

Applicazione di Echozone nella realizzazione della zonizzazione acustica di Rovereto

P. Cicoira^a, P. Bertolini^b, P. Simonetti^c, S. Curcuruto^d

^a *Libero professionista - Trento*

^b *Comune di Rovereto*

^c *Provincia autonoma di Trento*

^d *ARPA Lazio*

Viene descritta la metodologia seguita nell'elaborazione della zonizzazione acustica del comune di Rovereto (TN). Si è iniziato con la cosiddetta zonizzazione di primo livello, scaturita dal confronto dei risultati ottenuti mediante la metodologia proposta dalla Provincia autonoma di Trento nel 1994 con quelli ricavati da una serie di elaborazioni eseguite con un software specifico, *Echozone*. Questo software è strutturato appositamente per lo sviluppo del primo livello di zonizzazione secondo metodologie di tipo quantitativo, basate sul calcolo di indici e parametri insediativi caratteristici del territorio secondo un percorso logico non influenzato da elementi soggettivi discrezionali. Per la procedura di definizione delle classi acustiche sono stati utilizzati tutti e tre i metodi implementati in *Echozone*: metodo esaustivo, automatico e *fuzzy*. Si è proceduto quindi ad un'analisi critica e ad un'ottimizzazione dell'elaborato, tenendo conto delle destinazioni d'uso previste dal PRG ed evitando la cosiddetta "micro-zonizzazione".

PREMESSA

La presente memoria sintetizza il lavoro effettuato per conto del Comune di Rovereto (TN), finalizzato alla predisposizione della zonizzazione acustica in linea con l'attuale quadro normativo e, in particolare, con le linee guida per l'elaborazione di piani comunali di risanamento acustico prodotte dall'Agenzia Nazionale per la Protezione dell'Ambiente (ANPA).

Conformemente a quanto indicato nelle citate linee guida nazionali, come prima parte del lavoro è stata realizzata una zonizzazione di primo livello, senza quindi prendere in considerazione le infrastrutture per il trasporto presenti sul territorio comunale, riprese, invece, nella seconda e conclusiva fase del lavoro.

La zonizzazione di primo livello è scaturita dal confronto dei risultati derivanti da un'elaborazione effettuata seguendo la metodologia proposta dalla Provincia autonoma di Trento nel 1994, con quelli ottenuti eseguendo una serie di elaborazioni con l'ausilio di un software specifico, *Echozone*, distribuito dall'Agenzia Nazionale per la Protezione dell'Ambiente. Tale software è strutturato specificatamente per lo sviluppo del primo livello di zonizzazione.

Successivamente, si è proceduto ad affinare i risultati ottenuti alla luce dei contenuti del Piano Regolatore Generale e tenendo conto della necessità di aggregare le aree di estensione limitata, individuando, nel contempo, le fasce di pertinenza

delle infrastrutture per il trasporto come definite dai relativi decreti nazionali.

DESCRIZIONE DEL PROGRAMMA *Echozone*

Il programma consente di classificare il territorio ripartendolo nelle sei classi definite dalla normativa italiana. Nel processo di classificazione, l'utente può utilizzare qualsiasi indicatore dell'antropizzazione del territorio sia in suo possesso: densità di popolazione, attività industriali, artigianali, commerciali, agricole, ecc.

Utilizzando gli stessi dati è possibile elaborare diverse zonizzazioni, ciascuna delle quali può essere salvata con un nome diverso e, in seguito, richiamata per essere consultata, modificata o eliminata.

La versione attuale del programma non comprende un modulo geografico per la rappresentazione su mappe cartografiche dei risultati della zonizzazione. Il lavoro avviene attraverso maschere, dette schede, ed il risultato finale è costituito da una tabella in cui ad ogni unità territoriale viene associata una delle sei zone acustiche.

