

Iskustvo u primeni softvera za modelovanje buke

Dejan Todorović

Sadržaj — SoundPLAN, softver za modelovanje buke, u upotrebi je od 1987 godine, i trenutno je aktuelna verzija 7. Softver je u svemu zasnovan na važećim standardima, kako sa aspekta metode proračuna, tako i ocene ugroženosti bukom. Tokom višegodišnjeg iskustva na rešavanju problema buke u životnoj sredini, autor rada je koristio i softver SoundPLAN. Projektantski izazovi obuhvatali su probleme saobraćajne buke (drumski i vodeni saobraćaj), buke tokom izgradnje, buke mašinskih sistema i jedne vetrogeneratorske farme. U radu je dat detaljan postupak rada sa softverom i prikazani su neki od rezultata simulacije.

Gljučne reči — Acoustics, Noise Control, Software Modeling.

I. UVOD

SOUNDPLAN je savremeni softver za modelovanje i mapiranje buke koji se razvija već više od 20 godina. Softver je u potpunosti modularan i sastoji se od sledećih celina:

- Biblioteka
- Geometrija modela
- Modul za proračun
- Dizajn zvučnih zaklona
- Ekspertski modul za industrijsku buku
- Buka u okruženju, građevinska akustika -spolja
- Prikaz rezultata tabelarno i grafički 2D i 3D

Metod koji softver SoundPLAN koristi za proračun nivoa zvučnog polja zasnovan je na aproksimacijama datim u okviru važećih standarda. Aproksimacije su rezultat kompromisa brzine izračunavanja i kvaliteta, ali sa prihvatljivim odstupanjima. Rezultat dobijen primenom aproksimacije se ne razlikuje od proračuna dobijenog primenom fizičkih zakona prostiranja zvuka za više od 0,2 dB što je odlična tačnost proračuna.

Softver implementira sledeće standarde, prema tipu izvora i proračuna nivoa buke:

a) Za buku saobraćaja, koristi se metod proračuna u skladu sa "NMPB-Routes-96 [SETRACERTU-LCPC-CSTB]" naveden u "Arrete du 5 mai 1995 relatif au bruit des infrastructures routieres, Journal Officiel du 10 mai 1995, article 6" i francuski standard "XPS 31-133".

b) Za proračun buke železnice, metod je prema holandskom 'Reken- en Meetvoorschrift

Railverkeerslawaaai '96, Ministerie Volkshuisvesting, RUimtelijke Ordening en Milieubeheer, 20 November 1996'.

c) Za modelovanje buke avionskog saobraćaja evropski standard ECAC.CEAC Ooc.29 "Report on Standard Method of Computing Noise Contours Around civil Airports," 1997.

d) Za proračun industrijske buke ISO 9613-2: Acoustics- Abatement of sound propagation outdoors, Part 2: General method of calculation".

Osim navedenih [1], SoundPLAN softver podržava brojne nacionalne standarde, pa je u svemu prilagođen projektantima-korisnicima.

Činjenica je da, da bi se odredila vrednost nivoa zvuka, odnosno buke, najobjektivnije je koristiti rezultate merenja. Industrijskim razvojem, povećanjem gustine naseljenosti i saobraćaja, sve češće se javlja potreba za informacijama o nivoima buke u životnoj sredini, a ne postoje metode za efikasno merenje na velikim površinama (celih gradova, u blizini saobraćajnih puteva, industrijskih naselja itd.). Ukoliko se u okruženju pojavi (ili planira) novi izvor buke, poznate akustičke snage, ili ukoliko se merenjem na lokaciji pokaže da izvor buke ne zadovoljava za primenu prema zahtevima, neophodno je da se projektuju mere zvučne zaštite. Primenom metoda za proračun nivoa buke i izračunavanjem, moguće je doći do podataka o nivou buke u zonama od interesa. Potreba da se građanima dostave informacije o nivou buke, koja domonantno potiče od saobraćaja i industrije, prepoznata je u prethodnom periodu i pretočena u direktivu Evropske Komisije i Evropskog Parlamenta 2002/49/EC. Softver SoundPLAN u potpunosti odgovara zahtevima direktive [2].

