effetti uditivi, Beem non costituisce un pericolo a condizione che il trasmettitore non rimanga posizionato a lungo direttamente sull'orecchio. In base alle conoscenze attuali, l'udito non subisce danni con ultrasuoni al di sotto di 110 dB (livello di esposizione nell'arco di 8 ore) o al di sotto di 140 dB (massimo livello sonoro).

2) L'effetto non uditivo degli ultrasuoni in aria di intensità piuttosto bassa, come nel caso del sistema Beem, è stato sinora poco analizzato e non esistono studi scientifici attendibili in merito agli effetti a lungo termine sull'udito e sulle malattie somatiche. Gli studi disponibili sugli effetti degli ultrasuoni si concentrano prevalentemente sull'esposizione professionale agli ultrasuoni di intensità relativamente elevata, che tuttavia comportano contestualmente quasi sempre componenti udibili di frequenza più bassa (suoni udibili). Tuttavia, l'impatto della componente udibile sugli effetti osservati è raramente controllato con esperimenti o in termini statistici, pertanto è difficile quantificare isolatamente l'impatto delle componenti di ultrasuoni ad alta frequenza.

Il livello medio di pressione sonora di Beem che è stato misurato (costituito dal rumore di fondo nell'intervallo udibile e dal segnale che trasporta le informazioni nell'intervallo delle altre frequenze) a 1 metro di distanza è pari a 47,2 dB(A), che rappresenta un livello sonoro piuttosto basso ed è soggettivamente classificato come un rumore discreto. Gli impulsi portatori di informazioni nell'intervallo tra 19 e 20 kHz potrebbero, tuttavia, essere percepiti almeno da alcuni giovani e piuttosto dalle donne (che in età avanzata sentono i toni acuti meglio degli uomini), soprattutto in ambienti silenziosi. La loro natura a impulsi li rende potenzialmente più molesti di un rumore continuo. Per i suoni o i toni ad alta frequenza, l'intervallo dinamico tra la soglia uditiva e il punto in cui ciò che si sente diventa molesto è piuttosto ristretto, in altri termini un suono tende a essere fastidioso non appena viene percepito [2]. Tuttavia, va notato che la stragrande maggioranza degli adulti di età superiore ai 25 anni non riesce a sentire un tono sinusoidale di 19 kHz emesso con (soli) 50–60 dB(A), paragonabile alla frequenza e all'intensità degli impulsi descritti di Beem. A causa dei bassi livelli sonori, un significativo effetto molesto dei trasmettitori Beem nella gamma di frequenza 19–20 kHz può quindi essere tenuto in considerazione solo per le persone con un udito molto buono o per i bambini e gli adolescenti, ma non possono essere esclusi effetti fisiologici (p. es. reazioni cardiovascolari legate allo stress) in conseguenza di un simile fastidio su una minoranza qualificata di persone. Va inoltre sottolineato che per il momento non è noto se le immissioni di ultrasuoni possono avere effetti indesiderati anche quando non vengono affatto «udite» e quali siano questi effetti [2]. Le ricerche in materia sono scarse, pertanto sarebbe opportuno invocare il principio di precauzione.

3) Nell'uomo, l'esposizione agli ultrasuoni provoca lievi effetti di riscaldamento locale solo al di sopra di alti livelli sonori di 140-150 dB [6]. Nel caso di Beem, tali effetti possono essere esclusi a causa dei bassi livelli sonori.

A questo punto è opportuno aggiungere che nei lavoratori dell'artigianato e dell'industria sono spesso diagnosticati anche i cosiddetti «effetti sintomatici» degli ultrasuoni in aria quando utilizzano dispositivi che emettono ultrasuoni. Tali effetti si manifestano, per esempio, con mal di testa o nausea [5]. Tuttavia, non si tratta di un effetto diretto delle frequenze nell'intervallo degli ultrasuoni. I sintomi descritti sono piuttosto attribuibili in gran parte a subarmoniche udibili che si verificano a causa di alte intensità ultrasoniche (p. es. in applicazioni con cavitazione) nella gamma di frequenze più bassa e sono erroneamente attribuiti alla presenza di frequenze ultrasoniche.

4 Effetti sugli animali

Molti animali percepiscono meglio dell'uomo i suoni ad alta frequenza. Tra i mammiferi si segnalano, per esempio, i pipistrelli, molte specie di roditori e insettivori, ma anche i gatti domestici e i cani possono udire frequenze superiori a 20 kHz. Tra gli insetti che riescono ancora a percepire tali suoni si annoverano le cavallette, i grilli e le farfalle, prime tra tutte le falene. Tuttavia sono pochi gli studi che trattano gli effetti dei suoni ad alta frequenza sugli animali.

