



TARTU ÜLIKOOL

**Direktiivi 2002/49 III lisa muutmise eelnõus kavandatava müra  
terviseohtlikkuse hindamise meetodi sobilikkuse hindamine Eesti tingimustes  
Tallinna ja Tartu linna ning põhimaanteede näitel**

**Lõpparuanne**



**Uuringut rahastas SA Keskonnainvesteeringute Keskus**

**Tartu 2020**

Projekt „Direktiivi 2002/49 III lisa muutmise eelnõus kavandatava müra terviseohtlikkuse hindamise meetodi sobilikkuse hindamine Eesti tingimustes Tallinna ja Tartu linna ning põhimaantee näitel“ on rahastatud SA Keskkonnainvesteeringute Keskuse atmosfääriõhu kaitse valdkonnast.

Direktiivi 2002/49 III lisa muudeti direktiiviga „Komisjoni direktiiv (EL) 2020/367, 4. märts 2020, millega muudetakse Euroopa Parlamendi ja nõukogu direktiivi 2002/49/EÜ III lisa seoses keskkonnamüra kahjuliku mõju hindamise meetodi kehtestamisega“ ning seal toodud tervisemõjude hindamise meetodika tõlkevigu on korrigeeritud direktiivi paranduses „Komisjoni 4. märtsi 2020. aasta direktiivi (EL) 2020/367 (millega muudetakse Euroopa Parlamendi ja nõukogu direktiivi 2002/49/EÜ III lisa seoses keskkonnamüra kahjuliku mõju hindamise meetodi kehtestamisega) parandus“.

Projekt keskendub direktiiviga 2020/367 esitatud meetodika rakendamise sobivuse hindamisele Eestis 2017. aastal valminud strateegiliste mürakartide andmete alusel.

#### **Uuringu autorid:**

Hans Orru (PhD, MPH)

Triin Veber (MSc)

Marko Ründva (MSc)

Tanel Tamm (PhD)

## Sisukord

<b>1. Sissejuhatus ja töö eesmärgid</b> .....	4
<b>2. Mõra ja müratasemete hindamine</b> .....	5
<b>3. Keskkonnamõra mõju tervisele ja selle uurimine</b> .....	7
3.1. Rahvastikupõhised uuringud mõra mõjust tervisele .....	7
3.2. Eelnevad mõra tervisemõjude hindamised .....	10
<b>4. Direktiivis 2020/367 kirjeldatud tervisemõjude hindamise meetodika</b> .....	12
4.1. Hinnatavad terviseväljundid .....	12
4.2. Mõraga kokkupuute hindamine rahvastikus .....	13
4.3. Annus-vastus seose valimine .....	13
4.4. Mõra tervisemõjude leidmine .....	14
<b>5. Tulemused</b> .....	16
5.1. Kokkupuute mõraga ja risk tervisetulemite tekkeks erinevatel müratasemetel .....	16
5.2. Liiklusmõraga seostatavad haigestumised ning suure häirituse ja märkimisväärselt häiritud une esinemine.....	17
<b>6. Mõra vähendavate meetmete rakendamine ja nendest tulenev tervisekasu</b> .....	19
6.1. Modelleeritud mõraolukorrad ja leevendusmeetmed .....	19
6.2. Liiklusmõraarvutuste alusandmestik ja meetodika .....	20
6.3. Kokkupuute mõraga uuringualadel ja selle muutus .....	21
6.4. Tervisemõju uuringualadel ning müravähendamise meetmete tervisekasu .....	34
<b>7. Võimalused mõraga kokkupuute andmete täpsustamiseks</b> .....	35
7.1. Proportsionaalne müratasemete hindamine.....	35
Metoodika.....	35
7.2. Piirangud proportsionaalse mürataseme hindamise meetodika rakendamiseks tervisemõjude hindamiseks .....	37
<b>8. Meetodika rakendatavus ja selle piirangud</b> .....	38
<b>Kokkuvõte</b> .....	40
<b>Kasutatud kirjandus</b> .....	41
<b>LISAD</b> .....	44
Lisa 1. Strateegilised mürakaardid .....	44

## 1. Sissejuhatus ja töö eesmärgid

Euroopa Komisjon peab keskkonnamüra üheks peamiseks keskkonnatervishoiu probleemiks Euroopas (European Commission, 2019). Keskkonnamüra haiguskoormusest moodustab peamise osa liikluse müra (WHO, 2011; EEA, 2020). Liikluse koormus linnades kasvab (Metsvahi, 2017; Stratum, 2017) ning samal ajal toimub linnastumise protsess. Seetõttu puutub üha enam inimesi maailmas kokku kasvava liikluse müraga (European Commission, 2019).

Rahvastikupõhised uuringud on näidanud, et kokkupuude üle 50 dB keskkonnamüra tasemetega suurendab mitmete haiguste, sealhulgas südame isheemiatõve levimuse, avaldumuse ja suremuse riski ning mõjutab ka inimeste heaolu ning töövõimet (Guski jt., 2017; Houthuijs jt., 2019; Nieuwenhuijsen jt., 2017). Liikluse müra tõttu avaldub Euroopas igal aastal vähemalt 1,1 miljonit tervisekaoga eluaastat (EEA, 2020). Selline haiguskoormus asetab müra kahjulikest keskkonnateguritest teisele kohale õhusaastuse järel (WHO, 2018). Seega on väga oluline vähendada elanike kokkupuudet liikluse müraga, et vähendada sellega seotud haigestumust. Võimalused selleks on olemas ning Tallinnas, Tartus ja põhimaanteedel on koostatud vastavad tegevuskavad.

Hindamiseks keskkonnamüra tervisemõjusid ühtsetel alustel Euroopa Liidus (EL) on Euroopa Komisjon koostanud vastavasisulise meetodika, mis on jõustatud komisjoni direktiivis (EL) 2020/367, 4. märts 2020, millega muudetakse Euroopa Parlamendi ja nõukogu direktiivi 2002/49/EÜ III lisa seoses keskkonnamüra kahjuliku mõju hindamise meetodi kehtestamisega. Toodud meetodika kujutab endast tervisemõjude hindamist (*ingl Health Impact Assessment, HIA*), mis kvantifitseerib võimalikud liikluse müra tulenevad negatiivsed mõjud tervisele. Müra tervisemõjude leidmise tulemusena on võimalik paremini mõista liikluse müra probleemi olulisust ja põhjendada müra vähendamise meetmete vajalikkust.

Enne meetodika laialdast rakendamist on oluline seda testida ning tuua välja olulised aspektid, millega meetodika rakendamisel arvestada, sealhulgas tegurid, mis võivad üle- või alahinnata tegelikke tervisemõjusid.

Tervisemõjude hindamise aluseks on suuremates linnades ja põhimaanteedel varem tehtud strateegiline müra tasemete kaardistamine ning on leitud elanike kokkupuude erinevate müra tasemetega. Kuna Stalleni (1999) sõnutsi on elanikel ja otsustajatel raske hinnata detsibelle (mis iseloomustavad müra tasemeid), on oluline seostada müra tasemed võimalike tervisemõjudega nagu näiteks täiendavate haigusjuhtude, häiritute või unehäiretega isikute arv, mis inimestele ja otsustajatele enamasti kergemini arusaadavam näitaja.

Käesolevas uuringus rakendatakse direktiiviga 2020/367 kehtestatud ühtset meetodikat, et hinnata autoliikluse, raudteeliikluse ja lennuliikluse tervisemõjusid Eesti tingimustes Tallinna ja Tartu linna ning põhimaanteedel näitel ja hinnatakse selle sobilikkust Eesti tingimustes. Esitatakse ka erinevad müra vähendamise meetmed mõnedel uuringualadel ning rakendades testitavat meetodikat, leitakse meetmetest saadav võimalik tervisekasu.

## 2. Müra ja müratasemete hindamine

Euroopa Parlamendi ja nõukogu direktiiv 2002/49/EÜ defineerib keskkonnamüra kui soovimatut või kahjulikku väljas levivat heli, mille tekitab inimene oma tegevusega, sealhulgas transpordivahendi, autoliikluse, raudteeliikluse, lennuliikluse ning tööstusettevõtete tekitatud müraga. Keskkonnamüraks ei loeta müra, mida tekitab müraga kokkupuutuv inimene ise: koduse tegevuse müra, naabrite tekitatud müra, töökoha müra, transpordivahendi sisemüra ja sõjaväepiirkondades sõjaväelise tegevusega tekitatud müra.

Peamise osa keskkonnamürast põhjustab linnades liikluse müra, mis on defineeritud keskkonnaministri 16.12.2016 määruses nr 71 (edaspidi keskkonnaministri määrus nr 71) kui müra, mis on põhjustatud regulaarsest auto-, lennu-, raudtee ja veesõidukite liiklusest.

Müra tugevust hinnatakse detsibellides (dB), mis näitab kui palju on heli valjem kui nn. referentsväärtus. Referentsväärtus on õhurõhk tugevusega 20 µPa, mis on inimese kuulmislävi sagedusel 1000 Hz ehk inimkuulmise alampiir. Ühik dB on logaritmilises skaalas, kahekordne suurenemine heli energias põhjustab 3 dB heliõhu taseme tõusu (Basner jt., 2014).

Euroopa Parlamendi ja nõukogu direktiiv 2002/49/EÜ ja keskkonnaministri määrus nr 71 määratlevad peamised keskkonnamüra näitajad:

1.  $L_{den}$  – päeva-õhtu-öömüraindikaator. Aasta kõikide päeva-, õhtu- ja ööaja helirõhutasemete arvsuuruste alusel kindlaksmääratud pikaajaline keskmine helirõhutase, mis on müra üldise häirituse indikaator.  $L_{den}$  määramisel rakendatakse õhtusele mürale parandustegurit +5 dB ja öisele mürale +10 dB. Näitaja arvutatakse  $L_{night}$ ,  $L_{day}$ ,  $L_{evening}$  põhjal.
2.  $L_{night}$  – öömüraindikaator. Aasta kõikide ööaegade alusel kindlaks määratud pikaajaline keskmine helirõhutase, mis on unerahu rikkuva müra indikaator ja iseloomustab unerahu häirimist öösel kell 23.00–7.00. Määratakse vastavalt standardile ISO 1996–2: 1987.
3.  $L_{day}$  – päevamüraindikaator. Aasta kõikide päevaaegade alusel kindlaks määratud pikaajaline keskmine helirõhutase, mis iseloomustab müra häirivat mõju päeval kell 7.00–19.00. Määratakse vastavalt standardile ISO 1996–2: 1987.
4.  $L_{evening}$  – õhtumüraindikaator. Aasta kõikide õhtuaegade alusel kindlaks määratud pikaajaline keskmine helirõhutase, mis iseloomustab müra häirivat mõju õhtusel ajal kell 19.00–23.00. Määratakse vastavalt standardile ISO 1996–2: 1987.
5.  $L_d$  – päevane müra. Ajavahemikul 7.00–23.00 hinnatud müratase, kusjuures õhtusel ajavahemikul (19.00–23.00) tekitatud mürale lisatakse parandus +5 dB.
6.  $L_n$  – öine müra. Ajavahemikul 23.00–7.00 hinnatud müratase.

EL seadusandluses ning rahvusvahelistes raportites ja teadusartiklites kasutatakse aastakeskmisi näitajaid  $L_{den}$ ,  $L_{night}$ ,  $L_{day}$ ,  $L_{evening}$ . Eesti seadusandluses on kehtestatud piirnормid ja müra mõõtmiste juhised lühiajalistele näitajatele  $L_d$  ja  $L_n$ .

*Tervisemõjude hindamiseks tuleb Komisjoni direktiivi 2020/367 alusel kasutada näitajaid  $L_{den}$  ja  $L_{night}$ .*

Kuna iga konkreetse inimese tegelikku kokkupuudet müraga on väga ressursimahukas hinnata, kasutatakse nii müra kaardistamisel kui terviseuuringutes kokkuleppeliselt müratasemeid elamute välisfassaadil. Elanike kokkupuude siseruumides on tegelikult väiksem, kuna hoone konstruktsioonid summutavad müra, eriti veel siis, kui on kasutatud kodus müra summutavaid ehitusmaterjale, elatakse kõrgematel korrustel, hoitakse aken suletuna või aknad pole suunatud müraallika poole jne. Teisalt on müraga kokkupuude tegelikult suurem kui kõnnitakse tänaval, sest seal viibitakse sõiduteele lähemal kui maja välisfassaad. Peale selle ei suudeta enamasti arvestada teiste müraallikate ja müratasemega, millega inimene puutub kokku töö juures või mujal väljaspool elukohta vaba aega veetes (Jauhiainen jt., 2010).

Hindamaks võimalikku mõju korteri paiknemisel teises suunas, kui maja tänavapoolne fassaad, viidi käesoleva töö raames läbi täiendav elanike müraga kokkupuute hindamine, kasutades fassaadi proportsionaalse mürahindamise meetodikat (vt täpsemalt ptk 7).

### 3. Keskkonnamüra mõju tervisele ja selle uurimine

Kokkupuude keskkonnamüraga põhjustab kahte tüüpi terviseprobleeme – kuulmisega seotud, nt kuulmise kadu ja tinnitus ning kuulmisega mitteseotud probleeme, nt südame-veresoonkonna haigused, unehäired, stress, häiritus, jne. Enamasti põhjustab kuulmiskadu ühekordne kokkupuude väga tugeva müraga (nt püssipauk) või ka pikaajaline kokkupuude suhteliselt kõrgemate helirõhutasemega näiteks tööstuses ( $L_{pA,eq} > 80$  dB) (Basner jt., 2014). Kuulmiskadu põhjustab ka liiga valju muusika kuulamine kõrvaklappidest ning sage kontsertide küllastamine (WHO, 2011). Küll ei ole liiklusrüra enamasti nii suur, et laiemalt kuulmiskadu või tinnitust põhjustada (EEA, 2020). Vaid üksikud uuringud on näidanud lastel kuulmise halvenemist liiklusrüra (eriti lennuliikluse müra) tõttu (Śliwińska-Kowalska ja Zaborowski, 2017). Seega on valdav osa keskkonnamüra tervisemõjudest kuulmisega mitte seotud mõjud.

Mürale tundlikumad on lapsed, vanurid, krooniliselt haiged, rasedad, madalama sotsiaalmajandusliku staatusega isikud, vahetustega töötajad ja lihtsalt mürale tundlikud inimesed (EEA, 2020). On leitud, et mürale eriti tundlikud inimesed tajuvad samu helitugevusi oluliselt häirivamalt võrreldes enamike inimestega ja neil on ka mürast tulenev haigestumise risk suurem kui teistel (Heinonen-Guzejev jt., 2007; Schreckenbergt. jt., 2010). On leitud, et mürale on tundlikud 25–40% elanikkonnast, kelle hulgast on teatud osa mürale eriti tundlikud (Jauhiainen jt., 2010).

#### 3.1. Rahvastikupõhised uuringud müra mõjust tervisele

Kõige parem viis uurida müra mõju tervisele on rahvastikupõhised epidemioloogilised uuringud. Sellistes uuringutes võrreldakse haigussümptomite esinemist, haiguse kujunemist, surmade hulka või mõnda teist tervisenäitajat nende hulgas, kes puutuvad kokku kõrgemate müratasemetega võrreldes nendega, kes puutuvad kokku madalamate müratasemetega. Sellistes uuringutes võetakse arvesse ka nn segavaid tegureid ehk tegureid, mis on võinud esile kutsuda sarnase tervisemõju nagu näiteks suitsetamine, õhusaaste, ebatervislik toitumine jms. Järgnevalt antakse ülevaade müra mõjust direktiivis 2020/367 käsitletud terviseväljunditele.

#### Mõju südame-veresoonkonna haigustele

Epidemioloogilised uuringud on näidanud, et liiklusrüra on oluliseks südame-veresoonkonna haiguste riskiteguriks. WHO initsiatiivil koostati metanalüüsi hindamaks keskkonnamüra ja südameveresoonkonna haiguste seoseid (van Kempen jt., 2018). Metaanalüüsi kaasati kuni aastani 2015 ilmunud uuringud, mis leidsid annus-vastus seoseid keskkonnamüra ja südame-veresoonkonna haiguste vahel. Annus-vastus seos tähendab seda, et teatud mürataseme suurenemine (näiteks 1 dB, 10 dB) suurendab statistiliselt oluliselt haigestumust südame-veresoonkonna haigustesse. Nii ilmnes kolmes kohortuuringus (rahvastikupõhine epidemioloogiline uuring, kus jälgitakse rühma inimesi pika aja vältel) ja neljas juhtkontrolluuringus (uuring, kus võrreldakse haigestunuid ja mitte haigestunuid ning tehakse kindlaks nende müraga kokkupuute), et autoliikluse müra  $L_{den}$

tõustes 10 dB võrra suureneb suhteline risk haigestumiseks südame isheemiatõppe keskmiselt 1,08 (95% CI 1,01–1,15) korda. Lisaks hinnati GRADE meetodil (erinevad kriteeriumid, millega hinnatakse uuringu kvaliteeti) antud seose tõendust, mis osutus kõrgeks (van Kempen jt., 2018). Samas metaanalüüsis uuriti ka annus-vastus seoseid autoliikluse müra ja südame isheemiatõve suremuse vahel. Leiti, et autoliikluse müra tõus 10 dB võrra suurendab suremuse riski südame isheemiatõppe keskmiselt 1,05 (95% CI 0,97–1,13) korda ühe juht-kontrolluuringu ja kahe kohortuuringu põhjal (van Kempen jt., 2018). Tõendus sellele annus-vastus seosele hinnati keskmiseks. Need seosed kehtivad müratasemete vahemikus  $L_{den}$  40–80 dB (van Kempen jt., 2018). Direktiivis 2020/367 rakendatakse küll vaid haigestumise annus-vastus seost liikluse müra mõju hindamisel südame-veresoonkonnale, kuna nende vahel on enam tõendus põhiseid seoseid. Mõju hinnatakse alates müratasemest 53  $L_{den}$  ehk nn *Benchmark* doosist, mille juures algab suurem toime.

Müra mõju südame-veresoonkonnale ilmneb läbi autonoomse närvisüsteemi ja endokriinsüsteemi. Meie kuulmissüsteem on aju ühenduste kaudu seotud nii sümpaatilise närvisüsteemiga (osa autonoomsest närvisüsteemist) kui ka endokriinsüsteemiga (reguleerib meie hormoonide tööd). Kui klassikaliselt on sümpaatilise närvisüsteemi ülesanne kaitsta meid ohuolukorras võimaldades organismil mobiliseerida oma ressursse, siis pikaajaline valmisolek kurnab organismi ja mõjub koormavalt südame-veresoonkonnale. Müraga kokkupuude võib põhjustada ka müra stressi, mõjutades sellega mitmeid füsioloogilisi, metaboolseid ja immunoloogilisi protsesse (Recio jt., 2017).

Müra stressiga kaasneb stressihormoonide nagu katehoolamiinide (noradrenaliin ja adrenaliin) ja glükokortikoidide (kortisool) vabanemine, mis omakorda tekitab põletikulisi reaktsioone, oksüdatiivset stressi rakkudes ja veresoonte ahenemist (Daiber jt., 2019). Krooniline stress suurendab vere viskoossust, vere glükoositaset ja aktiveerib vere hüübimise süsteemi. Need muutused omakorda suurendavad südame-veresoonkonnahaiguste ohtu (Daiber jt., 2019).

On leitud, et liikluse müra mõjutab ka vererõhku. Kuna aga tegemist oli vaid läbilõikeliste uuringutega, hinnati selle annus-vastus seose tõenduse tase WHO poolt madalaks (van Kempen jt., 2018) ja seetõttu direktiivis 2020/367 liikluse müra mõju kõrge vererõhu levimusele ei hinnata.

