

## MODELAREA ZGOMOTULUI URBAN GENERAT DE TRAFICUL RUTIER. STUDIU DE CAZ: ZONA CENTRALĂ A MUNICIPIULUI VASLUI

*Ionuț Șorea<sup>a</sup>, Cristian Constantin Stoleriu<sup>a</sup>, Adrian Ursu<sup>a</sup>, Andrei Urzică<sup>a</sup>,  
Gheorghe Romanescu<sup>a</sup>*

<sup>a</sup>Alexandru Ioan Cuza University of Iasi, Faculty of Geography and Geology, Department of Geography, Bd. Carol I 20A, 700505, Iasi, Romania

### INFORMAȚII ARTICOL

#### Cuvinte cheie:

zgomot ambiental,  
trafic rutier,  
QGIS,  
opeNoise

### ABSTRACT

Zgomotul ambiental a devenit în ultimii ani o problemă de mediu intens dezbătută la nivel european, atât cu privire la efectele sale asupra sănătății cetățenilor, cât și la modul în care poate fi redus de către administrațiile locale. La nivelul Uniunii Europene, Directiva 2002/49/CE reprezintă actul normativ care oferă indicații Statelor Membre asupra modului în care se poate modela zgomotul ambiental având ca sursă traficul rutier din aglomerările urbane, traficul feroviar, aerian din vecinătatea aeroporturilor, zgomotul din zonele industriale și cel generat pe drumurile din afara orașelor.

Lucrarea de față urmărește prezentarea unei metode de modelare a zgomotului rutier folosind instrumentul GIS open-source opeNoise v. 1.0. – plugin integrat în QGIS Brighton 2.6.1. Zona studiată este reprezentată de porțiunea centrală a municipiului Vaslui, delimitată de Bd. Traian, Str. Ștefan cel Mare, Str. Alecu Donici, Str. Nicolae Iorga și Str. Victoriei. Pentru crearea hărților strategice de zgomot pe baza cărora se vor putea identifica zonele cu nivel ridicat de zgomot s-au integrat în plugin-ul de cartografiere acustică date de ordin spațial precum geometria rețelei stradale sau cea a clădirilor.

## Introducere

Poluarea fonică reprezintă o problemă de mediu actuală a lumii contemporane în contextul în care transportul și urbanizarea s-au extins enorm ca fenomene conexe globalizării. Sursele de producere ale zgomotului ambiental sunt reprezentate de elemente precum traficul rutier pe drumurile principale și în aglomerațiile

urbane, feroviar, aerian în vecinătatea aeroporturilor și cel produs de zonele industriale. În mediul urban, infrastructura rutieră reprezintă sursa cea mai importantă generatoare de zgomot ambiental (Murphy E. et al., 2006). În acest sens, conform precizărilor Comisiei Europene, aprox. 50 milioane de persoane care locuiesc în zone urbane sunt afectate de trafic pe timp de noapte, în timp ce 20 milioane dintre

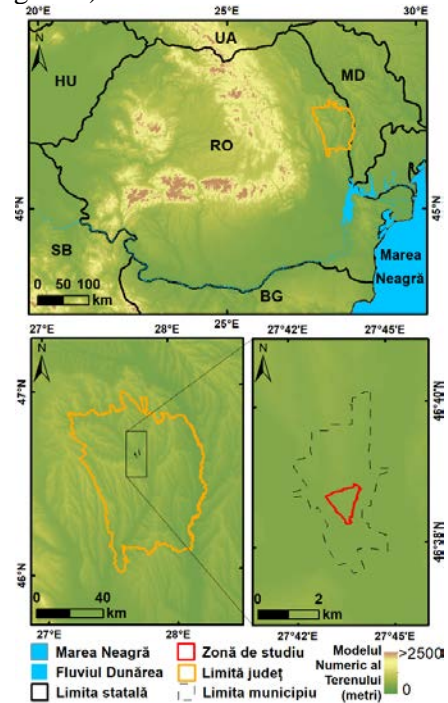
acestea au probleme de sănătate din această cauză. Pentru luarea de măsuri de combatere a zgomotului ambiental și realizarea planurilor de acțiune, se cere crearea hărților strategice de zgomot. Acestea sunt reprezentări cartografice care redau nivelurile de zgomot în funcție de sursa de producere a acestuia. O astfel de hartă este concepută pentru evaluarea globală a expunerii populației la zgomotul ambiental.