II. POSTUPAK RADA SA SOFTVEROM SOUNDPLAN

Modelovanje zvučnog polja započinje formiranjem Geo-Database, 3D modela koji sadrži detaljne informacije o okruženju, visinske kote ili izohipse terena, objekte, sve podatke o izvorima buke sa njihovom geometrijom, podatke o zvučnim zaklonima i čitav niz podataka koji su od interesa za proračun. Softver ima velike mogućnosti importovanja različitih tipova fajlova u kojima se nalaze podaci o terenu i objektima. U okviru grafičkog interfejsa definiše se i kalkulaciona površina, koja opet može biti u formi tačaka (van ili unutar objekata), horizontalnih ili vertikalnih površina ili delova fasada objekata. Kvalitetno formiran 3D model i tačni podaci o izvorima buke preduslov su da se postigne relevantan rezultat proračuna.

Potpunu finansijsku podršku ovom radu obezbedili su

Dirigent Acoustics, SRB i SoundPLAN International LLC, USA
D. T. Autor, Dirigent Acoustics doo, Srbija, telefon: +381 63 278 841;
e-mail: dgtdjejan@yahoo.com

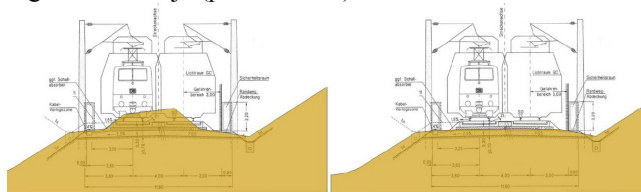
Osim navedenog, ovaj interfejs pruža mogućnost da se podaci o izvoru buke (saobraćajnice) unose u formi protoka, brzine i zastupljenosti tipova vozila u određenim vremenskim periodima. Ovaj alat se može kalibrirati merenjem buke i brojanjem saobraćaja na terenu, čime se postižu najbolji rezultati simulacije.

Svi podaci o izvorima buke, njihova akustička snaga ili izmerene vrednosti nivoa na određenom rastojanju, usmerenost itd. mogu se preuzeti iz biblioteke programa. Biblioteka sadrži veliki broj raznorodnih izvora, ali se po potrebi veoma lako može dopuniti novim podacima koje unosi korisnik.

Što se tiče objekata i terena, u biblioteci se nalaze podaci o koeficijentima apsorpcije, transmisije i slabljenja zvuka za širok spektar materijala koji su u svakodnevnoj upotrebi u industriji građevinskih materijala, visoko ili niskogradnji. I ovaj, kao i svi drugi delovi biblioteke se mogu jednostavno dopunjavati podacima korisnika.

Prilikom definisanja izvora buke, od značaja je i dnevni histogram, koji definiše vremenske intervale rada pojedinih izvora.

Kada je model u potpunosti definisan, u skladu sa postavljenim zahtevima vrši se proračun. Prvobitni proračun se odnosi na model terena (koji je neophodno proračunati na osnovu unetih podataka), kada se formira detaljan oblik terena u zoni proračuna, sa alatima za logične korekcije (primer: Sl. 1).



Sl. 1. Korekcija terena (levo – pre, desno – posle)

Proračun koji radi u skladu sa aproksimacijama navedenim u standardima u uvodu može da se vrši za spoljnu, unutrašnju ili avionsku buku za pojedinačne prijemne tačke, linije, površine, mape itd. u zavisnosti od zahteva projekta. Podešava se gustina tačaka proračuna, bira se standard koji se primenjuje i mnogo drugih parametara koji zavise od slučaja do slučaja.

III. PREGLED SLUČAJEVA

Autor je imao priliku da navedeni softver koristi za širok dijapazon praktičnih problema buke, od strategijskih karti buke gradskih četvrti, do sasvim praktične primene softvera za potrebe rešavanja problema buke pojedinačnog izvora ili grupe izvora u gradskoj sredini. Svi primeri navedeni u pregledu slučajeva su lično iskustvo autora ovog rada.

A. Porto Montenegro [3]

Jedan od prvih projekata koji je realizovan softverom SoundPLAN je rekonstrukcija vojne baze „Arsenal“ u Tivtu (MNE) za potrebe izgradnje marine za jahte (Sl. 2).



