

La valutazione della tranquillità di alcune aree urbane di Pisa tramite indagini acustiche, socioacustiche e psicoacustiche

Licitra G.

ARPAT, Via Vallisneri 6, 55100 Lucca, g.licitra@arpat.toscana.it

CNR IPCF, Via G. Moruzzi 1, 56124 Pisa

Ascari E.

CNR IDASC, via Fosso del Cavaliere 100, 00133 Roma, elena.ascari@gmail.com

Cassina L.

Università di Pisa, Lungarno Pacinotti 43, 56126 Pisa, lcassina@hotmail.com

Chiari C.

ARPAT, Via Vittorio Veneto 27, 56100 Pisa, c.chiari@arpat.toscana.it

Nolli M.

ARPAT, Via Porpora 22 50144 Firenze, m.nolli@arpat.toscana.it

Circa il 40% della popolazione europea è esposta a livelli di rumore diurni superiori ai 55 dB(A). E' noto che l'esposizione a elevati livelli di rumore è causa di alterazioni psicologiche e fisiologiche che vanno dalle reazioni di disturbo e stress all'aumento dell'incidenza di malattie del sistema cardiovascolare. La necessità di individuare e tutelare aree urbane con livelli moderati di rumore assume una valenza importante per la salute pubblica, oltre che un valore sociale. L'Unione Europea, con la direttiva 2002/49/CE, ha prescritto di individuare e preservare le aree quiete in ambito urbano, aree che per il basso livello di rumore o per la loro qualità acustica costituiscono ambienti ristorativi. Il concetto di 'qualità acustica', introdotto dalla direttiva, presuppone una valutazione di elementi fisici (misurabili), di elementi psicoacustici (calcolabili), ma anche di altri puramente qualitativi, contestuali e di natura soggettiva. In questo studio, attraverso misure fonometriche e contemporanee indagini sociologiche svolte in alcuni ambienti pubblici della città di Pisa, è stato possibile individuare un metodo per valutare quali elementi influenzano la qualità acustica di un luogo e determinare la percezione di tranquillità che ne deriva. L'indagine è stata condotta per mezzo di questionari volti a caratterizzare ogni area dal punto di vista acustico e visivo, individuare eventuali fonti di disturbo, definire la tranquillità percepita e il livello di rumore avvertito. Sono state inoltre raccolte informazioni circa il livello di rumorosità percepita nell'ambiente domestico da ciascun intervistato, la sensibilità individuale al rumore, le abitudini di fruizione del luogo e alcuni dati anagrafici. Negli stessi contesti analizzati sono stati inoltre realizzati dei video ad alta risoluzione e delle registrazioni audio binaurali che potranno essere utilizzati per ricreare in laboratorio le stesse condizioni visive e acustiche dell'ambiente originale, in modo da svolgere ulteriori approfondimenti da un punto di vista psicoacustico e socioacustico.

INTRODUZIONE

Secondo l'Organizzazione Mondiale della Sanità, circa il 40% della popolazione dei Paesi dell'Unione Europea è esposto a livelli di rumore (L_{day}) generato da traffico stradale superiori a 55 dB(A), del quale il 50% è esposto a livelli superiori a 65 dB(A). Considerando come fonti tutti i mezzi di trasporto, metà della popolazione UE vive in ambienti acusticamente non confortevoli e il 30% di essa è soggetto, nel periodo notturno, a livelli di rumore (L_{night}) eccedenti i 55 dB(A) [WHO, 1999]. L'esposizione costante a elevati livelli di rumore è stata correlata all'aumento dell'incidenza di alcune malattie e a un globale peggioramento della qualità della vita, con effetti che vanno dal semplice disturbo alla riduzione della quantità e qualità del sonno, alla difficoltà nello svolgere il proprio lavoro, fino alla diminuzione della velocità e dell'efficacia dell'apprendimento da parte dei bambini. Il costo annuale dell'esposizione al rumore, nell'UE, è stato stimato in più di un milione di DALY (Disease-Adjusted Life Years) [WHO, 2011].

Con lo scopo di conseguire 'un elevato livello di tutela della salute e dell'ambiente' e di perseguire, in tale contesto, 'la protezione dall'inquinamento acustico' l'UE ha emanato la Direttiva 2002/49/CE [END, 2002], in cui viene introdotto il concetto di 'qualità acustica' come elemento da tutelare. La Direttiva prevede per questo l'individuazione di aree quiete all'interno degli agglomerati, ma non vincola gli Stati Membri né all'utilizzo di un unico descrittore acustico né al rispetto di limiti definiti.