Kui enamik epidemioloogilisi uuringuid on keskendunud ühe kindla müra-allika tervisemõjude väljaselgitamisele, siis hiljuti Rootsis läbiviidud kohortuuringus leiti, et kui inimest mõjutavad kolm müra-allikat korraga tugevusega  $\geq 45$  dB  $L_{den}$  (autoliiklus, raudteeliiklus ja lennuliiklus), siis risk haigestumiseks tõuseb. Nendel inimestel, kes puutusid kokku kõigi kolme liikluse müra allikaga korraga, oli riskitiheduse suhe  $HR$  1,57 (95% CI 1,06–2,32) südame isheemiatõppe haigestumiseks kõrgem (Pyko jt., 2019). Siiani ei ole piisavat tõendust leidnud seosed liikluse müra ja insuldi vahel (WHO, 2018).

Kuna autoliikluse müraga koos tekib ka õhusaaste, võib tekkida küsimus, kas tervisemõjud on tekitatud müra või hoopis õhusaastest? Ühe süstemaatilise ülevaateuuringu hinnangul,



südame-veresoonkonna haiguste, eriti aga südame isheemiatõve puhul võib arvata, et müral ja õhusaastel on ikkagi iseseisev mõju tervisele. Kohandamine mürale või õhusaastele ei muutnud oluliselt suhtelisi riske (Tétreaul jt., 2013). Taani kohortuuring aga leidis, et kõrge õhusaastuse näitaja ja liikluse müra näitaja korral (lämmastikdioksiid NO<sub>2</sub> 15,7 µg/m<sup>3</sup> ja müra *L<sub>den</sub>* 62,1 dB) on annus-vastus seosed insulti haigestumisega kõige tugevamad ning seetõttu võib müral ja õhusaastusel olla kombineeritud mõju (Sørensen jt., 2014). Seega vähendades liiklussagedusi, ilmneks kombineeritud kasu rahvatervisele.

### Mõju häiritusele

Häiritus ehk häirivus (ingl *annoyance*) on defineeritud kui tunnetatud meelepaha või ärritus, mis on põhjustatud müra (WHO, 2018). Euroopa Parlamendi ja Nõukogu direktiiv 2002/49/EÜ kasutab eestikeelse mõistena ka sõna „häirivus“), ent Euroopa Komisjoni direktiivis (EL) 2020/367, mis on antud töö metoodika aluseks, on kasutusel mõiste „häiritus“. WHO defineerib tervist kui täieliku füüsilise, vaimse ja sotsiaalse heaolu seisundit, mitte ainult haiguse või nõtruse puudumist (WHO, 2020), millest johtuvalt loetakse häiritust kahjulikuks tervisemõjudeks (EEA, 2020). On leitud, et vastusena keskkonnamürale võivad inimesed kogeda viha, pettumust, abitust, depressiooni, rahulolematust, ärevust või kurnatust (WHO, 2011).

Haiguskoormuselt on häiritus keskkonnamüra tervisemõjudest unehäirete (vt. järgmine alapeatükk) järel teisel kohal (Guski jt., 2017; WHO, 2018). Häiritus on subjektiivne näitaja ja seda saab hinnata ainult inimene ise (Jauhiainen jt., 2010). Häiritust hinnatakse standardiseeritud küsimustikega. Enam on kasutatud kahte küsimustikku: *International Committee for the Biological Effects of Noise* (ICBEN) küsimustik ja *International Standards Association* (ISO) küsimustik. Küsimustikes palutakse hinnata 5 või 11 palli skaalal, kui palju müra häirib kodus, kusjuures ei ole täpsustatud, kas mõeldakse siseruume või väliskeskkonda (Guski jt., 2017). Põhiliselt kasutatakse tervisemõjude hindamises suure häiritusega (ingl *high annoyance*) inimeste osakaalu leidmist (WHO European Centre for Environment and Health, 2011). Guski jt. (2017) järgi määratakse suur häiritus selle järgi, kui kõrgelt hindab inimene oma häiritust 5 või 11 palli skaalal. Kirjanduses on erinevad lähenemisi, kust tõmmata piir suure häirituse ja tavalise häirituse vahele, kuid enamasti loetakse suureks häirituseks kasutatud skaala ülemist 28%, näiteks 11 pallise skaala korral need, kes märkisid häirituse tasemeks 8–11 (Guski jt., 2017).

WHO on koostanud ka häirituse tervisemõjudest metanalüüsi, kuhu kaasas 2015. aastani avaldatud uuringud, mis uurisid annus-vastus seoseid liikluse müra ja suure häiritusega inimeste osakaalu vahel. Mainitud metanalüüsis teostati iga müraallika kohta eraldi. Erinevate uuringute šansside suhete põhjal leiti ühtne šansside suhe iga müraallika kohta, mis kirjeldab müra mõju suure häiritusega inimeste osakaalule. Leiti, et müra tõustes 10 dB võrra on šans suureks häirituseks kolm kuni viis korda suurem nii autoliikluse, raudteeliikluse kui ka lennuliikluse müra korral. WHO hindas tõenduse ühtsele šansside suhtele GRADE meetodil keskmiseks lennuliikluse ja keskmiseks või kõrgeks autoliikluse ja raudteeliikluse müra korral (Guski jt., 2017).

On leitud ka, et katkendlik müra on häirivam, kui ühtlane müra (Brink jt., 2019). Katkendlik müra on näiteks mööduv auto, ühtlane müra on näiteks kodumasinatete töötamisel tekkiv pidev heli (õhksoojuspump) või kella tiksumine. Samuti sõltub häiritus ka ajast ja inimese tegevusest – öine müra häirib rohkem kui päevane müra, vabaaja üritusel osalemise ajal häirib müra vähem kui õppimise ajal (Ouis, 2001). Rohkem häirib müra soojemate ilmade korral, kuna siis on suurema tõenäosusega aknad lahti.

### Mõju unehäiretele esinemisele

Liikluse müra võib häirida und põhjustades une katkemist, raskendades magama jäämist või halvendades une kvaliteeti (Lahti, 2010). Müra võib häirida und ka ilma, et inimene üles ärkaks ja põhjustada alateadlikku stressireaktsiooni vallandumist (Basner jt., 2014).

Unehäired saab mõõta enesehinnanguliselt subjektiivselt (hinnatakse standardiseeritud skaalaga) või objektiivselt (mõõdetud pulsisagedus, vererõhk, keha liigutused jms) magamise ajal (WHO, 2011). Enesehinnangulistes küsitlustes inimene raporteerib oma kogemusi unehäirete, une kvaliteedi ja hommikust väsimuse kohta (Basner jt., 2018; Jauhiainen jt., 2010). Tervisemõjude hindamises kasutatakse enesehinnangulist näitajat märkimisväärselt häiritud unega inimeste arv (ingl *high sleep disturbance*) (WHO, 2011). Märkimisväärselt häiritud unega inimesteks loetakse need, kes hindavad küsitluses skaalal 0–100 oma unehäiret suurema skooriga kui 72 (WHO, 2011).

WHO koostatud metanalüüsis leiti, et šanss olla märkimisväärselt häiritud unega tõuseb 2,13 korda (95% CI 1,82–2,48) öise autoliikluse müra  $L_{night}$  tõustes 10 dB võrra. Tõendus sellele annus-vastus seosele hinnati GRADE meetodil keskmiseks (WHO, 2018).

Unehäired soodustavad omakorda kardiovaskulaarsete ja metaboolsete haiguste (kõrgvererõhutõbi, südameinfarkt, rasvumine, diabeet) teket, aga põhjustavad ka töövõime vähenemist, infektsiooniriski suurenemist, õnnetuseriski suurenemist, väsimust ja elukvaliteedi langust (Basner jt., 2018). WHO soovitus järgi ei tohiks öine keskkonnamüra ületada välisõhus 40 dB (WHO, 2018).

## 3.2. Eelnevad müra tervisemõjude hindamised

Ühe olulisematest eelnevatest keskkonnamüra tervisemõjude hindamistest avaldas WHO Euroopa regiooni töörühm 2011. Aastal (WHO; 2011). Raportis on hinnatud keskkonnamüra terviseväljundite (südame-veresoonkonna haigused, häiritus, vaimsete võimete halvenemine, unehäired ja tinnitus) haiguskoormust Euroopa Liidus ja teistes Lääne-Euroopa riikides. Selle uurimistöö hinnangul moodustavad keskkonnamürast põhjustatud haiguskoormuse suurema osa kuulmisega mitteseotud probleemid nagu: märkimisväärsed unehäired (53% tervisekauga eluaastatest, *DALY-dest – Disability Adjusted Life Years*), suur häiritus (39% *DALY-dest*), südame isheemiatõbi (4% *DALY-dest*) ja kognitiivsed häired lastel (3% *DALY-dest*) ning kuulmisega seotud probleemidest põhjustab haiguskoormuse eeskätt tinnitus (1% *DALY-dest*) (WHO, 2011). Uurimistöö autorite rühm järeldas, et unehäired ja

häiritus, mis on peamiselt seotud just autoliikluse müraga, moodustavad peamise osa keskkonnamüra põhjustatud haiguskoormusest (WHO, 2011).

Kõige uuem ja laiaulatuslikum keskkonnamüra (autoliikluse, raudteeliikluse, lennuliikluse ja tööstuse müra) tervisemõjude hindamine on avaldatud 2020. aastal ning selle teostas Euroopa Keskkonnaagentuur 33 Euroopa riigi strateegiliste mürakaardistamiste põhjal 2017. aasta andmetel (EEA, 2020). Selle tulemusena hinnati, et pikaajaline kokkupuude keskkonnamüraga põhjustab uuritud riikides kokku ligi 12 000 varajast surma südame isheemiatõve tõttu ja 48 000 haigestumist südame isheemiatõppe aastas. Hinnanguliselt kannatab 22 miljonit inimest suure häirituse tõttu ja 6,5 miljonil on märkimisväärselt häiritud uni. Põhjustatuna lennuliikluse müra on 12 500 koolilapsel õpiraskused. Ka selles uuringus osutus peamiseks haiguskoormuse allikaks autoliiklus (75% DALY-dest), millele järgnes raudteeliiklus, lennuliiklus ja tööstus (vastavalt 20%, 4% ja 0,5% DALY-dest). Uuringus toodi välja, et üle 55 dB müraga puutub kokku 20% eurooplastest päeva-õhtu-öömüraindikaatori  $L_{den}$  ja 15% öömüraindikaatori  $L_{night}$  põhjal (EEA, 2020). Ka aasta varem avaldatud tervisemõjude hindamine kokku 32 riigis 2017. aasta müra kaardistamiste andmetel leidis, et kolm neljandikku tervisemõjudest on põhjustatud autoliikluse müra ning peamiselt tekib müra tervisekahju linnastunud aladel (Houthuijs jt., 2019).

## 4. Direktiivis 2020/367 kirjeldatud tervisemõjude hindamise meetodika

Käesolevas töös kasutatakse müra tervisemõjude hindamiseks Euroopa Komisjoni direktiivis (EL) 2020/367 kirjeldatud meetodikat). Meetodika tugineb kõige uuematel WHO soovitustel Euroopa regioonile (WHO, 2018). Need omakorda põhinevad rahvastikupõhiste epidemioloogiliste uuringute metaanalüüsidel, milles teostati ka tõenduse hindamine annus-vastus seostele liiklusrütmide ja tervisemõjude vahel GRADE meetodil (Basner jt., 2018; Clark jt., 2018; Guski jt., 2017; van Kempen jt., 2018).

Müra tervisemõjude hindamises saab eristada nelja etappi:

- hinnatavate terviseväljundite valimine;
- müraga kokkupuute hindamine rahvastikus;
- annus-vastus seose valimine;
- müraga seletatavate juhtude arvu leidmine ja haiguskoormuse leidmine.

Järgnevatel alapeatükkidest kirjeldatakse neid nelja etappi ja nende teostamist.

### 4.1. Hinnatavad terviseväljundid

Hinnatavad terviseväljundid valiti vastavalt Euroopa Komisjoni direktiivile (EL) 2020/367, millel põhineb kogu käesoleva töö meetodika.

Hinnatavad terviseväljundid on:

- südame isheemiatõve haigestumus (vastavalt Rahvusvahelise haiguste klassifikatsiooni ICD-11 (uue versioon) koodidele BA40–BA6Z või ICD-10 (vanem versioon) koodidele I20–I25);
- suure häiritusega inimeste arv;
- märkimisväärselt häiritud unega inimeste arv.

Direktiivis 2020/367 lähtuti nende terviseväljundite valimisel WHO metaanalüüsidest (2018) kasutatud tõendusmaterjalide hindamistest GRADE meetodil ning just nende terviseväljundite ja liiklusrütmide vahel on kõige paremini tõendatud annus-vastus seosed.

Käesolevas töös on kasutatud Eesti puhul 2015. aasta terviseandmeid, sest mürale kokkupuute hinnangud on teostatud samuti 2015. aasta kohta. Ühelt poolt on hea kasutada kõige uuemaid kättesaadavaid terviseandmeid, ent teisalt on andmete ühtsuse huvides korrektne kasutada kõikide juhtudel (müraga kokkupuute, rahvastiku paiknemine, haigestumus) sama aasta andmeid.

Üheks võimaluseks saada haigestute arv on Tervise Arengu Instituudi (TAI) Tervisestatistika ja terviseuuringute andmebaas (<https://statistika.tai.ee>). Antud andmebaasist tuleks leida haigestumuse alt registreeritud esmahaigestumus, kus peamiseks diagnoosiks on olnud

südame isheemiatõbi (tähistatud ICD-11 koodidega BA40–BA6Z või ICD-10 koodidega I20–I25). Küll peaks linnade haigestumuse leidmiseks kasutama registreeritud esmashaigestumuse näitajat kogu Eesti kohta, sest avalikust statistikast pole võimalik hetkel saada elukoha põhiseid andmeid haigestumuse kohta. Andmed on registreeritud tervishoiuteenuse osutaja (näiteks haigla) asukohajärgi ning see ei pruugi kattuda reaalse elukohaga (näiteks Rapla inimene hospitaliseeriti Tallinnas).

Esmashaigestumus südame isheemiatõppe oli 2015. aastal Eestis 647,4 juhtu 100 000 elaniku kohta. Antud haigestumuskordaja alusel on võimalik välja arvutada eeldatav juhtude arv Tallinnas, Tartus jm kasutades aastakeskmist elanike arvu (antud andmed on saadaval näiteks Statistikaameti andmebaasis <http://andmebaas.stat.ee>). Vastavalt kirjeldatud meetodikale ja andmetele arvutati välja eeldatav haigusjuhtude arv Tallinnas, Tartus ja põhimaanteede ääres 2015. aastal.

Oluline on kasutada siin Eesti andmebaasidest saadavaid haigestumuse andmeid, kuna need on täpsemad kui WHO andmebaasidest saadavad andmed kogu Eesti kohta, mida on kasutanud näiteks Euroopa Keskkonnaagentuur oma hinnangutes (EEA, 2020).

#### 4.2. Müraga kokkupuute hindamine rahvastikus

Erinevatele müratasemetega kokku puutuvate inimeste arv saadi Tallinna, Tartu ja põhimaanteede müra strateegilise kaardistamise aruannetest. Müra kaardistamise käigus on modelleeritud müratasemed ja hinnatud erinevates müratsoonides (55–59, 60–64, 65–69, 70–74,  $\geq 75$  dB) elavate inimeste arv, lähtudes päeva-õhtu-öömüraindikaatori  $L_{den}$  ja öömüraindikaatori  $L_{night}$  arvsuurusest hoonete kõrgeima müratasemega välispiirdel 4 m kõrgusel.

Direktiiv 2020/367 eeldab näitajate  $L_{den}$  ja  $L_{night}$  kasutamist.

Kokkupuutunute arvu hinnangud (ümardatud lähima sajani) on esitatud eraldi autoliikluse, raudteeliikluse ja lennuliikluse kohta. Autoliikluse all mõeldakse kõiki sõidukeid, mis liiguvad linna teedel ja tekitavad müra, Tallinna puhul on sinna alla arvestatud ka trammid). Müra strateegilise kaardistamise andmete alusel koostatud mürakaardid (Lisa 1) on kättesaadavad riigi geoportaalil aadressil:

[https://xgis.maaamet.ee/maps/XGis?app\\_id=MA34H5&user\\_id=at&LANG=1&WIDTH=1620&HEIGHT=969&zlevel=0,552500,6505000](https://xgis.maaamet.ee/maps/XGis?app_id=MA34H5&user_id=at&LANG=1&WIDTH=1620&HEIGHT=969&zlevel=0,552500,6505000)

#### 4.3. Annus-vastus seose valimine

Annus-vastus seostena kasutatakse käesolevas töös Direktiivis 2020/367 toodud seoseid. Direktiivi valemities kasutatud annus-vastus seosed johtuvad WHO metaanalüüside andmetest (WHO, 2018).

#### 4.4. Müra tervisemõjude leidmine

##### Riskitasemete arvutamine eri müratasemetel annus-vastus seoste alusel

Eri müratasemetel ilmnevate riskitasemete arvutamine lähtub Euroopa Komisjoni direktiivis (EL) 2020/367 olevatest valemitest.

Suhteline risk  $RR$  liiklusrüüra puhul on defineeritud kui:

$$RR = \frac{\text{kahjuliku mõju avaldumise tõenäosus elanikkonnas, kes puutub kokku liiklusrüüra teatava tasemega}}{\text{kahjuliku mõju avaldumise tõenäosus elanikkonnas, kes ei puutu kokku liiklusrüüraga}} \quad (1)$$

Absoluutne risk  $AR$  liiklusrüüra puhul on defineeritud kui:

$$AR = \text{kahjuliku mõju avaldumine elanikkonnas, kes puutub kokku liiklusrüüra teatava tasemega.} \quad (2)$$

Südame isheemiatõve (IHD) haigestumise ( $i$ ) suhteline risk  $RR$  iga autoliikluse müra taseme ( $L_{den}$  55–59, 60–64, 65–69, 70–74,  $\geq 75$  dB) jaoks arvutati valemiga:

$$RR_{IHD,i,auto} = \begin{cases} e^{[(\ln(1,08)/10) \times (L_{den} - 53)]} \\ 1 \end{cases} \quad (3)$$

Suure häirituse absoluutse riski ( $AR$ ) hindamiseks kasutati järgmiseid valemeid:

$$AR_{häiritus,auto} = (78,9270 - 3,1162 \times L_{den} + 0,0342 \times L_{den}^2) / 100 \quad (4)$$

$$AR_{häiritus,raudtee} = (38,1596 - 2,05538 \times L_{den} + 0,0285 \times L_{den}^2) / 100 \quad (5)$$

$$AR_{häiritus,lennuk} = (-50,9693 + 1,0168 \times L_{den} + 0,0072 \times L_{den}^2) / 100 \quad (6)$$

Märkimisväärselt häiritud une absoluutse riski ( $AR$ ) hindamiseks kasutati järgmiseid valemeid:

$$AR_{unehäired,auto} = (19,4312 - 0,9336 \times L_{night} + 0,0126 \times L_{night}^2) / 100 \quad (7)$$

$$AR_{unehäired,raudtee} = (67,5406 - 3,1852 \times L_{night} + 0,0391 \times L_{night}^2) / 100 \quad (8)$$

$$AR_{unehäired,lennuk} = (16,7885 - 0,9293 \times L_{night} + 0,0198 \times L_{night}^2) / 100 \quad (9)$$

Valemities 3–9 on  $RR$  on arvutatud iga mürataseme vahemiku ( $L_{den}$  55–59, 60–64, 65–69, 70–74,  $\geq 75$  dB) kohta mürataseme vahemike keskmiste väärtuste järgi. Näiteks mürataseme vahemiku  $L_{den}$  55–59 dB keskmine väärtus on 57,5 dB (vastavalt Direktiivile 2002/49/EÜ loetakse mürataseme 55–59 dB vahemikku väärtused 55,00 dB ja 59,99 dB).