Sl. 2. Fotografija izgrađene marine u Tivtu (MNE)

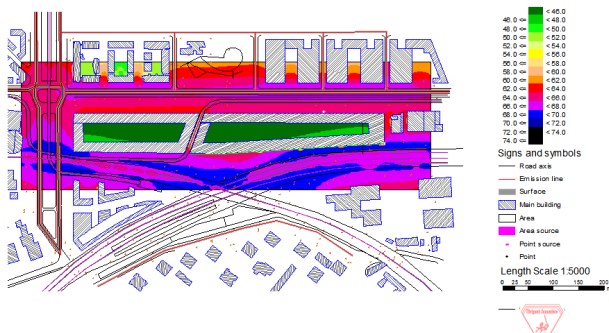
Ovakav projekat je kombinacija lokalne strategijske mape buke i analize uticaja na životnu sredinu (sa aspekta buke) gradilišta. Dakle, sam projekat je obuhvatao dve celine, proračun buke u naseljenim mestima u neposrednoj blizini buduće marine tokom rekonstrukcije i kasnije, tokom eksploatacije marine. Kako je u pitanju turistička oblast, problem buke, koji je dominantan tokom radova na rekonstrukciji je veoma osetljivo pitanje, uzimajući u obzir i činjenicu da je gradilište bilo otvoreno više meseci. Osim samih radova, tokom rekonstrukcije od značaja za analizu buke je i povećan obim saobraćaja teških kamiona i građevinskih mašina kroz naselja, pa je i taj aspekt buke integralno uzet u proračun. Tokom radova na rekonstrukciji, projektantima je bio dostupan detaljan plan sa fazama realizacije, kao i dnevni planovi radova (rad bučnih pneumatskih čekića, odvoženje šuta u određeno vreme itd.), pa je u potpunosti iskorišćen potencijal softvera sa svih aspekata. Konačni rezultati su posebna sveska dokumentacije britanske kompanije UCW-UK.

B. Paris 19ème [4]

Sledeći primer u kojem se primena softverskog proračuna buke pokazala kao neophodna je rađena u okviru rekonstrukcije objekta magacina, smeštenog u centralnom delu Pariza – Paris 19ème. S obzirom da je cilj rekonstrukcije objekta smeštenog između veoma prometnih saobraćajnica sa drumskim i železničkim saobraćajem (voz, metro i tramvaj) bio da se formira ekskluzivni stambeno poslovni centar, od velikog značaja bila je analiza buke koju saobraćaj stvara na fasadama objekta. Između nekoliko predloga arhitekata koji su radili na projektu prenamene, odlučujući faktor za izbor konačnog rešenja (dispozicije prostorija, prema nameni, izbor fasada i dr.) bilo je sagledavanje problema buke u objektu i na fasadama i terasama objekta. Osim detaljnih podataka o saobraćaju u blizini objekta, na raspolaganju su bili i rezultati merenja buke na nekoliko pozicija na fasadi objekta. Na osnovu polaznih podataka i grafičke dokumentacije, formiran je model, koji je sa sasvim neznatnim korekcijama kalibrisan prema rezultatima merenja.

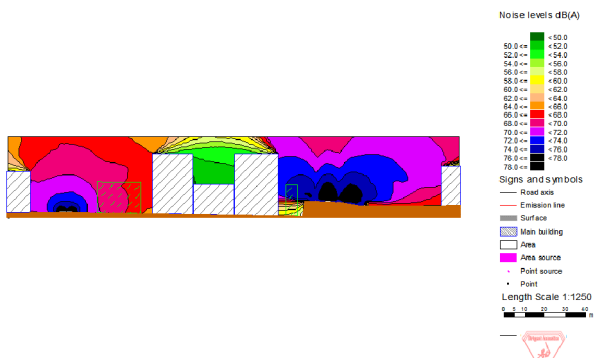
Na sl. 3. prikazana je mapa buke u blizini i dvorištu objekta u dnevnom režimu saobraćaja. Indikatori buke, korišćeni za konačan izveštaj su bili usklađeni sa evropskim i francuskim standardima.