Il presente lavoro si propone di individuare i descrittori acustici e psicoacustici più idonei alla determinazione della percezione di tranquillità di un'area in contesto urbano. Vengono inoltre presi in considerazione gli elementi esterni alla sfera uditiva che possono concorrere alla percezione di tranquillità, con lo scopo di individuare quelli più significativi e di quantificare i loro effetti. Poiché la percezione di tranquillità deriva dall'integrazione di stimoli esterni e caratteristiche

sociodemografiche e attitudinali individuali, l'attenzione è stata posta sulla descrizione dell'ambiente sotto più aspetti (acustico, visivo, meteorologico ...) e sulla caratterizzazione delle persone che frequentano le diverse aree (in base a: età, sesso, grado di istruzione, aspettative e motivo della fruizione, sensibilità individuale al rumore ...). L'indagine è stata condotta affiancando alle misure strumentali la realizzazione di interviste ai frequentatori delle aree urbane selezionate. Nelle stesse aree sono stati realizzati dei video ad alta risoluzione e delle registrazioni audio binaurali, in modo da ricreare in laboratorio gli aspetti visivi e acustici dell'ambiente originario.

1. MATERIALI E METODI

1.1. AREE INDAGATE

Per l'indagine socioacustica sono stati scelti diversi luoghi di aggregazione nell'ambito del centro abitato di Pisa. Di questi, la maggior parte sono potenzialmente idonei a essere definiti aree quiete secondo la direttiva 2002/49/CE e sono, in generale, aree che non confinano con strade densamente trafficate e caratterizzate dalla presenza di verde e/o monumenti. Per avere anche dati riguardanti luoghi in cui la tranquillità è presumibilmente bassa, sono stati selezionati alcuni siti interessati da alti livelli di rumore da traffico stradale. È stato quindi incluso il maggior numero di situazioni possibili, combinazioni della presenza più o meno marcata di elementi caratteristici dell'ambiente urbano (traffico stradale, persone, aree verdi, monumenti, attività commerciali, ...) e di spazi di diversa ampiezza. Di seguito (tab. 1) vengono elencati i siti in cui sono stati raccolti più di 25 questionari, specificandone alcune caratteristiche.

Tabella 1 – Aree indagate

Sigla	Luogo	Estensione approssimativa (ha)	Suoni/rumori	Tipo di verde	Categorie di fruttori
PG	Viale delle Piagge	14	Traffico stradale e aereo, rumori naturali, passi/voci	naturale	Sportivi, anziani
TO	Piazza dei Miracoli	5	Traffico stradale, passi/voci	curato	Turisti, studenti
GS	Giardino Scotto	3	Traffico stradale, rumori naturali, passi/voci	curato	Famiglie
OB	Orto botanico	3	Traffico stradale, rumori naturali, passi/voci	curato	Turisti, studenti
PM	Piazza Martiri della Libertà	1	Traffico stradale, rumori naturali, passi/voci	curato	Studenti
VE	Piazza Vittorio Emanuele II	1	Traffico stradale, passi/voci	assente	Piazza di passaggio
PC	Piazza dei Cavalieri	0,5	Traffico stradale, passi/voci	assente	Studenti, turisti
PD	Piazza Dante Alighieri	0,5	Passi/voci, rumori naturali	curato	Studenti, residenti
SP	San Paolo a ripa d'Arno	0,5	Traffico stradale, rumori naturali, passi/voci	naturale	Residenti

1.2. CAMPAGNE DI MISURA

Sono state finora realizzate due campagne di indagine, nei mesi di settembre/ottobre 2011 e nei mesi di gennaio/febbraio 2012. Ciascuna campagna ha previsto, nelle aree selezionate, la realizzazione di interviste e di contemporanee misure fonometriche. Parallelamente a queste attività, sono state acquisite delle registrazioni audio-video (*soundwalks*) che verranno riproposte in laboratorio a soggetti volontari. Si intende, con questo metodo, valutare se vi siano degli elementi esterni alla sfera audio-visiva in grado di influenzare in modo determinante la percezione di tranquillità. Qualora ciò fosse escluso, il metodo della riproduzione in laboratorio delle *soundwalks* potrà essere utilizzato in sostituzione delle interviste in campo per presentare agli intervistati ambienti a loro sconosciuti e per ottenere dalla stessa persona valutazioni riferite a più aree differenti; diversamente, andrà posta la massima attenzione nel determinare quali fattori contingenti, non riproducibili in laboratorio, influenzano la percezione di tranquillità.