Individuazione delle unità territoriali di riferimento e dati associati

All'utente è concessa la libertà di utilizzare, come unità territoriale di riferimento, quella che più ritiene

opportuna. Egli può dunque adottare l'isolato, il quartiere o qualsiasi altra soluzione a sua disposizione. Una possibilità che appare estremamente vantaggiosa è quella delle sezioni di censimento, sia per la dimensione media della loro superficie, sia per il fatto che ad esse è possibile associare i dati provenienti dai censimenti ISTAT.

Individuata l'unità territoriale, l'operatore può utilizzare tutti i dati in suo possesso riferibili a tali unità. Il programma, nella sua versione attuale, permette all'utente di importare le unità territoriali e tutti i dati ad esse riferibili, a patto che siano predisposti come file di testo delimitato o a larghezza fissa.

Ogni file contenente dati riferibili alle unità territoriali viene detto categoria e, una volta importato nella base dati del programma, può essere associato alla zonizzazione in corso di sviluppo.

Classificazione: definizione delle classi e loro attribuzione alle categorie

Il metodo per giungere ad associare una zona acustica¹ ad ogni unità territoriale passa attraverso la definizione di una serie di classi elementari, per ogni categoria inclusa nella zonizzazione, e l'attribuzione di tali classi a ciascuna unità territoriale.

Ipotizzando, per esempio, di aver introdotto le categorie popolazione e commercio, l'utente potrebbe definire le classi elementari *Molto popolata* e *Poco popolata*, relativamente alla prima categoria, e *Elevata densità commerciale* e *Bassa densità commerciale*, relativamente alla seconda.

Attribuire ad ogni unità territoriale una classe elementare per ogni categoria considerata significa effettuare tante zonizzazioni elementari quante sono le tabelle di dati (categorie) utilizzate. Una unità territoriale potrebbe così appartenere alla classe *Molto popolata* (dal punto di vista della popolazione) ed alla classe *Elevata densità commerciale* (dal punto di vista degli addetti al commercio).

Il metodo a unità territoriali bilanciate consente all'operatore di stabilire la percentuale di unità territoriali che, a suo parere, deve ricadere in ciascuna classe elementare definita; il programma calcola automaticamente le soglie (i valori inferiore e superiore da attribuire ad ogni classe elementare, per garantire la distribuzione delle unità territoriali

secondo le percentuali desiderate) e assegna una classe elementare ad ogni unità territoriale.

Il metodo a unità territoriali test consiste invece nel selezionare un certo numero di unità territoriali (almeno pari al numero delle classi) ed assegnare ad ognuna di esse (unità test) un valore della classe. In base a tali valori il programma provvede ad assegnare automaticamente alle altre unità le classi opportune, dopo aver calcolato le soglie interpolando linearmente i valori derivanti dalle unità test.

Dalla classificazione alla zonizzazione

Il passo successivo consiste nella fusione delle zonizzazioni elementari (nel passo precedente se ne prevede la creazione di una per ogni categoria di informazioni) per giungere alla zonizzazione finale.

Nel caso dell'ipotesi precedente, l'unità territoriale cui sono state associate le classi elementari *Molto popolata* e ad *Elevata densità commerciale* potrebbe essere classificata, per esempio, come *Area di intensa attività umana* (zona acustica IV), ma anche come *Area di tipo misto* (zona acustica III). Il modo in cui le diverse zonizzazioni elementari interagiscono per dare il risultato finale può influire molto sulla zonizzazione definitiva.

Per questo motivo il programma mette a disposizione tre metodi per l'assegnazione delle zone acustiche, detti metodo esaustivo, metodo fuzzy e metodo automatico.

Metodo esaustivo

Il metodo esaustivo, come suggerisce il termine stesso, prende in considerazione tutte le possibili combinazioni tra le classi elementari delle diverse categorie utilizzate (per esempio, in una zonizzazione in cui si combinano i dati relativi a quattro categorie, per ciascuna delle quali sono state definite tre classi, si hanno teoricamente 81 possibili combinazioni tra le classi) selezionando solo quelle che effettivamente si verificano e, per ciascuna di esse, chiedendo all'utente di indicare la zona acustica che deve essere assegnata.