Mac Donald Paris 19eme
right noise levels



Sl. 3. Mac Donald, Paris 19ème L_{An}

Mac Donald Paris 19eme
day noise levels

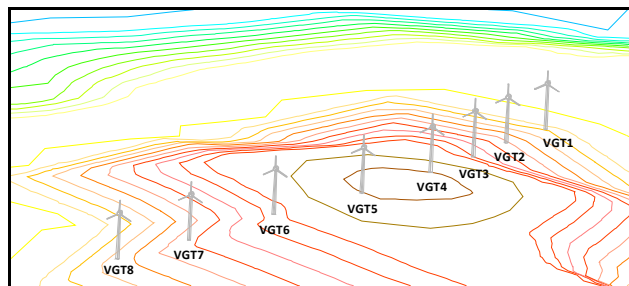


Sl. 4. Vertikalno prostiranje buke oko objekta (presek)
Na osnovu rezultata analize, koja je uključivala i proračun buke unutar objekta, došlo se do optimalnog rešenja, koje je podrazumevalo sledeće:

- Fasada objekta (ka saobraćajnicama) je dobila zaštitno staklo.
- Poslovne prostorije su dobile pozicije na tim fasadama.
- Stambene prostorije (sa terasama) su locirane u dvorišnom delu objekta.
- Budući stanari su upoznati sa akustičkim kvalitetom prostora na lokaciji.

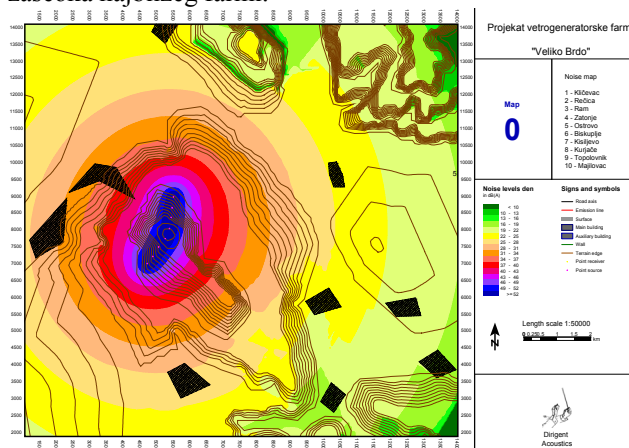
C. Vetrogeneratorska farma „Veliko brdo“ [5]

U okviru istraživanja tehnokonomskih potencijala proizvodnje električne energije alternativnih izvora, finansirano od strane Ministarstva za nauku i tehnološki razvoj Republike Srbije, analizirana je buka koja potiče od buduće vetrogeneratorske farme „Veliko brdo“. Ova lokacija je od značaja, ne samo kao lokacija pogodna za izgradnju vetrogeneratorske farme, već je od izuzetnog interesa za ljubitelje prirode, zbog endemskih vrsta ptica koje nastanjuju ovu oblast. Buka koju proizvode vetrogeneratori, osim fizičke opasnosti po ptice, jedini je negativni produkt ovog alternativnog izvora energije (ne ulazeći u tehnologiju proizvodnje, koja može biti takođe „zelena“). Iz tog razloga, a na osnovu podataka o akustičkoj snazi svakog od generatora, dobija se veoma precizna raspodela nivoa buke u životnoj sredini. Na sl. 5 prikazana je dispozicija vetrogeneratorske farme sa izohipsama terena.



Sl. 5. Vetrogeneratori farme „Veliko brdo“ i izohipse

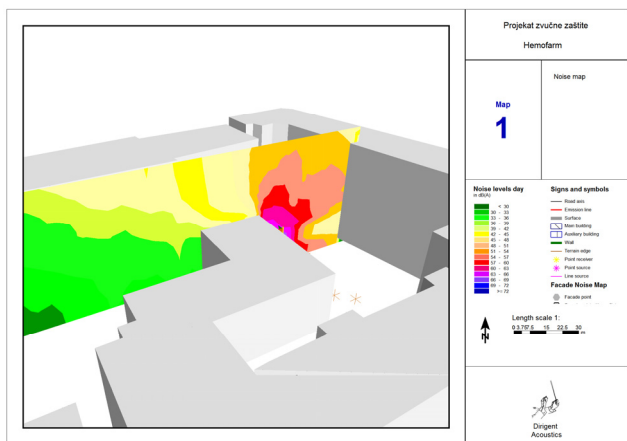
Na sl. 6 prikazana je karta buke u okolini vetrogeneratorske farme, od buke koja potiče isključivo od rada vetrogeneratorske farme, punom snagom. Osenčeno su prikazana naselja u blizini i zaključeno je da ne postoji opasnost po zdravlje ljudi u 10 sela u neposrednom okruženju. Maksimalna vrednost nivoa buke koja potiče od rada svih vetrogeneratorske farme punom snagom iznosi 34 dBA na lokaciji zaseoka najbližeg farmi.