### Rahvastiku panusosise ja liiklusrüüra seletatavate juhtude leidmine

Rahvastiku südamise isheemiatõve panusosis kokkupuutuvatel *PAF* (ingl *Population Attributable Fraction*) näitab liiklusrüüra seletatavate südamise isheemiatõve juhtude osakaalu kõikidest südamise isheemiatõve haigestumuse juhtudest teatud piirkonnas (Tallinn, Tartu, põhimaanteed). See arvutati alljärgneva valemi järgi:

$$PAF_{IHD,auto} = \left( \frac{\sum_j [p_j \times (RR_{IHD,j,auto} - 1)]}{\sum_j [p_j \times (RR_{IHD,j,auto} - 1)] + 1} \right), \quad (10)$$

$PAF_{IHD,auto}$  – südamise isheemiatõve panusosis autoliikluse rüüra kokkupuutuvatel  $j$  – müratase (nt 55–59 dB),  $p_j$  – inimeste osakaal rahvastikust, kes puutuvad kokku müratasemega  $j$ ,  $RR_{IHD,j,auto}$  – südamise isheemiatõve risk ( $RR_{IHD,i,auto}$ ) autoliiklusest müratasemel  $j$ .

### Liiklusrüüra seletatavate juhtude leidmine

Autoliikluse rüüra seletatavate südamise isheemiatõve haigestumise juhtude arv  $N_{auto,i}$  arvutati järgmise valemi alusel:

$$N_{auto,i} = PAF_{IHD,i,auto} \times IHD_i \times P, \quad (11)$$

kus  $PAF_{IHD,i,auto}$  – müra panusosis südamise isheemiatõve esmashaigestumusest autoliikluse müra tõttu,  $IHD_i$  – südamise isheemiatõve esmashaigestumus selles piirkonnas, kus liiklusrüüra mõjusid leitakse (näiteks Tallinn, Tartu või põhimaanteed),  $P$  – autoliikluse rüüra kokkupuutuvate arv.

Suure häiritusega inimeste ja märkimisväärselt häiritud unega inimeste arvu leidmiseks liiklusrüüra tõttu erinevatest allikatest (ingl *number of attributable cases*) kasutati valemit:

$$N_{x,y} = \sum_j [n_j \times AR_{j,x,y}], \quad (12)$$

kus  $x$  – liiklusrüüra allikas (autoliiklus, raudteeliiklus, lennuliiklus),  $y$  – terviseväljund (suur häiritus või märkimisväärselt häiritud uni),  $j$  – liiklusrüüra kokkupuutesuurus (nt 55–59 dB),  $N_{x,y}$  – inimeste arv kellel on liiklusrüüra allikast (autoliiklus, raudteeliiklus, lennuliiklus)  $x$  terviseväljund (suur häiritus või märkimisväärselt häiritud uni)  $y$ ,  $n_j$  – teatud liiklusrüüra kokkupuute suurusele  $j$  kokkupuutunute arv,  $AR_{j,x,y}$  – absoluutne risk kokkupuute tasemel  $j$  liiklusrüüra allikast  $x$  terviseväljundile  $y$ .

## 5. Tulemused

### 5.1. Kokkupuude müraga ja risk tervisetulemite tekkeks erinevatel müratasemetel

Strateegilistes müra kaardistamise alusel on üle poole Tallinna (59,9%) ja pooled Tartu (50,1%) elanikest kokkupuutes vähemalt 55 dB autoliikluse müraga  $L_{den}$ . Selline kokkupuude suurendab suure häirituse riski 12,8% müratasemetel 55–59 dB ( $L_{den}$ ) ja 42,8% müratasemetel  $\geq 75$  dB ( $L_{den}$ ). Niisamuti suureneb nendel müratasemetel südame isheemiatõve haigestumuse risk 1,04 ja 1,2 korda, mis teeb vastavalt 4% ja 20% (tabel 1).

**Tabel 1.** Autoliikluse müraga kokku puutunute arv, sulgudes osakaal linna elanike arvust päeva-õhtu-öömüraindikaatori  $L_{den}$  alusel, absoluutsed riskid ( $AR_{häiritus}$ ) suure häirituse tekkeks ja suhtelised riskid surra ( $RR_{IHD,m}$ ) või haigestuda ( $RR_{IHD,i}$ ) südame isheemiatõppe erinevatel müratasemetel Tallinnas, Tartus ja põhimaanteedel 2015. aastal

$L_{den}$ (dB)	Kokkupuutunute arv <sub>auto</sub> Tallinnas*	Kokkupuutunute arv <sub>auto</sub> Tartus*	Kokkupuutunute arv <sub>auto</sub> põhimaan- teede ääres*	AR häiritus, auto, %	RR IHD,i, auto
55–59	67 600 (16,2)	15 900 (16,6)	5100	12,8	1,04
60–64	95 400 (22,8)	18 600 (19,5)	900	17,8	1,08
65–69	68 700 (16,4)	11 600 (12,1)	0	24,4	1,12
70–74	18 200 (4,4)	1600 (1,7)	0	32,8	1,16
$\geq 75$	800 (0,2)	100 (0,1)	0	42,8	1,20
<b>Kokku</b>	<b>250 700 (59,9)</b>	<b>47 800 (50,1)</b>	<b>6000</b>		

\*Elanike kokkupuude strateegilise müra andmetel, osakaal rahvastikust johtuvalt linna elanike arvust

Eelnevates strateegilistes mürakaardistamistes on ilmnunud, et kokkupuude raudteeliikluse müraga on väiksem kui autoliikluse müraga. Tallinnas puutub  $\geq 55$  dB raudteeliikluse müraga  $L_{den}$  kokku 3300 elanikku (0,8%) (2017) ja Tartus 2800 elanikku (2,9%)

**Tabel 2.** Autoliikluse müraga kokku puutunute arv, sulgudes osakaal linna elanike arvust öömüraindikaatori  $L_{night}$  alusel ja absoluutsed riskid (AR) märkimisväärsete unehäirete tekkimiseks erinevatel müratasemetel Tallinnas, Tartus ja põhimaanteedel 2015. aastal.

$L_{night}$ (dB)	Kokkupuutunute arv <sub>auto</sub> Tallinnas*	Kokkupuutunute arv <sub>auto</sub> Tartus*	Kokkupuutunute arv <sub>auto</sub> põhimaan- teede ääres*	AR häiritus, auto, %
50–55	95 300 (22,8)	18 200 (19,1)	2100	5,1
55–59	53 600 (12,8)	13 800 (14,5)	100	7,4
60–64	13 000 (3,1)	2200 (2,3)	0	10,3
65–69	100 (0,02)	200 (0,2)	0	13,8
$\geq 70$	0	0	0	18,0
<b>Kokku</b>	<b>162 000 (38,7)</b>	<b>34 400 (36,1)</b>	<b>2200</b>	

\*Elanike kokkupuude strateegilise müra kaardi andmetel, osakaal rahvastikust johtuvalt linna elanike arvust



Ligi 39% tallinlastest ja 36% tartlastest on kokkupuutes öisele autoliikluse müraga  $L_{night}$  millel on potentsiaal tekitada märkimisväärseid unehäireid (tabel 2). Kokkupuude raudteeliikluse öise müraga on väiksem – see mõjutab hinnanguliselt 2200 Tallinna elanikku ja 2420 Tartu elanikku (tabel 3). Üle 70 dB öise liikluse müraga ei ole keegi kokkupuutes ei Tallinnas, Tartus ega põhimaanteedes. Kuigi absoluutne risk sama öömüra  $L_{night}$  taseme juures on üldiselt kõrgem raudteeliikluse müra (tabel 3) kui autoliikluse müra (tabel 2) korral, tekitab autoliiklus siiski enam häirituid, kuna kokkupuutes olevate isikute arv on oluliselt suurem.

**Tabel 3.** Raudteeliikluse müraga kokku puutunute arv, sulgudes osakaal linna elanike arvust öömüraindikaatori  $L_{night}$  alusel ja absoluutsed riskid (AR) märkimisväärsete unehäirete tekkimiseks erinevatel müratasemetel Tallinnas ja Tartus

$L_{night}$ (dB)	Kokkupuutunute arv <sub>raudtee</sub> Tallinnas*	Kokkupuutunute arv <sub>raudtee</sub> Tartus*	AR häiritus, raudtee, %
50–55	1700	1000	8,1
55–59	500	800	13,7
60–64	0	600	21,2
65–69	0	20	30,7
≥70	0	0	42,1
<b>Kokku</b>	<b>2200 (0,5)</b>	<b>2420 (2,5)</b>	

\*Elanike kokkupuude strateegilise mürakaardi andmetel

Kõige väiksem kokkupuude on Eestis lennuliikluse müraga. Lennuliikluse müra  $L_{den}$  müratasemel 55–59 dB on mõjutatud Tallinnas 3100 inimest, mis on 0,7% Tallinna elanikest. Absoluutne risk suure häirituse tekkeks lennuliiklusest sellises müravahemikus on 31,3%. Tartus ja põhimaanteedel pole kokkupuudet lennuliikluse müraga hinnatud, kuna Tartu lennujaam on väljaspool Tartu linna territooriumi ja põhimaanteedel pole lennuliiklust. Tallinnas ei puutu keegi kokku öise lennuliikluse müraga, mis on suurem kui 50 dB.

## 5.2. Liikluse müraga seostatavad haigestumised ning suure häirituse ja märkimisväärselt häiritud une esinemine

Kasutades kirjeldatud meetodikat ilmnes, et autoliikluse müra tõttu haigestub südame isheemiatõppe Tallinnas 125, Tartus 22 ja põhimaanteedes ligi 2 inimest aastas, mis teeb igal aastal kokku 148 haigusjuhtu (tabel 4). See moodustab kogu südame isheemiatõve haigestumusest Tallinnas 8%, Tartus 7% ja põhimaanteedes 4% (tabel 4). Haigestumus on suurim müratasemetel 60–69 dB ( $L_{den}$ ), sest sellise müratasemetega puutub kokku enam inimesi kui kõrgemate müratasemetega ning sellisel müratasemel on suhteline risk suurem kui madalamatel müratasemetel.

**Tabel 4.** Autoliikluse müraga seletatav südame isheemiatõve panusosis (PAF) ja arvutuslik haigestumiste arv

$L_{den}$ (dB)	Tallinn		Tartu		Põhimaanteed	
	PAF	Haigestumiste arv	PAF	Haigestumiste arv	PAF	Haigestumiste arv
55–59	0,03	14,9	0,03	3,5	0,03	1,1
60–64	0,07	43,5	0,07	8,5	0,07	0,4
65–69	0,11	46,9	0,11	7,9	0	0
70–74	0,14	16,4	0,14	1,5	0	0
≥75	0,17	0,9	0,17	0,1	0	0
<b>Kokku</b>	<b>0,08</b>	<b>124,5</b>	<b>0,07</b>	<b>21,8</b>	<b>0,04</b>	<b>1,5</b>

Direktiivi 2020/367 alusel ei saa leida raudteeliikluse ja lennuliikluse müra mõju südame isheemiatõve haigestumisele, kuna meetodika kätkeb vaid autoliikluse müra. Uuringuid raudteeliikluse ja lennuliikluse müra ning südame isheemiatõve vahel on tehtud veel vähe ja ei ole leitud piisavalt usaldusväärset annus-vastus seost, mida direktiivi aluseks võtta.

Liiklusrast  $L_{den}$  tulenev suur häiritus esineb arvutuslikult 12,0% tallinlastest ja 9,7% tartlastest (tabel 5). Peamiselt häirib elanikke autoliikluse müra. Raudteeliikluse ja lennuliikluse poolt häiritud inimeste arv jääb alla 1% elanikest nii Tallinnas kui ka Tartus. Põhimaanteed ääres esineb suur häiritus arvutuslikult 813 elanikul (tabel 5).

**Tabel 5.** Liiklusrast  $L_{den}$  põhjustatud suure häiritusega elanike arv, sulgudes osakaal linna elanike koguarvust

	Tallinn	Tartu	Põhimaanteed	Kokku
<b>Autoliiklus</b>	48 709 (11,6)	8744 (9,2)	813	58 266
<b>Raudteeliiklus</b>	530 (0,1)	593 (0,6)	-	1123
<b>Lennuliiklus</b>	970 (0,2)	-	-	970
<b>Kokku</b>	50 209 (12,0)	9337 (9,7)	813	60 359

Öise liiklusrast  $L_{night}$  poolt põhjustatud märkimisväärselt häiritud und esineb 2,5% Tallinna ja 2,6% Tartu linna elanikel (tabel 6). Peamise osa unehäiretest põhjustab kokkupuude autoliikluse müraga. Raudteeliikluse müra põhjustatud märkimisväärselt häiritud unega inimesi on Tartus enam kui Tallinnas. Vähemalt 50 dB öise lennuliikluse müraga ei puutu kummaski linnas keegi kokku. Peale linnade on autoliikluse müra tõttu häiritud hinnanguliselt 115 elanikku uni põhimaanteed ääres.

**Tabel 6.** Liiklusrast  $L_{night}$  põhjustatud märkimisväärselt häiritud unega elanike arv, sulgudes osakaal linna elanike koguarvust<sup>1</sup>

	Tallinn	Tartu	Põhimaanteed	Kokku
<b>Autoliiklus</b>	10 180 (2,4)	2204 (2,3)	115	12 499
<b>Raudteeliiklus</b>	206 (0,05)	324 (0,3)	-	530
<b>Lennuliiklus</b>	0	-	-	0
<b>Kokku</b>	10 386 (2,5)	2 528 (2,6)	115	13 029

## 6. Müra vähendavate meetmete rakendamine ja nendest tulenev tervisekasu

Tallinnas, Tartus ja põhimaanteedel on strateegiliste mürakaartide alusel koostatud välisõhus leviva müra vähendamise tegevuskavad. Antud tegevuskavade eesmärk on vähendada elanike kokkupuudet keskkonnamüraga, mille kaudu paraneks elanike tervis. Antud töö raames testisime Direktiivis 2020/367 sätestatud metoodika rakendamist juhtudel, kus mõju hinnatakse nii enne kui peale müra vähendavate meetmete rakendamist. Nii oleks võimalik näidata nii elanikkonnale ja otsustajatele, kui suurt kasu võiks müra vähendavatest meetmetest tõusta tervisele.

### 6.1. Modelleeritud müraolukorrad ja leevendusmeetmed

Käesolevas töös uuriti täpsemalt viit alljärgnevat müraolukorda Tallinna linnas, kus uuriti erinevate müra vähendavate meetmete mõju välisõhus leviva müra vähendamisele. Alternatiivide puhul tähistab (a) olemasolevat olukorda ning (b) ja (c) leevendusmeetmetega olukorda.

- I. Laagna tee (Lummu ja Varraku tn vaheline lõik) – leevendusmeetmeks piirkiiruse vähendamine
  - a. olemasolev olukord – kiirusepiirang 70 km/h
  - b. kiirusepiirang 50 km/h – arvestatud on olemasolevat liiklussagedust, aga piirkiirust 50km/h
- II. Paldiski mnt (loomaaiast kuni linnapoole ca 500m) – leevendusmeetmeteks piirkiiruse vähendamine ja mürakaitseekraanide lisamine
  - a. olemasolev olukord 70+50 – loomaaiast poole mineva suunas piirkiirusena 70 km/h ning loomaaiast linna poole minevas suunas 50km/h
  - b. kiirusepiirang 50 km/h – arvestatud on olemasolevat liiklussagedust, aga piirkiirust on vähendatud nii, et mõlemas suunas on piirkiirused 50 km/h
  - c. mürakaitseekraan 70+50+E – arvestatud on olemasolevat liiklussagedust ning loomaaiast poole mineva suunas piirkiirusena 70km/h ning loomaaiast linna poole minevas suunas 50km/h, kuid Paldiski mnt eluhoonete ette on lisatud 3 m kõrgused mürakaitseekraanid
- III. Sõpruse pst 500 m lõik (Tammsaare ja Linnu tee vahel) – leevendusmeetmeks raskeliikluse keelamine
  - a. olemasolev olukord – piirkiirusena 50 km/h ning raskesõidukite osakaal on päeval ajal 8%, õhtusel 6% ja öisel ajal 3%.
  - b. Ilma raskeliikluseta – arvestatud on olemasolevat liiklussagedust, piirkiirusena 50km/h. Küll aga on raskeliiklus selles lõigus keelatud ehk raskeliikluse osakaal on määratud kõikidel aja perioodidel 0%.
- IV. Tehnika tn ja raudtee, Pärnu mnt ja Väike-Ameerika tn vahel (sh arvestatud ka raudteeliiklusega) – leevendusmeetmeks piirkiiruse vähendamine
  - a. olemasolev olukord – kiirusepiirang 50 km/h
  - b. kiirusepiirang 30 km/h – arvestatud on olemasolevat liiklussagedust, aga piirkiirusena kehtestatud 30km/h
- V. Vabaduse pst ca 500m lõik – leevendusmeetmeks mürakaitseekraanide lisamine
  - a. Olemasolev olukord – kiirusepiirang 50 km/h
  - b. Mürakaitseekraan 50+E – arvestatud on olemasolevat liiklussagedust ja piirkiirusena 50km/h, aga Vabaduse pst on lisatud 3 m kõrgune mürakaitseekraan

## 6.2. Liiklusmüraarvutuste alusandmestik ja meetodika

Liiklusmüra arvutused autoliiklusele teostati olemasolevale liiklusolukorrale 2019. aasta liikluskoormuste põhjal (tabel 7). Liiklussagedused olid sisendiks müra modelleerimisel.

**Tabel 7.** Liiklussagedused (sõidukit tunnis) uuringulõikudes, 2019. aasta andmetel

Tänav	AKÖL <sup>1</sup>	Sõidukit/h			Tee liik
		päev	õhtu	öö	
<b>I. Laagna tee</b>					
<i>linna suund</i>	6094	391	195	76	peatee
<i>linnast välja suund</i>	6908	443	221	86	peatee
<b>II. Paldiski mnt</b>					
<i>linnast välja suund</i>	26378	1693	845	330	peatee
<i>linna suund</i>	19481	1250	624	244	peatee
<b>III. Sõpruse pst</b>					
<i>Nõmme suund</i>	18887	1212	605	236	peatee
<i>Kristiine suund</i>	12474	800	400	156	
<b>IV. Tehnika tn</b>					
	17413	1084	545	213	kõrvaltee
<b>V. Vabaduse pst</b>					
	29040	1863	931	363	peatee

<sup>1</sup> AKÖL – aasta keskmine ööpäevane liiklussagedus

Nii müra modelleerimisel kui Sõpruse pst müraolukorra analüüsimisel, kus on kavas raskeliikluse keelustamine, oli vajalikuks sisendiks ka raskeliikluse osakaal. Sõiduautode ja raskeliikluse ööpäevane jagunemine on kirjeldatud tabelis 8. Arvutused on tehtud kahes olukorras:  $L_{den}$  (päeva-õhtu-öö müraindikaator),  $L_n$  (öö müraindikaator) vastavalt strateegilisele mürakaardistamisele.

**Tabel 8.** Auto- ja raskeliikluse jagunemine uuringualadel

Tee liik	Sõiduki tüüp	Päev, %	Õhtu, %	Öö, %
<b>Peatee/kõrvaltee</b>	Autoliikluse jagunemine	77	13	10
	Raskeliikluse osakaal	8	6	3

Müratasemete arvutused teostati 4 meetri kõrgusel maapinnast. Müra modelleerimiseks kasutati spetsiaaltarkvara CadnaA, versioon 2020 MR1. Programm sisaldab erinevaid keskkonnamüra arvutusmeetodeid, millega teostati liiklusmüra arvutused. Autoliikluse müra modelleerimine baseerub Prantsusmaa arvutusmeetodile NMPB-Routes-96.