Il metodo esaustivo è pertanto un metodo deterministico, in quanto analizza tutti i casi possibili e chiede all'utente di prendere una decisione per ciascuno di essi. Si tratta di un metodo sicuro, poiché, considerando tutte le combinazioni, non lascia nulla al caso, ma può divenire presto ingestibile non appena aumenta il numero di categorie o di classi elementari (con 5 tabelle di 4 classi ciascuna si hanno 1024 possibili combinazioni).

¹ Per comodità, d'ora innanzi si chiamerà "zona acustica" la "classe acustica" definita dal DPCM 14 novembre 1997, mentre il termine "classe" sarà utilizzato per qualificare il peso di un singolo parametro insediativi (popolazione, addetti all'industria, ecc.)

Metodo fuzzy

Il metodo *fuzzy* fa uso di un formalismo matematico detto appunto logica *fuzzy*, molto usato nel campo dell'intelligenza artificiale e dei sistemi esperti, che ben si presta a gestire situazioni di incertezza. L'obiettivo è quello di ridurre il numero di casi da esaminare, troppo elevato nel caso del metodo esaustivo, operando con un metodo probabilistico.

Anziché esaminare ogni possibile combinazione di classi elementari, il metodo *fuzzy* prende in considerazione le singole classi elementari, in modo isolato, e chiede all'utente di indicare con quale probabilità (o fattore di certezza, espresso come numero compreso tra 0 e 100) ciascuna di esse possa essere classificata in ciascuna zona acustica.

Se le classi elementari sono in tutto 20 (5 categorie di 4 classi ciascuna), l'utente deve esaminare 20 casi e, per ciascuno di essi, esprimere tanti fattori di certezza quante sono le zone acustiche. Per esempio, nel caso della classe *Alta densità commerciale*, l'utente potrebbe dire che con probabilità 40 si tratta di *Area di intensa attività umana* (zona acustica IV), con probabilità 30 si tratta di *Area di tipo misto* (zona acustica III) e con probabilità 20 si tratta di *Area prevalentemente residenziale* (zona acustica II).

Una volta forniti tutti i fattori di certezza, il programma li elabora, formulando una proposta di assegnazione di zona acustica per ogni unità territoriale, proposta che l'utente può accettare o modificare liberamente. Dato che la proposta viene elaborata dal programma utilizzando un metodo probabilistico, esso fornisce una stima della bontà della sua previsione, in modo che l'utente possa accettare quelle proposte di assegnazione che presentano un alto fattore di qualità e riesaminare invece quelle proposte che, da un esame della stima di bontà, risultano più incerte.

Questo metodo riduce drasticamente il numero di casi che devono essere esaminati, per contro introduce una certa dose di "rischio", in quanto la bontà del risultato finale è strettamente legata ai fattori di certezza che sono stati forniti al programma e, quindi, è richiesta una certa attenzione nella formulazione di tali fattori e una maggiore conoscenza del territorio che si sta zonizzando.

Metodo automatico

Anche il metodo automatico, così come il metodo *fuzzy*, non costringe l'utente a considerare tutte le combinazioni possibili, ma si limita ad un numero di

casi pari al numero delle classi elementari definite. Viene peraltro introdotta un'ulteriore semplificazione, in quanto non è richiesto l'inserimento di tanti fattori di certezza quante sono le combinazioni fra classi elementari e zone acustiche utilizzate.

L'utente deve unicamente indicare al programma, per ogni classe elementare definita, quali sono le possibili zone acustiche associabili, in ordine decrescente di probabilità.

Nel caso dell'esempio della classe *Molto popolata*, l'utente può individuare nell'*Area prevalentemente residenziale* (zona acustica II) quella più probabile, definendo nel contempo una priorità di secondo livello per l'*Area di tipo misto* (zona acustica III) e di terzo livello per l'*Area di intensa attività umana* (zona acustica IV).