Sl. 6. Mapa buke na lokalitetu vetrogeneratorske farme

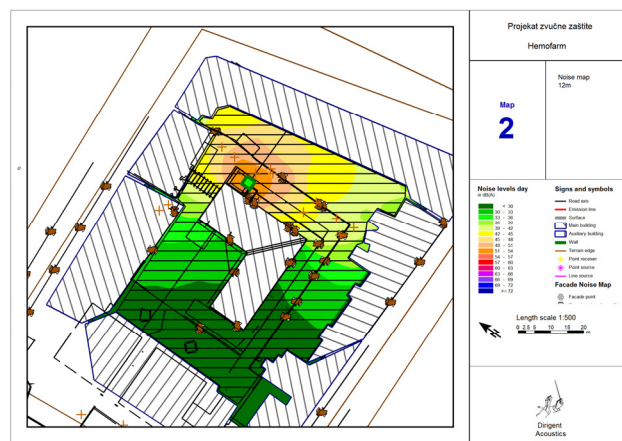
D. Hemofarm [6]

Nije redak slučaj da se u strogom centru Beograda u dvorištima zgrada, izolovanim od buke saobraćaja pojave mašinski sistemi čija buka u radu predstavljaju značajan problem za okolinu. Ovde je naveden jedan od nekoliko primera iz iskustva autora gde se softverskim modelovanjem može detaljnije sagledati problem i učinak predloženog rešenja. U pitanju je objekat Hemofarma u ul. Prote Mateje i čiler sistema za klimatizaciju objekta, smešten u dvorište. Unutar dvorišne zgrade, iako je jedna od zgrada orijentisana ka veoma prometnoj saobraćajnici grada, Bulevaru kralja Aleksandra (preko puta hotela Metropol), na fasadama zgrada u dvorišnom delu, izmerene su vrednosti nivoa buke od 40 dBA do 45 dBA, dok je priraštaj nivoa buke uključivanjem čilera iznosio od 6 dB do 10 dB. To je izazvalo reakciju stanara i pristupilo se analizi i rešavanju problema. Koristeći podatke o karakteristikama izvora iz biblioteke programa SoundPLAN, unošenjem geometrije objekata i terena, napravljen je model, kalibrisan rezultatima merenja. Prikaz prostiranja buke čilera u vertikalnom preseku dat je na sl. 7, dok je nivo buke u horizontalnoj ravni (na 12 m od tla, gde su i izmereni najviši nivoi buke) dat na sl. 9.



Sl. 7. Prostiranje buke čilera bez zaklona – v.presek

Kako je neophodno da čiler izmenjuje vazduh sa okolinom, neophodno je sprovesti mere zvučne zaštite kojima će se smanjiti nivo zvuka na fasadama okolnih zgrada koji potiče od rada čilera za najmanje 6 dB, dok je istovremeno potrebno obezbediti pouzdan rad uređaja. U tu svrhu projektovan je zvučni zaklon odgovarajuće strukture, geometrije i dimenzija.



Sl. 10. Prikaz buke u ravni na 12 m iznad tla, sa zaklonom

IV. ZAKLJUČAK

Na osnovu dosadašnjih iskustava autora u primeni softverskog modelovanja buke, a na osnovu nekoliko navedenih reprezentativnih primera iz prakse, kao i drugih srodnih primera koji nisu uključeni u ovaj pregled, može se reći da su postignuti dobri rezultati u primeni računarske simulacije. Rad sa softverskim modelima je intuitivan, traganje za optimalnim rešenjem je jednostavnije i dobija se visok stepen pouzdanosti za projektovano rešenje. Imajući na umu Direktivu EU 2002/49, primena softvera za mapiranje buke postala je obaveza u savremenoj Evropi, dok se može smatrati da je modelovanje buke softverom SoundPLAN značajan iskorak napred u projektovanju zvučne zaštite.