Töö täpsuse huvides (et oleks võimalik eristada müra vähenemise mõju) leiti antud töös müratsoonid 1 dB sammuga, mida on kasutatud arvutustes. Strateegilisel mürakaardistamisel on need tavaliselt 5 dB sammuga (50–54, 55–59, 60–64, 65–69 dB jne) ning ka antud töö kaartidel on müratsoonide vahemikud 5 dB sammuga, sest 1 db vahemikega kaartidel ei jäänud müratsoonid üksteisest eristatavaks). Uuringualas levivate müratasemete määramiseks kasutati kolmemõõtmelist maastikumudelit, millele lisati kavandatav hoonestus koos müratsoonide ja kõrgustega ning autoteed koos vastavate liiklussagedustega.

Alusjooniste ja kõrgusandmete puhul kasutati Maa-ameti geoportaali. Teede ja tänavate liiklussageduste andmed saadi Stratum OÜ poolt koostatud Tallinna linna liikluskoormuse andmestikust (<https://www.tallinn.ee/est/Tallinna-tanavate-liiklussagedused>).

Müra modelleerimisel kasutati järgmisi lähteparameetreid:

- võrgustiku samm 5 x 5 m;
- peegelduste arv 2;
- liiklusvool „unsteady“;
- maapinna helineelde koefitsient vastavalt pinnakattele.

Elanike arv erinevates müratsoonides leiti johtuvalt rahvastikuregistrisse märgitud elanike arvust hoonetes. Selleks tehti päring Siseministeeriumi rahvastikuregistrisse. Kasutades tarkvara QGIS leiti igas müratsoonis elanike arv, võttes aluseks maksimaalse mürataseme maja fassaadil.

### 6.3. Kokkupuude müraga uuringualadel ja selle muutus

Uuringualadel on kõrge autoliiklusega teede ääres kortermajad ning kokkupuude terviseohtliku müraga elukohas on seetõttu paljudel inimestel. Laagna teel on päeva-õhtu-öömüraindikaatori alusel 2082 inimesel kokkupuude kõrge (üle 70 dB) müraga (tabel 10). Pärast kiirusepiirangu rakendamist poleks keegi enam kokkupuutes üle 70 dB müratasemega, kuid üldine müratase ei väheneks piirkonnas nii palju, et see oleks terviseohutu. Hoolimata kiirusepiirangu kehtestamisest jääb 5577 inimest elama suurenenud terviseriskiga ( $L_{den}$  üle 55 dB) müratsooni. Kõige suurem muutus inimeste kokkupuutes müraga toimuks Sõpruse puiesteel raskeliikluse keelustamisel. Kokku 696 inimest ei oleks enam kokkupuutes üle 70 dB müraga ning üle 55 dB müraga kokku puutuvate inimeste hulk väheneks 282 võrra. Väikesed muutused kokkupuutes toimuksid mürakaitseekraani rakendamisel Vabaduse puiesteel ja Paldiski maanteel. Üldiselt on kiirusepiirangu kehtestamisel suurem mõju kui mürakaitse ekraanil. Samas on kokkupuute vähenemine siiski üsna tagasihoidlik.

**Tabel 9.** Müraga kokku puutuvate inimeste arv uurimispiirkondades päeva-õhtu-öömüraindikaatori ( $L_{den}$ ) alusel ilma müra kaitsemeetmeteta (a) ja kaitsemeetmete rakendamisel (b, c)

	55-59 dB	60-64 dB	65-69 dB	70-74 dB	≥75 dB
Ia. Laagna tee olemasolev olukord	1243	278	2049	2082	
Ib. Laagna tee kiirusepiirang 50 km/h	1168	278	4131	0	
IIa. Paldiski mnt olemasolev olukord	149	94	25	62	8
IIb. Paldiski mnt kiirusepiirang 50 km/h	149	83	23	62	4
IIc. Paldiski mnt mürakaitseekraan	158	98	18	52	8
IIIa. Sõpruse pst olemasolev olukord	620	1489	1324	696	
IIIb. Sõpruse pst ilma raskeliikluseta	1400	924	1523	0	
IVa. Tehnika tn olemasolev olukord	282	117	46	174	
IVc. Tehnika tn kiirusepiirang 30 km/h	333	52	177	26	
Va. Vabaduse pst olemasolev olukord	56	68	53	57	
Vc. Vabaduse pst mürakaitseekraan	62	65	60	42	

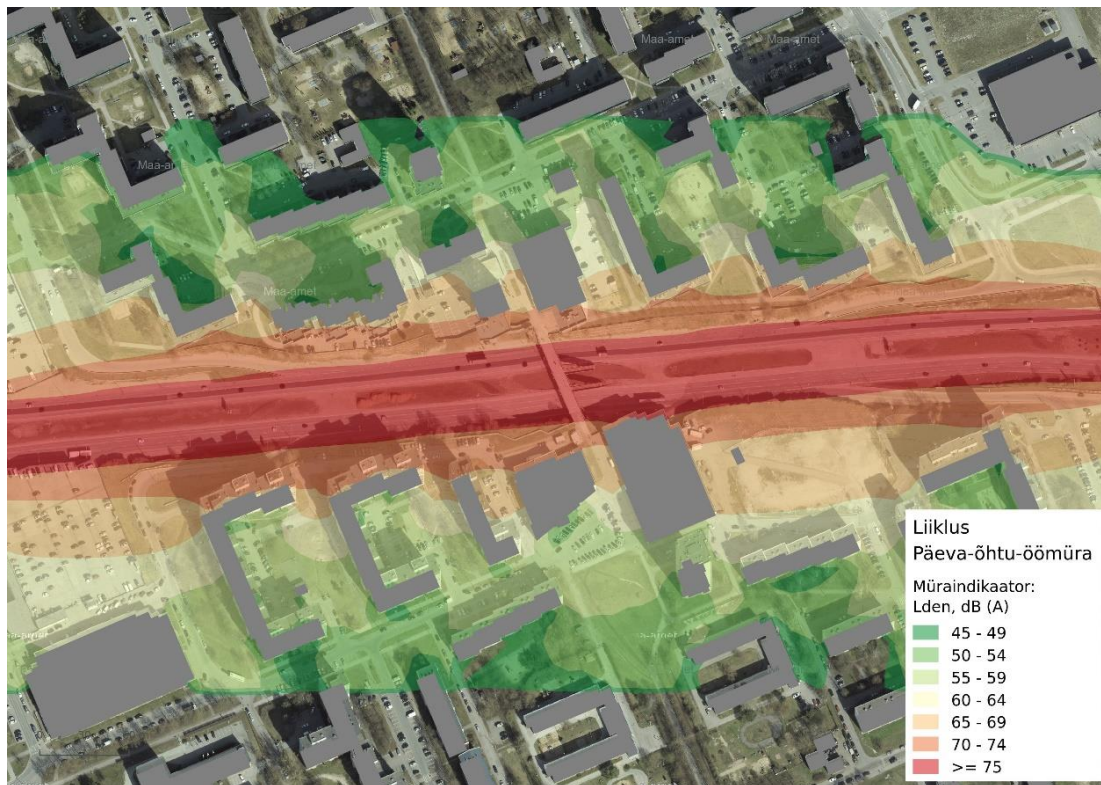
Kõrge öise müraga ( $L_{night}$  üle 45 dB) on kokkupuutes Laagna teel 6306 inimest ning kiirusepiirangu kehtestamise korral väheneks nende arv 654 inimese võrra (tabel 10). Paljud inimesed nihkuksid müratsoonist 60–64 dB müratsooni 55–59 dB, sel põhjusel toimub ka kokku puutunute arvu suurenemine madalamate müratasemetega tsoonides. Paldiski maanteel püsiks peale kiirusepiirangu või mürakaitseekraani rakendamist ikkagi halb olukord, kus kümned inimesed elavad müratsoonis, kus öösiti on müra üle 65 dB (tabel 10).

**Tabel 10.** Müraga kokku puutuvate inimeste arv uurimispiirkondades öömüraindikaatori ( $L_{night}$ ) alusel ilma müra kaitsemeetmeteta (a) ja kaitsemeetmete rakendamisel (b, c)

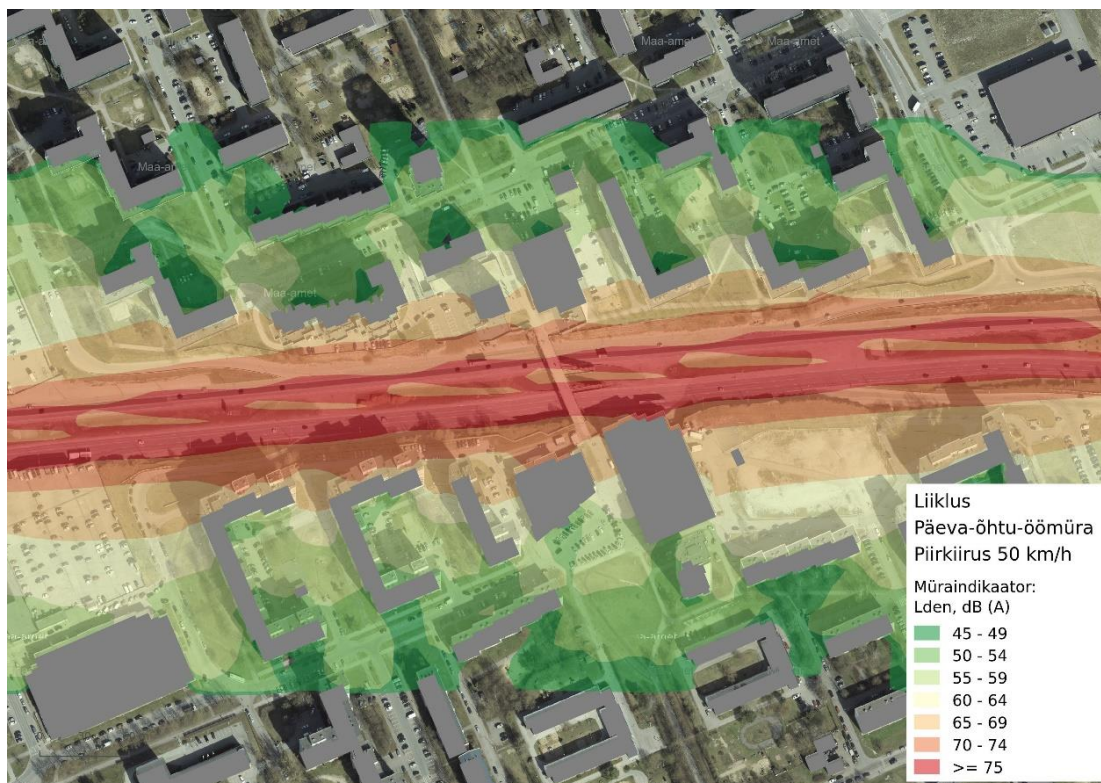
	45-49 dB	50-54 dB	55-59 dB	60-64 dB	65-69 dB
Ia. Laagna tee olemasolev olukord	1720	339	589	3658	
Ib. Laagna tee kiirusepiirang 50 km/h	1243	278	3329	802	
IIa. Paldiski mnt olemasolev olukord	137	104	57	48	24
IIb. Paldiski mnt kiirusepiirang 50 km/h	143	109	31	52	18
IIc. Paldiski mnt mürakaitseekraan	142	121	33	46	22
IIIa. Sõpruse pst olemasolev olukord	484	1827	1142	878	
IIIb. Sõpruse pst ilma raskeliikluseta	620	1489	1764	256	
IVa. Tehnika tn olemasolev olukord	150	272	17	203	
IVb. Tehnika tn kiirusepiirang 30 km/h	309	100	142	68	
Va. Vabaduse pst olemasolev olukord	66	54	67	61	
Vb. Vabaduse pst mürakaitseekraan	80	79	50	55	

Järgnevatel joonistel (I, II, III, IV ja V) on näidatud arvutuslik inimeste müraga kokkupuude uuringualadel enne (a) ja pärast kaitsemeetme rakendamist päeva-öhtu-ööömüraindikaatori  $L_{den}$  ja öömüraindikaatori  $L_{night}$  alusel.

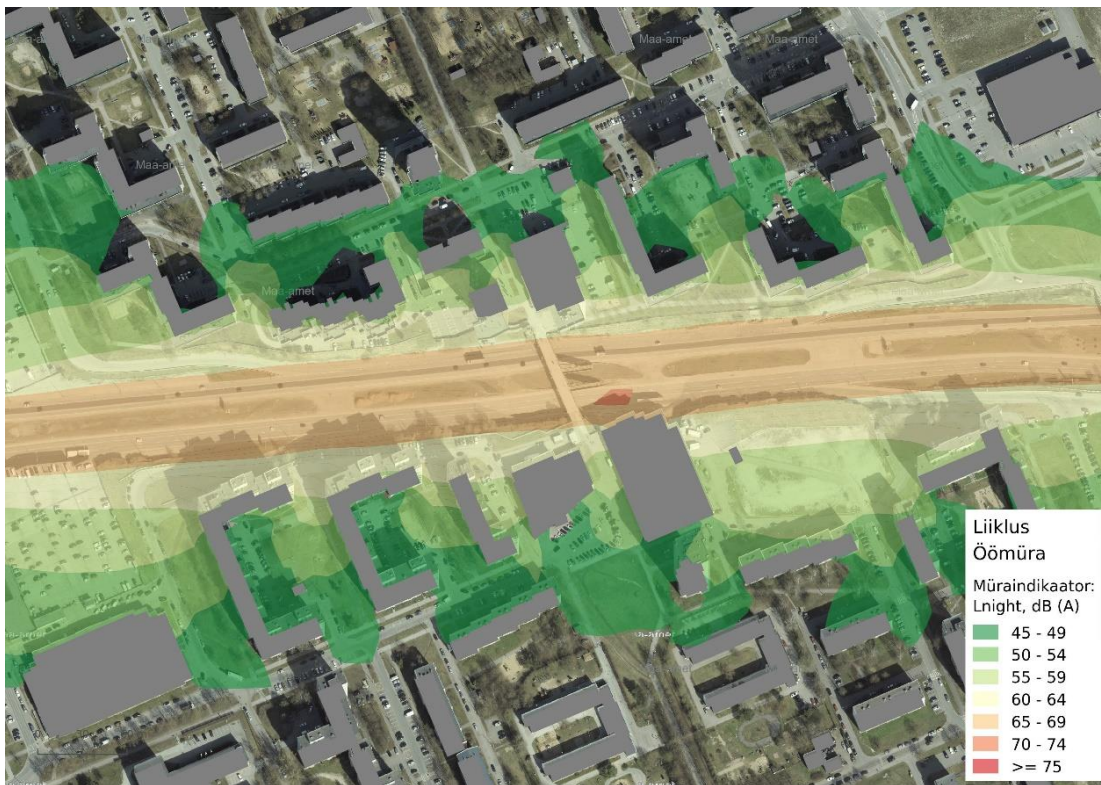
# I. Laagna tee (Lummu ja Varraku tn vaheline lõik) – leevendusmeetmeks piirkiiruse vähendamine



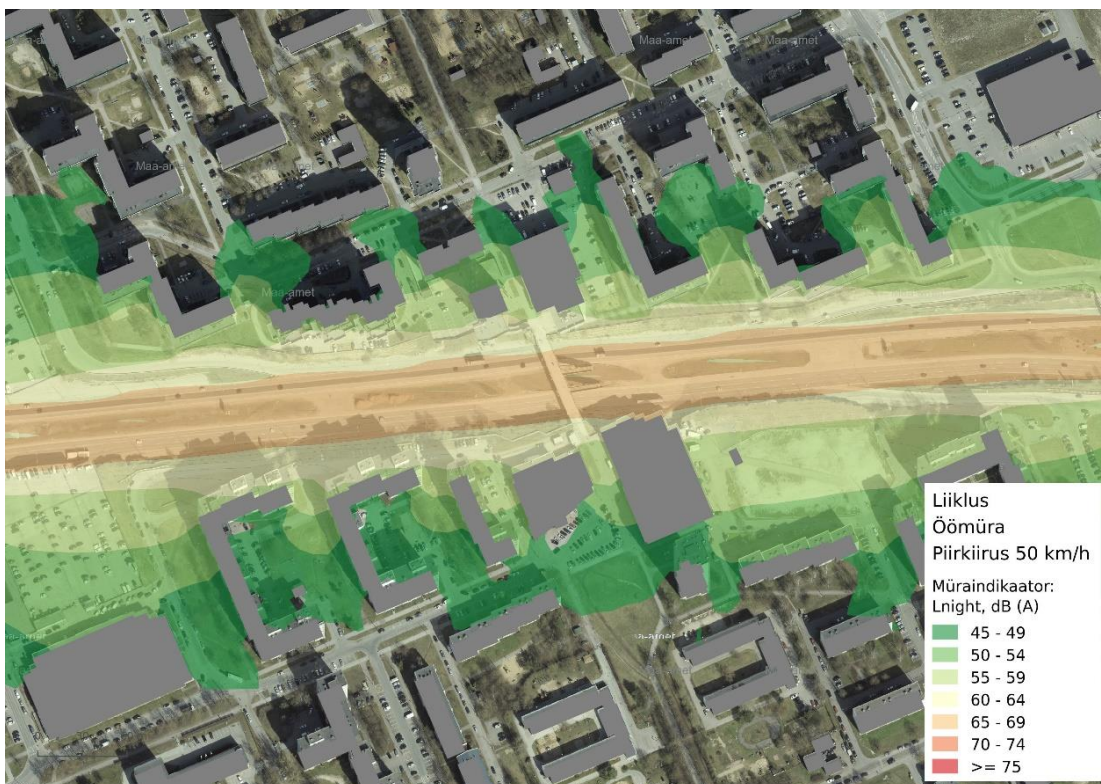
Joonis Ia. Päeva-õhtu-öömüra ( $L_{den}$ ) olemasolev olukord Laagna teel.



Joonis Ib. Päeva-õhtu-öömüra ( $L_{den}$ ) kaitsemeetme kiirusepiirang 50 km/h rakendamisel Laagna teel.



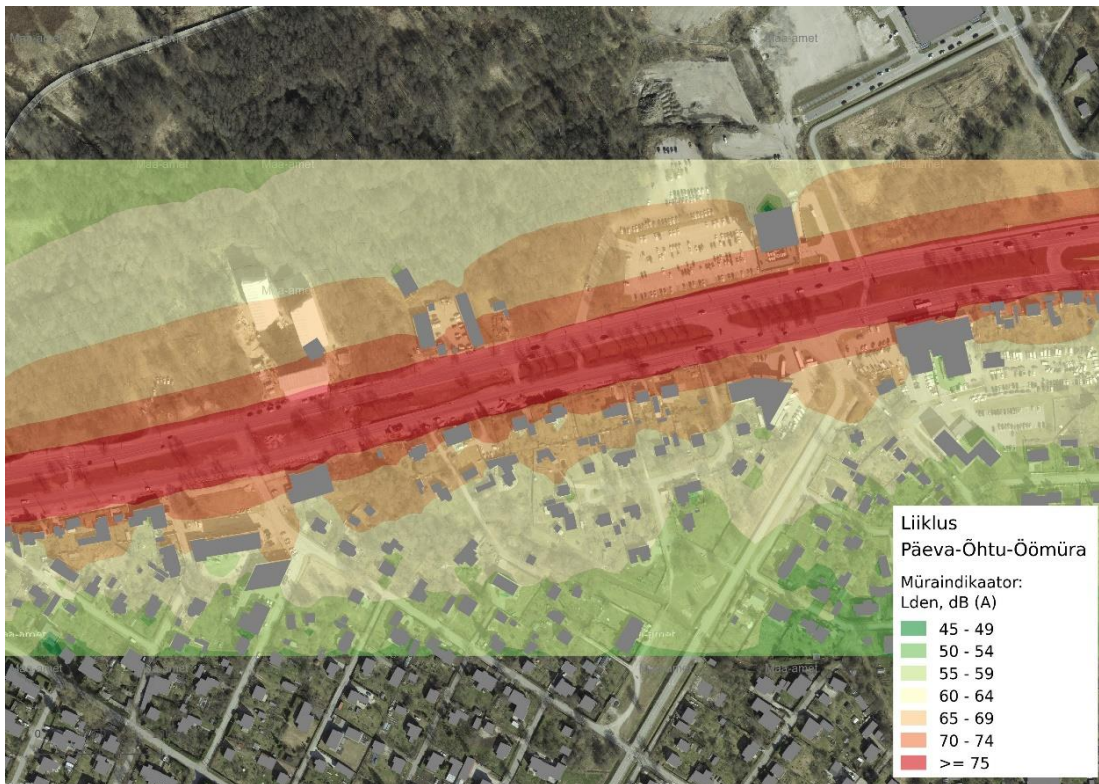
Joonis Ic. Öömüra ( $L_{night}$ ) olemasolev olukord Laagna teel.



