

**LATVIJAS UNIVERSITĀTE**  
**EKSAKTO ZINĀTŅU UN TEHNOLOĢIJU**  
**FAKULTĀTE**

---

Raiņa bulv. 19, Rīga LV-1004

tel.: +371 67033914

e-mail: zeme@lanet.lv

**TROKŠŅA IZPLATĪBAS NOVĒRTĒJUMS**  
**PROGNOZĒTĀS SAIMNIECISKĀS DARBĪBAS**  
**REZULTĀTĀ**  
**ATKRITUMU POLIGONĀ “KĪVĪTES”**  
**DIENVIDKURZEMES NOVADĀ, GROBIŅAS**  
**PAGASTĀ**

Rīga, 2024

**LATVIJAS UNIVERSITĀTE**  
**EKSAKTO ZINĀTŅU UN TEHNOLOĢIJU**  
**FAKULTĀTE**

---

Raiņa bulv. 19, Rīga LV-1004

tel.: +371 67033914

e-mail: zeme@lanet.lv

**TROKŠŅA IZPLATĪBAS NOVĒRTĒJUMS**  
**PROGNOZĒTĀS SAIMNIECISKĀS DARBĪBAS**  
**REZULTĀTĀ**  
**ATKRITUMU POLIGONĀ “KĪVĪTES”**  
**DIENVIDKURZEMES NOVADĀ, GROBIŅAS**  
**PAGASTĀ**

LU EZTF Vides zinātnes nodaļa  
Lietišķās vides zinātnes katedra  
Profesore  
Iveta Šteinberga

Jelgavas iela 1, Rīga, LATVIJA  
[iveta.steinberga@lu.lv](mailto:iveta.steinberga@lu.lv)  
+371 26467809

Rīga, 2024

## Ievads

Saskaņā ar pakalpojuma īstenošanā plānotajām aktivitātēm, pakalpojuma realizācijas gaitā īstenoti šādi darbi:

- a) Trokšņa līmeņa aprēķinu modeļa izstrāde.
- b) Nepieciešamo ievades datu sagatavošana modelēšanas veikšanai.
- c) Trokšņa izplatības modeļu izstrāde atsevišķu iekārtu darbības rezultātā un summārā trokšņa līmeņa novērtējums.

Aprēķini veikti atbilstoši Latvijā noteiktai likumdošanai, prasības iekļautas šādos dokumentos:

- MK Noteikumi Nr. 16-7.01.2014. Trokšņa novērtēšanas un pārvaldības kārtība.
- MK Noteikumi Nr.432- 17.09.2019. "Noteikumi par Latvijas būvnormatīvu LBN 003-19 "Būvklimatoloģija"".

Aprēķiniem un rezultātu reprezentācijai izmantotas šādas programmas: MsExcel, ArcGIS.

Atskaite sagatavota elektroniski.

**Objekts:** Liepājas RAS - sadzīves atkritumu apglabāšanas krātuve "Ķīvītes", Grobiņas pagasts, Dienvidkurzemes novads.

## Saturs

1.	Trokšņa avotu raksturojums	5
2.	Esošais trokšņa līmenis	7
2.1.	Transports (līnijveida avots)	8
2.2.	Stacionārie avoti (punktveida avots)	11
3.	Paredzētās darbības radītais trokšņa piesārņojums	17
4.	Summārais trokšņa līmenis (fona piesārņojums un uzņēmuma ietekme)	23
5.	Trokšņa piesārņojuma novērtējums	31
6.	Aprēķina piemērs un aprēķinos izmantoto rādītāju apkopojums	34

# 1. TROKŠŅA AVOTU RAKSTUROJUMS

SIA Liepājas RAS teritorijā izvietoti vairāki trokšņa avoti, daļa no teritorijas iznomāta. Detalizēts trokšņa piesārņojuma avotu raksturojums sniegts turpmāk, bet vērtējot kopējās potenciālās izmaiņas, ņemto vērā arī apkārtnē esošie piesārņojuma avoti - vēja ģeneratori, transporta satiksme.



1. attēls. Poligona izvietojuma karte (kartes pamatne – Google Maps, 2022)

2. attēlā redzami gan esošie avoti/aktivitātes, gan plānotie, piemēram, Katalizatoru rūpnīca (VniMo Services).



2. attēls. Detalizēts Liepājas RAS poligonā esošo ražotņu izvietojums (avots – SIA “Liepājas RAS” informācija, 2022)

## 2. ESOŠAIS TROKŠŅA LĪMENIS

Fona (esošā) trokšņa līmeņa novērtēšana veikta izmantojot matemātisko modelēšanu, kurā iekļauti ar uzņēmuma SIA “Liepājas RAS” teritorijā - sadzīves atkritumu poligona “Ķīvītes” darbību nesaistīti trokšņa piesārņojuma avoti:

- transporta satiksme autoceļa A9 Rīga-Liepāja posmā (izmantoti aktuālie VSIA “Latvijas Valsts Ceļi” 2023. gada diennakts satiksmes dati;
- transporta satiksme autoceļa Grobiņa – SIA “Liepājas RAS” posmā (izmantoti SIA “Liepājas RAS” sniegtie dati);
- Vēja elektrostaciju parkā izvietotās ENERCON E-40 stacijas, kuru radītais trokšņa līmenis novērtēts 4.0 m augstumā; šajā novērtējumā iekļautas 17 tuvāk izvietotās turbīnas.

1. tabula. Vidējā diennakts satiksmes intensitāte uz SIA “Liepājas RAS” tuvākajiem autoceļiem

Ceļa posms	Vidējā diennakts satiksmes intensitāte		Datu avots
	Vieglās automašīnas	Kravas automašīnas	
A9 (186,116-191,681 km)	11809	1764	VSIA LVC <sup>1</sup>
Grobiņa – SIA “Liepājas RAS”	39	117	Liepājas RAS dati

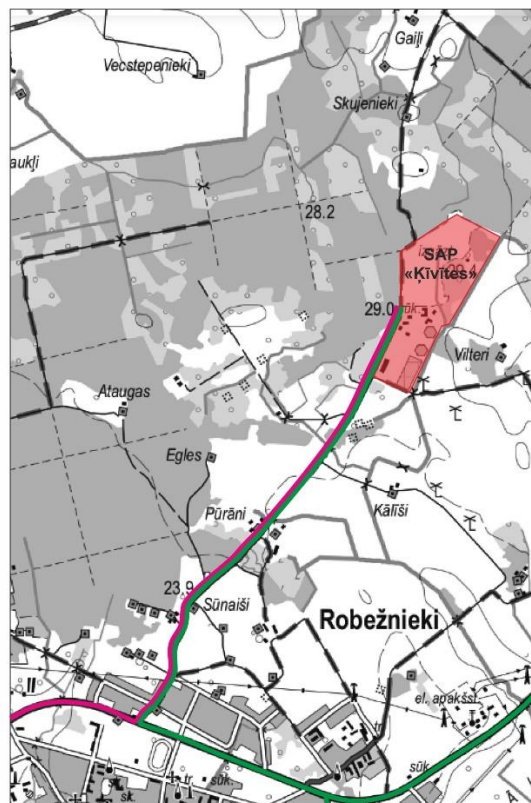
2. tabula. Transporta satiksmes plūsmas iedalījums trokšņa piesārņojuma izplatības novērtēšanai dažādos diennakts posmos

Ceļa posms	Vidējā diennakts satiksmes intensitāte					
	Vieglās automašīnas			Kravas automašīnas		
	Diena	Vakars	Nakts	Diena	Vakars	Nakts
A9 (186,116-191,681 km)	9093	2008	708	1341	247	176
Grobiņa – SIA “Liepājas RAS”	22	12	5	111	6	1

Atsevišķu dažu automašīnu kustība novērojama arī uz autoceļa pēc poligona “Ķīvītes” vai uz blakus esošā lokālas nozīmes ceļa, kurš ved uz mājām Vilteri. Bet tā kā šī kustība nav precīzi

<sup>1</sup> <https://lvceli.lv/celu-tikls/statistikas-dati/satiksmes-intensitate/>

prognozējama un ir salīdzinoši neliela, pat 10 reizes mazāka salīdzinājumā ar kustību uz ceļa, kurš ved uz poligonu, vai tūkstoš reizes mazāka salīdzinājumā ar lielo A9 šoseju, tad skaidrs, ka salīdzinošā ietekme nav būtiska un to var neņemt vērā.



Atkritumu transportēšanas maršrutu plūsmas:

- Liepājas valstspilsēta; Dienvidkurzemes novads
- Dienvidkurzemes novads; Kuldīgas novads; Saldus novads

3.attēls. Aprēķinos iekļautie transporta avoti – ceļš no Grobiņas līdz SIA “Liepājas RAS” un valsts nozīmes autoceļš A9; Atkritumu transportēšanas maršrutu plūsmas

Esošā trokšņa līmeņa novērtējumā, kurš veikts atbilstoši MK Noteikumos Nr. 16-7.01.2014. “Trokšņa novērtēšanas un pārvaldības kārtība” minētām aprēķinu metodēm (1.pielikums) izmantoti šādi ievades rādītāji: transports un stacionārie avoti.