Quando l'utente ha indicato come associare le classi elementari alle varie zone acustiche, il programma sintetizza tali indicazioni applicandole al caso reale.

Se si verificano casi ambigui, per esempio quando ad una certa unità territoriale sono state associate classi elementari a loro volta associate a zone acustiche diverse, il programma li risolve automaticamente ricorrendo ai valori delle priorità definiti per ciascuna categoria. La categoria diventa, pertanto, l'ultima risorsa per dirimere i conflitti più duri.

In definitiva il metodo automatico si propone come soluzione più semplice, eventualmente adottabile in fase di una prima analisi, ma naturalmente, essendo il meno preciso, comporta l'ottenimento di risultati meno attendibili.

Assegnazione delle zone acustiche

Una volta che l'utente ha scelto con quale metodo operare la zonizzazione finale e ha definito tutti i dati necessari (zona acustica da associare ad ogni combinazione possibile di classi, fattori di certezza, ecc.), è possibile lanciare la procedura di mappatura automatica del territorio, con la quale il programma, in base alle indicazioni ricevute, associa le zone acustiche alle singole unità territoriali.

Terminata la procedura di assegnazione, viene visualizzata una tabella che mostra la zona acustica associata a ciascuna unità territoriale, che costituisce il risultato finale voluto.

ELABORAZIONI CON Echozone

Per l'applicazione relativa al Comune di Rovereto sono state effettuate varie ipotesi di calcolo, utilizzando in questo caso i dati alfanumerici relativi al censimento della popolazione e dell'industria del 1991, dai quali sono stati eliminati quelli associati alle attività censite nelle sezioni corrispondenti alla sede legale e non alla sede operativa.. Una prima serie ha riguardato tutte le sezioni di censimento (C = completa), una seconda serie ha riguardato solamente le sezioni non attribuibili direttamente (P = parziale).

Per ogni categoria presa in considerazione (popolazione, industria, commercio e servizi) si è posto il problema di creare delle soglie, al fine di definire per ognuna di esse i *range* di densità associabili alle singole unità territoriali.

Le strade che si sono scelte sono state quella della bilanciatura (B) delle sezioni, sulla base di una distribuzione di tipo gaussiano, e quella della verifica mediante un test (T) su un determinato numero di sezioni note.

La bilanciatura, che meglio ha risposto alle specificità del territorio comunale di Rovereto, è stata operata mediante l'attribuzione del 20% di probabilità ai valori bassi delle categorie (bassa densità), 60% a quelli intermedi e 20% a quelli alti.

Per quanto riguarda la metodologia di calcolo delle zone acustiche sono stati utilizzati i tre metodi implementati nel codice di calcolo di Echozone: metodo esaustivo, metodo automatico e metodo *fuzzy*.

Le elaborazioni hanno quindi riguardato le ipotesi di lavoro indicate nella Tabella 1.

TABELLA 1. Ipotesi di lavoro

| N. | Tipo | Attribuzione soglie | Calcolo | Presenza zona acustica II | Presenza zona acustica III | Presenza zona acustica IV | Presenza zona acustica I | Presenza zona acustica VI |
|----|------|---------------------|------------|---------------------------|----------------------------|---------------------------|--------------------------|---------------------------|
| 1 | P | B 20/60/20 | Fuzzy | 97 | 101 | 42 | - | - |
| 2 | P | B 20/60/20 | Automatico | 80 | 123 | 37 | - | - |
| 3 | P | T | Fuzzy | 194 | 31 | 15 | - | - |
| 4 | P | T | Automatico | 163 | 54 | 23 | - | - |
| 5 | P | B 20/60/20 | Esaustivo | 42 | 72 | 126 | - | - |
| 6 | C | B 20/60/20 | Fuzzy | 99 | 81 | 13 | 4 | 43 |
| 7 | C | B 20/60/20 | Automatico | 57 | 183 | 0 | 0 | 0 |
| 8 | C | T | Automatico | 151 | 89 | 0 | 0 | 0 |
| 9 | C | B 20/60/20 | Esaustivo | 45 | 27 | 168 | 0 | 0 |

