

# l'acustica e il benessere delle smart city acoustics and well-being in a smart city

text by Ezio Rendina

Il "paesaggio sonoro" è uno strumento che consente di migliorare la qualità della vita in una "smart city".  
The "soundscape" is a tool which can be used to improve quality of life in a "smart city".

Toronto, Ontario, Canada.

Tecnologie e acustica in architettura, tema vastissimo a partire dalla definizione di architetto. Chi è l'architetto? Mi limito a dire che è colui che impiegando fantasia, studio, passione definisce i criteri progettuali dal cucchiaino alla città, come diceva Le Corbusier. Partiamo dalla città per poi arrivare al piccolo sempre con lo sguardo rivolto alle tecnologie che, nel caso di città, fanno rima con Smart City. Il tema essenziale della "smart city" è il benessere dell'individuo che vive in comunità, ovvero la sua gratificazione individuale che predisponga al buon umore con positive ricadute sulle sue frequentazioni, il suo ambiente familiare e la sua produttività lavorativa. Il "paesaggio sonoro" è uno dei fattori che concorrono al benessere dell'individuo: di cosa si tratta? Dei cinque sensi che abbiamo, due sono "involontari", ovvero non possiamo decidere di non percepirli: l'udito e l'olfatto. Possiamo decidere di non gustare qualcosa, di non toccare, di non vedere, ma l'aria che respiriamo ci porta odori e profumi e l'udito, a meno di scene poco educate, non possiamo impedire che ci porti suoni e rumori. La percezione uditiva è molto più di quello che possa sembrare a prima vista; è stato dimostrato [1] che il rumore è lesivo, anche in modo permanente, sull'apparato specifico (apparato uditivo e vestibolare) e ha effetti psicosomatici su apparati non specifici, quali quello cardiocircolatorio, digerente, respiratorio, visivo e genitale; ha effetti lesivi di tipo psicosociale interferendo sulla trasmissione e comprensione della parola, sulla efficienza lavorativa, sul rendimento e sulla qualità del sonno ed effetti neuro-endocrini e psicologici a carico del sistema nervoso centrale e periferico. Infine produce una generica sensazione di fastidio detta "Annoyance" [6] che può essere definita come un sentimento di scontentezza riferito al rumore che l'individuo sa o crede che possa agire su di lui in modo negativo oppure come la risposta soggettiva agli effetti combinati dello stimolo disturbante e di altri fattori extra-esposizionali di natura psicologica, sociologica ed economica.

Il "paesaggio sonoro" è quell'insieme di suoni che caratterizzano sia ambienti aperti (la città, un parco) che chiusi (un ristorante, una sala conferenze, un teatro) ed è anche in grado di caratterizzare la percezione qualitativa dell'ambiente in cui ci troviamo. In altri termini è quell'insieme di suoni atti a caratterizzare un luogo o una situazione e assume un rilievo che in talune situazioni è colpevolmente trascurato. Si pensi a un ristorante molto ricercato, come ci si immagina la sensazione uditiva al suo interno? "Ovattata" e silenziosa, con comportamenti dei presenti adeguati all'ambiente, ovvero suoneria spenta e basso tono di voce. Il "paesaggio sonoro" quindi non solo caratterizza la percezione del luogo ma ne modifica i comportamenti umani (e animali). Infatti esso può dare eccitazione, si pensi alla musica ritmata in una discoteca, o forza, si pensi agli atleti che corrono ascoltando la musica, oppure è in grado di influenzare la predisposizione all'acquisto (queste sono le nuove frontiere del condizionamento umano sulle quali sto personalmente lavorando) e di modificare la percezione del gusto e dei profumi, così come dimostrato da alcune ricerche condotte nel 2011 dal Cross Modal Laboratory at Oxford University<sup>1</sup>. Di qui la necessità, per un ristorante di buon livello, di avere un ambiente sonoro molto curato. L'ambiente sonoro curato può avere ricadute positive anche quando si pensa a un ambiente aperto quale un parco pubblico o una piazza. È comprovato, infatti, come quanto più l'arredo urbano sia ordinato e ben tenuto tanto più è risparmiato da atti vandalici [3]; essendo il "paesaggio sonoro" parte dell'arredo urbano ne contribuisce pertanto anche al suo decoro.