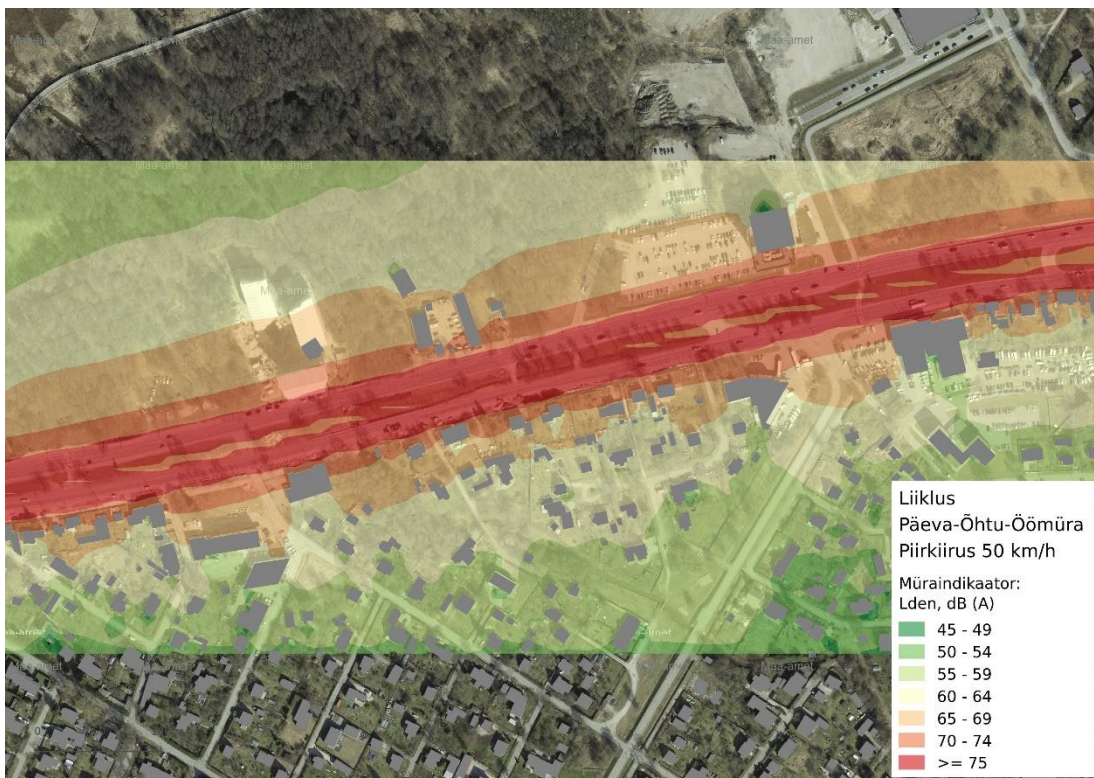
Joonis Id. Öömüra ( $L_{night}$ ) kaitsemeetme kiirusepiirang 50 km/h rakendamisel Laagna teel.



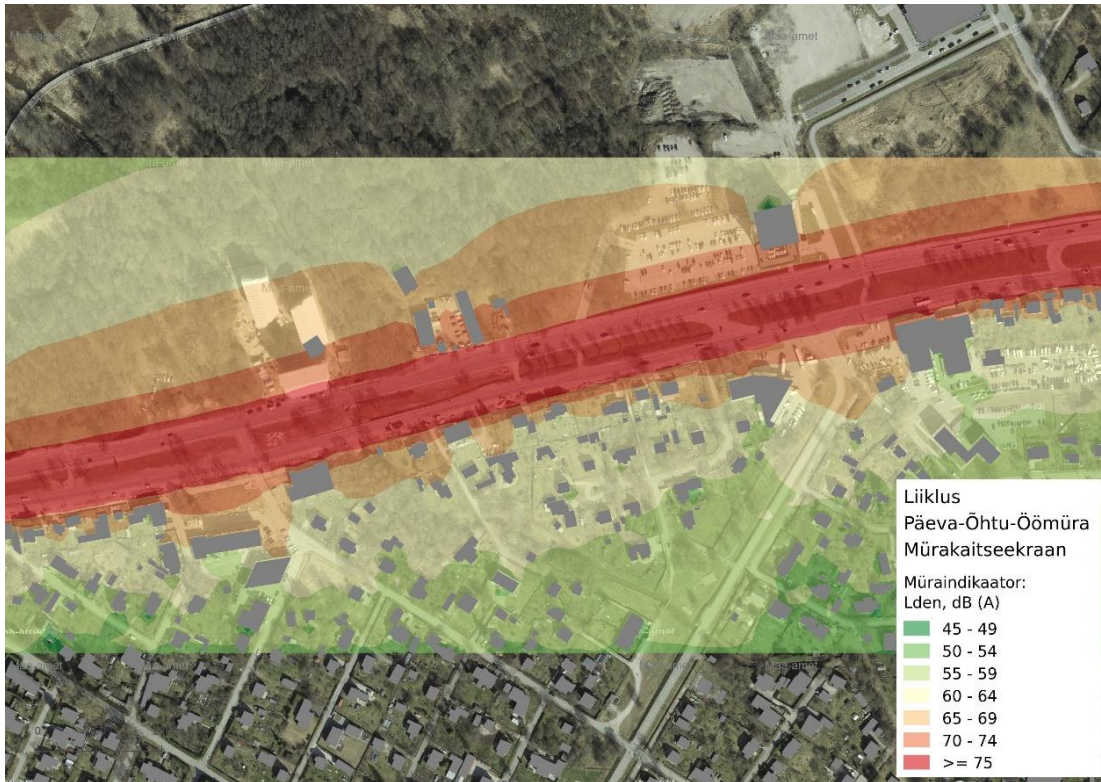
## II. Paldiski mnt (loomaaiast kuni linnapoolsele ca 500m) – leevendusmeetmeks on piirkiiruse vähendamine ja mürakaitseekraanide lisamine



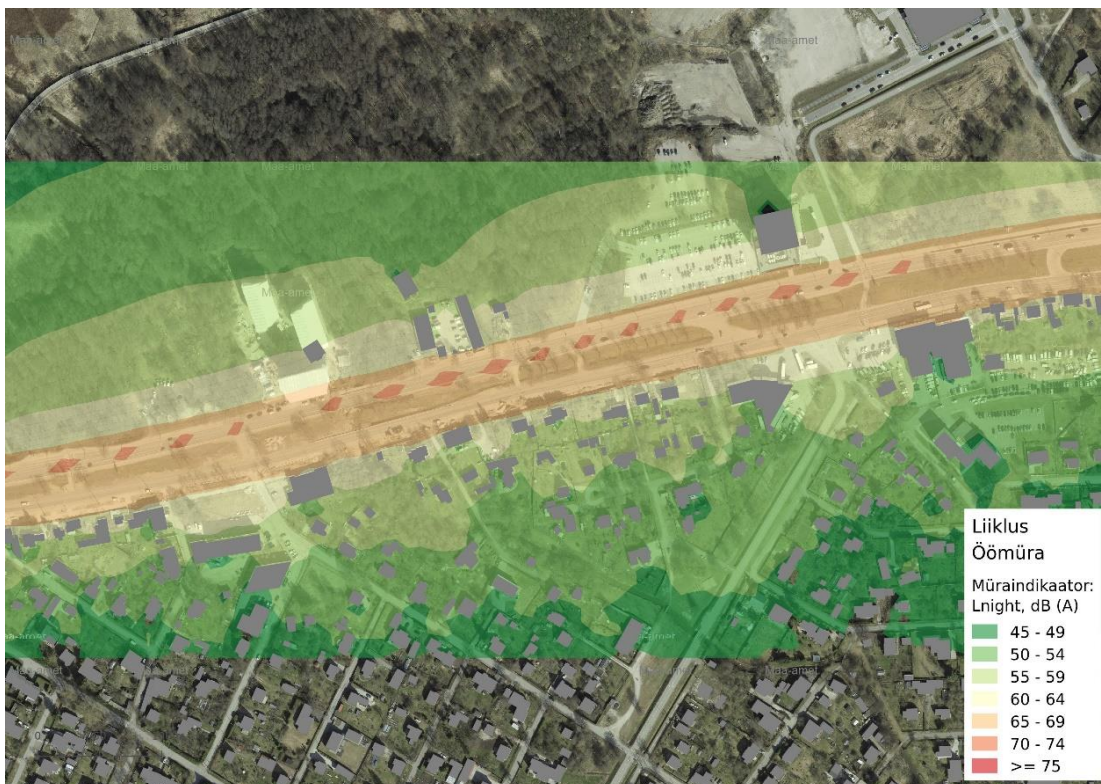
Joonis IIa.  $L_{den}$  olemasolev olukord Paldiski maanteel.



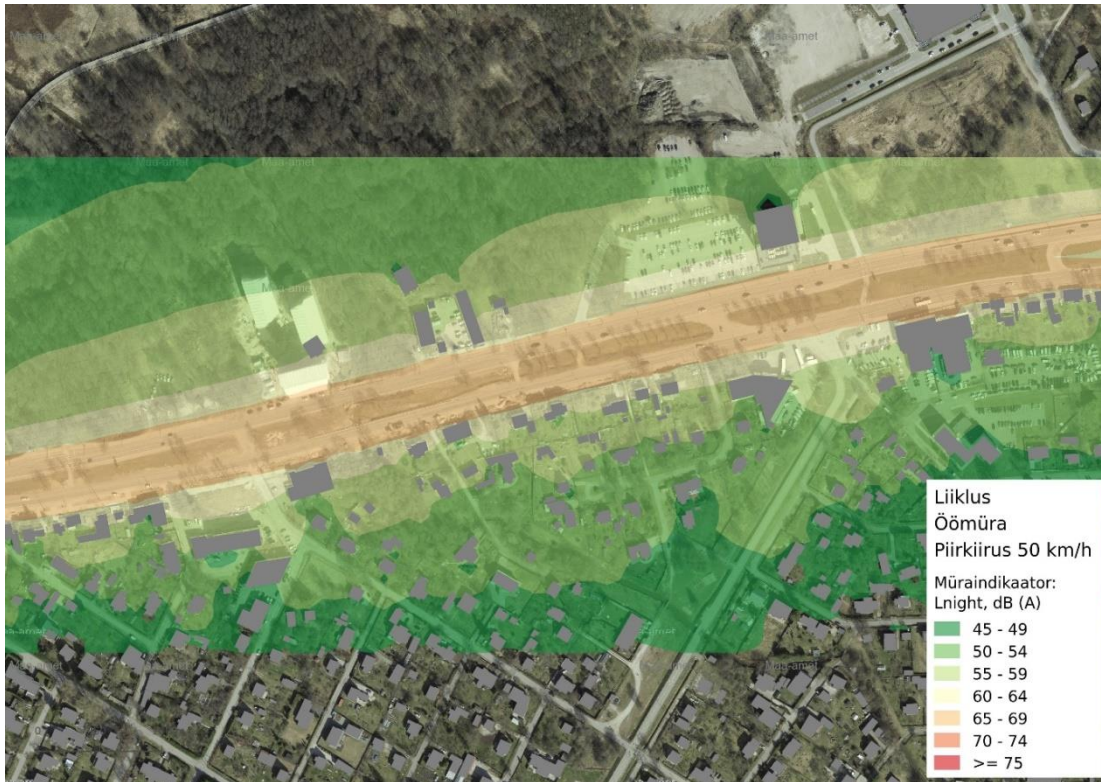
Joonis IIb.  $L_{den}$  kaitsemeetme kiirusepiirang 50 km/h rakendamisel Paldiski maanteel.



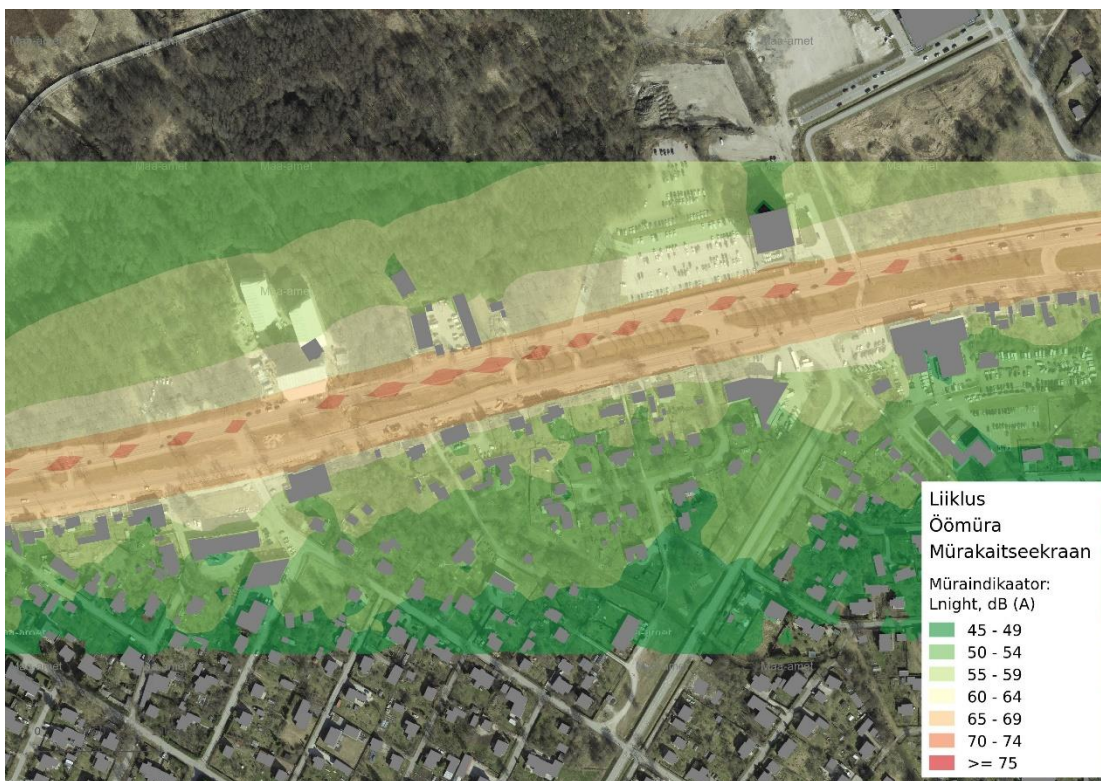
Joonis Ilc.  $L_{den}$  kaitsemeetme mürakaitsekraan rakendamisel Paldiski maanteel.



Joonis IId. Öömüra ( $L_{night}$ ) olemasolev olukord Paldiski maanteel.