Da quanto si può desumere dalla Tabella 1, le metodologie di calcolo che meglio hanno risposto sono state quelle che prevedevano l'elaborazione solamente per le sezioni non attribuibili direttamente. Nel calcolo complessivo su tutte le sezioni, infatti, la presenza di sezioni con destinazione ad area protetta o produttiva ha comportato uno spostamento significativo delle soglie e, conseguentemente, l'impossibilità di classificare correttamente tali sezioni. Infatti, in un solo caso è attribuito un numero di sezioni diverso da zero alle zone I e VI..

Pertanto, la scelta più opportuna è apparsa essere l'assegnazione diretta delle zone I e VI alle sezioni che ne abbiano le caratteristiche, e di procedere con l'elaborazione dei dati sulle rimanenti sezioni per

l'attribuzione delle zone acustiche intermedie (II, III e IV).

Per quanto riguarda la zona acustica V (aree prevalentemente industriali), si è ritenuto di non adottarla per le sezioni del Comune di Rovereto, in quanto sul suo territorio non esistono aree di tipo produttivo caratterizzate da una modesta presenza di nuclei residenziali.

ZONIZZAZIONE ACUSTICA DEFINITIVA

La zonizzazione acustica definitiva è in estrema sintesi la sommatoria di due livelli di classificazione del territorio: il primo relativo all'individuazione di

zone acustiche omogenee compatibili con le destinazioni d'uso urbanistiche, il secondo riguarda la trasposizione su cartografia delle fasce di pertinenza delle infrastrutture per il trasporto.

Zonizzazione di primo livello

Si evidenzia che il primo livello di zonizzazione è il risultato di una più ampia valutazione, effettuata sfruttando al massimo le potenzialità del software *Echozone* e, nel contempo, supportata anche dal confronto con la tabella ottenuta sulla base delle indicazioni della Provincia autonoma di Trento presa a riferimento.

La soluzione che più si attaglia alle caratteristiche del territorio comunale di Rovereto (*ipotesi numero 2*) presenta, comunque, una differenziazione dai valori proposti nella suddetta tabella, essendo questa troppo improntata sull'attribuzione della zona acustica II.

Tale soluzione, simile, peraltro, all'*ipotesi 3*, si presenta come punto di equilibrio fra le esigenze di tutela e la necessità di porre obiettivi perseguibili per la fase di risanamento, essendo, inoltre, caratterizzata da una distribuzione di tipo gaussiano delle zone acustiche.

Modificazione delle zone acustiche

Il confronto della zonizzazione di primo livello con il Piano Regolatore Generale ha comportato un'inevitabile nuova qualificazione sotto il profilo acustico di alcune sezioni di censimento, sia perché dalla data dell'ultimo censimento (1991) ad oggi il tessuto urbanistico si è modificato, sia perché il PRG attuale definisce per il prossimo futuro differenti scenari.

Un'ulteriore motivo di modifica delle zone acustiche di determinate sezioni di censimento è derivato dalla necessità, sottolineata più volte nelle linee guida dell'Agenzia Nazionale per la Protezione dell'Ambiente, di limitare la presenza delle cosiddette microaree, al fine di evitare differenze in misura superiore a 5 dB tra aree contigue, e tenuto conto che il rumore ha bisogno di spazio per decadere.

Tra la prima elaborazione relativa all'*ipotesi 2* e la proposta di zonizzazione definitiva sono stati aggiornati i valori delle zone acustiche di 140 sezioni su 395. Di queste 86 sono state aggiornate in senso conservativo, mentre 54 sono state aggiornate elevando la zona acustica.

Delle zone acustiche soggette a modifica rispetto alla zonizzazione di primo livello solo 41 su 395 sono state modificate di più di una classe, e di queste 23 hanno subito una variazione in senso "conservativo".