Negli animali un rumore eccessivo può comportare la perdita, il deterioramento o la frammentazione dell'habitat oppure disturbare la comunicazione intraspecifica. La portata degli effetti negativi delle emissioni sonore dipende, come nell'uomo, dal tipo e dal livello del suono come pure dall'ubicazione e

dal numero delle fonti del rumore. Per quanto riguarda la natura delle emissioni sonore, sono rilevanti soprattutto la frequenza e la larghezza di banda (stretta o larga). Sui pipistrelli, per esempio, le emissioni a banda larga hanno effetti negativi peggiori rispetto a quelle a banda stretta. Le prime possono allontanare i pipistrelli e compromettere il loro habitat di caccia.

È presumibile che Beem sarà utilizzato piuttosto in luoghi rumorosi con una forte affluenza di persone e scarsi valori naturalistici (centri urbani, stazioni ecc.). In combinazione con il livello sonoro relativamente basso, gli esperti consultati sono giunti alla conclusione che un eventuale impatto negativo di Beem sugli animali sarà possibile solo a livello locale e sarà sostanzialmente molto limitato.

5 Valutazione giuridica

La legge federale del 7 ottobre 1983 sulla protezione dell'ambiente (LPAmb; RS 814.01) ha come scopo di proteggere l'uomo, la fauna e la flora dagli effetti dannosi e molesti (art. 1 cpv. 1 LPAmb). Ciò comprende, tra l'altro, la protezione dal rumore prodotto dalla costruzione e dall'esercizio di impianti (art. 7 cpv. 7 LPAmb). Per impianti s'intendono le costruzioni, le vie di comunicazione, altre installazioni fisse e modificazioni del terreno. Sono loro equiparati gli attrezzi, le macchine, i veicoli, i battelli e gli aeromobili (art. 7 cpv. 7 LPAmb). La giurisprudenza del Tribunale federale presuppone una nozione ampia e flessibile di impianto (Helen Keller in: commento LPAmb, N 18 relativo all'art. 7). I trasduttori acustici utilizzati da Beem sono collegati in modo permanente a singoli cartelloni negli spazi pubblici. Sono quindi considerati impianti fissi in grado di arrecare pregiudizio all'ambiente con l'emissione di segnali.

Non ogni segnale sonoro (p. es. il rumore) costituisce un effetto dannoso (art. 7 cpv. 1 LPAmb). Per le persone colpite il rumore è un suono indesiderato che le disturba psichicamente, fisicamente o socialmente. Il disturbo dipende da una parte puramente fisica (suono) così come dalla percezione individuale e dall'atteggiamento nei confronti della fonte di rumore. È sufficiente che il rumore sia fondamentalmente in grado di arrecare fastidio o nuocere a persone e animali (Robert Wolf in: commento LPAmb, N 17 dell'osservazione preliminare agli art. 19–25). Come descritto in precedenza, i segnali tonali ad alta frequenza (19–20 kHz) trasmessi da Beem, anche se non sono generalmente percepiti dagli adulti, possono provocare una spiacevole sensazione di rumore nei bambini o nelle persone con un udito sviluppato e disturbi negli animali. Si tratta quindi di un rumore a cui si applicano, oltre che le disposizioni della LPAmb, anche quelle dell'ordinanza del 15 dicembre 1986 contro l'inquinamento fonico (OIF; RS 814.41).

Secondo l'articolo 11 capoverso 2 LPAmb e l'articolo 7 capoverso 1 lettera a OIF le emissioni foniche di un impianto fisso nuovo, quindi autorizzato dopo l'entrata in vigore della LPAmb il 1° gennaio 1985, devono essere limitate nella maggior misura possibile dal punto di vista tecnico e dell'esercizio e sopportabili sotto il profilo economico nell'ambito della prevenzione. Inoltre, la costruzione e l'esercizio di nuovi impianti fissi devono avvenire in modo che le immissioni foniche prodotte da detti impianti non superino i valori di pianificazione (art. 7 cpv. 1 lett. b OIF). Ciò significa che gli impianti possono causare livelli di disturbo tutt'al più esigui (cfr. sentenza del Tribunale federale del 9 agosto 2007, 1A. 180/2006). Le misure devono essere applicate alla fonte (art. 11 cpv. 1 LPAmb). Sono ipotizzabili misure di carattere tecnico, tra cui l'impiego di tecnologie alternative (p. es. segnali Bluetooth) così come di carattere operativo, per esempio limitazioni degli orari di esercizio nelle zone residenziali (cfr. DTF 123 II 74 consid. 3; DTF 118 la 112 consid. 1.b) oppure la rinuncia all'utilizzo di trasduttori acustici nelle aree regolarmente frequentate dai bambini (p. es. nei pressi di parchi giochi) o in zone naturali. La sostenibilità economica di tali misure deve essere valutata caso per caso.