Realizarea hărților strategice de zgomot pentru aglomerările urbane oferă o serie de avantaje la nivelul planificării teritoriale, printre care se numără: modelarea zgomotului în vederea construirii de noi zone rezidențiale, informarea populației cu privire la nivelurile de zgomot în zonele de interes, depistarea zonelor liniștite și păstrarea lor ca atare sau crearea de noi zone de acest fel, stabilirea arterelor stradale cu nivel ridicat al zgomotului și simularea efectelor unor eventuale metode de diminuare a nivelului zgomotului.

Tema abordată în lucrare a fost aleasă plecând de la actualitatea problemei poluării fonice. La nivel european, Directiva 2002/49/CE oferă principii directoare pentru Statele Membre ale Uniunii Europene cu privire la zgomotul ambiental, în vederea întocmirii hărților strategice de zgomot de către cele din urmă. În România, Directiva este transpusă în legislația națională prin Hotărârea de Guvern nr. 321/2005, reactualizată în 2013.

Scopul lucrării îl reprezintă prezentarea metodologică a modelării zgomotului provocat de traficul rutier folosind instrumentul GIS open-source openNoise v. 1.0. – plugin integrat în QGIS Brighton 2.6.1. Modelarea zgomotului ține cont, în proporții diferite, de elementele cadrului natural.

Municipiul Vaslui este poziționat la intersecția paralelei de 46°39' lat. N cu meridianul de 27°44' long. E, la contactul dintre Podișul Central Moldovenesc și Colinele Tutovei. Relieful actual derivă dintr-o câmpie sarmato-pliocenă, înălțată epirogenetic, transformată într-o regiune de dealuri și coline (Mocanu A., 2008) (Figura 1).



**Figura 1** Localizarea fizico-geografică a județului Vaslui și a zonei de studiu în cadrul României

Caracteristicile generale ale reliefului imprimă vetrei orașului și tramei sale stradale trăsături morfometrice care inevitabil vor influența traficul rutier, în ciuda modificărilor antropice și lucrărilor geotehnice realizate pentru construcția blocurilor, dezvoltarea sistemului tehnico-edilitar sau definitivarea rețelei stradale. Caracteristicile generale ale reliefului zonei municipiului Vaslui sunt puternic influențate de structura geologică

monoclinală specifică Podișului Bârladului, unitatea de relief de rang superior în care este încadrat orașul. Agenții de eroziune sunt cei care au definitivat forma actuală a reliefului.

În dealurile din împrejurimile municipiului Vaslui întâlnim altitudini maxime mai mult sau mai puțin cuprinse în intervalul 200-300 m. Astfel, la vest de oraș, lângă localitatea Rediu întâlnim Dealul Ghoerghițoaiei-Rediu (198 m), în continuarea căruia, la nord-vest, se desfășoară Dealul Brodoc (220 m).

Aspectele climatice reprezintă la rândul lor elemente ce influențează modelarea zgomotului. Elementele climatice au un efect cu atât mai mare asupra receptorului cu cât sursa de zgomot se află la o distanță mai mare de acesta, în cazul distanțelor mici (în general mai mici de 100 m), efectul fiind neglijabil (Rasmussen R.O. et al., 2007).

Temperatura aerului reprezintă un factor de corecție pentru modelarea zgomotului. Mecanismul care stă la baza propagării sunetelor la temperaturi diferite ale aerului este refracția. Valoarea zgomotului produs de autovehicule este mai ridicată la temperaturi mai scăzute (Subramani T. et al., 2012, Bendtsen H. et al., 2009, Mioduszewski P. et al., 2014). Pentru municipiul Vaslui, temperatura medie anuală este de 9,4°C, apropiată de media națională de 9,5°C (Larion D., 2004).

Nivelul de zgomot este direct proporțional cu valoarea umezelii relative a aerului, astfel încât acesta crește când umezeala relativă este ridicată (Subramani T. et al., 2012). Pentru municipiul Vaslui, media multianuală a umezelii relative este una redusă, având valoarea de 73% (Larion D., 2004). Vegetația urbană reprezintă și

ea un important factor de corecție al nivelelor de zgomot. Benzile de arbori, parcurile de cartier și spațiile verzi publice au capacitatea de a absorbe sau de a reflecta în proporții diferite zgomotul pe direcția sursă – receptor (Yang H.S., 2013). Pe raza municipiului există mai multe parcuri, dintre care cele mai extinse sunt: Parcul Copou (11 ha), Parcul Tineretului (cu Teatrul de Vară) și Parcul Movas (în zona foste fabrici de mobilă).