Per meglio illustrare gli effetti sull'essere umano del suono "articolato" che compone il "paesaggio sonoro", occorre partire dalle prime ricerche del 1914 quando Henry Hallet Dale dimostrò come il suono fosse in grado di influenzare la capacità decisionale delle persone; oggi queste tecniche sono diventate molto più evolute e sofisticate anche se ancora poco conosciute. Se, ad esempio, fossimo in un centro commerciale, potremmo influenzare lo scorrimento delle

persone in galleria per convogliare il pubblico verso gli scaffali con la merce in vendita, in un ristorante potremmo suscitare un forte senso di sete, e in un'aula scolastica potremmo invece migliorare, e in modo consistente, la possibilità di apprendimento a fronte di una minor fatica del docente e dei discenti (ma in questo caso è necessario partire da interventi di correzione acustica meglio spiegati nelle righe seguenti). Sempre in tema di come alcuni suoni articolati siano in grado di influenzare la psiche, si pensi come agli atleti professionisti sia vietato gareggiare con auricolari poiché il suono è considerato doping o come si possono acquistare droghe sonore sul "dark web". Pertanto il "paesaggio sonoro" è in grado di modificare in senso positivo o negativo il comportamento di chi lo percepisce ed è quindi uno strumento che consente di migliorare la qualità della vita in una "smart city". Questa ultima affermazione, molto innovativa, richiede delle tecniche di gestione e applicazione molto sofisticate; inoltre la materia è nuova e poco padroneggiata anche dagli addetti ai lavori... è qui che l'ingegneria acustica si fonde con la psicoacustica per dare luogo a un nuovo prodotto.

La differenza tra una "banale" città moderna e una "smart city", dal punto di vista acustico, sta proprio nel "paesaggio sonoro"; in quest'ultima le emissioni sonore sono controllate, prodotte e non subite dall'individuo, mentre nelle città contemporanee, tranne rari casi, il cittadino è un soggetto passivo. Controllare le emissioni sonore significa fondamentalmente due cose: ridurre al minimo e circoscrivere le emissioni prodotte dalle normali attività antropiche e, nel contempo, creare nuovi generatori di suoni che contribuiscano a produrre un "paesaggio sonoro" gradevole e personalizzato. Analizzando a come contenere la pressione sonora alla quale siamo sottoposti occorre riflettere sul fatto che noi trascorriamo, mediamente, metà della nostra giornata all'interno delle mura domestiche e l'altra metà, per buona parte, all'interno di altre mura quali uffici, scuole e fabbriche; è pertanto fondamentale che gli ambienti indoor siano ben isolati dal mondo esterno e dal vicinato adiacente per favorire il nostro benessere, la qualità del sonno e la produttività lavorativa. A oggi le leggi italiane, pur non essendo ancora uniformate a quelle europee, sono abbastanza complete nell'assicurare un buon comfort acustico all'individuo ma hanno un grande limite: se da una parte prevedono che il rispetto dei valori di isolamento sia garantito non solo in sede di progetto, ma anche sull'opera finita, dall'altra non obbligano all'esecuzione del collaudo acustico finale che ne certifichi il rispetto della legge. Il collaudo acustico, infatti, è l'unico sistema in grado di attestare il rispetto di uno dei parametri igienico-sanitari che concorre al rilascio dell'abitabilità o dell'agibilità quale appunto è l'isolamento acustico. In una "smart city" non ci si può permettere di negare il benessere acustico all'individuo quando è in un ambiente confinato: non avrebbe senso non fare questo sforzo concentrandosi solo sull'ambiente aperto tanto più che si stima che l'incremento dei costi di costruzione e progettazione di un edificio che sia acusticamente molto confortevole è nell'ordine dell'1%. Che senso avrebbe costruire un'abitazione molto ricercata, che faccia uso di tecniche e materiali più all'avanguardia, si pensi alla domotica, al risparmio energetico, all'ecosostenibilità, senza garantire all'abitazione stessa e ai suoi spazi aperti (balconi, terrazze, giardino condominiale) un benessere acustico che ne garantisca la piena fruibilità?