## 2.1. TRANSPORTS (līnijveida avots)

### 1) Rites trokšņa aprēķinos izmantotie parametri, m=1 (vieglie auto)

Hz	Ar	Br	Ap	Bp	V <sub>ref</sub>	V <sub>m</sub>	$\Delta L_{WR,road,i,m}$	$\Delta L_{studded\ tyres,i,m=1}$	$\Delta L_{WR,acc,i,m}$	$\Delta L_{W,temp}$	$\tau^2$	K	$\Delta L_{WR,i,m}$	$L_{WR,i,m}$
63	79.7	30	94.5	-1.3	70	90	0	0	0	0.976	7.8	0.08	0.976	83.95
125	85.7	41.5	89.2	7.2	70	90	0	0	0	0.976	7.8	0.08	0.976	91.21
250	84.5	38.9	88	7.7	70	90	0	0	0	0.976	7.8	0.08	0.976	89.72
500	90.2	25.7	85.9	8	70	90	0	0	0	0.976	7.8	0.08	0.976	93.98
1000	97.3	32.5	84.2	8	70	90	0	0	0	0.976	7.8	0.08	0.976	101.82
2000	93.9	37.2	86.9	8	70	90	0	0	0	0.976	7.8	0.08	0.976	98.94
4000	84.1	39	83.3	8	70	90	0	0	0	0.976	7.8	0.08	0.976	89.33
8000	74.3	40	76.1	8	70	90	0	0	0	0.976	7.8	0.08	0.976	79.64

### 2) Rites trokšņa aprēķinos izmantotie parametri, m=3 (kravas auto)

Hz	Ar	Br	Ap	Bp	V <sub>ref</sub>	V <sub>m</sub>	$\Delta L_{WR,road,i,m}$	$\Delta L_{studded\ tyres,i,m=1}$	$\Delta L_{WR,acc,i,m}$	$\Delta L_{W,temp}$	$\tau$	K	$\Delta L_{WR,i,m}$	$L_{WR,i,m}$
63	87	30	104.4	0	70	90	0	0	0	0.488	7.8	0.04	0.488	90.76
125	91.7	33.5	100.6	3	70	90	0	0	0	0.488	7.8	0.04	0.488	95.84
250	94.1	31.3	101.7	4.6	70	90	0	0	0	0.488	7.8	0.04	0.488	98.00
500	100.7	25.4	101	5	70	90	0	0	0	0.488	7.8	0.04	0.488	103.96
1000	100.8	31.8	100.1	5	70	90	0	0	0	0.488	7.8	0.04	0.488	104.76
2000	94.3	37.1	95.9	5	70	90	0	0	0	0.488	7.8	0.04	0.488	98.84
4000	87.1	38.6	91.3	5	70	90	0	0	0	0.488	7.8	0.04	0.488	91.80
8000	82.5	40.6	85.3	5	70	90	0	0	0	0.488	7.8	0.04	0.488	87.42

### 3) Vilces trokšņa aprēķinos izmantotie parametri, m=1 (vieglie auto)

Hz	Ar	Br	Ap	Bp	$\alpha$	$\beta$	V <sub>ref</sub>	V <sub>m</sub>	$\Delta L_{WP,road,i,m}$	$\Delta L_{WP,acc,i,m}$	$\Delta L_{WP,grad,i,m}$	$\Delta L_{WP,i,m}$	$L_{WP,i,m}$
63	79.7	30	94.5	-1.3	0	0	70	90	0.11	0	0	0.11	94.24
125	85.7	41.5	89.2	7.2	0	0	70	90	0.11	0	0	0.11	91.37
250	84.5	38.9	88	7.7	0	0	70	90	0.11	0	0	0.11	90.31

<sup>2</sup> MK Noteikumi Nr.432- 17.09.2019. "Noteikumi par Latvijas būvnormatīvu LBN 003-19 "Būvklimatoloģija""

500	90.2	25.7	85.9	8	2.6	-3.1	70	90	-0.39	0	0	-0.39	87.79
1000	97.3	32.5	84.2	8	2.9	-6.4	70	90	-3.39	0	0	-3.39	83.09
2000	93.9	37.2	86.9	8	1.5	-14	70	90	-12.39	0	0	-12.39	76.79
4000	84.1	39	83.3	8	2.3	-22.4	70	90	-19.99	0	0	-19.99	65.59
8000	74.3	40	76.1	8	9.2	-11.4	70	90	-2.09	0	0	-2.09	76.29

4) Vilces trokšņa aprēķinos izmantotie parametri, m=3 (kravas auto)

Hz	A <sub>r</sub>	B <sub>r</sub>	A <sub>p</sub>	B <sub>p</sub>	$\alpha$	$\beta$	V <sub>ref</sub>	V <sub>m</sub>	$\Delta L_{WP,road,i,m}$	$\Delta L_{WP,acc,i,m}$	$\Delta L_{WP,grad,i,m}$	$\Delta L_{WP,i,m}$	L <sub>WP,i,m</sub>
63	79.7	30	94.5	-1.3	0	0	70	90	0.11	0	0	0.11	94.24
125	85.7	41.5	89.2	7.2	0	0	70	90	0.11	0	0	0.11	91.37
250	84.5	38.9	88	7.7	0	0	70	90	0.11	0	0	0.11	90.31
500	90.2	25.7	85.9	8	2.6	-3.1	70	90	-0.39	0	0	-0.39	87.79
1000	97.3	32.5	84.2	8	2.9	-6.4	70	90	-3.39	0	0	-3.39	83.09
2000	93.9	37.2	86.9	8	1.5	-14	70	90	-12.39	0	0	-12.39	76.79
4000	84.1	39	83.3	8	2.3	-22.4	70	90	-19.99	0	0	-19.99	65.59
8000	74.3	40	76.1	8	9.2	-11.4	70	90	-2.09	0	0	-2.09	76.29

5) Kopējā trokšņa līmeņa aprēķins ņemot vērā transporta līdzekļu skaitu; aprēķina piemērs

Hz	Rites + vilces troksnis (m=1)	Auto skaits (m=1)	LW',eq,line,i,m=1	Rites + vilces troksnis (m=3)	Auto skaits (m=3)	LW',eq,line,i,m=3	Kopējais troksnis (dB/km) LW',eq,line,i,m
63	94.63	9093	84.67	95.85	1341	77.58	84.7
125	94.30	9093	84.34	97.17	1341	78.90	84.3
250	93.04	9093	83.08	98.69	1341	80.42	83.1
500	94.92	9093	84.96	104.06	1341	85.80	85.9
1000	101.88	9093	91.93	104.79	1341	86.52	91.9
2000	98.96	9093	89.01	98.86	1341	80.60	89.0
4000	89.35	9093	79.40	91.81	1341	73.54	79.4
8000	81.29	9093	71.34	87.74	1341	69.47	71.3

Transporta radītā trokšņa emisiju līmeņi novērtēti atbilstošos diennakts periodos – diena (7:00-19:00), vakars (19:00-23:00) un nakts (23:00-7:00), ņemot vērā attiecīgo plūsmas intensitāti. Avota augstums 5-10 cm.

## 2.2. STACIONĀRIE AVOTI (punktveida avoti)

**Vēja turbīnas** – izmantota informācija par vēja elektrostaciju parkā izvietotām ENERCON E-40 stacijām, kuru radītais trokšņa līmenis novērtēts/modelēts 4.0 m augstumā; šajā novērtējumā iekļautas 17 Liepājas RAS tuvāk izvietotās turbīnas. Katras turbīnas radītais trokšņa līmenis 4.0 m augstumā – 55 dB(A); un, aprēķinos pieņemts, ka darbojas visas turbīnas, nepārtrauktā diennakts režīmā (00-24).

Esošā (fona) trokšņa līmeņa vērtības noteiktas šādiem diennakts perioda rādītājiem –  $L_{\text{diena}}$ ,  $L_{\text{vakars}}$ ,  $L_{\text{nakts}}$ . Sagatavotas trokšņa piesārņojuma izplatības kartes, kā arī, novērtējums veikts tuvāko viensētu (Skujenieki, Vilteri, Kālīši) tuvumā. Iegūtie rezultāti liecina, ka nozīmīgāko troksni rada autotransporta kustība, bet, noteiktie robežlielumi pie viensētām netiek pārsniegti.



4. attēls. Aprēķinātais esošais (fona) trokšņa līmenis paredzētās darbības teritorijas apkārtnē trokšņa rādītājam  $L_{\text{diena}}$





5. attēls. Aprēķinātais esošais trokšņa līmenis paredzētās darbības teritorijas apkārtnē trokšņa rādītājam  $L_{vakars}$



6. attēls. Aprēķinātais esošais trokšņa līmenis paredzētās darbības teritorijas apkārtnē trokšņa rādītājam  $L_{nakts}$



3. tabula. Aprēķinātais augstākais esošais trokšņa līmenis viensētu apbūves teritorijās paredzētās darbības teritorijas apkārtnē

Viensēta	Trokšņa rādītājs								
	L <sub>diena</sub>			L <sub>vakars</sub>			L <sub>nakts</sub>		
	Trokšņa līmenis, dB(A)	Robežlielumu pārsniegums, dB(A)	Robežlielums, dB(A)	Trokšņa līmenis, dB(A)	Robežlielumu pārsniegums, dB(A)	Robežlielums, dB(A)	Trokšņa līmenis, dB(A)	Robežlielumu pārsniegums, dB(A)	Robežlielums, dB(A)
Skujenieki	36	-	55	30	-	50	26	-	45
Vilteri	44	-	55	38	-	50	33	-	45
Kāļiši	48	-	55	41	-	50	36	-	45

Trokšņa novērtējuma mērķis ir noteikt, vai izbūvējot un ekspluatējot jauno atkritumu apglabāšanas krātuvi un uzglabāšanas un kompostēšanas laukumu poligonā “Ķīvītes”, tiks ievēroti vides trokšņa robežlielumi poligona tuvumā izvietotajās dzīvojamās apbūves teritorijās. Saskaņā ar Ministru kabineta 2014. gada 7. janvāra noteikumiem Nr. 16 “Trokšņa novērtēšanas un pārvaldības kārtība”, vides trokšņa robežlielumi tiek noteikti gada vidējiem trokšņa rādītājiem.

SIA “Liepājas RAS” paredzētās darbības vides trokšņa līmeņa izvērtējumu izvēlēts veikt 2. būvniecības kārtai. Konkrētā būvniecības kārtā izvēlēta, jo no trokšņa piesārņojuma aspekta var radīt vislielāko ietekmi un tuvumā esošajām dzīvojamās apbūves teritorijām.

Būvniecības darbu 2. kārtas ietvaros veicamie darbi: vaļņu un krātuves konstrukcijas izveidošana, infiltrāta sistēmas izveide jaunajai atkritumu apglabāšanas krātuvei, uzglabāšanas un kompostēšanas laukuma un iekšējo ceļu izbūve.