L'opportunità di utilizzare le *soundwalks* nell'ambito di indagini socioacustiche consentirà di avere un maggiore controllo sull'omogeneità della popolazione campione e di ricavare più valutazioni espresse da un soggetto nelle stesse condizioni psicologiche. L'ambiente controllato del laboratorio permetterà, inoltre, di tenere costanti le condizioni ambientali, eliminandole come causa di variabilità dei giudizi.

1.2.1. INTERVISTE

I frequentatori delle aree sopra elencate sono stati intervistati in forma anonima; ogni intervista ha richiesto tra i 5 e i 10 minuti. Le domande sono state poste oralmente dall'intervistatore, avendo cura di evitare fraintendimenti e di non influenzare le risposte degli intervistati.

Il questionario utilizzato è di tipo strutturato, in quanto le modalità di risposta sono predefinite dal quesito, ed è stato standardizzato attraverso la scelta di un unico intervistatore per la sua somministrazione al pubblico.

Le domande (20) poste agli intervistati si dividono in due gruppi, un primo sulla sfera ambientale esterna e un secondo più attinente alla sfera del singolo intervistato.

Il primo (9 domande) ha lo scopo di raccogliere una descrizione soggettiva dell'ambiente da parte dei partecipanti, il grado di tranquillità percepita, il livello di rumore avvertito e alcuni altri giudizi circa l'importanza della tranquillità in quel contesto e gli effetti della visita sull'umore. La caratterizzazione dell'ambiente è stata effettuata chiedendo agli intervistati di elencare, in ordine di prevalenza decrescente, i tre suoni/rumori e i tre elementi visivi caratteristici di ogni luogo. Il giudizio di tranquillità percepita è stato espresso su una scala di 5 termini, da '1 – per niente tranquillo' a '5 – estremamente tranquillo'. Il livello di rumore avvertito è stato valutato su una scala tipo-Likert a 5 termini in cui il centrale ('né silenzioso né rumoroso') è equidistante dai due estremi ('molto silenzioso/rumoroso') e separato da essi da un termine intermedio ('abbastanza silenzioso/rumoroso').

Il secondo gruppo (11 domande) è mirato a raccogliere informazioni sull'intervistato, sulle sue abitudini di fruizione del luogo e sulla sua sensibilità al rumore. Ai partecipanti viene chiesto il tempo impiegato per raggiungere il luogo, il mezzo utilizzato, la frequenza con cui lo visitano; vengono inoltre annotati il sesso, la fascia d'età e il grado di istruzione. Per conoscere la sensibilità individuale al rumore si utilizzano due domande: viene prima chiesto di valutare la rumorosità percepita nell'ambiente domestico, in maniera analoga a quanto fatto per la rumorosità percepita durante l'intervista; si richiede poi un'autovalutazione, su una scala a 5 termini, della propria sensibilità al rumore. Ai residenti nel comune di Pisa viene inoltre chiesta la via di residenza per confrontare il giudizio di rumorosità dell'ambiente domestico con gli effettivi livelli di esposizione dedotti dalla mappa acustica del comune. In questo gruppo sono presenti solo due domande concettualmente appartenenti al primo gruppo, ma poste al termine del questionario per evitare possibili influenze su altre risposte. Subito prima dei dati anagrafici, viene chiesto agli intervistati di valutare la piacevolezza/gradevolezza del luogo su di una scala da 1 a 5; viene infine chiesto di classificare le condizioni meteorologiche come 'neutre', 'confortevoli' o 'non confortevoli'.

1.2.2. MISURE FONOMETRICHE

Nel corso di ciascuna sessione di interviste, della durata compresa tra 3 e 4 ore, sono state realizzate delle misure fonometriche su un periodo temporale complessivo di 45 minuti, rappresentative del contesto in cui sono stati realizzati i questionari. Per ciascuna misura, opportunamente elaborata, sono stati calcolati:

- L_{eq} , per rappresentare il livello di rumore medio
- differenza tra i livelli statistici L_{10} e L_{90} , indicativa della variabilità del rumore,
- valore di Slope, indicatore psicoacustico basato sulla distribuzione in frequenza dei picchi di short- L_{eq} su base temporale di 1 secondo.