Come detto la legge copre vari aspetti del comfort acustico all'interno di ambienti abitativi (dove per ambiente abitativo si intende qualsiasi luogo atto alla permanenza dell'uomo): si occupa dell'isolamento di facciata, ivi compresi i tetti, dell'isolamento del rumore che si propaga per via aerea tra ambienti confinanti, dell'isolamento del rumore da calpestio e degli impianti interni all'edificio. L'evoluzione delle tecniche di progettazione e dei materiali è stata notevole negli ultimi anni.

Pensando sempre ad ambienti confinati, ma diversi dalla civile abitazione o all'albergo quali un auditorium, un teatro, una sala

riunioni o un'aula universitaria, occorre necessariamente perseguire due obiettivi; il primo è la riduzione della pressione sonora presente al suo interno poiché in tal modo si migliora il benessere dell'individuo per come già illustrato in apertura del presente saggio. Per far ciò occorre innanzitutto incrementare la fonoimpedenza dell'involucro, ovvero la capacità di fonoisolare delle sue pareti, facciata, pavimento e solaio superiore (o tetto) e in secondo luogo abbattere la eco dell'ambiente confinato, prevedendo opportune superfici fonoassorbenti (dalla moquette, a tendaggi pesanti, a baffle fonoassorbenti pendinati a soffitto, a spinewall fonoassorbenti sui tavoli, alle sedie e dorsi di armadi fonoassorbenti ecc).

Il secondo obiettivo da perseguire, affinché il lavoro svolto all'interno dell'ambiente confinato produca il massimo rendimento, consiste nel garantire una adeguata intelligibilità del parlato in essa generato e osservabile in tutti i punti dell'ambiente stesso. A tal uopo si parte da talune tecniche progettuali definite da Achille Alziati [5] e via via raffinate nel tempo. A seconda che si stia progettando un'aula scolastica o un ufficio "open space" i target di intelligibilità del parlato sono molto diversi. Nel primo caso, infatti, l'intelligibilità del parlato deve essere massimizzata affinché tutti i presenti possano comprendere l'oratore, nel secondo caso invece deve essere minimizzata al fine di non generare distrazioni agli addetti che vi lavorano e che possono essere impegnati in talune conversazioni distinte. Per perseguire questi distinti obiettivi, è di fondamentale importanza l'attenta scelta dei materiali di rivestimento da utilizzare ciascuno dei quali è caratterizzato da curve di fonoassorbimento "a misura", ovvero selezionata perché si sposano con l'ambiente nel quale vengono inserite. In estrema sintesi il "paesaggio sonoro", rendendo maggiormente fruibile un ambiente confinato o contribuendo all'arredo urbano, può creare valore ed essere quindi un valore in sé.

Pensando al paesaggio sonoro outdoor è invece necessario ricorrere alle nuove tecnologie, utili strumenti per ridurre il rumore alla sorgente, quali il traffico stradale dove si avranno motori elettrici in luogo di quelli endotermici, il traffico ferroviario mediante la sostituzione dell'armamento ferroviario su rotaia con la levitazione magnetica e il traffico metropolitano urbano che, se dotato di differenziale, eviterebbe lo sfregamento ruota-rotaia e il conseguente stridio nelle strette curve in ambito urbano. Pensando al trasporto aereo, è sufficiente che le norme ICAO Annex 16 e le leggi italiane siano puntualmente rispettate, ad esempio verificando con metodi automatici, già oggi disponibili, il rispetto delle rotte prestabilite di avvicinamento e di uscita degli aeroporti in modo da evitare indesiderati, disturbanti e potenzialmente pericolosi sorvoli di centri abitati [2].

Occorrono infine nuove metodologie di pianificazione urbanistica e trasportistica: prima fra tutte il raggruppamento in corridoi infrastrutturali dei sistemi di trasporto, ovvero la riunione delle strade e delle ferrovie di lunga distanza, in modo da poter gestire e circoscrivere meglio il relativo impatto sonoro [3].