Ceļa būvniecībai tiks izmantota smagā tehnika: ekskavators, buldozers un divas kravas automašīnas. Šīs pašas tehnikas vienības, izņemot vibroveltni, tiks izmantotas arī uzglabāšanas un kompostēšanas laukuma kā arī krātuves 2. kārtas būvniecības laikā. Attiecīgi atbilstošā tehnika, pēc nepieciešamības, pārvietosies pa visu aktīvo būvniecības zonu, kas ietver ceļu, jaunā laukuma un jaunās krātuves izbūvi.

Būvniecības 2.kārtas laikā izmantotās tehnikas raksturojums:

- Ekskavators, tiek darbināts no 7:00 līdz 19:00, radītais trokšņa līmenis – 105 dB (uzņēmuma sniegtā informācija); avota augstums 1.5 m;
- Buldozers, tiek darbināts no 7:00 līdz 19:00, radītais trokšņa līmenis – 109 dB (uzņēmuma sniegtā informācija); avota augstums 1.5 m;
- Vibroveltnis, tiek darbināts no 7:00 līdz 19:00, radītais trokšņa līmenis – 110 dB (uzņēmuma sniegtā informācija); avota augstums 1.5 m;
- 2 kravas automašīnas; novērtējums – analogi aprēķina piemēram.

Plānoto būvniecības darbu laikā ir paredzams nenozīmīgs transporta plūsmas palielinājums, kopumā neradot būtisku ietekmi uz vidi. Jaunās krātuves ierīkošana nerada izmaiņas pašreizējā atkritumu pieņemšanas, šķirošanas un apglabāšanas sistēmā. Izmainās tikai apglabāšanas vieta un daļa no poligonā esošā transporta ceļa, kas ved no atkritumu šķirošanas rūpnīcas uz jauno krātuvi.



### **3. PAREDZĒTĀS DARBĪBAS RADĪTAIS TROKŠŅA PIESĀRŅOJUMS**

Darbības nodrošināšanai tiks izmantotas vairākas stacionāras un mobilas iekārtas. Novērtējumā SIA Liepājas RAS ietekme tiek vērtēta ņemot vērā visus uzņēmuma teritorijā izvietotās iekārtas.

- 1) Katalizatoru rūpnīca (VniMo Services), darbojas nepārtrauktā diennakts režīmā (00-24), radītais trokšņa līmenis – 79 dB(A), atbilstoši 2023. gadā izstrādātam IVN, kurš VPVB tika iesniegts 02.08.2023., apstiprināts 27.12.2023.; avota augstums 2.0 m;
- 2) Trumuļsiets Neuenhauser ReTec NH 6020XL, tiek darbināts no 7:00 līdz 19:00, radītais trokšņa līmenis – 98 dB (uzņēmuma sniegtā informācija); avota augstums 1.5 m;
- 3) Koģenerācijas iekārta TEDOM Quanto D550 SP CON, darbojas nepārtrauktā diennakts režīmā (00-24), radītais trokšņa līmenis – 65 dB (uzņēmuma sniegtā informācija); avota augstums 2.5 m;
- 4) Traktortehnika – vieglās frakcijas atdalītājs TANA Windsifter, tiek darbināts no 7:00 līdz 19:00, radītais trokšņa līmenis – 86 dB (uzņēmuma sniegtā informācija); avota augstums 1.5 m;
- 5) Traktortehnika – frontālais iekrāvējs AVANT veiks palīgdarbus, tiek darbināts no 7:00 līdz 19:00, radītais trokšņa līmenis – 104 dB(A) (uzņēmuma sniegtā informācija); avota augstums 1.5 m;
- 6) Traktortehnika – frontālais iekrāvējs Volvo L90, tiek darbināts no 7:00 līdz 19:00, radītais trokšņa līmenis – 104 dB(A) (uzņēmuma sniegtā informācija); avota augstums 1.5 m;
- 7) Buldozers New Holland W60, tiek darbināts no 7:00 līdz 19:00, radītais trokšņa līmenis – 109 dB (uzņēmuma sniegtā informācija); avota augstums 1.5 m; tiek darbināts atkritumu apglabāšanas krātuvē, uzglabāšanas laukumā un uz pievedceļiem;
- 8) Frontālais iekrāvējs Volvo L60E, tiek darbināts no 7:00 līdz 19:00, radītais trokšņa līmenis – 103 dB (uzņēmuma sniegtā informācija); avota augstums 1.5 m; tiek darbināts atkritumu apglabāšanas krātuvē, uzglabāšanas laukumā un uz pievedceļiem;
- 9) Kravas auto Volvo FM9, tiek darbināts no 7:00 līdz 19:00, radītais trokšņa līmenis – 105 dB (uzņēmuma sniegtā informācija); avota augstums 1.5 m. tiek darbināts atkritumu apglabāšanas krātuvē, uzglabāšanas laukumā un uz pievedceļiem.

Stacionārā iekārtas, kuru darbība rada nenozīmīgu trokšņa piesārņojumu:

- Atkritumu šķirošanas rūpnīca “Skudras”, atļauja LI15IB0032;
- BNA pārstrādes iekārtas kompleksa laukums ar jumtu un BNA pārstrādes iekārtas kompleksa tuneļi;
- Žāvēšanas konteineri;
- Reversās osmozes attīrīšanas iekārta.

Mobilie avoti uzņēmuma teritorijā, kopējais transporta vienību skaits gadā – 18640 transporta vienības (2023. gada dati), no tām:

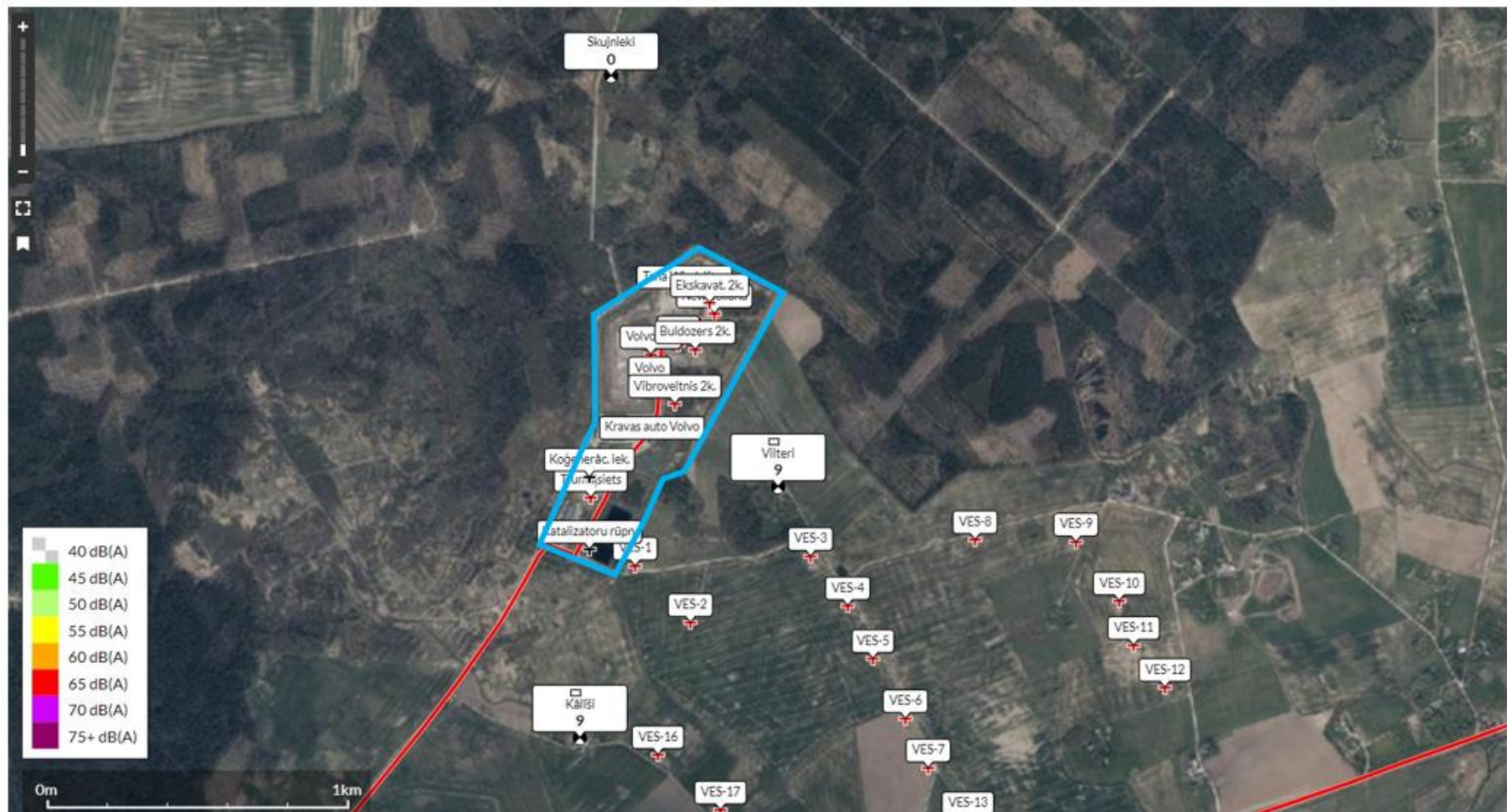
- Pressmašīnas - 3340 (kravas auto);
- BNA pieņemšana no privātiem klientiem – 1346 (vieglās automašīnas);
- Piegāde uz atkritumu šķirošanas laukumu ar privāto transportu – 5138 (vieglās automašīnas);
- Atkritumu piegāde uz priekšapstrādes laukumu – 8718 (kravas auto);
- BNA transports uz kompleksu – 98 (kravas auto).

Šo transporta vienību kustība notiks laika periodā no 7:00- 19:00, kustības ātrums teritorijā – līdz 50 km/h, aprēķini veikti analogi, kā esošā transporta piesārņojuma novērtējumā, avota augstums 5 – 10 cm. Ņemta vērā arī transporta kustība pa koplietošanas ceļiem.