1.2.3. REGISTRAZIONI AUDIO-VIDEO

In ciascuna delle aree indagate è stata acquisita una registrazione audio-video per realizzare dei filmati, della durata di circa 6 minuti, in grado di ricreare un'esperienza immersiva (*soundwalks*). Per fare ciò è stata utilizzata la seguente strumentazione, risultata la più idonea tra le combinazioni testate [Licitra, 2012]:

- video: videocamera compatta GoPro HD Hero 960, risoluzione 1280x960, 30 fps, angolo orizzontale di presa di 170°;
- audio: registratore digitale HEAD SQuadriga, 2 canali (destro e sinistro), frequenza di campionamento 48 kHz;
- software: VirtualDub 1.9.11 con filtro Deshaker 3.0.

2. RISULTATI E DISCUSSIONE

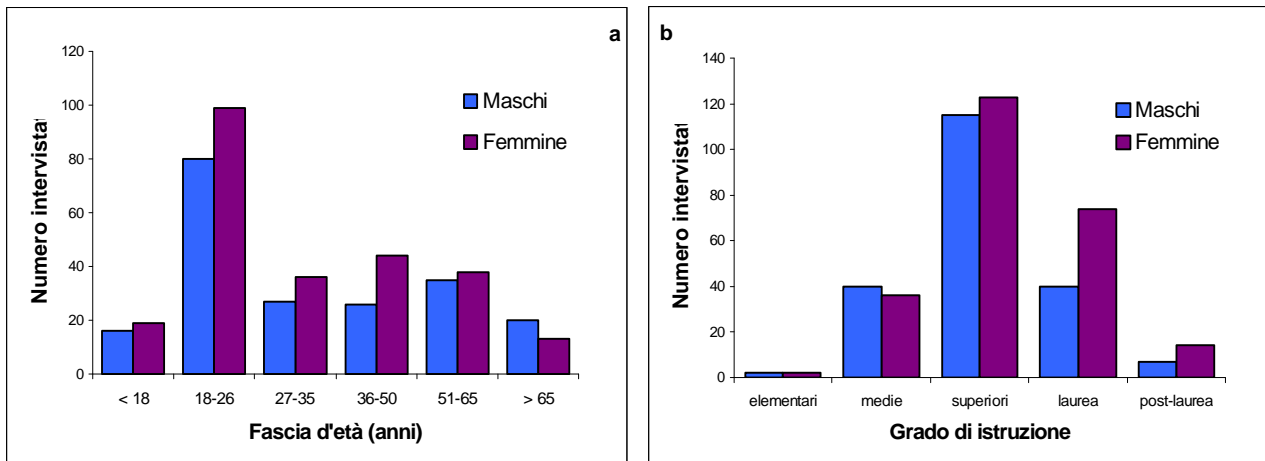
I risultati di seguito esposti derivano dalle prime due campagne di indagini e misure, svoltesi nei mesi di settembre/ottobre 2011 e gennaio/febbraio 2012.

2.1. INTERVISTE

Sono state finora realizzate, in totale, 453 interviste nelle nove aree selezionate. La partecipazione da parte del pubblico è stata molto buona, con rifiuti sporadici; buona parte degli intervistati ha mostrato interesse nei confronti del progetto, informandosi sulle sue possibili applicazioni pratiche e sui risultati sinora ottenuti. La durata di ogni intervista, la quantità e il tipo di domande poste si sono rivelati adeguati agli scopi dell'indagine e gli intervistati hanno mostrato di comprendere facilmente le domande e lo scopo del lavoro.

In figura 1 è mostrata la distribuzione del campione per sesso, fascia d'età (fig. 1a) e istruzione (fig. 1b). Il campione è composto da 204 maschi e 249 femmine. La fascia d'età più rappresentata (40%) è quella compresa tra i 18 e i 26 anni; è stato intervistato un campione di popolazione equamente distribuito nelle due fasce di età estreme (al di sotto dei 18 anni e oltre i 65), che insieme sommano al 15% del campione mentre le tre fasce comprese tra i 27 e i 65 anni rappresentano ciascuna il 15±1% del campione. Poco più della metà del campione era in possesso del diploma superiore, circa il 20% della licenza media e solo 2 persone, entrambe oltre i 65 anni, possedevano unicamente la licenza elementare. I laureati costituiscono il 25% del campione, mentre il 5% è in possesso di un titolo successivo alla laurea (dottorato o master).