La propagazione sonora in ambiente aperto dovrà essere gestita in modo intelligente e il più possibile "invisibile": le superfici diffrattive (ad esempio le barriere antirumore) costituiscono anche delle barriere fisiche che sono incompatibili con la filosofia della "smart city" poiché ognuna di esse, percepita dall'individuo come tale, è in antitesi con il suo benessere. Per contenere il più possibile la propagazione sonora, riducendo la sensazione di barriera fisica e assodato che quelle vegetali sono pressoché inefficaci, si dovranno impiegare a questo scopo movimenti orografici delle aree verdi, oltre a una intelligente progettazione degli andamenti planoaltimetrici [4] delle infrastrutture trasportistiche. Si dovrà lavorare sulla capacità fonoassorbente

di ogni superficie, in altre parole sulla capacità di trasformare l'energia sonora impattante in calore, quali il manto stradale che deve essere di tipo altamente drenante, le facciate degli edifici che devono essere rivestite di intonaco fonoassorbente che, se contenente ossido di titanio, hanno anche capacità di depurazione dell'aria. La progettazione degli edifici dovrà tenere presente la tipologia di "paesaggio sonoro" nel quale l'opera sarà inserita, arretrando, per esempio, la posizione dell'edificio stesso rispetto alle sorgenti impattanti e orientando gli ambienti più sensibili (come le stanze da letto) verso i lati più silenziosi. In sostanza la progettazione dei sistemi di trasporto e dell'intorno, aree verdi e urbanizzate, deve essere svolta in modo multidisciplinare fin dalla sua prima concezione. Tornando sulla emissione sonora delle sorgenti si pone l'accento sulla necessità che l'omologazione sonora di tutti i veicoli, leggeri, pesanti, trasporto cose e persone, motocicli, autobus ecc. dovrà rispettare parametri ben più restrittivi degli attuali, incompatibili con i limiti di rumorosità ambientale che lo stesso Stato italiano, e la UE, si sono dati. Infine anche tutte le macchine funzionanti all'aperto devono rispettare la normativa CE14/2000 per altro già recepita in Italia. Purtroppo, molto frequentemente, la raccolta notturna della RSU o del vetro è fonte di grosso disturbo che in una "smart city" può essere evitato impiegando sistemi più moderni e silenziosi delle obsolete campane di raccolta con sistema di caduta nel vano di carico.

Non ci potrà mai essere un "paesaggio sonoro" adeguato senza una corrispondente educazione civica del cittadino che va insegnata fin dalla scuola dell'obbligo; ad esempio la proliferazione dei telefoni cellulari ci ha esposti ad ancora più a "violenze sonore" di quante ce ne fossero una volta. Manca spesso nelle persone la percezione di come l'inquinamento acustico faccia parte degli inquinanti fisici dell'aria, e come tale è perseguibile penalmente, così come il comportamento chiassoso, un po' tipico italiano, possa portare molto discomfort agli altri.

Si pensi, ancora una volta, ai ristoranti che, non essendo dotati di adeguati sistemi di ricambio e purificazione dell'aria, impongano ai loro clienti di fumare al di fuori dello stesso, con i conseguenti schiamazzi serali. In una "smart city" dovranno essere previste smoking area correttamente fonoisolate.

Solo quindi controllando l'emissione e la propagazione sonora indesiderata si potrà lasciare all'individuo la possibilità di scegliere il proprio "paesaggio sonoro", così come si sceglie il proprio abito ogni mattina. Personalizzare il proprio "paesaggio sonoro" non vuole dire, come si è fatto dagli anni '80 a oggi, isolarsi con propri auricolari o cuffie, al contrario, se da una parte il "paesaggio sonoro" esterno sarà certamente più gradevole e meno invasivo di quello di oggi, dall'altra questo "paesaggio" sarà a sua volta scelto dall'individuo. Avere una propria emissione sonora che ci accompagni, senza per questo precluderci all'ascolto di altre sorgenti sonore (ovvero senza fare uso di cuffie e auricolari), è già oggi una realtà. Si pensi alla "tecnologia indossabile" come i vestiti realizzati con tessuti che emettono piacevoli suoni con il movimento dovuto alla camminata, o alle sorgenti di sonore in controfase che annullano il rumore indesiderato udibile in una certa posizione. Su alcune automobili sono già disponibili piccoli altoparlanti negli appoggiatesta, o anche dispositivi portatili da appoggiare, ad esempio, sul tavolino di un bar. Annullando, in aree piccole e circoscritte, il rumore indesiderato si potrà godere meglio del suono che ci da piacere e che desideriamo percepire.