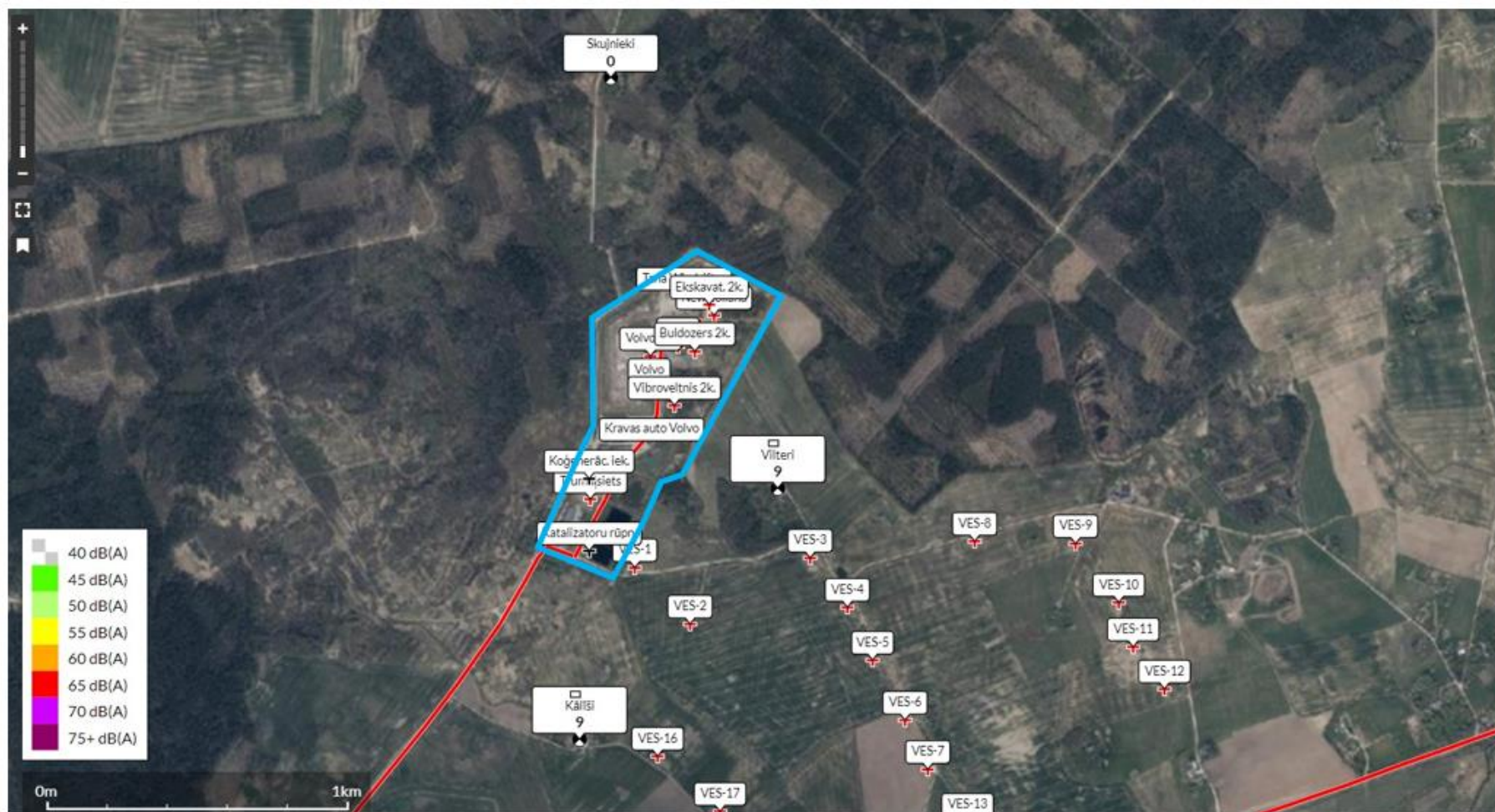


7. attēls. Aprēķinātais prognozētais trokšņa līmenis paredzētās darbības teritorijas apkārtnē (tikai uzņēmuma ietekme) trokšņa rādītājam  $L_{diena}$





8. attēls. Aprēķinātais prognozētais trokšņa līmenis paredzētās darbības teritorijas apkārtnē (tikai uzņēmuma ietekme) trokšņa rādītājam  $L_{vakars}$



9. attēls. Aprēķinātais prognozētais trokšņa līmenis paredzētās darbības teritorijas apkārtnē (tikai uzņēmuma ietekme) trokšņa rādītājam  $L_{nakts}$

4. tabula. Aprēķinātais augstākais prognozējamais trokšņa līmenis viensētu apbūves teritorijās paredzētās darbības teritorijas apkārtnē (tikai uzņēmuma ietekme)

Viensēta	Trokšņa rādītājs								
	L <sub>diena</sub>			L <sub>vakars</sub>			L <sub>nakts</sub>		
	Trokšņa līmenis, dB(A)	Robežlielumu pārsniegums, dB(A)	Robežlielums, dB(A)	Trokšņa līmenis, dB(A)	Robežlielumu pārsniegums, dB(A)	Robežlielums, dB(A)	Trokšņa līmenis, dB(A)	Robežlielumu pārsniegums, dB(A)	Robežlielums, dB(A)
Skujenieki	39	-	55	0	-	50	0	-	45
Vilteri	43	-	55	9	-	50	9	-	45
Kāliši	38	-	55	9	-	50	9	-	45

#### **4. SUMMĀRAIS TROKŠŅA LĪMENIS (FONA PIESĀRŅOJUMS UN UZNĒMUMA IETEKME)**

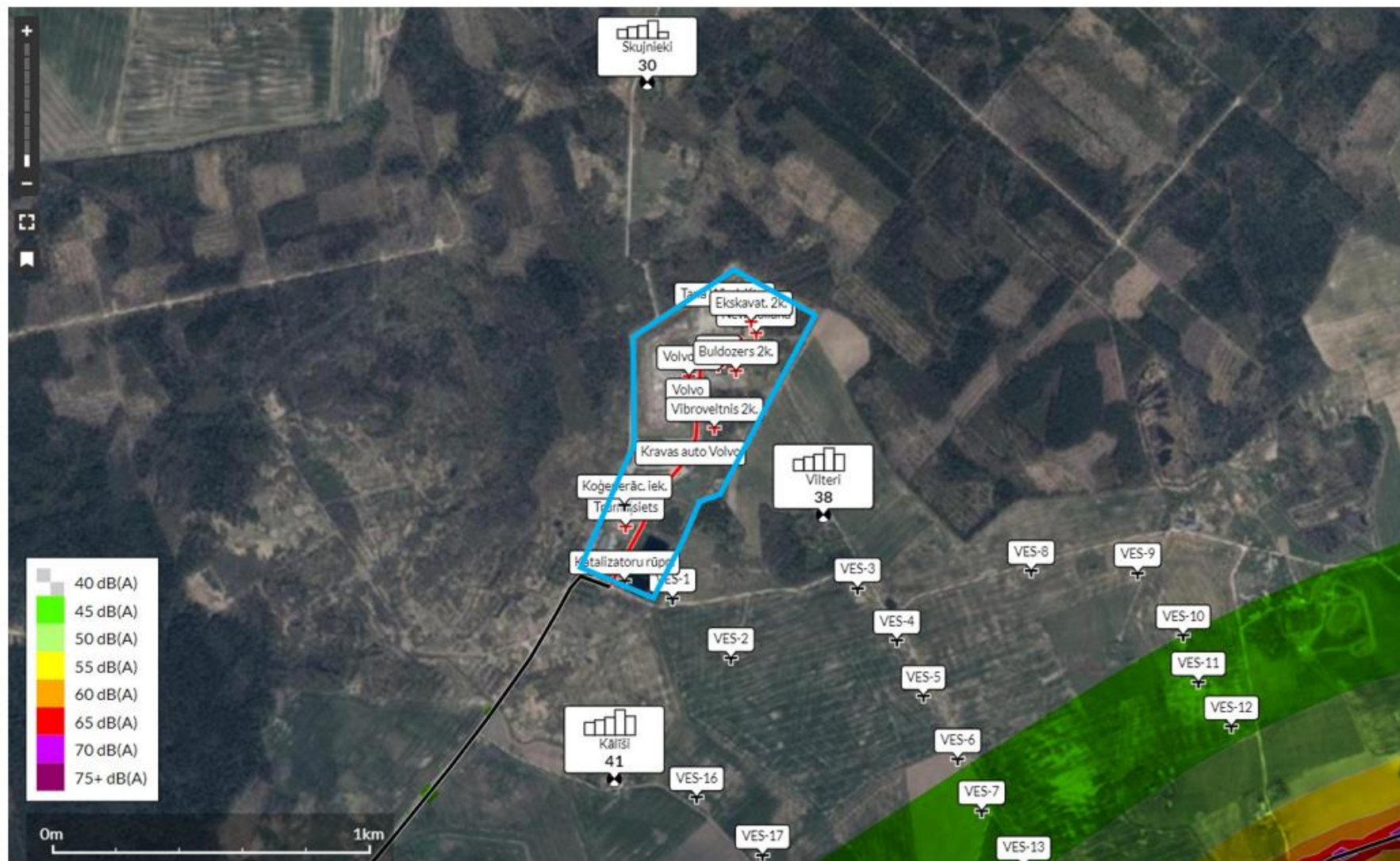
Kopējais trokšņa līmenis novērtēts dažādiem diennakts periodiem, ņemot vērā autoceļu noslodzi un stacionāro avotu darbības specifiku.