Solul poate avea capacitatea de a absorbe zgomotul în funcție de gradul de porozitate, e adevărat că într-o proporție mai mică decât vegetația arborescentă în mediul urban (Yang H.S., 2013).

Zona de studiu reprezintă porțiunea centrală a municipiului Vaslui, fiind delimitată la nord de Str. Alecu Donici, Str. Nicolae Iorga și Str. Victoriei, la vest și sud-vest de Bulevardul Traian, în timp ce limita de est o reprezintă Str. Ștefan cel Mare, cuprinzând în limitele sale principalele instituții politico-administrative ale municipiului (Figura 2).

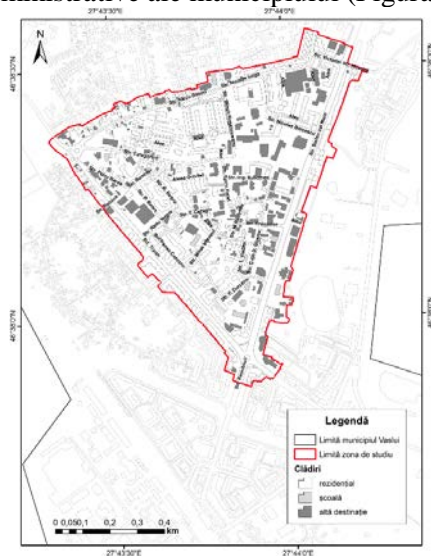


Figura 2 Localizarea zonei de studiu în cadrul municipiului Vaslui

## Materiale și metode

Metodologia de lucru poate fi divizată între trei mari părți, după cum urmează:

- Crearea bazei de date spațiale (clădiri și rețea stradală) și integrarea datelor de trafic obținute în teren;

- Procesarea datelor în plugin-ul opeNoise în vederea calculului indicatorilor de zgomot;

- Procesarea datelor de ieșire obținute în urma rulării plugin-ului și obținerea hărților strategice de zgomot finale.

Datele de ordin spațial ce stau la baza oricărei cartografieri acustice sunt date de tip vectorial având atribuite informații folosite ulterior de soft-urile specializate în domeniu. Corectitudinea unei astfel de baze de date este prin urmare esențială. La nivelul României, totuși datele de acest fel lipsesc de cele mai multe ori. În cazul datelor de trafic rutier, situația este una cu mult mai negativă.

Programul folosit pentru generarea valorilor indicatorilor de zgomot este unul de tip open-source. Rezultatul final obținut în urma rulării lui nu este harta strategică de zgomot propriu-zisă, astfel încât un ultim pas metodologic a fost reprezentat de interpolarea valorilor decibelilor din diferite puncte din zona de studiu.

Baza de date necesară modelării zgomotului generat de traficul rutier pe zona de studiu aleasă a fost alcătuită din două mari seturi de date:

- Date spațiale ca date de bază pentru modelarea zgomotului (rețeaua stradală digitizată sub formă de polilinii și clădirile din zona de studiu sub formă de poligoane);

- Date privitoare la traficul rutier din zona de studiu, obținute prin cercetare de teren și atribuite fișierului cu extensia .shp descriind rețeaua stradală.

Primul pas în generarea bazei de date spațiale a fost reprezentat de crearea suportului digitizării clădirilor și rețelei stradale. La baza acestuia au stat ortofotoplanurile publicate în mediul online de Agenția Națională de Cadastru și Publicitate Imobiliară (ANCPI) pe website-ul propriu, dar nedescărcabile. Folosind site-ul oficial, s-au realizat capturi de ecran pentru ortofotoplanurile din anul 2016. În continuare, ortofotoplanul obținut pentru zona de studiu a fost georeferențiat. Metoda folosită a fost cea a georeferențierii prin puncte de corespondență. Punctele sursă au fost extrase din Google Earth. Acestea au fost alese în prealabil în funcție de situarea lor la intersecție de drumuri bine delimitate atât pe imaginea satelitară din Google Earth, cât și pe ortofotoplan.

După georeferențierea ortofotoplanului, următorul pas a constat în crearea propriu-zisă a bazei de date spațiale reprezentând elementele definitorii modelării zgomotului: clădirile și rețeaua stradală din zona de studiu.