LITERATURA

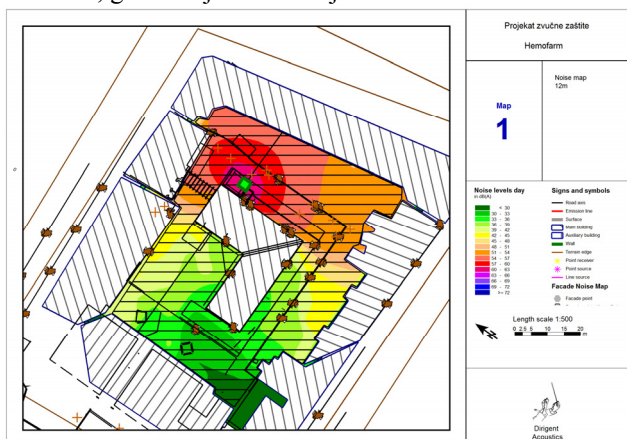
- [1] Declaration of conformity according to Directive 2002/49/EC SoundPLAN International LLC, www.soundplan.eu, 2009.
- [2] Directive 2002/49/EC of the European Parliament and of the Council of 25 June 2002 relating to the assessment and management of environmental noise, 2002.
- [3] Porto Montenegro development – noise study, Report number XL, CUW-UK, London, UK, 2007.
- [4] Dejan Todorović, „Rapport sur affectés par le bruit dans MacDonald Paris 19ème“, izveštaj Dirigent Acoustics, 2008.
- [5] Final Report EE-273013b Istraživanje tehnokonomskih potencijala proizvodnje električne energije vretogeneratora na lokaciji TE Kostolac, Ministarstvo za nauku i tehnološki razvoj, april 2009.
- [6] Dejan Todorović, „Idejni projekat zvučne zaštite objekta Hemofarma u ul. Prote Mateje br. 68 u Beogradu“, izveštaj Dirigent Acoustics, 2009.

ABSTRACT

Noise modeling and mapping software, SoundPLAN, was developed in 1987, and current software is version 7.0. SoundPLAN is based on current standards, from perspective of modeling of sound field and mapping, and noise assessments as well. During several years of dealing with noise problems, SoundPLAN was used as a tool for solution development. Wide spectrum of different noise types was investigated; it includes road noise, waterway noise, construction point noise, HVAC noise and wind farm noise. Detailed workflow and several simulation results of analyzed cases were presented in this paper.

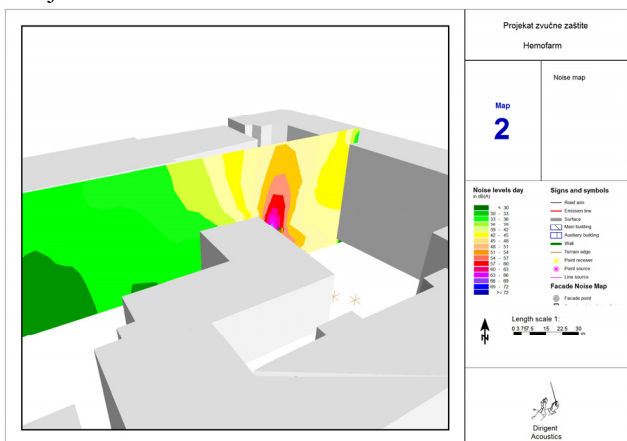
THE EXPERIENCE OF USING NOISE MODELING SOFTWARE – CASE STUDY

Dejan Todorovic



Sl. 8. Prikaz buke u ravni na 12 m iznad tla, bez zaklona

Kada se karakteristike zaklona ubace u geometrijski model i obavi novi proračun, dobijene su vrednosti nivoa zvuka prikazane na sl. 9 i sl. 10. Prema proračunu, nivo buke na fasadama stambenih zgrada smanjen je za više od 6 dB. Zvučna zaštita je izvedena i predstoji verifikacija dobijenih rezultata.



Sl. 9. Prostiranje buke čilera sa zaklonom – v.presek