Per le immissioni foniche generate da Beem non sono stati quantificati valori limite. L'autorità esecutiva le valuta in base all'articolo 15 LPAmb tenendo conto pure degli articoli 19 e 25 LPAmb (art. 40 cpv. 3 OIF). Secondo la giurisprudenza del Tribunale federale, in questa valutazione caso per caso occorre tenere conto della natura del rumore, del momento delle immissioni foniche, della frequenza del rumore, della sensibilità al rumore e del carico fonico nell'area (sentenza del Tribunale federale del 9 marzo 2018, 1C_293/2017 consid. 3.1.2). L'entità del disturbo non si basa sulla sensibilità

soggettiva del singolo, bensì su un'osservazione il più possibile oggettiva. Ai fini della valutazione devono essere tenute in debita considerazione le persone con una sensibilità elevata (in questo caso p. es. i bambini o chi necessita di cani guida) (DTF 133 II 292, consid. 3.3). L'aiuto all'esecuzione «Valutazione dei rumori quotidiani» dell'UFAM contiene le basi per la valutazione dei tipi di rumore [7].

L'articolo 12 dell'ordinanza del 23 aprile 2008 sulla protezione degli animali (OPAn, RS 455.1) sancisce il divieto di esporre gli animali a rumori eccessivi per un lungo periodo (cpv. 1). Ai sensi dell'OPAn un rumore è considerato eccessivo se provoca nell'animale un comportamento aggressivo, di fuga, di scansamento oppure se ne provoca l'irrigidimento e l'animale non si può sottrarre alla fonte del rumore (cpv. 2). Gli effetti sugli animali domestici e selvatici devono essere osservati dall'autorità esecutiva nell'ambito della valutazione delle fonti dei rumori quotidiani.

6 Conclusione

In generale è opportuno evitare il più possibile le immissioni foniche, a prescindere dal fatto che si verifichino nell'intervallo degli ultrasuoni o nell'intervallo udibile da noi umani.

Il segnale audio di Beem si colloca nella gamma di frequenze molto alte, tuttavia gli animali e alcune persone, tra cui i bambini o coloro che hanno un udito particolarmente sensibile, possono percepirlo. Ma anche al di là della percezione uditiva, le onde sonore ad alta frequenza possono avere effetti sugli esseri umani. La ricerca in questo ambito non è molto avanzata, pertanto non può essere escluso in linea di principio che le fonti sonore ad alta frequenza (anche quelle di bassa intensità) possano produrre effetti rilevanti sulla salute pur non essendo associate a un'impressione uditiva. L'UFAM giudica limitata la probabilità che tali effetti si producano ai livelli sonori caratteristici del sistema Beem.

Come misura precauzionale, l'UFAM raccomanda di utilizzare Beem solo nelle zone con livelli elevati di suoni ambientali (>60 dB (A) in Leq), per esempio nelle stazioni. Nella maggior parte dei casi questi luoghi urbani sono caratterizzati da livelli di rumori di fondo piuttosto elevati e le persone vi rimangono solo per brevi periodi. Si può quindi presumere che il disturbo causato alle persone dal segnale audio di Beem sia limitato in tali luoghi. Beem non dovrebbe essere utilizzato direttamente neppure in importanti habitat degli animali che possono percepire questi rumori ad alta frequenza, poiché i loro habitat potrebbero essere danneggiati anche localmente. L'applicazione risulta problematica nei luoghi dove gli esseri umani o gli animali rimangono a lungo oppure dove non possono evitarli.

Questa valutazione dell'UFAM si basa sullo stato attuale delle conoscenze e nel testo è stato segnalato ove esse siano lacunose. La responsabilità in merito all'applicazione di Beem incombe ai rispettivi operatori.

Bibliografia:

1. Comunicato stampa di Swisscom del 19 agosto 2019, URL: <https://www.swisscom.ch/it/about/news/2019/05/27-beem.html> (consultato il 19.9.2019).
2. Leighton, T. G., Are some people suffering as a result of increasing mass exposure of the public to ultrasound in air? *Proc Math Phys Eng Sci* **2016**, 472, (2185), 20150624.
3. Scholkmann, F., Exposure to High-Frequency Sound and Ultrasound in Public Places: Examples from Zurich, Switzerland. *Acoustics* **2019**, 1, (4), 816-824.
4. Jammet, H. P., Interim Guidelines on Limits of Human Exposure to Airborne Ultrasound. *Health Phys* **1984**, 46, (4), 969-974.
5. VRHRT & SILENSE Consortium, SILENSE - Deliverable Report D 1.3: Review of regulatory situation. <https://silense.eu/content/deliverable-report-d-13-review-regulatory-situation>
6. Parrack, H. O.; Perret, *Effects on man of low frequency ultrasonics produced by aircraft, in 'Report presented at meeting of group of experts on the struggle against noise caused by aircraft', Organisation de Cooperation et de developement economiques, Paris; 1962.*
7. Ufficio federale dell'ambiente, aiuto all'esecuzione «Valutazione dei rumori quotidiani», 2014, URL: <https://www.bafu.admin.ch/bafu/it/home/temi/rumore/pubblicazioni-studi/pubblicazioni/valutazione-dei-rumori-quotidiani.html>

Allegato:

Rapporto EMPA: Akustische Emissionen des BARIX No. 2019.8120 17 1900010046 (disponibile solo in tedesco)