Rețeaua stradală a fost inițial digitizată sub formă de poligon, dar mai apoi a fost transformată în polilinii pentru a putea fi integrată în mediul opeNoise. Atât forma clădirilor, poziționarea acestora, cât și forma poligoanelor reprezentând străzile din zona de studiu au fost confirmate prin imagini satelitare de arhivă din Google Earth sau imagini obținute prin Google Street View și Google Maps. În continuare, în tabela de attribute ale celor două shapefile-uri s-au integrat câmpurile considerate necesare îndeplinirii scopului lucrării. Fișierului rețelei stradale i-a fost generată tabela de attribute conform cerințelor din plugin-ul opeNoise, aceasta din urmă fiind compusă din câmpuri populate cu date obținute din teren și

extrapolate sau cu date obținute din legislație sau hărți generate pe baza modelului numeric al terenului (Figura 3).

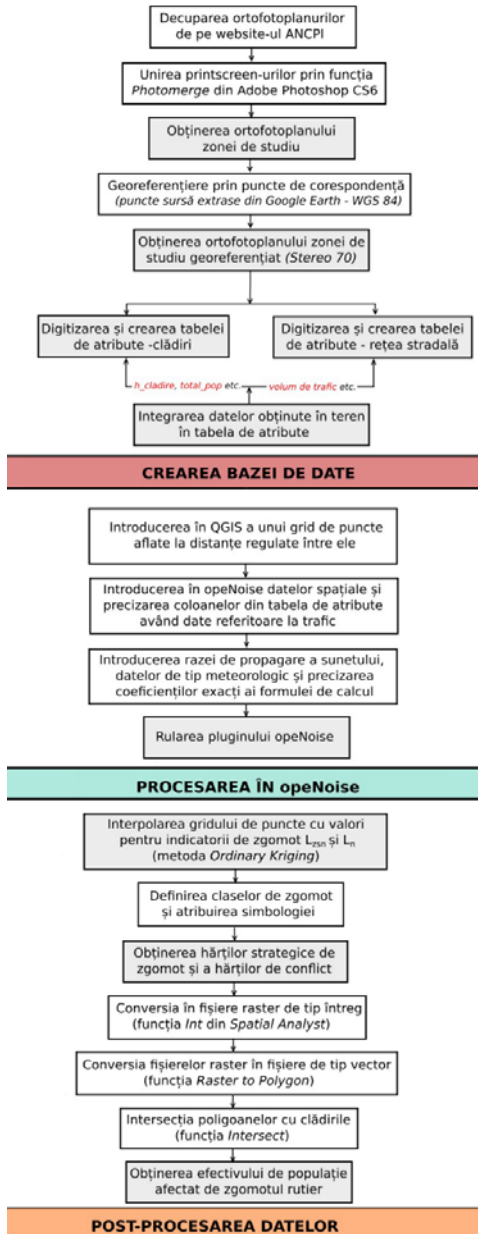


Figura 3 Schemă metodologică pentru modelarea zgomotului folosind plugin-ul opeNoise

Programul folosit pentru procesarea datelor și calculul indicatorilor de zgomot L<sub>zsn</sub> și L<sub>noapte</sub> a fost plugin-ul opeNoise integrat în soft-ul open source QGIS Brighton 2.6.1. Versiunea de plugin instalată în QGIS a fost v. 1.0.

Metoda interimară de calcul pentru indicatorii de zgomot L<sub>zsn</sub> și L<sub>noapte</sub> utilizată de plugin-ul opeNoise este metoda națională franceză de calcul „NMPB Routes-96 (SETRA-CERTU-LCPCSTB)”, menționată în Hotărârea din 5 mai 1995 referitoare la zgomotul produs de traficul peinfrastructurile rutiere, Jurnalul Oficial din 10 mai 1995, art. 6, și standardul francez XPS 31-133, întocmai cu precizările Directivei Europene nr. 49 din 2002.

Fișierul rețelei stradale introdus în plugin-ul opeNoise a fost de tip polilinii. Pentru simplificare, străzile au fost digitizate plecând de la axul central al carosabilului, printr-o singură linie. În condițiile în care se vrea creșterea acurateței, străzile se pot reprezenta prin două linii, una pentru fiecare sens (linii desenate pe mediana sensului de mers). Totuși, legislația din domeniu nu obligă digitizarea străzilor după sensul de mers. Pe lângă străzi, am simplificat și digitizarea sensurilor giratorii. Posibilitatea simplificării în digitizarea rețelei stradale este enunțată și în Ghidul Comisiei Europene, cu specificarea că aceasta va genera o mică abatere de la realitate (acuratețe de 1 dB). Metoda de calcul a indicatorilor de zgomot folosită de opeNoise necesită delimitarea străzilor în segmente. Acestea au fost definite în funcție de existența intersecțiilor cu alte străzi. Pentru integrarea în opeNoise, a fost necesară introducerea volumului de trafic (numărul autovehiculelor) ușor și greu,

pentru fiecare segment de stradă în parte. Aceste valori au fost obținute ca medie orară pentru intervalele de timp precizate în Anexa 1 a Directivei nr. 49/2002/CE și în H.G. 321/2005, reactualizată în 2013 (Tabel 1).