10. attēls. Aprēķinātais kopējais (fona līmenis un uzņēmuma ietekme) trokšņa līmenis paredzētās darbības teritorijas apkārtnē trokšņa rādītājam  $L_{\text{diena}}$





11. attēls. Aprēķinātais kopējais (fona līmenis un uzņēmuma ietekme) trokšņa līmenis paredzētās darbības teritorijas apkārtnē trokšņa rādītājam  $L_{vakars}$



11. attēls. Aprēķinātais kopējais (fona līmenis un uzņēmuma ietekme) trokšņa līmenis paredzētās darbības teritorijas apkārtnē trokšņa rādītājam  $L_{nakts}$

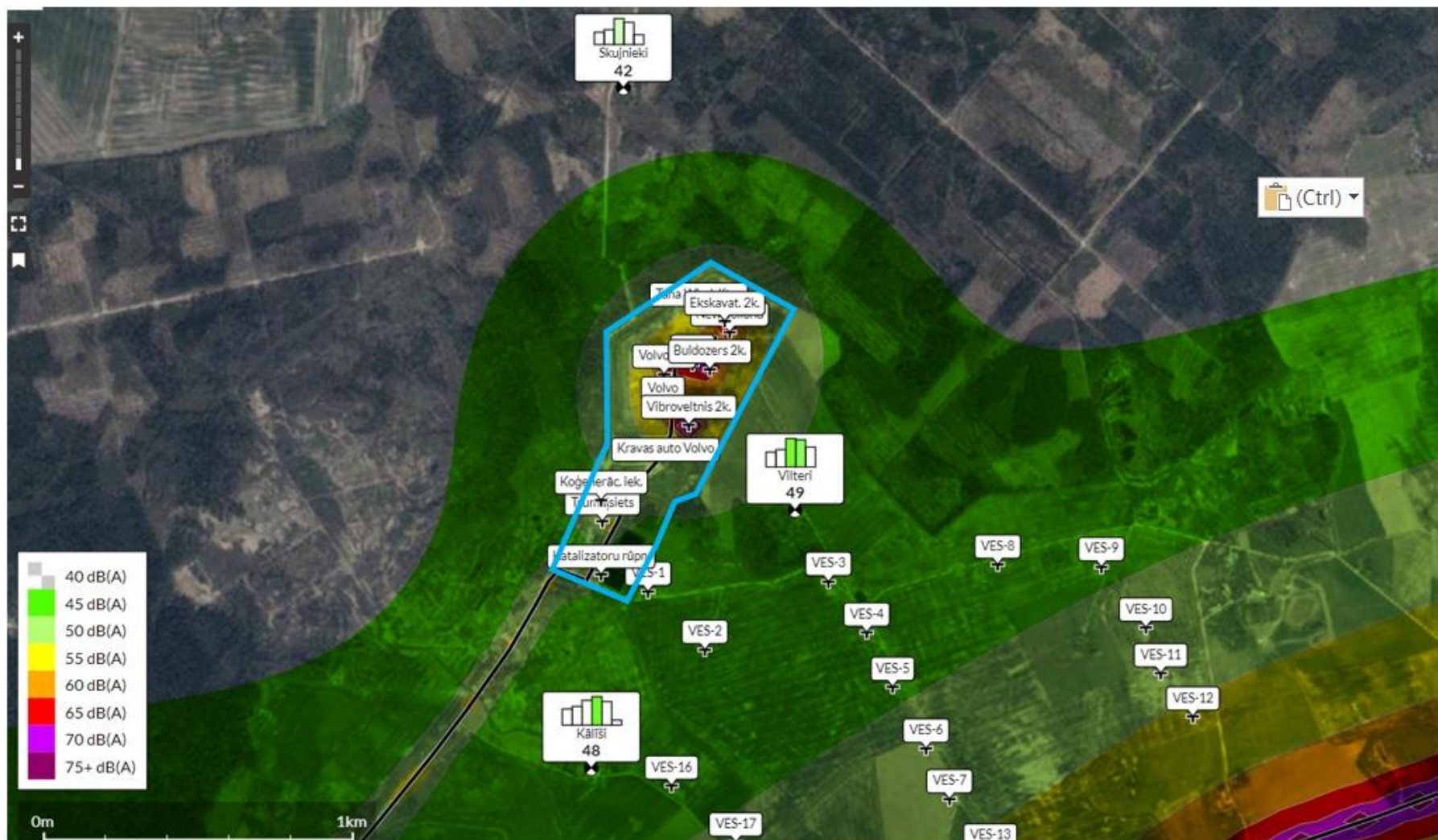
5. tabula. Aprēķinātais augstākais kopējais trokšņa līmenis viensētu apbūves teritorijās paredzētās darbības teritorijas apkārtnē

Viensēta	Trokšņa rādītājs								
	L <sub>diena</sub>			L <sub>vakars</sub>			L <sub>nakts</sub>		
	Trokšņa līmenis, dB(A)	Robežlielumu pārsniegums, dB(A)	Robežlielums, dB(A)	Trokšņa līmenis, dB(A)	Robežlielumu pārsniegums, dB(A)	Robežlielums, dB(A)	Trokšņa līmenis, dB(A)	Robežlielumu pārsniegums, dB(A)	Robežlielums, dB(A)
Skujenieki	41	-	55	30	-	50	26	-	45
Vilteri	47	-	55	38	-	50	33	-	45
Kāliši	48	-	55	41	-	50	36	-	45





12. attēls. Aprēķinātais trokšņa līmenis paredzētās darbības teritorijas apkārtnē trokšņa rādītājam  $L_{diena}$ ; Liepājas RAS trokšņa līmenis 2.kārtas būvniecības laikā



13. attēls. Aprēķinātais summārais trokšņa līmenis paredzētās darbības teritorijas apkārtņē trokšņa rādītājam  $L_{diena}$ ; Liepājas RAS trokšņa līmenis 2.kārtas būvniecības laikā

6. tabula. Aprēķinātais augstākais prognozējamais trokšņa līmenis viensētu apbūves teritorijās paredzētās darbības teritorijas apkārtnē (tikai uzņēmuma ietekme) uzņēmuma darbības un 2. kārtas būvniecības realizācija laikā

Viensēta	Trokšņa rādītājs								
	L <sub>diena</sub>			L <sub>vakars</sub>			L <sub>nakts</sub>		
	Trokšņa līmenis, dB(A)	Robežlielumu pārsniegums, dB(A)	Robežlielums, dB(A)	Trokšņa līmenis, dB(A)	Robežlielumu pārsniegums, dB(A)	Robežlielums, dB(A)	Trokšņa līmenis, dB(A)	Robežlielumu pārsniegums, dB(A)	Robežlielums, dB(A)
Skujenieki	41	-	55	0	-	50	0	-	45
Vilteri	47	-	55	9	-	50	9	-	45
Kālīši	40	-	55	9	-	50	9	-	45

7. tabula. Aprēķinātais augstākais kopējais (fona līmenis un uzņēmuma ietekme) trokšņa līmenis viensētu apbūves teritorijās paredzētās darbības teritorijas apkārtnē 2.kārtas būvniecības laikā

Viensēta	Trokšņa rādītājs								
	L <sub>diena</sub>			L <sub>vakars</sub>			L <sub>nakts</sub>		
	Trokšņa līmenis, dB(A)	Robežlielumu pārsniegums, dB(A)	Robežlielums, dB(A)	Trokšņa līmenis, dB(A)	Robežlielumu pārsniegums, dB(A)	Robežlielums, dB(A)	Trokšņa līmenis, dB(A)	Robežlielumu pārsniegums, dB(A)	Robežlielums, dB(A)
Skujenieki	42	-	55	30	-	50	26	-	45
Vilteri	49	-	55	38	-	50	33	-	45
Kālīši	48	-	55	41	-	50	36	-	45



## 5. TROKŠŅA PIESĀRŅOJUMA NOVĒRTĒJUMS

Trokšņa rādītāju novērtēšanai un aprēķināšanai izmantota MK Noteikumu Nr. 16 “Trokšņa novērtēšanas un pārvaldīšanas kārtība” 1.pielikumā minētā aprēķinu metode. Aprēķini veikti MS Excel, rezultātu kartēšana - izmantojot ArcMAP 10.8.2.; solis – 5 dB(A).

Atbilstoši Ministru Kabineta noteikumiem Nr. 16. „Trokšņa novērtēšanas un pārvaldības kārtība”, veicot vides trokšņa novērtēšanu ārpus telpām, izmanto šādus rādītājus:  $L_{dvn}$ , kas raksturo diennakts troksni un tā radīto kopējo diskomfortu,  $L_{diena}$ , kas raksturo dienas troksni un tā radīto diskomfortu dienā,  $L_{vakars}$ , kas raksturo vakara troksni un tā radīto diskomfortu vakarā, un  $L_{nakts}$ , kas raksturo nakts troksni un tā radīto diskomfortu naktī.

Diennakts daļas tiek sadalītas šādi: standarta diena ilgst no pulksten 7:00 līdz 19:00 jeb 12 stundas, vakars ilgst no pulksten 19:00 līdz 23:00 jeb 4 stundas, savukārt nakts ilgst no pulksten 23:00 līdz 7:00 jeb 8 stundas. Attiecīgajiem laika periodiem iepriekš minētajos Ministru Kabineta noteikumos ir noteiktas arī pieļaujamās robežvērtības (dB(A)), dotas 8. tabulā.

8. tabula. Vides trokšņa robežlielumi

Nr. p. k.	Apbūves teritorijas veids	Trokšņa robežlielumi		
		$L_{diena}$ (dB(A))	$L_{vakars}$ (dB(A))	$L_{nakts}$ (dB(A))
1	Individuālo dzīvojamo māju (mazstāvu, savrupmāju vai viensētu), veselības, ārstniecības, sociālās aprūpes un bērnu iestāžu apbūves teritorija	55	50	45
2	Dzīvojamo daudzstāvu ēku apbūves teritorija	60	55	50
3	Publiskās apbūves teritorija (kultūras, izglītības un zinātnes iestāžu, valsts pārvaldes iestāžu, sabiedrisko objektu, viesnīcu teritorija)	60	55	55
4	Jaukta veida apbūves teritorija (tirdzniecības, pakalpojumu būvju, ar dzīvojamo apbūvi, teritorija)	65	60	55
5	Apdzīvotu teritoriju klusie rajoni	50	45	40

Novērtējot vides trokšņa rādītājus, tiek ņemta vērā tiešā skaņa. Vērā netiek ņemta skaņa, kas ir atstarojusies no ēkas fasādes, tāpēc mērījumu koriģē par -3 dB(A)). Veicot trokšņa kartēšanu, līdzīgi var tikt arī koriģēts novērtējuma punkta augstums virs zemes. Novērojuma punktam

jāatrodas 3,8 līdz 4,2 metrus jeb  $4,0 \pm 0,2$  metrus virs zemes. Atsevišķos gadījumos novērtējuma punkta augstums virs zemes var būt mazāks, bet ne mazāks par 1,5 metriem (kā tas darīts šajā gadījumā). Pēc tam rezultāts tiek koriģēts, lai to varētu pielīdzināt 4 metru augstumam.