Figura 1 – Distribuzione del campione per fascia d'età (a) e grado di istruzione (b)



2.2. MISURE FONOMETRICHE

Nelle aree indagate sono stati misurati livelli sonori equivalenti compresi tra 46.2 e 64.4 dB(A). Il luogo meno rumoroso è risultato l'orto botanico, circondato da mura e fiancheggiato da un'unica strada ad accesso limitato. Il livello di rumorosità più elevato è stato invece misurato in piazza dei Cavalieri, per la presenza del cantiere impegnato nella ripavimentazione. Livelli superiori a 56 dB(A), dovuti principalmente a traffico stradale, sono stati misurati in altre tre aree: piazza Vittorio Emanuele II, il Giardino Scotto (importante qui il contributo sonoro delle attività ludiche dei bambini) e il viale delle Piagge, interessato anche dal rumore del traffico aereo, essendo l'aeroporto nel raggio di 1 km di distanza e trovandosi sotto le rotte di decollo.

La differenza tra i valori statistici L_{10} e L_{90} (tab. 2, par. 2.4) è stata calcolata come indice della variabilità del rumore, elemento che può influenzarne la percezione. Valori molto elevati sono risultati quelli relativi al viale delle Piagge, probabilmente a causa del traffico stradale discontinuo e del passaggio degli aerei, e alla Piazza dei Cavalieri, per la discontinuità delle attività del cantiere e anche in questo caso per il passaggio di veicoli a motore. Quattro aree hanno invece differenze tra i livelli statistici contenute: in due di esse (piazza dei Miracoli e piazza Dante Alighieri) ciò è dovuto al rumore costante ma di bassa intensità, prodotto dalla presenza delle persone; all'interno dell'orto botanico è registrabile la normale variabilità del rumore di fondo; in piazza Vittorio Emanuele II, invece, l'alto valore di L_{eq} e la scarsa variabilità del livello di pressione sonora sono causati dalla costante presenza ed dall'entità del traffico.

2.3. RUMOROSITA' PERCEPITA

Mettendo in relazione i valori assunti dall'indice acustico Leq , ottenuti dalle misurazioni svolte in ciascuna delle aree indagate, ed il giudizio sul grado di rumorosità percepita dagli intervistati si è osservato che quest'ultimo non può essere spiegato facendo riferimento unicamente alla variabilità dei livelli sonori energetici medi (fig. 2).

Il Leq giustifica approssimativamente solo il 60% di tale variabilità. Presumibilmente, dunque, il giudizio sul grado di rumorosità è influenzato da altri fattori acustici e non, in grado di modulare sensibilmente la percezione uditiva degli intervistati.

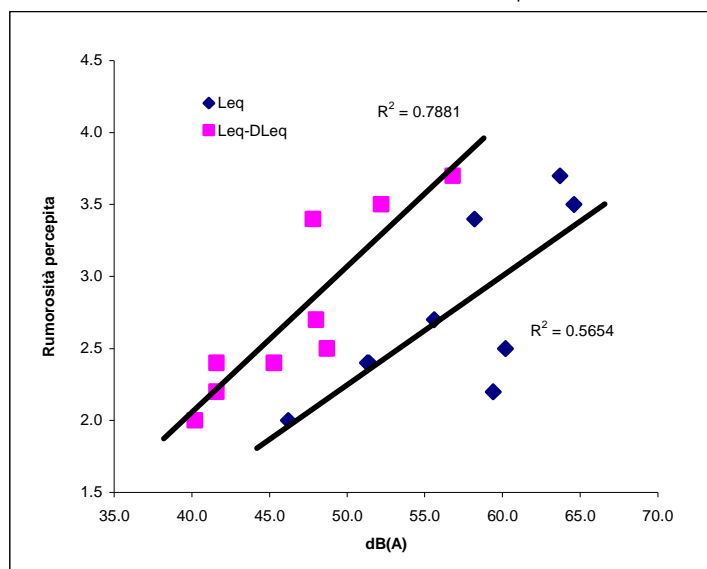
Osservando la dispersione dei dati raccolti, due siti d'indagine, in particolare, presentano una certa 'anomalia': il Giardino Scotto e il Viale delle Piagge. Essi hanno ricevuto giudizi medi di rumorosità rispettivamente di 2.5 e 2.2 a fronte di valori di Leq elevati, pari rispettivamente a 60.2 dB(A) e 59.4 dB(A). Dalle misure effettuate in questi siti è stato possibile calcolare la differenza tra i valori assunti dagli indici statistici L_{10} e L_{90} che risultano essere superiore a 10 dB.