**Tabel 1 – Intervalele orare pentru obținerea datelor despre volumul de trafic**

Indicator	Interval de timp
L <sub>zi</sub>	7:00 – 19:00
L <sub>seară</sub>	19:00 – 23:00
L <sub>noapte</sub>	23:00 – 7:00

De asemenea, fișierului rețelei stradale i s-a atribuit informații legate de caracteristicile acustice ale carosabilului, numărul de benzi, viteza de circulație a autovehiculelor, tipul fluxului de trafic sau profilul longitudinal al drumurilor.

Înainte de începerea calculului propriu-zis, în opeNoise a fost introdus un grid de puncte aflate la distanțe regulate unele de altele (3 m măsuțați în teren) (Asensio, C. et al., 2011). Odată introduse toate variabilele cerute, plugin-ul creează puncte de recepție a zgomotului pe fațadele clădirilor și distribuie niveluri de zgomot fiecărui punct în parte din gridul de puncte regulate introdus inițial, folosindu-se de razele de sunet directe și de difracție generate de sursele de tip linie (străzile).

Formula calcului nivelurilor de zgomot pentru L<sub>zi</sub>-seară-noapte (indicator asociat disconfortului acustic general) este cea precizată în standardul francez XPS 31-133 (preluată fiind și în H.G. 321/2005), și anume:

$$L_{zsn} = 10 \cdot \lg \frac{1}{24} \left( 12 \cdot 10^{\frac{L_{zi}}{10}} + 4 \cdot 10^{\frac{L_{seară}+5}{10}} + 8 \cdot 10^{\frac{L_{noapte}+10}{10}} \right) \quad (1)$$

unde: L<sub>zsn</sub> = indicator acustic pentru ziua calendaristică, L<sub>zi</sub> = indicator acustic

pentru intervalul orar 7<sup>00</sup>-19<sup>00</sup>, L<sub>seară</sub> = indicator acustic pentru intervalul orar 19<sup>00</sup>-23<sup>00</sup>, L<sub>noapte</sub> = indicator acustic pentru intervalul orar 23<sup>00</sup>-7<sup>00</sup>.

Rezultatul final obținut în opeNoise este un grid cu puncte regulate care are atribuit valori pentru indicatorii L<sub>z</sub>, L<sub>s</sub>, L<sub>n</sub> și L<sub>zsn</sub> pentru fiecare punct în parte. Plugin-ul mai poate permite atașarea simbologiei standard pentru o modelare a zgomotului (clasele de 5 dB(A) și culorile specifice), dar nu oferă posibilitatea generării hărții strategice de zgomot propriu-zise.

Fișierul nou obținut a fost transferat din QGIS în ArcGIS, unde pentru generarea hărții de zgomot s-au interpolat punctele obținute în etapa precedentă de lucru, folosindu-se metoda Ordinary Kriging. Ultimul pas a însemnat definirea claselor de niveluri ale zgomotului conform legislației în vigoare și atribuirea simbologiei (Figura 4).



**Figura 4 Fluxul de lucru în cartografierea zgomotului și rezultatele acestuia (grid cu puncte regulate - puncte având niveluri de dB(A) și simbologie atașate - harta strategică de zgomot)**

## Rezultate și discuții

Modelarea zgomotului generat de traficul rutier pe zona de studiu a fost executată cu ajutorul plugin-ului opeNoise v. 1.0. integrat în soft-ul QGIS 2.6.1. bazându-se pe Metoda interimară de calcul NMPB Routes-96 și Standardul francez XP S31-133, conform metodologiei prezentate în capitolul III. Au fost calculate nivelurile de zgomot provenite de

la traficul rutier până la distanța de 100 metri de o parte și de alta a unui drum.