- a) **ESOŠAIS PIESĀRŅOJUMS (FONS)** - trokšņa līmenis SIA "Liepājas RAS" apkārtnē novērtēts ņemot vērā mobilo avotu (garāmbraucošais transports) un tuvāko vēja parka Grobiņa ģeneratoru ietekmi. Rezultāti liecina, ka galvenā ietekme ir tieši transportam, bet Latvijā noteiktie robežlielumi pie tuvākām viensētām nevienā no diennakts periodiem netiek pārsniegtas. Sagaidāms, ka augstāks trokšņa piesārņojums ir pie viensētām Kālīši un Vilteri, kuri atrodas tuvāk A9 šosejai.
- b) **TROKŠŅA LĪMENIS DIENAS LAIKĀ BŪVNICĪBAS 2. KĀRTAS LAIKĀ** – 2. kārtas būvniecības darbos tiks nodarbināts lielākais skaits tehnikas, tamdēļ vērtējums veikts tikai šai kārtai. Darbi tiks veikti dienas periodā no 7:00-19:00; trokšņa piesārņojuma līmeņa novērtējuma rezultāti liecina, ka ņemot vērā fona piesārņojuma līmeni augstākais piesārņojuma līmenis sagaidāms tieši šī procesa laikā, un pie mājām Vilteri tas var sasniegt 49 dB(A), kas ir zemāks par noteikto normatīvu – 55 dB(A). Pie pārējām mājām sagaidāmais trokšņa līmenis ir zemāks – Skujenieki 42 dB(A); Kālīši – 48 dB(A).
- c) **TROKŠŅA LĪMENIS DIENAS LAIKĀ** (uzņēmums) – dienas laikā sagaidāma intensīvākā tehnikas izmantošana, augstākā ietekme sagaidāma no mobilām tehnikas iekārtām un transporta uzņēmuma teritorijā. Redzams, ka pie viensētām robežlielums netiek pārsniegts. Salīdzinot rezultātus izbūves laikā un pēc izbūves, redzams, ka atšķirības pie dzīvojamām mājām ir vien dažu decibelu līmenī, kas faktiski ir zem dzirdamības sliekšņa. Pie mājām Kālīši atšķirību summārā trokšņa līmenī 2. kārtas izbūves laikā un pēc izbūves nav, izbūves procesa laikā dienas periodā no 7:00-19:00 par 2 dB(A) augstāks trokšņa līmenis sagaidāms pie mājām Vilteri, bet par 1 dB(A) pie mājām Skujenieki.
- d) **TROKŠŅA LĪMENIS VAKARA UN NAKTS LAIKĀ** – šajā laikā tiks izmantotas tikai dažas iekārtas, trokšņa piesārņojums lokalizējas uzņēmuma teritorijā, ārpus tās trokšņa līmeni galvenokārt noteiks citi apkārtnē esoši avoti – transports, vēja turbīnas.



#### e) **SUMMĀRAIS TROKŠŅA LĪMENIS DZĪVOJAMO MĀJU APKĀRTNĒ**

Esošās situācijas analīze liecina, ka tuvāko māju apkārtņē augstākais trokšņa piesārņojuma līmenis sagaidāms dienas periodā no plkst. 7:00 līdz plkst. 19:00. Pašreizējā situācijā noteicošais trokšņa piesārņojuma avots ir autoceļš A9, un tā dominējošā ietekme sagaidāma arī pēc RAS Ķīvītes būvniecības kārtu pabeigšanas. Ja salīdzina situāciju bez uzņēmuma darbības, t.sk. transporta plūsmām uz RAS Ķīvītes un situāciju pēc izbūves, tad tā praktiski nemainās pie dzīvojamām mājām Kālīši, savukārt par 3- 5 dB(A) trokšņa līmenis dienas laikā palielināsies pie dzīvojamām mājām Vilteri, bet par 5- 6 dB(A) pie dzīvojamām mājām Skujenieki. Šāda situācija skaidrojama ar trokšņa avotu dominanci un izplatības specifiku. Ja bez uzņēmuma darbības esošais trokšņa līmenis pie dzīvojamām mājām bija robežās no 36 dB(A) līdz 48 dB(A), un uzņēmuma ietekme ir robežās no 38-43 dB(A), tad summārais trokšņa līmenis sasniedz 41 – 48 dB(A). Kā zināms, decibelu vērtības nav pieļaujams aritmētiski summēt, jo tās ir logaritmētas vērtības, līdz ar to 2 gandrīz līdzvērtīgu (piemēram, 39 dB(A) un 36 dB(A)) trokšņa līmeņu summārais piesārņojums būs 41 dB(A), kā tas sagaidāms pie mājām Skujenieki.

Konkrēti tuvāko dzīvojamās māju attālumi līdz uzņēmumam:

- aptuveni 400 m attālumā uz Austrumiem ir mājas “Vilteri”;
- aptuveni 550 m attālumā uz Dienvidiem ir mājas “Kālīši”;
- aptuveni 700 m attālumā uz Ziemeļiem ir mājas “Skujenieki”.

Modelēšanas rezultātu apkopojums dienas laikā, 7:00-19:00, summārais līmenis, ievērtēta arī būvniecības 2.kārta:

- “Skujenieki” – 42 dB(A);
- “Vilteri” – 49 dB(A);
- “Kālīši” – 48 dB(A).

Pēc būvniecības darbu pabeigšanas sagaidāmais trokšņa līmenis pie dzīvojamām mājām dienas laikā:

- “Skujenieki” – 41 dB(A);
- “Vilteri” – 47 dB(A);
- “Kālīši” – 48 dB(A).

Nevienā no periodiem robežlielumi netiek pārsniegti.

## 6. APRĒĶINA PIEMĒRS UN APRĒĶINOS IZMANTOTO RĀDĪTĀJU APKOPOJUMS

### STACIONĀRIE AVOTI

Stacionāro avotu emisiju vērtības trokšņa izplatības novērtēšanā iegūtas no iekārtu tehniskām specifikācijām vai, atbilstoši uzņēmuma sniegtai informācijai, citiem IVN.

MOBILIE AVOTI (TRANSPORTS), emisiju vērtību aprēķini veikti atbilstoši MK Noteikumu Nr. 16 "Trokšņa novērtēšanas un pārvaldīšanas kārtība" 1.pielikumā minētai aprēķinu metodei.

- 1) Rites trokšņa aprēķins veikts pēc formulām dažādām frekvencēm (63; 125; 250; 500; 1000; 2000; 4000; 8000 Hz) katrai automašīnu klasei ( $m = 1$  attiecas uz vieglām automašīnām, bet  $m = 3$  attiecas uz smagām automašīnām):

$$L_{WR,i,m} = A_{R,i,m} + B_{R,i,m} \times 10 \lg \left( \frac{v_m}{v_{ref}} \right) + \Delta L_{WR,i,m}(v_m)$$

$$\Delta L_{WR,i,m}(v_m) = \Delta L_{WR,road,i,m}(v_m) + \Delta L_{studded\ tyres,i,m=1}(v_m) + \Delta L_{WR,acc,i,m} + \Delta L_{W,temp}(\tau)$$

$$\Delta L_{W,temp}(\tau) = K \times (20 - \tau)$$

**Aprēķina piemērs:**

$A_{R,i,m} = 85,7$  (125 Hz;  $m = 1$ );

$B_{R,i,m} = 41,5$  (125 Hz;  $m = 1$ );

$v_m = 90$  km/h;

$v_{ref} = 70$  km/h;

$K = 0,08$ ;

$\tau = 7,8$  °C;

$\Delta L_{WR,road,i,m} = 0$ ;

$\Delta L_{studded\ tyres,i,m} = 0$ ;

$\Delta L_{WR,acc,i,m} = 0$ ;

$$\Delta L_{W,temp}(\tau) = 0,08 \times (20 - 7,8) = 0,976$$

$$\Delta L_{WR,i,m}(v_m) = 0 + 0 + 0 + 0,976 = 0,976$$

$$L_{WP,i,m} = 89,2 + 7,2 \times \lg \left( \frac{70}{90} \right) + 0,976 = 91,21 \text{ dB(A)}$$

- 2) Vilces trokšņa aprēķins veikts pēc formulām dažādām frekvencēm (63; 125; 250; 500; 1000; 2000; 4000; 8000 Hz) katrai automašīnu klasei ( $m = 1$  attiecas uz vieglām automašīnām, bet  $m = 3$  attiecas uz smagām automašīnām):

$$L_{WP,i,m} = A_{P,i,m} + B_{P,i,m} \times \frac{(v_m - v_{ref})}{v_{ref}} + \Delta L_{WP,i,m}(v_m)$$

$$\Delta L_{WP,i,m}(v_m) = \Delta L_{WP,road,i,m}(v_m) + \Delta L_{WP,acc,i,m} + \Delta L_{WP,grad,i,m}(v_m)$$

$$\Delta L_{WP,road,i,m} = \alpha_{i,m} + \beta_m \times \lg\left(\frac{v_m}{v_{ref}}\right)$$

**Aprēķina piemērs:**

$A_{P,i,m} = 89,2$  (125 Hz;  $m = 1$ );

$B_{P,i,m} = 7,2$  (125 Hz;  $m = 1$ );

$v_m = 90$  km/h;

$v_{ref} = 70$  km/h;

$\alpha_{i,m} = 0$ ;

$\beta_{i,m} = 0$ ;

$\Delta L_{WP,acc,i,m} = 0$ ;

$\Delta L_{WP,grad,i,m}(v_m) = 0$ .

$$L_{WR,road,i,m} = 0 + 0 \times \lg\left(\frac{70}{90}\right) = 0,11$$

$$\Delta L_{WP,i,m}(v_m) = 0,11 + 0 + 0 = 0,11$$

$$\Delta L_{WP,i,m} = 89,2 + 7,2 \times \frac{(90 - 70)}{70} + 0,11 = 91,37 \text{ dB(A)}$$