Si è pertanto formulata l'ipotesi che la variabilità del livello di pressione sonora (espresso dalla differenza $[L_{10}-L_{90}]$) contribuisca a distrarre l'ascoltatore dall'elemento sonoro, introducendo brevi periodi di riposo uditivo e diminuendo di fatto lievemente la percezione del sito come rumoroso.

Calcolando, in via puramente descrittiva, la differenza tra i valori assunti dall'indice L_{eq} e la differenza $[L_{10}-L_{90}]$ (indicata in figura 2 come D_{Leq}), si può evidenziare un miglioramento della correlazione dei valori medi di giudizio di rumorosità percepita. Un modello di fit lineare in funzione dell'indicatore $[L_{eq}-D_{Leq}]$ ha, infatti, un coefficiente di regressione molto superiore al valore ottenuto applicando lo stesso modello ai valori assunti dall'indice acustico energetico medio L_{eq} .

Una significativa parte della variabilità del giudizio di rumorosità, tuttavia, non risulta ancora spiegata facendo avanzare l'ipotesi che fattori non acustici, contribuiscano in buona parte all'espressione del giudizio sull'entità della rumorosità ambientale percepita.

Figura 2 – Dipendenza della rumorosità percepita dal L_{eq} e dalla differenza $[L_{eq} - D_{Leq}]$.



2.4. TRANQUILLITÀ PERCEPITA

In tabella 2 sono presentati i dati derivati dalle misure fonometriche e le valutazioni medie (con deviazione standard) date dagli intervistati al livello di tranquillità, di piacevolezza del luogo e di rumorosità percepiti.

Tabella 2 – Misure e valutazioni

Sigla	Luogo	$L_{10}-L_{90}$ dB(A)	L_{eq} dB(A)	Giudizio tranquillità	Giudizio rumorosità	Giudizio piacevolezza
OB	Orto botanico	6.0	46.2	4.2 ± 0.6	2.0 ± 0.4	4.1 ± 0.8
TO	Piazza dei Miracoli	6.1	51.4	4.0 ± 0.6	2.4 ± 0.7	4.3 ± 0.6
PG	Viale delle Piagge	17.8	59.4	4.0 ± 0.4	2.2 ± 0.6	4.4 ± 0.6
GS	Giardino Scotto	11.5	60.2	3.9 ± 0.8	2.5 ± 0.7	4.5 ± 0.5
PM	Piazza Martiri della Libertà	9.7	51.3	3.7 ± 0.6	2.4 ± 0.7	4.1 ± 0.8
PD	Piazza Dante Alighieri	7.6	55.6	3.5 ± 0.7	2.7 ± 0.5	4.0 ± 0.6
SP	San Paolo a ripa d'Arno	10.4	58.2	3.3 ± 0.6	3.4 ± 0.8	3.4 ± 1.1
PC	Piazza dei Cavalieri	12.4	64.6	2.8 ± 0.4	3.5 ± 0.6	2.7 ± 0.9
VE	Piazza Vittorio Emanuele II	6.9	63.7	2.5 ± 0.7	3.7 ± 0.7	3.3 ± 1.1

Analogamente a quanto visto per l'influenza delle variabili acustiche sulla percezione del rumore, anche la percezione di tranquillità è solo debolmente correlata ad esse. Confrontando il giudizio sulla piacevolezza del luogo ed il grado di rumorosità percepito con il giudizio di tranquillità percepita (fig. 3a) si può invece rilevare una buona correlazione, particolarmente tra le ultime due variabili menzionate.

Considerando l'addittività delle scale di valutazione con uguale numero di termini, è stata calcolata la somma del giudizio di piacevolezza e della 'silenziosità' di ogni luogo, ottenuta invertendo il giudizio di rumorosità rispetto al valore centrale della scala (3). L'indice così ottenuto mostra una buona correlazione con il giudizio di tranquillità espresso dagli intervistati (fig. 3b).