Pentru hărțile strategice de zgomot rutier valoarea maximă obținută pentru Lzsn este de 82,7 dB(A), în timp ce pentru Ln este de 74,06 dB(A).

Pentru indicatorul de zgomot Lzsn, valorile cele mai mari ale zgomotului își găsesc sursa în traficul de pe Str. Ștefan cel Mare și Bd. Traian (75-80 dB(A)), repartizate uniform, cu o singură mare excepție – Str. Ștefan cel Mare în zona

Pieței Civice, unde valorile Lzsn sunt de peste 80 dB(A). Acestea din urmă sunt generate de existența unui carosabil din pietre de pavaj, mai zgomotos decât asfaltul.

Pentru Str. Călugăreni și Str. Alecu Donici continuată de Str. Nicolae Iorga și Str. Victoriei, indicatorul Lzsn prezintă valori medii cuprinse între 65-70 dB(A), cu porțiuni ce pot depăși 70 dB(A) la sursă (Figura 5).

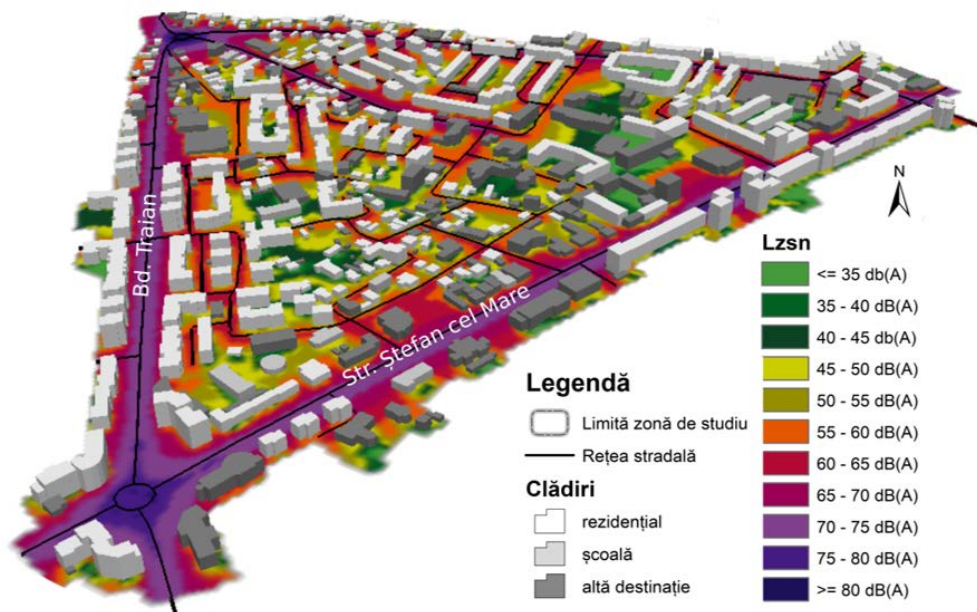


Figura 5 Modelarea 3D a clădirilor din zona de studiu – indicatorul Lzsn

Pentru harta strategică de zgomot generată pentru indicatorul Ln, avem cea mai mare parte a zonei de studiu cuprinsă în intervalul de valori 45-55 dB(A). Zonele rezidențiale prezintă valori de chiar sub 40 dB(A), în timp ce străzile rezidențiale au valori medii de 50-55 dB(A).

Din nou, valorile cele mai mari se regăsesc pe Bd. Traian și Str. Ștefan cel Mare, străzile cu cel mai mare volum de trafic din zona de studiu, demonstrând

importanța relației volum de trafic – zgomot rutier. Acestea prezintă valori medii de 60-65 dB(A), având mici porțiuni cu valori de peste 65 dB(A), cea mai concludentă porțiune fiind din nou zona Pieței Civice cu carosabilul din pietre de pavaj. Străzile jucând rol de limită nordică a zonei de studiu, dar și Str. Călugăreni terminată la intersecția cu Str. Mihail Kogălniceanu (sens unic), au valori ale Ln cuprinse între 55-60 dB(A) (Figura 6).