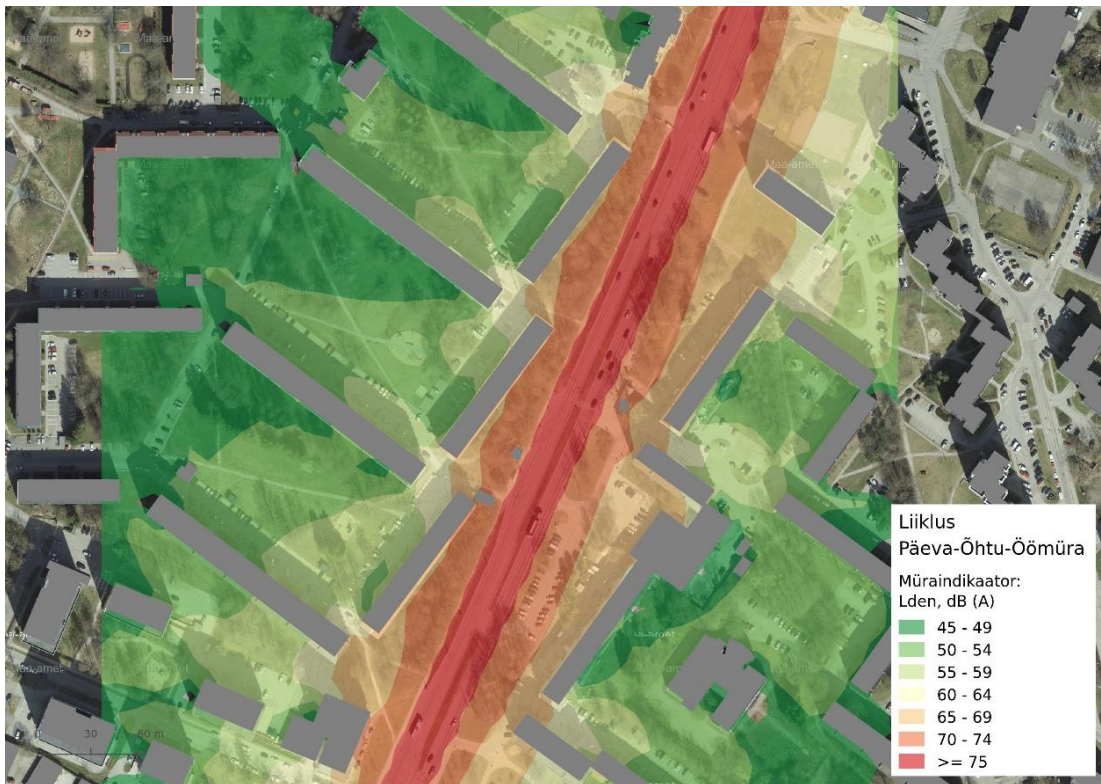


**Joonis IIe.** Öömüra ( $L_{night}$ ) kaitsemeetme kiirusepiirang 50 km/h rakendamisel Paldiski maanteel.

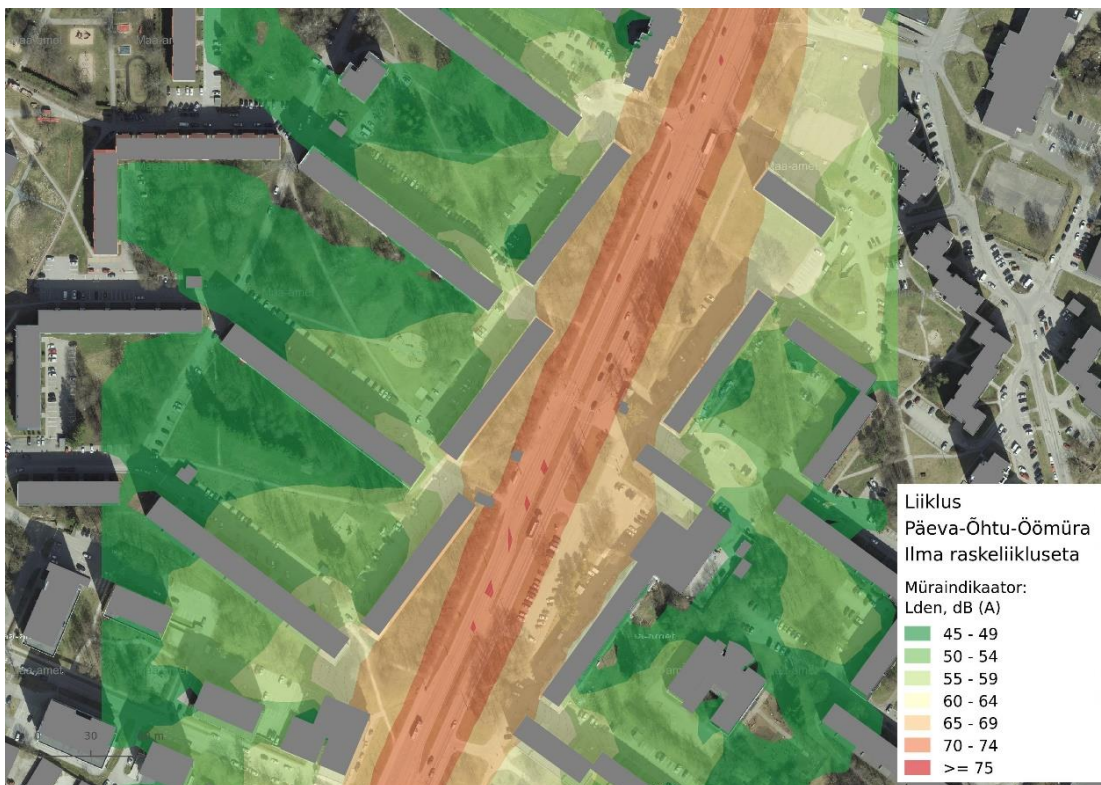


**Joonis II f.** Öömüra ( $L_{night}$ ) kaitsemeetme mürakaitseekraan rakendamisel Paldiski maanteel.

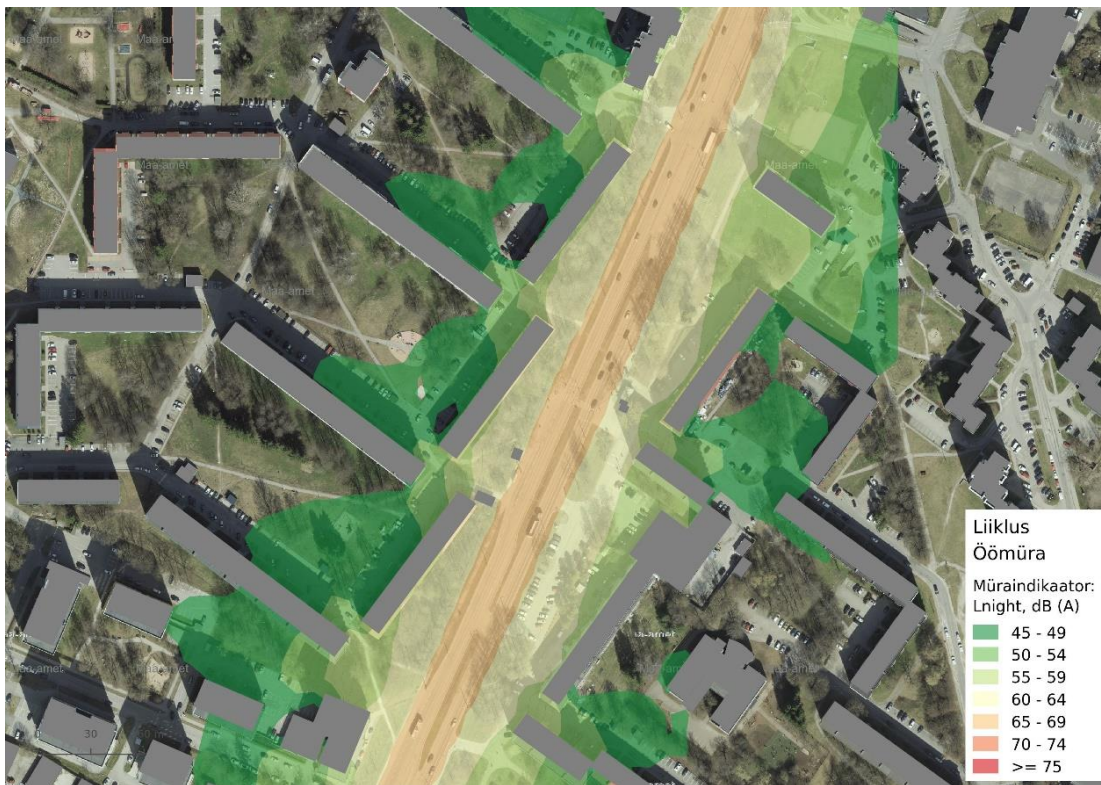
### III. Sõpruse pst 500 m lõik (Tammsaare ja Linnu tee vahel) – leevendusmeetmeks raskeliikluse keelamine



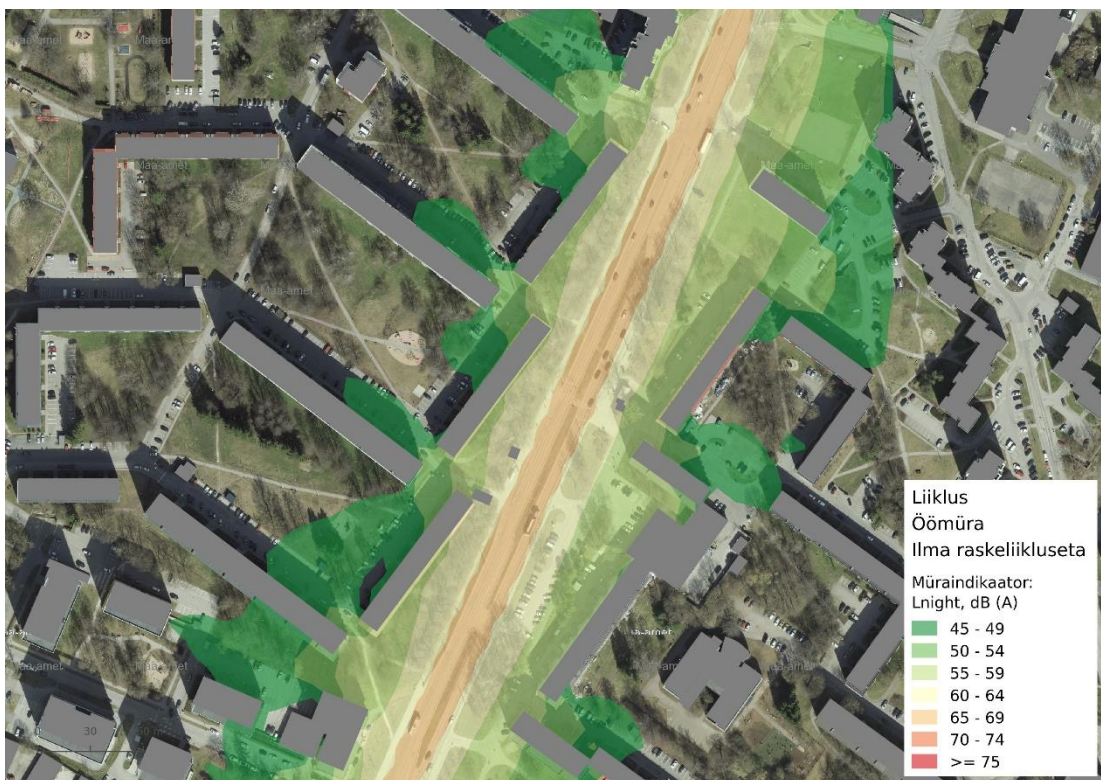
Joonis IIIa.  $L_{den}$  olemasolev olukord Sõpruse puiesteel.



Joonis IIIb.  $L_{den}$  raskeliikluse keelamise korral Sõpruse puiesteel.



Joonis IIIc.  $L_{night}$  olemasolev olukord Sõpruse puiesteel.



Joonis III d.  $L_{night}$  raskeliikluse keelamise korral Sõpruse puiesteel.

IV. Tehnika tn ja raudtee, Pärnu mnt ja Väike-Ameerika tn vahel (sh arvestatud ka raudteeliiklusega) – leevendusmeetmeks piirkiiruse vähendamine



Joonis IVa.  $L_{den}$  olemasolev olukord Tehnika tänaval.



Joonis IVb.  $L_{den}$  kaitsemeetme kiirusepiirang 30 km/h rakendamisel Tehnika tänaval.

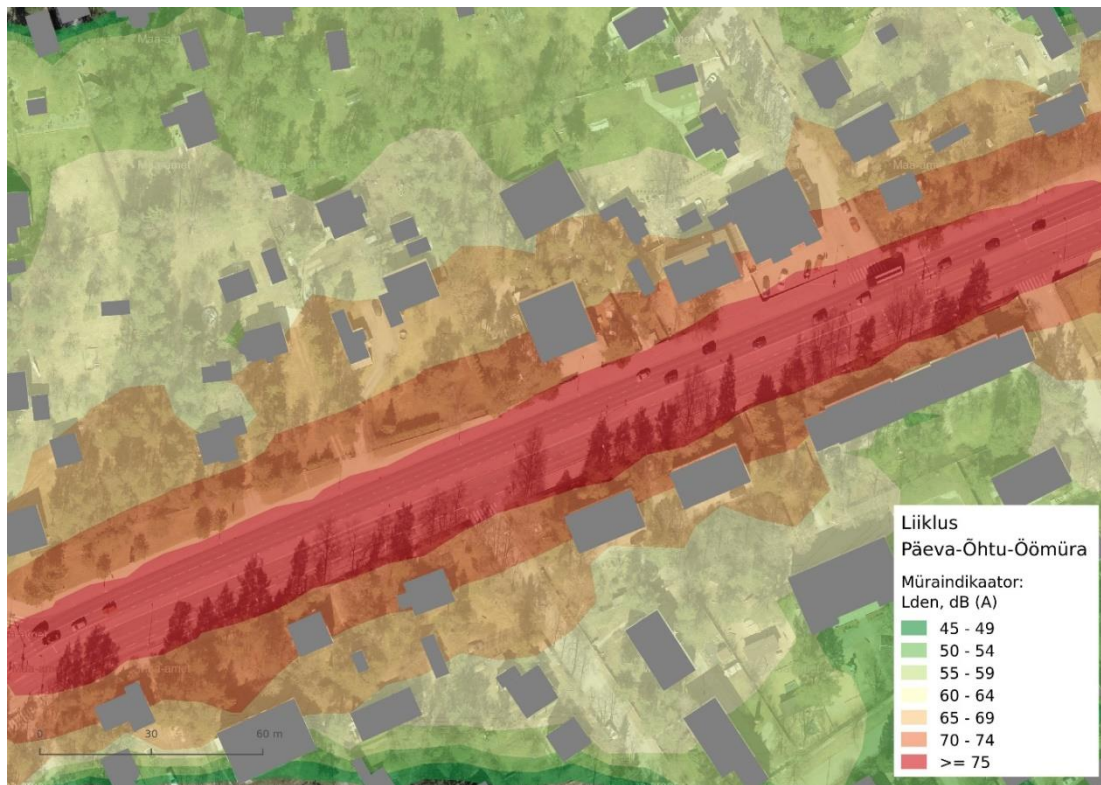


Joonis IVc.  $L_{night}$  olemasolev olukord Tehnika tänaval.

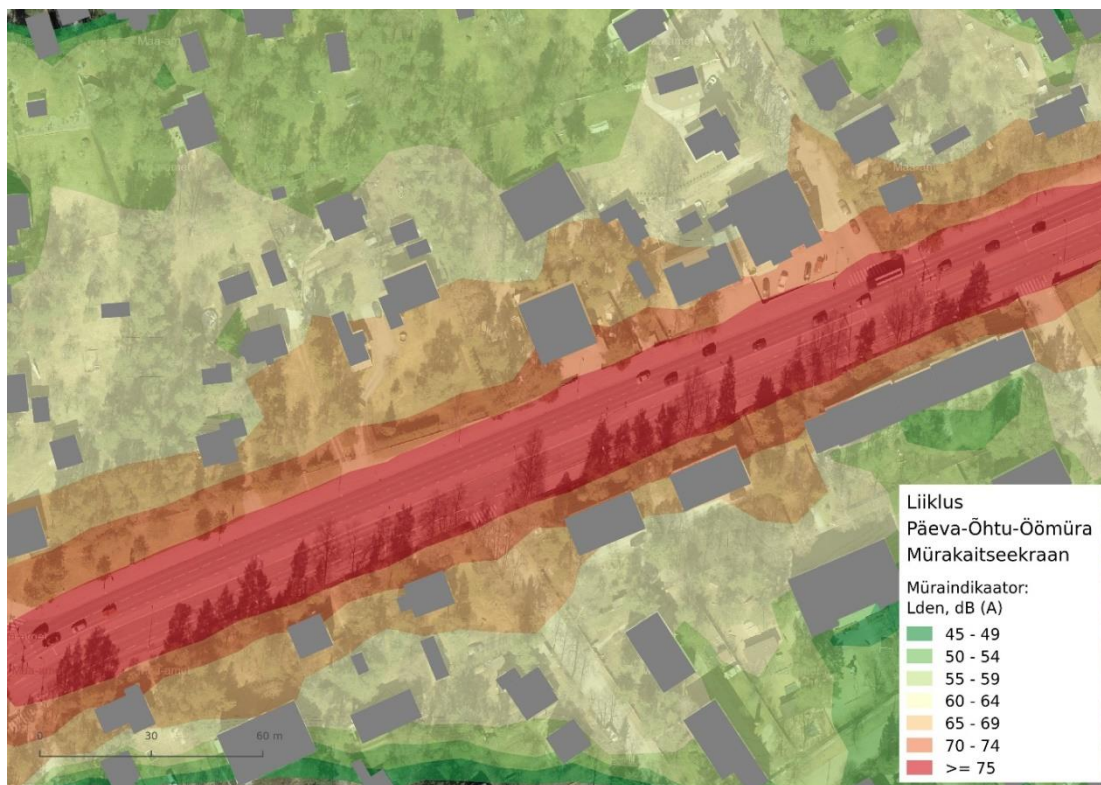


Joonis IVd.  $L_{night}$  kaitsemeetme kiirusepiirang 30 km/h rakendamisel Tehnika tänaval.

## V. Vabaduse pst ca 500m lõik – leevendusmeetmeks mürakaitsekraan



Joonis Va.  $L_{den}$  olemasolev olukord Vabaduse puiesteel.



Joonis Vb.  $L_{den}$  kaitsemeetme mürakaitsekraan rakendamisel Vabaduse puiesteel.





Joonis Vc.  $L_{night}$  olemasolev olukord Vabaduse puisteel.



Joonis Vd.  $L_{night}$  kaitsemeetme mürakaitseekraan rakendamisel Vabaduse puisteel.

## 6.4. Tervisemõju uuringualadel ning müravähendamise meetmete tervisekasu

Kõige suurem kasu plaanitavatest kaitsemeetmetest oleks raskeliikluse keelamisest Sõpruse puiesteel. Selle meetme korral väheneks müra põhjustatud haigestumiste arv aastas piirkonnas 19–20% ning suurt häiritust esineks vähem 17% piirkonna elanikel (tabel 11). Paremaid tulemusi kui teised meetmed annab ka kiirusepiirangu kehtestamine 30 km/h Tehnika tänaval, kus haigestumus langeks 14–15%. Vähem annab tulemusi kiirusepiirangu kehtestamine 50 km/h Laagna teel (9,9,1–11,7%). Suhteliselt kõige väiksem mõju oleks plaanitaval mürakaitseekraanil Vabaduse puiesteel. Haigestumus südame isheemiatõppe väheneks ligi 9% ning suurt häiritust ja märkimisväärseid unehäireid esineks ligi 7% vähem.

Paldiski maanteel oleks mõlemad plaanitud kaitsemeetmed (kiirusepiirang ja mürakaitseekraani paigaldamine) üsna sarnase mõjuga ning vähendaksid haigestumisi 9,6–10,1% aastas. Suurem mõju on mõlemal meetmel unehäirete vähendamisele (14,3–15,6%).

**Tabel 11.** Autoliikluse müra põhjustatud südame isheemiatõve haigestumiste ning suure häiritusega inimeste ja märkimisväärsete unehäiretega inimeste arv uuringualadel ning rakendatud kaitsemeetme tervisekasu

	Haigestumus	Häiritus	Unehäired
<b>I. Laagna tee</b>			
Olemasolev olukord kiiruspiirang 70 km/h	3,522	1345,8	426,7
Kaitsemeede kiirusepiirang 50 km/h	3,114	1205,1	384,5
<b>Terviseprobleeme vähem kiirusepiirangu rakendamisel</b>	<b>11,6%</b>	<b>10,5%</b>	<b>9,9%</b>
<b>II. Paldiski mnt</b>			
Olemasolev olukord kiirusepiirang 70+50 km/h	0,152	66,4	23,2
Kaitsemeede kiirusepiirang 50 km/h	0,138	61,3	19,6
Kaitsemeede mürakaitseekraan	0,137	61,5	19,9
<b>Terviseprobleeme vähem kiiruspiirangu rakendamisel</b>	<b>9,6%</b>	<b>7,6%</b>	<b>15,6%</b>
<b>Terviseprobleeme vähem mürakaitseekraani paigaldamisel</b>	<b>10,0%</b>	<b>7,6%</b>	<b>14,3%</b>
<b>III. Sõpruse pst</b>			
Olemasolev olukord raskeliiklusega	2,132	845,1	262,0
Kaitsemeede raskeliikluse keelamine	1,715	703,1	232,4
<b>Terviseprobleeme vähem raskeliikluse keelamisel</b>	<b>19,6%</b>	<b>16,8%</b>	<b>11,3%</b>
<b>IV. Tehnika tn</b>			
Olemasolev olukord kiirusepiirang 50 km/h	0,285	119,1	36,5
Kaitsemeede kiirusepiirang 30 km/h	0,244	107,5	32,3
<b>Terviseprobleeme vähem kiirusepiirangu rakendamisel</b>	<b>14,4%</b>	<b>9,8%</b>	<b>11,5%</b>
<b>V. Vabaduse pst</b>			
Olemasolev olukord kiirusepiirang 50 km/h	0,126	51,2	15,8
Kaitsemeede mürakaitseekraan	0,115	47,6	14,6
<b>Terviseprobleeme vähem mürakaitseekraani paigaldamisel</b>	<b>8,9%</b>	<b>7,1%</b>	<b>7,2%</b>

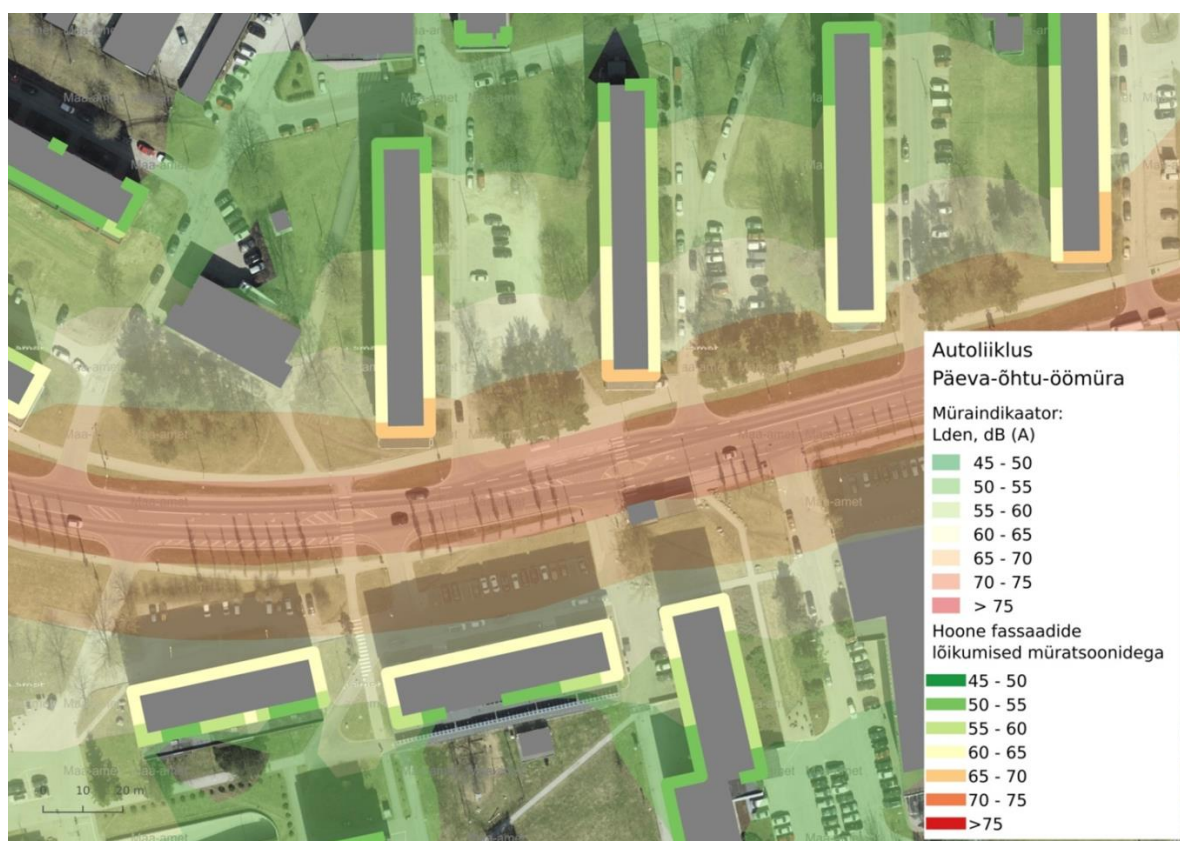
## 7. Võimalused müraga kokkupuute andmete täpsustamiseks

Johtuvalt Euroopa Komisjoni direktiivist 2002/49/EC leitakse elanike arv müratsoonides hoone fassaadiga lõikuva maksimaalse tugevusega müratsooni alusel ning kõigile maja elanikele omistatakse maksimaalne müratugevus – hoolimata sellest kummal pool maja või millisel korrusel nad elavad. Üles on kerkinud küsimus, kas sõiduteega risti asetsevate korter-majade puhul, põhjustab see kõrgete müratasemetega kokkupuutuvate elanike arvu ülehindamist? Selle hüpoteesi testimiseks töötati välja proportsionaalne müratasemete hindamine.