Kopējais (rites un vilces) trokšņa aprēķins veikts pēc formulas dažādām frekvencēm (63; 125; 250; 500; 1000; 2000; 4000; 8000 Hz) katrai automašīnu klasei:

$$L_{W,i,m}(v_m) = 10 \times \lg\left(10^{L_{WR,i,m}(v_m)/10} + 10^{L_{WP,i,m}(v_m)/10}\right)$$

$$L_{W,i,m}(v_m) = 10 \times \lg(10^{91,21/10} + 10^{91,37/10}) = 94,30 \text{ dB(A)}$$

Trokšņa līmeņa aprēķins attiecināts uz kilometru aprēķināts pēc formulas:

$$L_{W,eq,line,i,m} = L_{W,i,m} + 10 \times \lg \left( \frac{Q_m}{1000 \times v_m} \right)$$

#### Aprēķina piemērs:

$L_{W,i,m} = 94,30 \text{ dB(A)}$  (125 Hz;  $m = 1$ );

$Q_m = 9093$  automašīnas;

$v_m = 90 \text{ km/h}$ .

$$L_{W,eq,line,i,m} = 94,30 + 10 \times \lg \left( \frac{9093}{1000 \times 90} \right) = 94,34 \text{ dB(A)/km}$$

#### TROKŠŅA IZPLATĪBAS APRĒĶINI

Aprēķini veikti atbilstoši Latvijā noteiktai likumdošanai, prasības iekļautas šādos dokumentos:

- LVS ISO 9613-2. Akustika. Skaņas vājinājums, tai izplatoties apkārtējā vidē. 2. daļa: Vispārējā aprēķinu metode.
- MK Noteikumi Nr. 16-7.01.2014. Trokšņa novērtēšanas un pārvaldības kārtība.
- MK Noteikumi Nr.432- 17.09.2019. "Noteikumi par Latvijas būvnormatīvu LBN 003-19 "Būvklimateoloģija"; Liepājas meteoroloģiskie dati - atmosfēras temperatūra 7,8 °C; relatīvais mitrums 82 %.
- Modelēšana veikta 4,0 m augstumā.

Aprēķinos ņemti vērā šādi specifiski nosacījumi, kas ietekmē skaņas izplatību:

- ģeometriskā diverģence;
- atmosfēras absorbcija;
- zemes efekts;
- atstarojums no virsmām;
- šķēršļu izraisītā ekranēšana.

Aprēķiniem izmantotas šādas formulas:

Ekvivalents nepārtrauktais skaņas spiediena līmenis ( $L_{fT}(DW)$ ) oktāvas joslā uztvērēja atrašanās vietā pa vējam:

$$L_{fT}(DW) = L_W + D_C - A, \text{ kur}$$

$L_W$  – skaņas jaudas līmenis oktāvas joslā decibelos, kuru rada skaņas avots, kuram atskaites skaņas jaudas vērtība ir 1 pikovats (1 pW); modelī ievadīti dati atbilstoši ražotāja informācijai;

$D_C$  – vērsuma korekcija decibelos, kas apraksta to novirzi, par kādu ekvivalents nepārtrauktais skaņas spiediena līmenis atšķiras, noteiktā virzienā, no visvirzienu punktveida skaņas avota skaņas jaudas līmeņa  $L_W$ ;  $D_C$  ir vienāds ar punktveida skaņas vērsuma indeksu  $D_I$ , pieskaitot tam arī indeksu  $D_\Omega$ , kas sevī ietver skaņas izplatīšanos tajos telpiskajos leņķos, kuri ir mazāki par  $4\pi$  steradiāniem; visvirienu skaņas avotiem, izstarojot brīvā telpā, korekcija ir 0 dB;

$A$  – oktāvas joslas vājinājums, decibelos, kas rodas skaņas izplatīšanās laikā no skaņas avota līdz uztvērējam/receptoram.

Oktāvas joslas vājinājums ( $A$ ):

$$A = A_{div} + A_{atm} + A_{gr} + A_{bar} + A_{misc}, \text{ kur}$$

$A_{div}$  – vājinājums, kuru izsauc ģeometriskā diverģence;

$A_{atm}$  – vājinājums, kas rodas atmosfēras absorbcijas rezultātā;

$A_{gr}$  – vājinājums, kuru rada zemes efekts;

$A_{bar}$  – ekrāna izraisītais vājinājums;

$A_{misc}$  – vājinājums, kuru izsauc citi faktori (piemēram, apstādījumi, rūpnieciskās zonas un apbūve).

Ekvivalents nepārtrauktais A-izsvarotais skaņas spiediena līmenis (dB) pa vējam tiek aprēķināts summējot visus laikā vidējos kvadrātiskos skaņas spiedienus, kuri tiek aprēķināti izmantojot aprēķinu formulas katram avotam:

$$L_{AT}(DW) = 10 \lg \left\{ \sum_{i=1}^n \left[ \sum_{j=1}^8 10^{0,1[L_{fT}(ij) + A_f(j)]} \right] \right\}, \text{ kur}$$

$n$  – ietekmju –  $I$  (avotu un trajektoriju) skaits;

$j$  – indekss, kas norāda oktāvu joslas, ar vidējām frekvencēm no 63 Hz līdz 8 kHz;

$A_f$  – standartizētā A-izsvarošana.

Ilgtermiņa vidējais A-izsvarotais skaņas spiediena līmenis  $L_{AT}(LT)$  tiek aprēķināts saskaņā ar vienādojumu:

$$L_{AT}(LT) = L_{AT}(DW) - C_{met}, \text{ kur}$$

$C_{met}$  – meteoroloģiskā korekcija.

Sfēriskai izkļidei brīvajā laukā skaņas vājinājums ģeometriskās diverģences dēļ ( $A_{div}$ , dB) tiek aprēķināts:

$$A_{div} = \left[ 20 \lg \left( \frac{d}{d_0} \right) + 11 \right], \text{ kur}$$

$d$  – attālums no avota līdz receptor punktam, m;

$d_0$  – atskaites attālums, 1 m.

Vājinājums atmosfēras sorbcijas dēļ ( $A_{atm}$ , dB):

$$A_{atm} = \alpha \times \frac{d}{100}, \text{ kur}$$

$\alpha$  – atmosfēras izraisītais vājinājuma koeficients, dB/km.

Zemes izraisītais skaņas vājinājums ( $A_{gr}$ ) galvenokārt atkarīgs no atstarotās skaņas (no zemes virsmas) un skaņas starp avotu un receptoru interferences procesa rezultāts. Lejup noliektais skaņas vājinājuma ceļš (pa vējam) nodrošina to, ka šis vājinājums tiek noteikts galvenokārt ar zemes virsmas reljefu netālu no avota un arī netālu no uztvērēja. Šī zemes iespaids aprēķināšanas metode it pielietojama vienīgi tādai zemes virsmai, kas ir pietiekami līdzena gan horizontāla, gan arī patstāvīga slīpuma gadījumā. Modelī tiek definētas trīs (3) atšķirīgas zemes iespaids zonas:

- a) avota zona, kas sniedzas  $30h_s$  attālumā no skaņas avota, virzienā uz uztvērēju, ar maksimālo attālumu  $d_p$  (kur  $h_s$  ir avota augstums, bet  $d_p$  ir attālums no avota līdz uztvērējam – kā projekcija uz zemes plaknes);
- b) uztvērēja zona, kas sniedza  $30d_r$  attālumā no uztvērēja uz avotu, ar maksimālo attālumu  $d_p$  (kur  $h_r$  – uztvērēja augstums);

- c) vidējā zona, kas atrodas vidū starp avota un uztvērēja zonām; ja  $d_p < (30h_s + 30h_r)$ , tas avota un uztvērēja zonas savstarpēji pārklāsies, un šīs vidējās zonas nav (tiek izslēgta no aprēķiniem).

Atbilstoši šiem pieņēmumiem, zemes izraisītais skaņas vājinājums nepieaug palielinoties vidējās zonas lielumam, bet galvenokārt ir atkarīgs no avota un to uztvērēju zonu īpašībām. Katra zemes gabala akustiskās īpašības tiek ņemtas vērā ar zemes faktoru  $G$ :

- a) blīva virsma – ceļa segums, ūdens, betons vai cita virsma ar zemu porainību, arī noblietētu zemi (raksturīga rūpnieciskām zonām) var uzskatīt par cietu,  $G = 0$ ;
- b) absorbējoša (poraina) virsma – ar kokiem, zāli vai citu veģetāciju segta zeme un visas citas veģetācijai noderīgas zemes virsmas, arī lauksaimniecībā izmantojamā zeme,  $G = 1$ ;
- c) jaukta tipa virsma sastāv no cietas un porainas virsmas,  $G = [0-1]$ , tiek noteikts izmantojot poraino apgabalu kopīgā laukuma īpatsvarā, kas izteikts kā daļskaitlis.