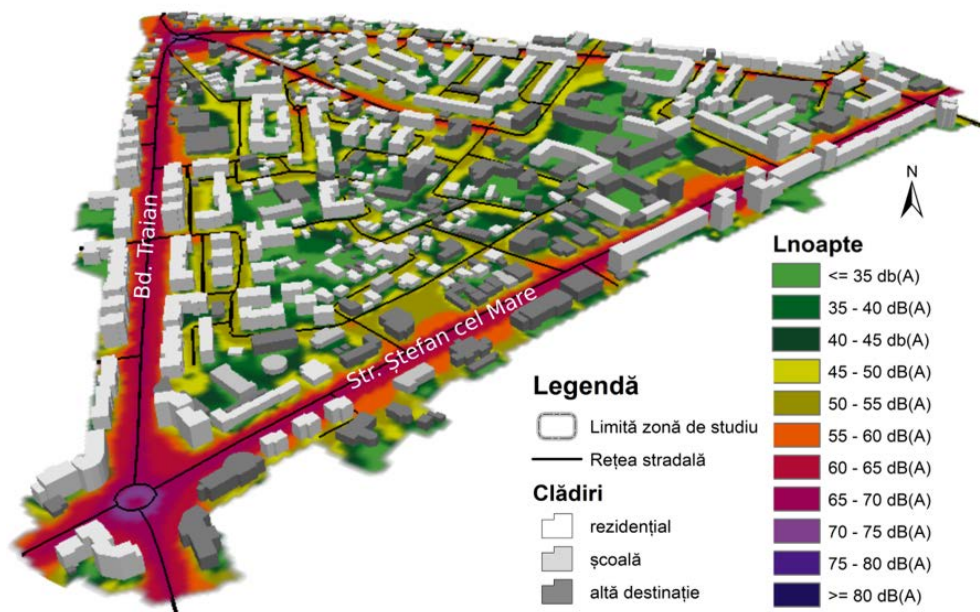


Figura 6 Modelarea 3D a clădirilor din zona de studiu – indicatorul Ln

Modelarea actuală a zgomotului reprezintă o modelare 2D, implicând anumite dezavantaje precum:

- Redarea cartografică a informațiilor despre nivelurile de zgomot la o înălțime fixă (4 m de la sol). Zgomotul se propagă în toate direcțiile, la fel și impactul acestuia, astfel încât estimarea efectivului populației afectate prezintă abateri;

- Luarea deciziilor se ia pe baza cartografierii zgomotului la o înălțime fixă. Măsurile de reducere ale problemelor generate de poluarea fonică ar trebui să fie fundamentate de un studiu al propagării zgomotului la toate nivelurile de înălțime (Kurakula V., 2007).

Principalul inconvenient în realizarea hărților strategice de zgomot folosind plugin-ul openNoise îl reprezintă faptul că în modelarea propriu-zisă nu au putut fi integrate propriu-zis elemente ce țin de propagarea zgomotului altele decât clădirile în sine. Astfel, suprafețele absorbante reprezentate de spațiile verzi și

de benzile de arbori nu au putut fi folosite pentru a corecta nivelurile de zgomot obținute. Corecția în sine nu este una foarte mare, dar anumite areale din zona de studiu ar putea fi caracterizate de valori mai mici ale nivelurilor de zgomot rutier în urma aplicării elementelor corective.

Rezultatele obținute în urma rulării unor soft-uri de cartografiere acustică, fie ele licențiate sau de tip open-source, oferă o acuratețe destul de ridicată fiind compatibile cu diferite formate de baze de date. Din această cauză, acestea sunt adesea folosite de autoritățile locale în demersul lor de gestionare a zgomotului ambiental (Bilașco Ș. et al., 2017).

## Concluzii

Finalitatea lucrării o reprezintă realizarea hărților strategice de zgomot pentru zona de studiu – porțiunea centrală a municipiului Vaslui – pentru cei doi



indicatori de zgomot L<sub>zsn</sub> și L<sub>noapte</sub>. Aceștia sunt cei mai importanți doi indicatori în contextul în care zgomotul poate perturba activitățile umane din timpul zilei, dar și somnul din timpul nopții.

Metodologia folosită în lucrarea de față prezintă atât puncte tari, cât și puncte slabe în încercarea acesteia de a cartografia zgomotul având ca sursă traficul rutier din zonele urbane. Folosindu-se de un plugin integrat într-un program de GIS open-source, metodologia poate fi folosită de publicul larg, cu condiția deținerii unui nivel mediu de cunoștințe în utilizarea Sistemelor Informaționale Geografice. Aceasta prezintă ca metodă interimară de calcul metoda franceză NMPB Routes-96, cea omologată de Comisia Europeană, și folosită de altfel și autoritățile române. Introducerea datelor de ordin spațial și a celor legate strict de traficul rutier se face în mod similar cu programele de modelare acustică licențiate.