Può esserci anche un altro modo di generare un proprio paesaggio sonoro: si pensi a un luogo di passeggio rivestito da un tappeto che abbia una serie di icone impresse sotto alle quali, per mezzo di attuatori piezoelettrici, si attivino piccoli altoparlanti posti nelle

immediate vicinanze. Scegliendo quale icona calpestare si attiverà il suono che si desidera percepire e la gratificazione dell'individuo potrà essere così meglio raggiunta.

<sup>1</sup> Sintesi dell'articolo originale tratto dal The Guardian: "How sound affects the taste of our food", 2011 "High-frequency sounds enhance the sweetness in food, while low frequencies bring out the bitterness. So could sound replace sugar? And what kind of music should restaurants play? 'Sound is the final frontier in food presentation. If I listen to a low-pitched sound, my taste awareness somehow shrinks to the back of my tongue and focuses on the chocolate's bitter elements. When I switch to a high frequency, the floodgates to sweetness open up and my entire mouth kicks back in a warm, sugary bath. It is more that the sounds are twisting grey matter, changing how it perceives the taste. The sound is what sensory science nuts call modulating taste. Sound is the final frontier in food presentation. The Cross modal Laboratory at Oxford University fed a group of volunteers some cinder toffee while playing them high- and low-frequency sounds, and asked them to rate the taste on a scale running from sweet to bitter. Just as I experienced in my kitchen, high notes enhanced sweetness and low brought out the bitter. Confirming the hunches of so many ravenous airplane passengers, a study published in 2011 found that loud background noise suppresses saltiness, sweetness and overall enjoyment of food. For flyers, this is compounded by the high altitude blocking nasal passages, and therefore access to aromas. Incidentally, for those among you who curse that you can't hear yourself think, or indeed taste, in some restaurants, it isn't unheard of for the background din to register 90db, which is a tad louder than commercial flights. Last year, a paper published in the journal Chemosensory Perception looked at matching pitches and instruments with odors (smell being the dominant sense in flavor appreciation). The aromas of candied peel, dried plums and iris flowers were all matched with piano significantly more than woodwind, strings or brass. Musk, on the other hand, was overwhelmingly brass. In terms of pitch, candied orange and irises were significantly higher than musk and roasted coffee."

#### Bibliografia

- [1] – M. Cosa et altri, *Rumore e Vibrazioni*, Volume: I, Maggioli Editore, 1990.
- [2] – J. Fields, *Effect of Personal and Situational Variables on Noise Annoyance with special reference to Implications for En Route Noise*, Federal Aviation Administration e N.A.S.A., Agosto 1992.
- [3] – A. Belgiojoso, *Milano qualità della città e progettazione urbana*, Nuove Edizioni Gabriele Mazzotta, 1988.
- [4] – G. Ceccarelli, U. Palagi, M.A. Lombardi, *Il contenimento dell'inquinamento acustico ambientale*, Lucca 1994.
- [5] – A. Alziati, *Acustica ambientale e insonorizzazioni*, Etas Libri, 1979.
- [6] – J. Sataloff, H. Menduke, A. Hughes, *Temporary threshold in normal and abnormal ears*, O.R.L., 1962.

Technologies and acoustics for architecture is a very vast subject which begins with the very definition of architect. Who is an architect? I will simply say that it is anyone who uses their imagination, studies, and passion to determine the criteria of design, from a spoon to a city, as Le Corbusier used to say.

We start with the city and work our way down to smaller things, with a focus on technologies, as in the Smart City.

The basic goal of the "smart city" is to achieve well-being for individuals living in communities, that is, individual gratification that puts people in a good mood, with a positive impact on their friends, family and productivity at work. The "soundscape" is a key factor contributing to an individual's well-being. But what is it? Two of our five senses are "involuntary", meaning we cannot decide whether or not to perceive them: hearing and smell. We can decide not to taste something, not to touch it, or not to see it, but the air we breathe brings us odours and fragrances, and, unless we plug our ears, our hearing brings us sounds and noises. Auditory perception is much more than it might seem at first; it has been demonstrated [1] that noise can cause harm, even permanent harm, to the specific apparatus involved (the auditory and vestibular apparatus) and has psychosomatic effects on non-specific apparatuses, such as the heart and circulatory system, the digestive system, the respiratory system, the visual system and the genital system; it has harmful psycho-social effects too, interfering with the transmission and comprehension of speech, efficiency in the workplace, the quality and effectiveness of sleep, and neuro-endocrine and psychological effects on the central and peripheral nervous systems. Lastly, it produces a general sensation of "annoyance" [6], which could be defined as a feeling of unhappiness about noise that an individual knows or believes to have a negative effect on him or her, or as a subjective response to the combined effects of the disturbing stimulus and other extra-expositional factors of a psychological, sociological and economic nature.