### 7.1. Proportsionaalne müratasemete hindamine

#### Metoodika

Võttes aluseks Ryu jt. (2017) uurimuse, töötati käesoleva töö käigus välja metoodika hindamaks müratsooniga kokkupuutuvate elanike arvu proportsionaalselt hoone fassaadi osade lõikumisele erinevate müratsoonidega (joonis 1).



**Joonis 1.** Hoone fassaadide lõikumised müratsoonidega.

Lühidalt leiti hoone fassaadi eri suundade müratasemed 4 m kõrgusel, mis omistati kõigile proportsionaalselt hoone elanikele. Töötamise etapid olid alljärgnevad:

1. Leiti ETAK hoonete polügonide piirjooned (fassaadid) – nii välis- kui ka siseringjooned (A). Siseringjooned esinevad hoonetel, millel on siseõu või avatud aatrium, vms.
2. Lõigati hoone piirjooned müratsoonidega lõikumise alusel tükkideks luues seega iga müratsooni jaoks sellega kokkupuutuvad fassaadi osad (B). Joonisel 1 võib märgata, et

sõiduteega risti olevate hoonete puhul on hoonete fassaadid kokkupuutes suuremale arvule müratsoonidele kui piki sõiduteega asetsevate hoonete korral. On ka näha, et 65–70 dB müratsooniga on kokkupuutes üksnes väike osa sõidutee poolsest fassaadist.

3. Leiti proportsionaalselt fassaadiosa pikkusele iga müratsooniga kokkupuutuva fassaadiosa kohta mitu elanikku sellele vastab kasutades järgmist valemit:

$$\text{Elanikku müratsooni fassaadiosa kohta} = B \text{ pikkus} * \text{elanike arv majas} / A \text{ pikkus}$$

Näiteks oletame, et hoones, mille fassaadi kogupikkus on 170 meetrit (A) elab kokku 100 inimest. 65–70 dB müratasemega kokkupuutuva fassaadi osa pikkus on 26 meetrit (B). Seega 65–70 dB müratsooniga on hinnanguliselt kokkupuutes 15.3 elanikku.

4. Leida iga müratüübi ja müratsooni kombinatsiooni kaupa summaarne elanike arv.

### Tulemused

Tavapärastelt hinnatakse erinevate müraga kokku puutuvate inimeste arvu hoone välisfassaadiga lõikuva kõrgeima tugevusega müratsooni alusel. Proportsionaalse kokkupuute hindamise meetodi puhul arvestatakse seda, et samas majas, kuid müraallikast kaugemal elavad inimesed puutuvad kokku väiksemate müratasemetega. Päeva-õhtu-öömüra indikaatori ( $L_{den}$ ) alusel proportsionaalse meetodiga kokkupuudet leides nihkuvad inimesed kõrgematest müratsoonidest madalamatesse müratsoonidesse (tabel 12, 13). Proportsionaalse arvutusega tuleb päeva-õhtu-öömüra indikaatori alusel üle 50 dB müraga kokkupuutuvate inimeste koguarv 26,1% väiksem, kui tavapärase meetodiga arvutades (tabel 12, 13). Öise müraga kokkupuutuvate inimeste arv langeb proportsionaalse hindamise meetodi korral kõikides müratsoonides ja Tartus tuleb üle 45 dB öise müraga kokku puutuvate inimeste koguarv poole väiksem kui tavapärase arvutusega (tabel 12, 13).

**Tabel 12.** Müratsoonides elavate inimeste arv Tallinnas müraindikaatorite alusel

Müra dB	Autoliikluse müra		Raudteeliikluse müra		Lennuliikluse müra	
	Kõrgeim <sup>1</sup>	Proports. <sup>2</sup>	Kõrgeim	Proports.	Kõrgeim	Proports.
<b>Päeva-õhtu-öömüra indikaatori (<math>L_{den}</math>) alusel</b>						
<b>50–54</b>	70 900	90 000	4600	3000	17 400	16 700
<b>55–59</b>	66 600	76 900	2100	1200	2200	2000
<b>60–64</b>	96 800	57 400	900	300		
<b>65–69</b>	67 800	20 200				
<b>70–74</b>	18 000	4900				
<b>≥75</b>	500	100				
<b>Öömüra indikaatori (<math>L_{night}</math>) alusel</b>						
<b>45–49</b>	80 000	76 400	4500	2600	5700	5200
<b>50–54</b>	94 900	49 600	1700	900		
<b>55–59</b>	52 800	14 500	300	100		
<b>60–64</b>	11 200	2900				
<b>65–69</b>	100					
<b>70–74</b>						

<sup>1</sup>Kõrg – aluseks on võetud kõrgeim väärtus maja fassaadil

<sup>2</sup>Proports. – aluseks on võetud proportsionaalne müra väärtus maja fassaadil

**Tabel 13.** Müratsoonides elavate inimeste arv Tartus

Müra dB	Autoliikluse müra		Raudteeliikluse müra	
	Kõrgeim <sup>1</sup>	Proports. <sup>2</sup>	Kõrgeim <sup>1</sup>	Proports. <sup>2</sup>
<b>Päeva-õhtu-öömüra indikaatori (<math>L_{den}</math>) alusel</b>				
50–54	13 600	13 600	1900	900
55–59	15 500	11 000	1200	600
60–64	19 800	8700	1000	600
65–69	11 800	3100	900	200
70–74	1800	400		
≥75	100			
<b>Öömüra indikaatori (<math>L_{night}</math>) alusel</b>				
45–49	16 200	11 800	1400	800
50–54	19 300	9300	1000	500
55–59	14 000	3900	1000	500
60–64	2500	600	600	100
65–69	200			
70–74				

<sup>1</sup>Kõrg – aluseks on võetud kõrgeim väärtus maja fassaadil

<sup>2</sup>Proports. – aluseks on võetud proportsionaalne müra väärtus maja fassaadil

## 7.2. Piirangud proportsionaalse mürataseme hindamise meetodika rakendamiseks tervisemõjude hindamiseks

Antud proportsionaalse mürataseme hindamise meetodikaga oli võimalik oluliselt täpsemalt määrata ühe hoone elanike kokkupuude müraga johtuvalt erinevatest müratasemetest, millega selle hoone eri külgedel elavad inimesed kokku puutuvad.

Samas ei ole käesoleval hetkel proportsionaalse mürataseme hindamise meetodikat õige rakendada tervisemõjude hindamiseks, sest rahvastikupõhised alusuuringud, mis hindavad annus-vastus seost müra tugevuse ja haigestumise vahel on teostatud arvestades kõrgeimat mürataset välisfassaadil johtuvalt direktiivi 2002/49/EÜ nõuetest. Kui rahvastikupõhistes uuringutes kasutada teistsuguseid (täpsemaid) müraga kokkupuute andmeid, võime saada praegustest oluliselt erinevad annus-vastus seosed. Selline trend on ilmnenud näiteks eriti peente osakeste ( $PM_{2,5}$ ) puhul, kus kokkupuute andmete täpsustumisel on annus-vastus seos saasteühiku kohta suurenenud. Hiljutine Vodonos jt. (2018) meta-analüüs näitas, et uuringutes, kus oli kasutatud täpsemaid  $PM_{2,5}$  kokkupuute andmeid, kus olid sisaldused  $PM_{2,5}$  madalamad ning mis oli paremini kontrollitud segavate tegurite suhtes, oli suhtelise risk  $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$   $PM_{2,5}$  sisalduse kohta suurem kui vähem täpseid  $PM_{2,5}$  andmeid kasutades. Sama trend võib ilmned ka müra puhul, kus kokkupuute andmete täpsustumisel direktiivi 2020/367 aluseks olevad meta-analüüsid leitud annus-vastu seosed võiksid muutuda.

Seega ei saa olemasolevaid annus-vastus seoseid, mis on leitud kõrgeima mürataseme järgi välisfassaadil, kasutada proportsionaalse mürataseme järgi tervisemõjude hindamisel. Kuna hetkel puudub piisav arv usaldusväärseid annus-vastus seoste uuringud proportsionaalsete müratasemetega, siis pole proportsionaalse meetodi kasutamine tervisemõjude hindamiseks tõenduspõhine.

## 8. Metoodika rakendatavus ja selle piirangud

Üldjoontes on Euroopa Komisjoni direktiivist 2020/367 tulenev metoodika sobilik liiklusriskide terviseriskide leidmiseks, ent sellel on mitmeid piiranguid, millega tuleb tulemuste tõlgendamisel ja kasutamisel arvestada.

Üks olulistest piirangutest tuleneb metoodika aluseks olevatest rahvastikupõhistest uuringutest, kus meil on olemas kõrge usaldatavusega annus-vastu seosed eeskätt liiklusriskide jaoks ning teatud osas ka raudteeliikluse ja lennuliikluse riskidele. Uuritud direktiivi ei saa me seega rakendada tööstusriskide terviseriskide leidmiseks.

Teine oluline piirang on see, et rahvastikupõhistes uuringutes, terviseriskide hindamisel ning elanike jaotamisel riskiklassidesse arvestatakse vaid nende elukohaga. Samas viibivad inimesed päeva jooksul erinevates mikrokeskkondades: tööl, kodus, koolis, õues (näiteks majast välja sõidutee ääres), autos, ühissõidukis jne. Kuna meil puuduvad selle kohta individuaalsed andmed, siis rakendatakse nende elukoha andmeid, mis on kergesti kättesaadavad. Mõju puhul unele on see täiesti õigustatud, tähtsal määral ka mõjule südame-veresoonkonnale, ent häiritus võib tekkida hoopis mujal kui kodus toas olles.

Kokkupuute andmed teeb mõnevõrra ebatäpseks ka asjaolu, et riskiklassis paiknevate elanike arv leitakse hoone fassaadiga lõikuvale maksimaalse tugevusega riskiklassi alusel. Pikkaealiste kortermajade puhul, mis asetsevad sõiduteega risti, põhjustab selle kõrge riskiklassiga kokkupuutuvate elanike arvu ülehindamist. Samas esineb see sama ebakõla ka hinnangute aluseks olevates rahvastikupõhiste uuringutes ning riskide strateegilise kaardistamise aluseks olevas Euroopa Liidu üleses seadusandluses. Antud töö raames uuritud proportsionaalne riskiklassi hindamise metoodika annab küll täpsema info tegeliku kokkupuute kohta, ent käesoleval ajal on väga olulised piirangud selle rakendamisel terviseriskide hindamiseks või võrdlemiseks riskiklasside piirväärtustega. Tabelis 14 on tundlikkusanalüüsi raames esitatud võimalik terviseriskide suurus, kuid usaldusväärsuste annus-vastus seoste puudumise tõttu peab selle lugema madala usaldusväärsusega hinnanguks. Küll võivad sellest johtuvalt olla teatud mõjud hetkel mõnevõrra ülehinnatud.

Peale selle ei arvestata direktiivis antud metoodika asjaoluga, et algsetes rahvastikupõhistes epidemioloogilistes uuringutes on annus-vastus seosed antud 95% usaldusvahemikuga. Seega sellest johtuvalt võib tulemus jääda 95% tõenäosusega ülemise ja alumise usalduspiiri vahele ehk olla tegelikult suurem või väiksem. Tulevikus võiks kaaluda tulemuste esitamist usalduspiiridega. Sellist lähenemist on kasutanud liiklusriskide mõjude kvantifitseerimisel Veber (2020) oma magistritöös.

Äärmisel oluline on kasutada võimalikult täpseid haigestumuse andmeid. Antud töös kasutati Tervise Arengu Instituudi tervisestatistika ja terviseuuringute andmebaasi, kust leitavad andmed on täpsemad võrreldes üle-Euroopaliste andmebaasidega, mida on kasutanud Euroopa Keskkonnaagentuur oma hinnangus (EEA, 2020). Sel põhjusel erinevad käesoleva töö haigestumuse tulemused Euroopa Keskkonnaagentuuri viimasest hindamisest Eesti kohta (EEA, 2020), olles sellest väiksemad (tabel 14). Teisalt on oluline roll ka annus-vastus

seostel, tänu millele on direktiivi 2020/367 metoodikat kasutades suure häiritusega ja märkimisväärselt häiritud unega elanike arv suurem kui Euroopa Keskkonnaagentuuri hinnang.

**Tabel 14.** Liiklusrast põhjustatud haigestumus südame isheemiatõppe, suure häiritusega elanike arv ja märkimisväärselt häiritud unega elanike arv kasutades erinevaid metoodikaid

	<b>Euroopa Keskkonnaagentuuri hinnang (EEA, 2020)</b>	<b>Antud raporti põhihinnang</b>	<b>Antud raporti lisahinnang kasutades proportsionaalseid müratasemeid*</b>
<i>Haigestumus südame isheemiatõppe</i>			
<b>Tallinn</b>		124	74
<b>Tartu</b>		22	8
<b>Põhimaanteed</b>		2	
<b>Kokku</b>	191	148	
<i>Suur häiritusega elanike arv</i>			
<b>Tallinn</b>		50 209	35 382
<b>Tartu</b>		9337	5245
<b>Põhimaanteed</b>		813	
<b>Kokku</b>	48 257	60 359	
<i>Märkimisväärselt häiritud unega elanike arv</i>			
<b>Tallinn</b>		10 180	5912
<b>Tartu</b>		2580	1336
<b>Põhimaanteed</b>		115	
<b>Kokku</b>	10 384	13 029	

\* hetkel puuduvad annus-vastus seosed mõju hindamiseks kasutades proportsionaalseid müratasemetega. Käesolevas tundlikkusanalüüsis rakendati olemasolevate annus-vastu seoste ülemist 95% usalduspiiri.

Teatud piirangud tulenevad ka metoodika tundlikkusest. Antud uuringus ei leidnud me olulist mõju lennuliikluse müral unehäiretele. Samas „Tallinna linna välisõhus leviva keskkonnamüra vähendamise tegevuskavas aastateks 2019–2023“ tehtud kaebuste analüüs näitas lennuliikluse müra kaebuste esinemist Püü ja Võrse tänavatel. Seega ei ole antud metoodika piisavalt tundlik, et kvantifitseerida vähesel määral ja madalatel müratasemetel tekkivaid häiringuid müratundlike elanike hulgas ning antud juhul on mõjud alahinnatud.

Tulemuste juures peaks arvestama, et tegemist on ikkagi terviseriski hindamisega ning arvutuslike tulemustega: kui paljud võivad haigestuda, kui paljudel on märkimisväärselt häiritud uni ja kui paljudel on suur häiritus. Tõenäoliselt teatud aspektides võib see metoodika ülehinnata ja teatud aspektides alahinnata tegelikku tervisemõju ning reaalsed arvud võivad sellest mõnevõrra erineda. Seda näitavad ka algsete uuringute usalduspiirid, millega direktiivi metoodika ei arvesta.

Peale selle võtab kasutatav metoodika arvesse vaid mõju südame isheemiatõve haigestumusele, suurele häiritusele ja märkimisväärselt häiritud unele. Samas on viimase viie aasta uuringud (direktiivi 2020/367 annus-vastus seosed põhinevad WHO 2018. aasta metaanalüüsil, kuhu võeti uuringud kuni 2015. aastani ja seega pole neid direktiivis arvesse võetud) näidanud, et liiklusrast tervisemõjude ring on eeldatavalt laiem (Veber, 2020).

## Kokkuvõte

Töös kasutatud Euroopa Komisjoni direktiivist 2020/367 tulenev metoodika sobib liiklusrüüa tervisemõjude leidmiseks. Kasutades seda metoodikat ilmneb, et autoliikluse müra põhjustab igal aastal Tallinnas 125, Tartus 22 ning põhimaanteedes ääres 2 haigestumist südame isheemiatõppe.

Liiklusrüüast tulenev suur häiritus esineb 12,0% Tallinna ja 9,7% Tartu linna elanikel. Peamiselt häirib inimesi autoliikluse müra. Raudteeliikluse ja lennuliikluse poolt häiritud inimeste arv jääb alla 1% elanikest nii Tallinnas kui ka Tartus. Põhimaanteedes ääres esineb suur häiritus arvutuslikult veidi vähem kui 1000 elanikul.

Öise liiklusrüüa poolt on märkimisväärselt häiritud uni 2,5% Tallinna ja 2,6% Tartu linna elanikest ning põhimaanteedes ääres veidi enam kui 100 inimesel. Peamise osa unehäiretest põhjustab kokkupuude autoliikluse müraga – väike roll on raudteeliiklusel, põhjustades unehäireid kokku 530 inimesel. Lennuliikluse müra seda metoodikat kasutades märkimisväärselt unehäireid ei põhjusta.