Totuși, folosirea plugin-ului opeNoise prezintă și puncte slabe, dintre care cele mai importante fiind cele legate de factorii de corecție în propagarea zgomotului. Plugin-ul nu permite integrarea efectului vegetației în modelare, cunoscut fiind faptul că vegetația urbană reprezintă o suprafață ce poate absorbi și/sau reflecta sunetul. Neintegrarea topografiei zonei de studiu în modelare reprezintă un alt minus, în contextul în care formele de relief cu altitudini relative importante pot juca rol de barieră în calea zgomotului.

O altă abatere cu efect în acuratețea modelării o reprezintă și faptul că plugin-ul nu permite decât calcularea difracțiilor laterale ale sunetului, nu și pe cele verticale sau reflexiile. De asemenea, faptul că

modelarea generată este una 2D aduce mici erori, acest fapt în special în contextul unei estimări ulterioare a efectivului de populație afectată de zgomotul rutier. Totuși, recomandările Comisiei Europene sunt la rândul lor fundamentate pe o modelare a zgomotului la nivelul de 4 m înălțime, astfel încât o modelare 3D reprezintă doar o sporire a acurateții, nu și o neconformare în raport cu legislația în vigoare. Nu în ultimul rând, un alt dezavantaj îl reprezintă incapacitatea pluginului de a genera hărțile de zgomot în mod independent.

## BIBLIOGRAFIE

---

- Asensio, C., Ruiz, M., Pavon, I., Recuero, M. (2011). *Uncertainty in Noise Maps Isolines: The Effect of the Sampling Grid*. Acta Acustica united with Acustica, 97, 237-242. DOI: 10.3813/AAA.918403
- Bendtsen, H., Lu, Q., Kohler, E. (2009). *Temperature influence on road traffic noise, Californian OBSI measurement study, Report 169*. Road Directorate, Danish Road Institute
- Bilașco, Ș., Govor, C., Roșca, S., Vescan, I., Filip, S., Fodorean, I. (2017). *GIS model for identifying urban areas vulnerable to noise pollution: case study*. Front. Earth Sci. 2017, 11(2): 214–228. DOI: 10.1007/s11707-017-0615-6. Higher Education Press and Springer-Verlag Berlin Heidelberg
- Comisia Europeană (2003). [European] Commission Recommendation of 6 August 2003 (2003/613/EC) concerning the guidelines on the revised interim computation methods for industrial noise, aircraft noise, road

- traffic noise and railway noise, and related emission data
- Guvernul României (2005). Hotărârea de Guvern nr. 321 din 14.04.2005 (M.O. nr. 19/10.01.2008) privind evaluarea și gestionarea zgomotului ambiant, reactualizată prin Hotărârea de Guvern nr. 1260 (M.O. nr. 15/19.01.2013)
- Kurakula, V. (2007). *GIS-Based Approach for 3D Noise Modelling Using 3D City Models*. International Institute for Geo-Information Science and Earth Observation, Enschede, The Netherlands
- Larion, D. (2004). *Clima municipiului Vaslui*. Iași: Ed. Terra Nostra
- Mioduszewski, P., Taryma, S., Wozniak, R. (2014). *Temperature influence on type/road noise of selected tyres*. Inter-noise. Melbourne, Australia
- Mocanu, A. (2008). *Modul de utilizare a terenului și studiul calității solului în municipiul Vaslui*. Iași: Ed. Universitatea Alexandru Ioan Cuza
- Murphy, E., Rice, H., Meskill, C. (2006). *Environmental noise prediction, noise mapping and GIS integration: the case of inner Dublin, Ireland*. East-European Acoustical Association. 8th International Transport Noise and Vibration Symposium, St. Petersburg
- Parlamentul European (2002). Directiva 2002/49/CE a Parlamentului European și a Consiliului din 25 iunie 2002 privind evaluarea și gestionarea zgomotului ambiant
- Rasmussen, R.O., Bernhard, R.J., Sandberg, U., Mun, E.P. (2007). *The Little Book of Quieter Pavements*. Washington D.C.: FHWA, The Trantsec Group.
- Subramani, T., Kavitha, M., Sivaraj, K.P. (2012). *Modeling Of Traffic Noise Pollution*. International Journal of Engineering Research and Applications, 2(3), 3175-3182
- Yang, H.S. (2013). *Outdoor noise control by natural/sustainable materials in urban areas*. The University of Sheffield, School of Architecture (teză de doctorat)