The "soundscape" is the set of sounds characterising an open space (a city or a park) or a closed space (a restaurant, conference hall or theatre), and it can also characterise our perception of the quality of our environment. In other words, it is a series of sounds that characterises a place or a situation and takes on an importance which is in some cases neglected. If you imagine an elegant restaurant, what do you imagine it sounds like? Muted, silent, with people behaving in a way appropriate for their surroundings, cell phones silenced, speaking in an undertone. The soundscape not only characterises our perception of a place but modifies human (and animal) behaviour. It can get us excited, as the pounding music in a nightclub does, or give us power, as in the case of athletes who listen to music while running, or it can affect our propensity to buy (and these are the new frontiers of human conditioning which I myself am working on) and alter our perception of tastes and scents, as demonstrated by a number of studies conducted in 2011 by the Cross Modal Laboratory at Oxford University. Hence the need for a quality restaurant to pay attention to the acoustic environment.

A well-designed acoustic environment can also have a positive impact in an open space such as a public park or square. It has been demonstrated, in fact, that when street furnishings are orderly and in good condition, people are less likely to commit acts of vandalism [3]; and the "soundscape" is a part of the urban furnishings that makes a contribution to the decor.

To better illustrate the effects on human beings of "articulate" sounds making up the "soundscape", we ought to start with the earliest studies, conducted in 1914, when Henry Hallet Dale demonstrated that sound could influence people's decision-making ability; these techniques have now become much more advanced and

sophisticated, even though they are still little known. If, for example, we are in a shopping centre, we can influence the movement of people through the mall to lead people toward the merchandise on the shelves, while in a restaurant we could induce a strong thirst, and in a classroom we could significantly improve children's opportunity to learn, with less effort on the part of the teacher and the pupils (though in this case we ought to speak of acoustic correction, a concept described below).

Further demonstrating that certain articulate sounds can affect our psyche, professional athletes are prohibited from competing with earphones on, as sound is considered equivalent to doping; and "sound drugs" can be bought on the "dark web".

The "soundscape" can have a positive or negative impact on the behaviour of the person perceiving it, making it a tool which can be used to improve quality of life in a "smart city". This innovative idea requires highly sophisticated management and application techniques; it is a new area of study, little known even to specialists, an area where acoustic engineering meets psychoacoustics to create a new product. The difference between an "ordinary" modern city and a "smart city", in acoustic terms, lies in the "soundscape"; in the smart city, sound emissions are controlled, produced rather than experienced by the individual, whereas in today's cities citizens are, except in a few rare cases, passive subjects of their acoustic environment. Controlling sound emissions essentially means two things: minimising and circumscribing the emissions produced by ordinary human activity while at the same time creating new generators of sound that help produce a pleasing, customised "soundscape".

In order to analyse how to contain the sound pressure we are subject to, we must reflect on the fact that we normally spend half our day within the domestic walls and much of the remainder between other walls, such as offices, schools or factories; this means that for our well-being, sleep quality and efficiency at work, it is essential to isolate indoor environments from the outdoors and from their neighbours. Italian legislation, though it has not yet been harmonised with European regulations, is quite complete when it comes to guaranteeing individuals' acoustic comfort, but it does have one major limitation: while on one hand it requires compliance with acoustic insulation standards not only in the planning stages but in the finished construction, on the other hand it does not require final acoustic testing to certify compliance. Acoustic testing is in fact the only way of guaranteeing compliance with the requirements for acoustic insulation, one of the health and hygiene factors required for a building to be liveable or usable. In a "smart city" we cannot deny an individual's right to acoustic well-being when in a confined space: it would be senseless not to make this effort, focusing solely on open spaces, especially as the increased cost involved in designing and building an acoustically comfortable building is estimated at about 1%. What is the sense of building a refined construction made using advanced techniques and materials, such as home automation, energy conservation and sustainability, without ensuring that the home and the adjacent open spaces (balconies, patios, shared gardens) enjoy the acoustic well-being required to make them fully enjoyable?