Figura 3a – Dipendenza della tranquillità percepita dalla rumorosità e dalla piacevolezza del luogo

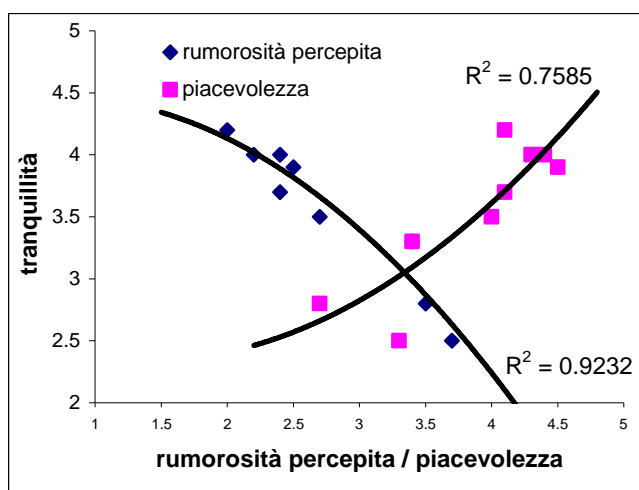
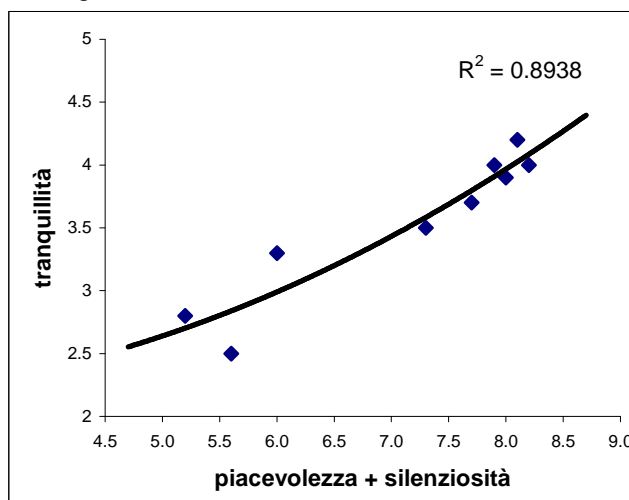


Figura 3b - Dipendenza della tranquillità percepita dalla somma della piacevolezza e della silenziosità del luogo



Le risposte ai questionari sono state elaborate e illustrate in grafici, individuando per ognuno dei siti gli elementi di maggiore attrazione visiva e sonora (figura 4a e 4b). Per ogni domanda (qual'è l'elemento visivo che colpisce maggiormente la tua attenzione? Qual'è il suono che caratterizza maggiormente questo luogo?) a cui gli intervistati potevano dare più di una risposta sono state individuate le prime tre per ogni sito e ad esse sono stati assegnati dei punteggi (3 – 2 – 1 rispettivamente per la I, II III scelta); il totale è stato pesato sul numero degli intervistati e infine i risultati sono stati normalizzati per individuare le sorgenti dominanti in termini visivi e sonori per ogni luogo.

Nelle figure 4a e 4b sono distinti con gradazioni di colore rosso gli elementi artificiali e con gradazioni di colore verde gli elementi naturali. Inoltre, per ogni luogo sono riportati, rispettivamente, nel grafico degli elementi sonori, il livello medio di rumorosità percepita e, nel grafico degli elementi visivi, il livello medio di piacevolezza.

In generale da questa analisi è stato possibile individuare una relazione tra il tipo di elementi individuati e la percezione di piacevolezza e rumorosità di ciascun luogo. Ad esempio dal grafico 4a emerge che luoghi caratterizzati da elementi sonori artificiali sono percepiti come più rumorosi, ed analogamente il giudizio di piacevolezza è più contenuto in presenza di elementi visivi artificiali.

E' utile inoltre soffermarsi sulla diversa percezione che uno stesso elemento può indurre nelle persone, sia a livello visivo che uditivo: in Piazza dei Miracoli l'elemento sonoro principale identificato è costituito dalle persone che vi sostano, mentre a livello visivo tale elemento è solo il terzo, per importanza, dopo verde e monumenti, che attraggono maggiormente l'attenzione dei visitatori.

Figura 4a – Principali elementi sonori evidenziati nelle risposte ai questionari per luogo di indagine