TABELLA 2. Variazioni di classe acustica tra il primo ed il secondo livello di zonizzazione

| Delta classe | numero sezioni | numero sezioni totale | Esito |
|--------------|----------------|-----------------------|-----------------------|
| -5 | 0 | | Diminuzione di classe |
| -4 | 1 | | |
| -3 | 7 | 86 | |
| -2 | 15 | | |
| -1 | 63 | | |
| 0 | 255 | 255 | Senza variazioni |
| +1 | 36 | | Aumento di classe |
| +2 | 13 | | |
| +3 | 1 | 54 | |
| +4 | 0 | | |
| +5 | 4 | | |

CONCLUSIONI

La presente proposta di zonizzazione acustica è auspicabile sia approvata dall'Amministrazione comunale nell'ottica di un suo impiego come strumento dinamico di pianificazione, e non come piano finalizzato all'attività di controllo.

Peraltro, si evidenzia che le recenti disposizioni nazionali esaltano il ruolo del cosiddetto criterio differenziale nell'ambito del controllo, limitando contestualmente la valenza dei limiti di zona per contenere i livelli di rumore indotti dalle attività esistenti.

Ai fini della valorizzazione della zonizzazione acustica riveste particolare importanza, come

evidenziato da un regolamento della Provincia autonoma di Trento, lo stretto collegamento con il PRG, soprattutto per dare contenuto alle le fasce di transizione nell'ottica della prevenzione, e per orientare una crescita ordinata del tessuto urbano compatibile con la sempre maggiore richiesta di tutela dall'inquinamento acustico.

La classificazione è un primo passo, finalizzato a definire gli obiettivi in termini di limiti, cui deve seguire il piano di risanamento acustico o quantomeno un programma di interventi, nonché l'aggiornamento del regolamento di polizia municipale per gli aspetti legati alla civile convivenza.

A tale riguardo e a titolo esemplificativo, si cita l'esperienza positiva e lungimirante del Comune di Modena (che si è dotato sia della zonizzazione sia del piano di risanamento), dove sono state introdotte specifiche disposizioni per la tutela dal rumore nelle norme di attuazione del PRG (capo 56–“*Disposizioni per la tutela dall'inquinamento acustico*”), che si reputa dovrebbero essere prese in considerazione almeno per fasce di transizione.

RINGRAZIAMENTI

Si ringraziano sentitamente Giancarlo Anderle e Andrea Boer in qualità di autori del programma *Echozone*.

BIBLIOGRAFIA

1. F. Gerola, L. Mattevi, *Raccolta normativa in materia di inquinamento acustico* (ipertesto su CD-ROM), prodotto dall'Agenzia Provinciale per la Protezione dell'Ambiente.
2. M. Beria d'Argentina, S. Curcuruto, P. Simonetti, *Piani comunali e inquinamento acustico*, Sole 24 ore – Pirola.
3. G. Anderle, P. Simonetti, *La redazione in automatico della zonizzazione acustica in ambiente ARC/INFO*, Atti del XXIV Convegno Nazionale dell'AIA, Trento, 12-14 giugno 1996.
4. ANPA, *Linee guida per l'elaborazione di piani comunali di risanamento acustico*, Roma, febbraio 1998.
5. P. Fausti, P. Miori, R. Pompoli, P. Simonetti, *Piano di risanamento acustico del Comune di Trento: considerazioni preliminari*, Atti del Convegno Nazionale “I piani di risanamento acustico delle aree urbane”, Modena, 22-23 febbraio 1999.
6. P. Simonetti, *Zonizzazione Acustica: tra pianificazione territoriale e risanamento ambientale*, Atti del Convegno Nazionale “Zonizzazione acustica”, Torino, 29 giugno 2000.
7. Comune di Modena – Settore Risorse e Tutela Ambientale, *Piano Comunale di Risanamento Acustico*, dicembre 1998.
8. Comune di Bologna–Settore Territorio e Riqualficazione Urbana, *Piano di Risanamento Acustico*, maggio 1999.
9. Manuale d'uso di *Echozone*.