As we have said, the law covers various aspects of acoustic comfort in residential spaces (defined as any place where human beings spend time): it addresses the issue of insulating walls and roofs, insulation from noise propagated through the air between adjoining spaces, and insulation from the sound of footsteps and technical systems in operation inside the building. Design technologies and materials have evolved significantly in recent years.

Addressing once again the issue of confined spaces other than homes or hotels, such as auditoriums, theatres, meeting rooms or university classrooms, there are two goals to be pursued. The first of these is

reduction of the sound pressure present inside the building to improve individuals' well-being, as described at the beginning of this essay. To do this we must first increase the phono-impedance of cladding, that is, its ability to acoustically insulate walls, façades, floors and ceilings (or roofs), and then eliminate echoes in confined spaces, provide appropriate sound-absorbent surfaces (from carpeting to heavy curtains, sound-absorbent baffles hung from the ceiling, sound-absorbent spinewalls on tables and chairs, sound-absorbent backing on cabinets, etc.). The second goal to be pursued, to ensure that work performed within confined spaces is as productive as possible, is guaranteeing the intelligibility of speech in confined spaces, as perceived from all parts of the space. Achille Alziati came up with a number of design techniques pursuing this goal [5] which have been refined over the years. Targets for intelligibility may be very different, depending whether you are designing a school classroom or an open space office; in the first case, the intelligibility of speech must be maximised to ensure that everyone present in the room can understand the speaker, while in the second case it must be minimised so that it will not distract people at work, who may be involved in separate conversations. Careful choice of cladding materials plays an essential role in achieving these different goals, for each material has its own different sound absorption curve, selected to suit the environment in which it is used. In short, the soundscape can make a confined space more effective or contribute to street furnishings, adding value and therefore becoming a value in itself.

To modify the outdoor soundscape we need to use new technologies, tools for reducing noise at the source, such as road traffic with electric rather than endothermal engines, rail traffic using magnetic levitation rather than rails and urban light transit traffic with a differential to eliminate friction between the wheel and the track which results in squealing when rounding tight bends in the city. As for air traffic, it would be enough to comply with ICAO Annex 16 standards and Italian legislation, for instance using automated methods already available to us today, sticking to the established take-off and landing routes so as to avoid undesired and potentially hazardous low flying over urban areas [2].

Lastly, we need new urban and transportation planning methods: the first step should be grouping transportation systems into infrastructure corridors, combining long-distance roads and railways to permit better management and limitation of their acoustic impact [3].

Propagation of sound in open spaces should be handled in an intelligent and, wherever possible, "invisible" manner: diffractive surfaces (such as noise barriers) also constitute physical barriers which are incompatible with the "smart city" philosophy because every one of them is perceived by individuals as a barrier to their well-being. To limit the propagation of sound as much as possible while reducing the sensation of physical barriers, seeing as barriers consisting of plant life have proven largely ineffective, we ought to take advantage of the orography of green areas for this purpose, while intelligently designing the layout and elevation [4] of transportation infrastructure. We need to work on improving the sound-absorbing capacity of surfaces of all kinds, that is, on their ability to transform the sound energy that strikes them into heat, such as road surfaces, which must be high-drainage, the façades of buildings, which must be covered with sound-absorbent plaster containing titanium oxide to purify the air. Buildings should be designed taking into account the soundscape in which they will be constructed, for instance by setting the building back from noise sources and positioning the most sensitive spaces (such as bedrooms) on the quieter side. Transportation systems and environments, green areas and built areas, must be designed in a multidisciplinary fashion right from the start.

Going back to the sound emissions of noise sources, there is a need

for acoustic testing of all vehicles, whether light or heavy, for freight or passenger transportation, requiring compliance with much more restrictive parameters than the current ones, incompatible with the limits on noise levels set by the Italian nation and the EU.

Lastly, all machinery used outdoors should comply with standard CE14/2000, already implemented in Italy. Unfortunately, collection of garbage or glass for recycling at night is very often the source of a major disturbance, which could be avoided in a smart city by using more modern, silent systems in place of the obsolete collection bins in which glass is dropped in from above.