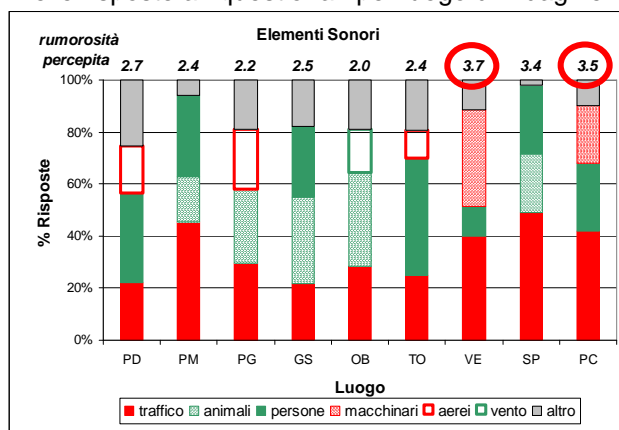
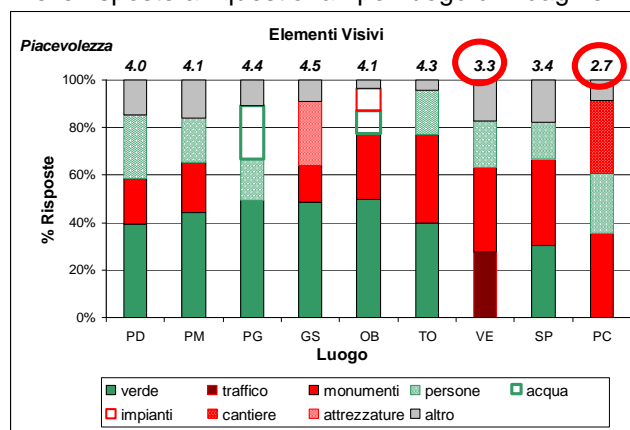


Figura 4b – Principali elementi visivi evidenziati nelle risposte ai questionari per luogo di indagine



3. CONCLUSIONI E SVILUPPI FUTURI

Le considerazioni illustrate nei precedenti paragrafi dimostrano evidentemente come l'analisi dei dati finora svolta non sia esaustiva in quanto essenzialmente riduttiva del fenomeno e di valore prettamente descrittivo. Un'analisi statistica più approfondita, oggi ancora in corso, permetterà di effettuare una regressione logistica ai proportional odds (un modello di regressione per variabili dipendenti ordinate, in cui, tipicamente, le variabili sono definite in modo discreto su di un numero di categorie ordinate e superiore a 2) e di valutare tutti gli effetti, singoli e cumulati, che le variabili socio-demografiche e attitudinali provocano sulle variabili dipendenti quali il giudizio di tranquillità e piacevolezza percepita.

Inoltre, un'ulteriore analisi statistica più fine potrebbe essere quella delle Componenti Principali (PCA), tecnica dell'ambito della statistica multivariata, che mira ad una riduzione progressiva dell'alto numero di variabili del modello, ordinandole per varianza decrescente. Quelle che spiegano la maggior parte della varianza (per es. il suo 95%) della variabile dipendente, vengono definite come variabili principali. Esse possono essere funzioni delle variabili di input. In questo processo matematico semplificativo si riesce ad arginare le variabili 'inutili' e a raffinare lo studio.

Gli approcci statistici di elaborazione dei dati raccolti dallo studio su menzionati forniranno un quadro più chiaro, preciso e quantitativo dei fattori acustici e visivi che influenzano la percezione umana della tranquillità dei luoghi di aggregazione testati a Pisa.

Gli esiti dello studio potranno fornire una nuova chiave di lettura sul fenomeno che comporta la spontanea aggregazione della popolazione in alcuni luoghi specifici durante il tempo libero ed essere così uno strumento d'aiuto per la pianificazione urbanistica ed il design di questi spazi.

BIBLIOGRAFIA

- [WHO,1999] World Health Organization, *Guidelines for community noise*, 1999, World Health Organization, Genève
- [WHO, 2011] World Health Organization, *Burden of disease from environmental noise – Quantification of healthy life years lost in Europe*, 2011, WHO Regional Office for Europe, Bonn
- [END,2002] Direttiva 2002/49/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 25 giugno 2002 *relativa alla determinazione e alla gestione del rumore ambientale*, 2002, Gazzetta ufficiale dell'Unione Europea, L189/12-L189/25
- [Licitra, 2012] Licitra G., Ascari E., Chiari C., Menichini I., *Tranquillity analysis by soundwalks in Pisa's green areas*, 2012, Acoustics 2012, Hong Kong
- [Licitra, 2011] G. Licitra, ARPAT, *Green Paper on quiet areas*, Italy and EEA Expert Panel on Noise (EPoN), 2011
- [NSCAEP, 2007] National Society for Clean Air and Environmental Protection, *Noise Policy Briefing: Quiet Areas – England*, Environmental Protection UK, 2007
- [Watts, 2010] G. Watts, *Use of the tranquillity rating prediction tool in Italy – a proposal for a pilot study*, Bradford (UK), 2010
- [Kang, 2007] J. Kang, *Urban sound environment*, Taylor & Francis 2007