Lai aprēķinātu zemes virsmas izraisīto vājinājumu noteiktās oktāvu joslās, sākotnēji jānovērtē vājinājums  $A_s$  avota zonai, kuru raksturo ar zemes faktoru  $G_s$  šai zonai,  $A_r$  uztvērēja zonai, ko raksturo ar zemes faktoru  $G_r$  un  $A_m$  vidējai zonai, kuru raksturo ar zemes faktoru  $G_m$ . Kopējo zemes izraisīto vājinājumu oktāvu joslās aprēķina:

$$A_{gr} = A_s + A_r + A_m, \text{ kur}$$

$A_s$  – vājinājums avota zonai, kuru raksturo ar zemes faktoru  $G_s$ , dB;

$A_r$  – vājinājums uztvērēja zonai, kuru raksturo ar zemes faktoru  $G_r$ , dB;

$A_m$  – vājinājums vidējai zonai, kur raksturo ar zemes faktoru  $G_m$ , dB.

$$A_s = -1.5 + G_s \times c'(h)$$

$$A_r = -1.5 + G_r \times c'(h)$$

$$c'(h) = 1.5 + 14.0 \times e^{-0.44h^2} \times (1 - e^{-d_p/50})$$

$$A_m = -3q \times (1 - G_m), \text{ kur}$$

$h$  – avota un uztvērēja vidējais augstums, m;

$d_p$  – attālums no punktveida avota līdz uztvērēja projekcijai zemes plaknē, m;

$$q = 0, \quad \text{ja } d_p \leq 30 (h_s + h_r)$$

$$q = 1 - \frac{30(h_s + h_r)}{d_p}, \quad \text{ja } d_p > 30 (h_s + h_r)$$

Ekrāna izraisītais vājinājums ( $A_{bar}$ ) raksturots ņemot vērā uzbērumu un avota darbības līmeni attiecībā pret receptoru. Objektu var uzskatīt par ekranējošu šķērslī tādā gadījumā, ja tas atbilst šādām prasībām:

- virsmas slodze ir vismaz 10 kg/m<sup>2</sup>;
- objektam ir vienlaidus virsma bez lielām spraugām vai atstarpēm;
- objekta horizontālā dimensija, kas mērīta perpendikulāri “avota - uztvērēja” līnijai, ir lielāka nekā skaņas viļņa garums  $l$  interesējošajās oktāvas joslas vidējā frekvencē, jeb  $l_l + l_r > l$ . Jebkurš objekts, kas atbilst šīm prasībām, uzskatāms par ekrānu ar vertikālām malām.

Atbilstoši ISO 9613-2:1996 standartam, ekrāna vājinājums  $A_{bar}$  tiek raksturots kā skaņas izolācija, tās aprēķinos jāņem vērā abu veidu difrakcijas – pār barjeras augšējo malu un gar barjeras vertikālo malu.

Skaņas izplatīšanās pa vējam difrakcijas efektu, dB, pār ekrāna augšējo malu aprēķina izmantojot formulu:

$$A_{bar} = D_Z - A_{gr} > 0$$

Aprēķins difrakcijai gar ekrāna vertikālo malu:

$$A_{bar} = D_Z > 0, \text{ kur}$$

$D_Z$  – ekranēšanas vājinājums oktāvas joslā;

$A_{gr}$  – zemes virsmas izraisītais vājinājums bez ekrāna (t.i., ja ekranējošais šķērslis ir noņemts).

Aprēķinot ekrāna izraisīto vājinājumu  $D_Z$ , tiek pieņemts, ka no skaņas avota līdz uztvērējam eksistē tikai viens nozīmīgs skaņas izplatīšanās ceļš:

$$D_Z = 10lg \left[ 3 + \left( \frac{C_2}{\lambda} \right) C_{3Z} K_{met} \right], \text{ kur}$$



$C_2$  – tiek pieņemts vienāds ar 20, ietver zemes atstarošanās efektu, atsevišķos gadījumos, ja atstarošanās no zemes ņem vērā atsevišķi ar šķietamo avotu palīdzību,  $C_2$  vērtība var būt arī 40;

$C_3$  – vienāds ar 1 (vienkāršas difrakcijas gadījumā), bet dubultās difrakcijas gadījumā:

$$C_3 = \frac{\left(1 + \left(\frac{5\lambda}{e}\right)^2\right)}{\left(\frac{1}{3} + \left(\frac{5\lambda}{e}\right)^2\right)}$$

$l$  – skaņas viļņa garums, metros, atbilstoši oktāvas joslas vidējai frekvencei;

$z$  – starpība starp atstarotās un tiešās skaņas ceļa garumiem, metros:

$$z = [(d_{ss} + d_{sr})^2 + a^2]^{1/2} - d, \text{ kur}$$

$d_{ss}$  – attālums no avota līdz (pirmajai) difrakcijas malai, m;

$d_{sr}$  – attālums no (otrās) difrakcijas malas līdz uztvērējam, m;

$a$  – ceļa  $d$  projekcija ekrāna plaknē, m

$K_{met}$  – meteoroloģisko apstākļu korekcijas faktors;

$e$  – attālums starp divām difrakcijas malām dubultās difrakcijas gadījumā.

Dubultās difrakcijas gadījumā, izplatības ceļš aprēķināts šādi:

$$z = [(d_{ss} + d_{sr} + e)^2 + a^2]^{1/2} - d, \text{ kur}$$

Korekcijas faktors  $K_{met}$  meteoroloģisko apstākļu ievērošanai tiek aprēķināts:

$$K_{met} = \exp \left[ - \left( \frac{1}{2000} \right) \sqrt{d_{ss} d_{sr} \frac{d}{2z}} \right]; z > 0$$

Gadījumos, ja  $z \leq 0$ ,  $K_{met} = 1$ ; sāniskās difrakcijas gadījumā ap šķēršļiem un gadījumos, ja attālums starp avotu un receptoru ir mazākas par 100 m,  $K_{met} = 1$ .

Citi vājinājumi ( $A_{misc}$ ), kuru izsauc citi faktori (apstādījumi, rūpnieciskās zonas un apbūve):

$A_{fol}$  – skaņas vājinājums tai izplatoties cauri apstādījumiem;

$A_{site}$  – skaņas vājinājums tai izplatoties rūpnieciskā zonā;

$A_{hous}$  – skaņas vājinājums tai izplatoties apbūvētā teritorijā.

Meteoroloģiskā korekcija ( $C_{met}$ ), decibelos, tiek aprēķināta avotam, kurš izstaro laikā pastāvīgu līmeni:

$$C_{met} = 0, \text{ ja } d_p \leq 10(h_s + h_r)$$

$$C_{met} = C_0 \left[ 1 - 10 \left( \frac{h_s + h_r}{d_p} \right) \right], \text{ ja } d_p > 10 (h_s + h_r), \text{ kur}$$

$h_s$  – avota augstums, m;

$h_r$  – receptora augstums, m;

$d_p$  – attāluma projekcija starp avotu un uztvērēju horizontālā plaknē, m;

$C_0$  – faktors, dB, kas ir atkarīgs no vietējiem meteoroloģiskajiem statistikas datiem par vēja virzienu un temperatūras gradientiem.

**Aprēķina piemērs:**

$$A_{div} = \left[ 20 \lg \left( \frac{25}{1} \right) + 11 \right] = 38.96$$

$$A_{atm} = 0.4 \times \frac{25}{100} = 0.1$$

$$c(h) = 1.5 + 14.0 \times e^{-0.44 \times 2.75^2} \times (1 - e^{-25.12/50}) = 1.17$$

$$A_s = -1.5 + 0.7 \times 1.17 = -0.681$$

$$A_r = -1.5 + 0.7 \times 1.17 = -0.681$$

$$A_m = -3 \times (-5.6) \times (1 - 0.7) = 5.04$$

$$A_{gr} = -0.681 - 0.681 + 5.04 = 3.68$$

$$A = 38.96 + 0.1 + 3.68 + 0 + 0 = 42.74$$

$$L_{fT}(DW) = 104 + 0 - 42,74 = 61,26 \text{ dB}$$

Analogi veic aprēķinu visām frekvencēm, lai pēc tam aprēķinātu ekvivalento nepārtraukto A-izsvārto skaņas spiediena līmeni pēc šādas formulas:

$$L_{AT}(DW) = 10 \lg \left\{ \sum_{i=1}^n \left[ \sum_{j=1}^8 10^{0,1[L_{fT}(i,j) + A_f(j)]} \right] \right\} \text{ dB}$$

jeb, pierakstot šo formulu citā veidā:

$$L_{eq}(dB(A)) = 10 \cdot \log \left( 10^{\frac{L_{63Hz}-26.2}{10}} + 10^{\frac{L_{125Hz}-16.1}{10}} + 10^{\frac{L_{250Hz}-8.6}{10}} + 10^{\frac{L_{500Hz}-3.2}{10}} + 10^{\frac{L_{1kHz}}{10}} + 10^{\frac{L_{2kHz}+1.2}{10}} + 10^{\frac{L_{4kHz}+1.0}{10}} + 10^{\frac{L_{8kHz}-1.1}{10}} \right)$$

Aprēķina piemērā izmantotie parametri:

$L_W$  – 104 dBA (traktortehnika, frontālais iekrāvējs)

$D_c$  – 0;

$d$  – 25 m;

$d_0$  – 1 m;

$\alpha$  - 0,4 (temp. - 10 °C; rel. mitr. – 70 %; 125 Hz)

$h$  – 2,75 m;

$q$  – (-5.6);

$d_p$  – 25,12 m;

$G_{s,t,m}$  – 0,7;

$A_{bar}$  – 0;

$A_{misc}$  – 0;

## Modeļa konfigurācija / izdruka

0.5G Ground Factor

7.8°C Temperature

82% Humidity

Results are A-weighted

Results are rounded to 0 decimal places

Second order reflections are included

Reflections are only considered at a distance of 1m or greater from a reflector (facade level)

ISO9613-2 barrier attenuation limit (20/25dB) is enabled

Vertical edges (lateral paths) are included using convex paths only (following ISO17534-3 recommendation 5.2)

Ground reflections are not screened (as recommended in ISO17534-3 5.3)

## Modeļa ievades parametri / piemērs

D(L), m	100		input
LW, dB	108		input
A, dB	47.9425	calculated according to LVS ISO 9613-2	
Adiv, dB	51	calculated according to LVS ISO 9613-2	
Aatm, dB	0.24	calculated according to LVS ISO 9613-2	
Agr, dB	-3.3	calculated according to LVS ISO 9613-2	
As	-1.5	calculated according to LVS ISO 9613-2	
Gs	0		input
h, m	1.5		input
dp, m	100		input
c` (h)	5.9980496	calculated according to LVS ISO 9613-2	
Ar	-1.5	calculated according to LVS ISO 9613-2	
Gr	0		input
Am	-0.3	calculated according to LVS ISO 9613-2	
30(hs+hr)	90	calculated according to LVS ISO 9613-2	
q	0.1	calculated according to LVS ISO 9613-2	
Gm	0		input
Afol	0		input
Asite	0.0025	calculated according to LVS ISO 9613-2	
Ahous	0		input
LfT(DW), dB	60.0575	calculated according to LVS ISO 9613-2	