There cannot be a good soundscape without civic education of citizens, starting during their years of compulsory schooling; the proliferation of mobile phones, for example, exposes us to even more "acoustic violence" than in the past. People often fail to perceive that noise pollution is one of the physical air pollutants, and as such a penal offence, and that typically Italian noisy behaviour can cause a lot of discomfort to other people.

Just think of restaurants which do not have a proper ventilation and air treatment system, and require customers to go outside to smoke, making noise on the street in the evening. A smart city would have sound-insulated smoking areas.

Only by controlling the emission and propagation of undesired noise can we offer individuals the opportunity to choose their own soundscape, just as they choose their own clothes every morning. And customising your own soundscape does not mean cutting yourself off from the world around you with headphones, as people have been doing since the '80s; the outdoor soundscape will definitely be more pleasant and less invasive than today's, and will be chosen by the individual. Having your own sound emissions which accompany you, without preventing you from listening to other sources of sound (that is, without using headphones), is already reality. Think of "wearable technology" such as clothes made out of a fabric that emits pleasing sounds as we walk, or counter-phase sound sources that nullify undesired noise in a certain place. Some automobiles are already fitted with little loudspeakers in the headrests, and portable devices are available which can be placed, for instance on a bar table. By eliminating undesired noise in small, limited areas we can better enjoy the sounds we like and want to hear.

There could also be another way of generating one's own soundscape: for example, a walkway could be covered with a carpet with a series of icons impressed on it, at which piezoelectric actuators activate little speakers in the immediate vicinity. By choosing which icon to step on, people can start the sound they wish to hear, adding to their individual gratification.

<sup>1</sup> Summary of the original article published in The Guardian: "How sound affects the taste of our food", 2011 "High-frequency sounds enhance the sweetness in food, while low frequencies bring out the bitterness. So could sound replace sugar? And what kind of music should restaurants play? 'Sound is the final frontier in food presentation. If I listen to a low-pitched sound, my taste awareness somehow shrinks to the back of my tongue and focuses on the chocolate's bitter elements. When I switch to a high frequency, the floodgates to sweetness open up and my entire mouth kicks back in a warm, sugary bath. It is more that the sounds are twisting grey matter, changing how it perceives the taste. The sound is what sensory science nuts call modulating taste. Sound is the final frontier in food presentation. The Cross modal Laboratory at Oxford University fed a group of volunteers some cinder toffee while playing them high- and low-frequency sounds, and asked them to rate the taste on a scale running from sweet to bitter. Just as I experienced in my kitchen, high

notes enhanced sweetness and low brought out the bitter. Confirming the hunches of so many ravenous airplane passengers, a study published in 2011 found that loud background noise suppresses saltiness, sweetness and overall enjoyment of food. For flyers, this is compounded by the high altitude blocking nasal passages, and therefore access to aromas. Incidentally, for those among you who curse that you can't hear yourself think, or indeed taste, in some restaurants, it isn't unheard of for the background din to register 90db, which is a tad louder than commercial flights. Last year, a paper published in the journal Chemosensory Perception looked at matching pitches and instruments with odors (smell being the dominant sense in flavor appreciation). The aromas of candied peel, dried plums and iris flowers were all matched with piano significantly more than woodwind, strings or brass. Musk, on the other hand, was overwhelmingly brass. In terms of pitch, candied orange and irises were significantly higher than musk and roasted coffee."

#### Bibliography

- [1] – M. Cosa et al., *Rumore e Vibrazioni*, Maggioli Editore, 1990, Volume: I.
- [2] – J. Fields, *Effect of Personal and Situational Variables on Noise Annoyance with special reference to Implications for En Route Noise*, Federal Aviation Administration and N.A.S.A., August 1992.
- [3] – A. Belgiojoso, *Milano qualità della città e progettazione urbana*, Nuove Edizioni Gabriele Mazzotta, 1988.
- [4] – G. Ceccarelli, U. Palagi, M.A. Lombardi, *Il contenimento dell'inquinamento acustico ambientale*, Lucca 1994.
- [5] – A. Alziati, *Acustica ambientale e insonorizzazioni*, Etas Libri, 1979.
- [6] – J. Sataloff, H. Menduke, A. Hughes, *Temporary threshold in normal and abnormal ears*, O.R.L., 1962.