Tallinnas, Tartus ja põhimaanteedes on koostatud välisõhus leviva müra vähendamise tegevuskavad. Direktiivist tuleneva metoodikaga oli võimalik leida ka müra vähendavate meetmete rakendamisel saadav tervisekasu. Viie uuringualast andis suurima kasu raskeliikluse keelamine Sõpruse puiesteel, kus südame isheemiatõppe haigestumiste arv väheneks aastast 19–20% ning suurt häiritust esineks vähem 17% elanikel. Kõige väiksem mõju plaanitud kaitsemeetmetest oleks Vabaduse puiesteel. Haigestumus südame isheemiatõppe väheneks ~9% ning suurt häiritust ja märkimisväärselt unehäireid esineks vähem ~7%. Kiiruse piiramine ja mürakaitsekraanid annavad üldiselt sarnase tulemuse.

Töös testitud proportsionaalse müratasemete hindamise meetodiga saaks jaotada maja eri osade elanikud täpsemalt erinevatesse müratsoonidesse. Seda kasutades tuleks päeva-õhtu-ööümüra indikaatori alusel üle 50 dB müraga kokkupuutuvate inimeste koguarv Tallinnas ja Tartus enam kui viiendiku väiksem, kui tavapärase meetodiga arvutades ning öise müraga kokkupuutuvate inimeste arv langeks veelgi enam. Küll ei saa sellel metoodikal leitud eri müratsoonides olevate isikute arvu rakendada hetkel direktiivi 2020/367 metoodikas ega võrdlusel piirväärtustega, kuna nende aluseks olevates rahvastikupõhistes uuringutes on kasutatud maksimaalset mürataset maja fassaadil.

Kokkuvõttes on direktiivi 2020/367 metoodika kasutatav ning soovitage antud metoodikat rakendada müra tervisemõjude leidmiseks ka teistes Eesti piirkondades uute mürakaartide valmimisel.



## Kasutatud kirjandus

- Basner, M., Babisch, W., Davis, A., Brink, M., Clark, C., Janssen, S., Stansfeld, S. 2014. Auditory and non-auditory effects of noise on health. *Lancet*, 383(9925), 1325–1332.
- Basner, M., McGuire, S., Basner, M., & McGuire, S. 2018. WHO Environmental Noise Guidelines for the European Region: A Systematic Review on Environmental Noise and Effects on Sleep. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15(3), 519.
- Brink, M., Schäffer, B., Vienneau, D., Foraster, M., Pieren, R., Eze, I. C., ... Wunderli, J.-M. 2019. A survey on exposure-response relationships for road, rail, and aircraft noise annoyance: Differences between continuous and intermittent noise. *Environment International*, 125, 277–290.
- Clark, C., Paunovic, K., Clark, C., Paunovic, K. 2018. WHO Environmental Noise Guidelines for the European Region: A Systematic Review on Environmental Noise and Quality of Life, Wellbeing and Mental Health. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15(11), 2400.
- Daiber, A., Kröller-Schön, S., Frenis, K., Oelze, M., Kalinovic, S., Vujacic-Mirski, K., ... Münzel, T. 2019. Environmental noise induces the release of stress hormones and inflammatory signaling molecules leading to oxidative stress and vascular dysfunction—Signatures of the internal exposome. *BioFactors*, biof.1506.
- EEA. 2020. Environmental noise in Europe - 2020. European Environment Agency. <https://www.eea.europa.eu/publications/environmental-noise-in-europe>
- European Commission. 2019. Handbook on the external costs of transport: Version 2019.
- Guski, R., Schreckenberg, D., Schuemer, R., Guski, R., Schreckenberg, D., Schuemer, R. 2017. WHO Environmental Noise Guidelines for the European Region: A Systematic Review on Environmental Noise and Annoyance. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 14(12), 1539.
- Heinonen-Guzejev, M., Vuorinen, H. S., Mussalo-Rauhamaa, H., Heikkilä, K., Koskenvuo, M., Kaprio, J. 2007. The association of noise sensitivity with coronary heart and cardiovascular mortality among Finnish adults. *Science of the Total Environment*, 372(2–3), 406–412.
- Houthuijs, D., Swart, W., & van Kempen, E. 2019. Implications of environmental noise on health and wellbeing in Europe. [https://www.eionet.europa.eu/etcs/etc-atni/products/etc-atni-reports/eionet\\_rep\\_etcacm\\_2018\\_10\\_healthimplicationsnoise](https://www.eionet.europa.eu/etcs/etc-atni/products/etc-atni-reports/eionet_rep_etcacm_2018_10_healthimplicationsnoise)
- Jauhiainen, T., Vuorinen, H., & Heinonen-Guzejev, M. 2010. Keskkonnamüra mõjud. [http://www.okokratt.ee/myra2010/esitlused/Myra\\_moju\\_tervisele.pdf](http://www.okokratt.ee/myra2010/esitlused/Myra_moju_tervisele.pdf)
- Lahti, T. 2010. Keskkonnamüra hindamine ja müra leviku tõkestamine: Keskkonna-alane käsiraamat (L. Madalik & M. Ründva, Toim.). <https://www.digar.ee/arhiiv/nlib-digar:124406>
- Metsvahi, T. 2017. Tallinna kesklinna liikluse muutuse monitooring automaatse seiresüsteemi andmete põhjal. III Kvartal 2017.a. Tallinna Tehnikaülikool. [https://uuringud.tallinn.ee/file\\_download/756](https://uuringud.tallinn.ee/file_download/756)

- Nieuwenhuijsen, M., Ristovska, G., Dadvand, P., Nieuwenhuijsen, M. J., Ristovska, G., Dadvand, P. 2017. WHO Environmental Noise Guidelines for the European Region: A Systematic Review on Environmental Noise and Adverse Birth Outcomes. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 14(10), 1252.
- Ouis, D. 2001. Annoyance from road traffic noise: A review. *Journal of Environmental Psychology*, 21(1), 101–120.
- Pyko, A., Andersson, N., Eriksson, C., de Faire, U., Lind, T., Mitkovskaya, N., ... Pershagen, G. 2019. Long-term transportation noise exposure and incidence of ischaemic heart disease and stroke: a cohort study. *Occupational and Environmental Medicine*, 76(4), 201–207.
- Recio, A., Linares, C., Banegas, J. R., & Díaz, J. 2016. Road traffic noise effects on cardiovascular, respiratory, and metabolic health: An integrative model of biological mechanisms. *Environmental Research*, 146, 359–370.
- Ryu, H., Park, I. K., Chun, B. S., Chang, S. I. 2017. Spatial statistical analysis of the effects of urban form indicators on road-traffic noise exposure of a city in South Korea. *Applied Acoustics*, 115, 93–100.
- Schreckenber, D., Griefahn, B., Meis, M. 2010. The associations between noise sensitivity, reported physical and mental health, perceived environmental quality, and noise annoyance. *Noise and Health*, 12(46), 7–16.
- Śliwińska-Kowalska, M., Zaborowski, K. 2017. WHO Environmental Noise Guidelines for the European Region: A Systematic Review on Environmental Noise and Permanent Hearing Loss and Tinnitus. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 14(10), 1139.
- Sørensen, M., Lühdorf, P., Ketzel, M., Andersen, Z. J., Tjønneland, A., Overvad, K., Raaschou-Nielsen, O. 2014. Combined effects of road traffic noise and ambient air pollution in relation to risk for stroke? *Environmental Research*, 133, 49–55.
- Stallen, P. J. M. 1999. A theoretical framework for environmental noise annoyance. *Noise and Health*, 1(3), 69–79.
- Stratum. 2017. Liikluskoormuse uuring. Inseneribüroo Stratum.
- Tétreault, L.-F., Perron, S., Smargiassi, A. 2013. Cardiovascular health, traffic-related air pollution and noise: are associations mutually confounded? A systematic review. *International Journal of Public Health*, 58(5), 649–666.
- van Kempen, E., Casas, M., Pershagen, G., Foraster, M., Van Kempen, E., Casas, M., ... Foraster, M. 2018. WHO Environmental Noise Guidelines for the European Region: A Systematic Review on Environmental Noise and Cardiovascular and Metabolic Effects: A Summary. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15(2), 379.
- Veber, T. 2020. Liiklusmüra tervisemõjude hindamine Tartu ja Tallinna linnas. Magistritöö rahvatervishoius. Tartu Ülikooli peremeditsiini ja rahvatervishoiu instituut.
- Vodanos, A., Awad, Y. A., Schwartz, J. 2018. The concentration-response between long-term PM2.5 exposure and mortality; A meta-regression approach. *Environmental Research*, 166, 677–689.

- WHO. 2020. Basic Documents. Constitution. World Health Organization.  
[https://apps.who.int/gb/bd/pdf\\_files/BD\\_49th-en.pdf](https://apps.who.int/gb/bd/pdf_files/BD_49th-en.pdf)
- WHO. 2018. Environmental Noise Guidelines for the European Region 2018. World Health Organization. <http://www.euro.who.int/en/publications/abstracts/environmental-noise-guidelines-for-the-european-region-2018>
- WHO. 2011. Burden of disease from environmental noise. Quantification of healthy life years lost in Europe. World Health Organization.  
[http://www.euro.who.int/\\_\\_data/assets/pdf\\_file/0008/136466/e94888.pdf](http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0008/136466/e94888.pdf)
- Zare Sakhvidi, M. J., Zare Sakhvidi, F., Mehrparvar, A. H., Foraster, M., Dadvand, P. 2018. Association between noise exposure and diabetes: A systematic review and meta-analysis. *Environmental Research*, 166, 647–657.

# LISAD

## Lisa 1. Strategilised mürakaardid

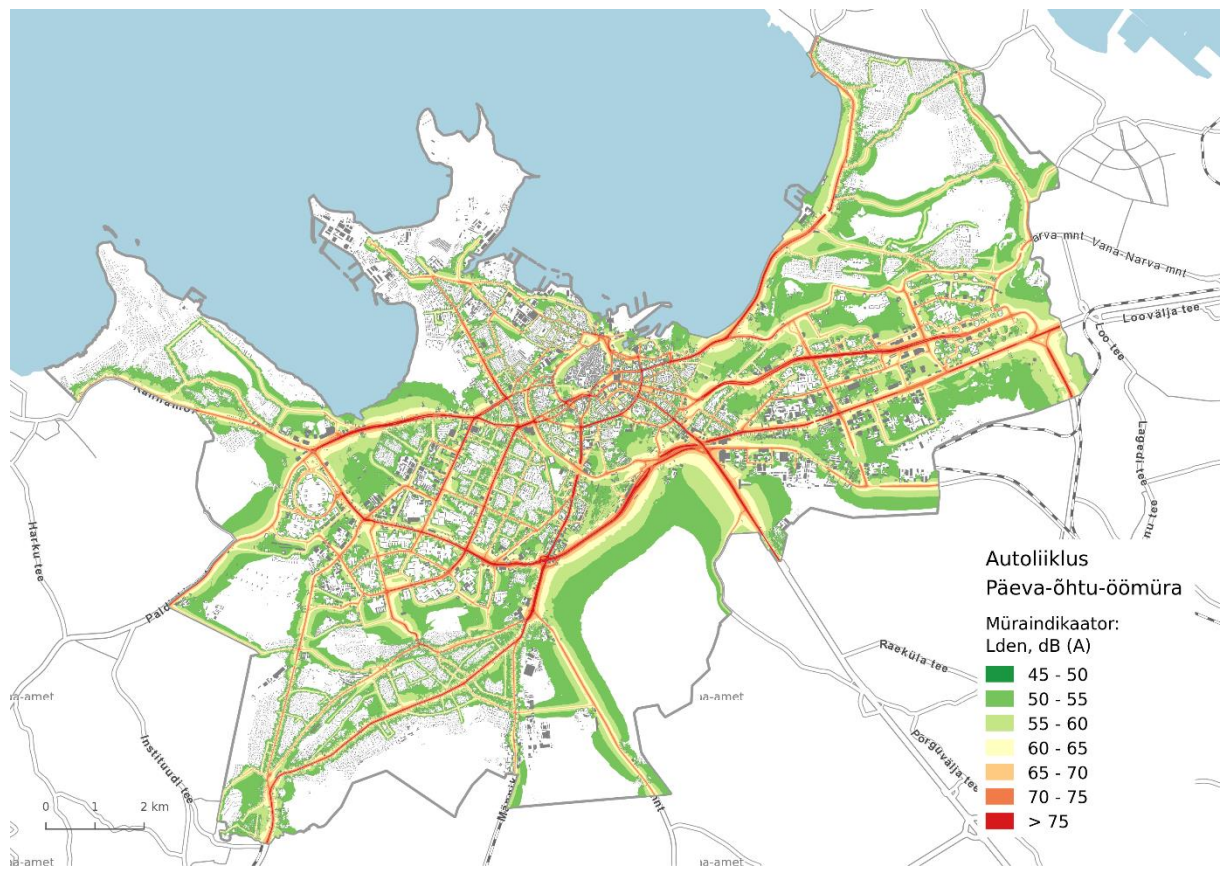
### Autoliiklus Tartus $L_{den}$



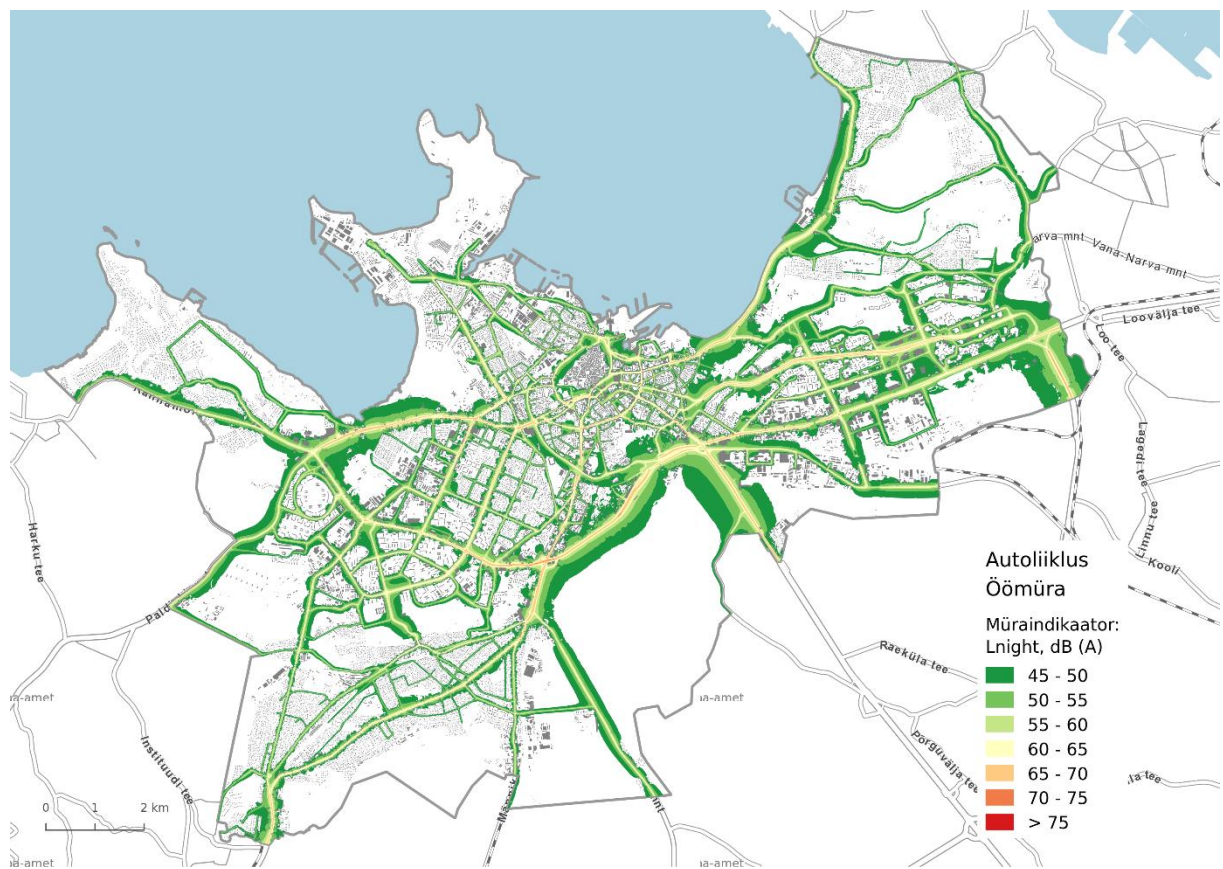
### Autoliiklus Tartus $L_{night}$



### Autoliiklus Tallinnas $L_{den}$



### Autoliiklus Tallinnas $L_{night}$



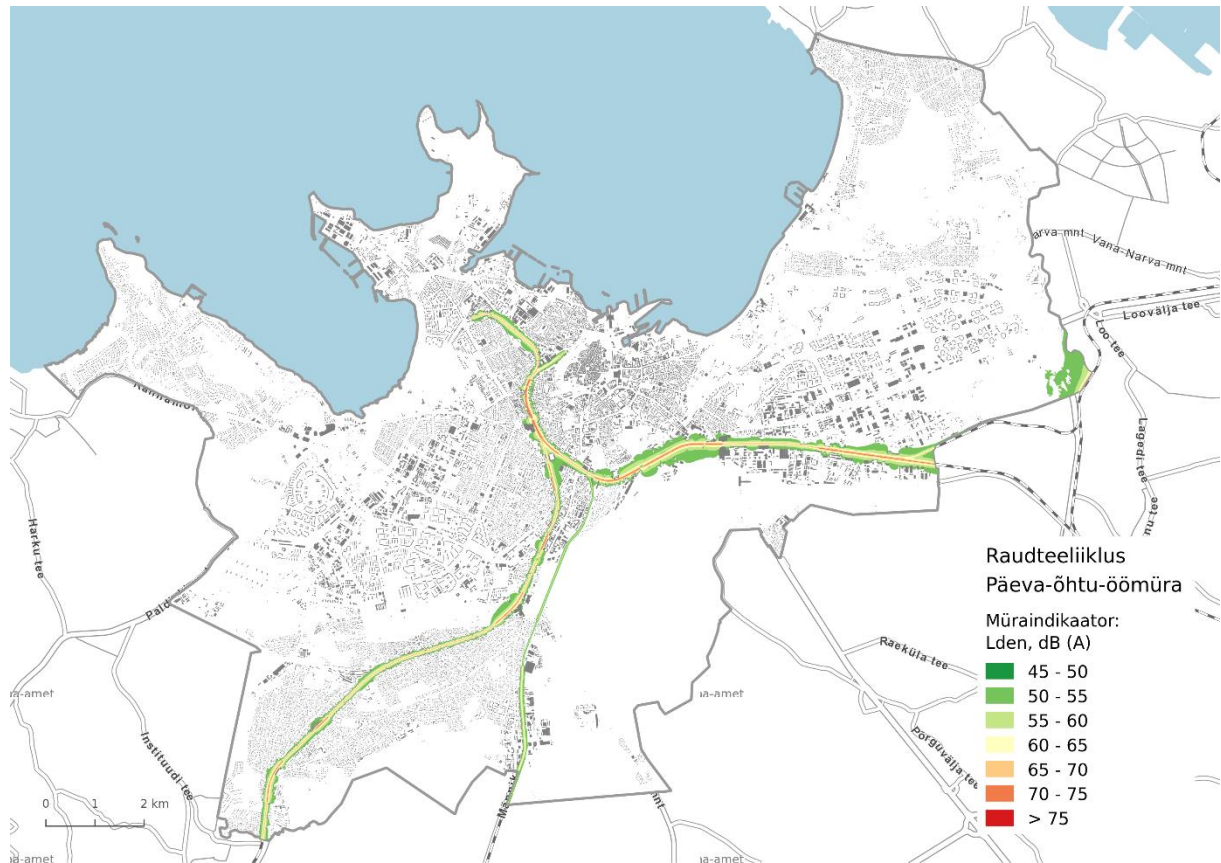
### Raudteeliiklus Tartus $L_{den}$



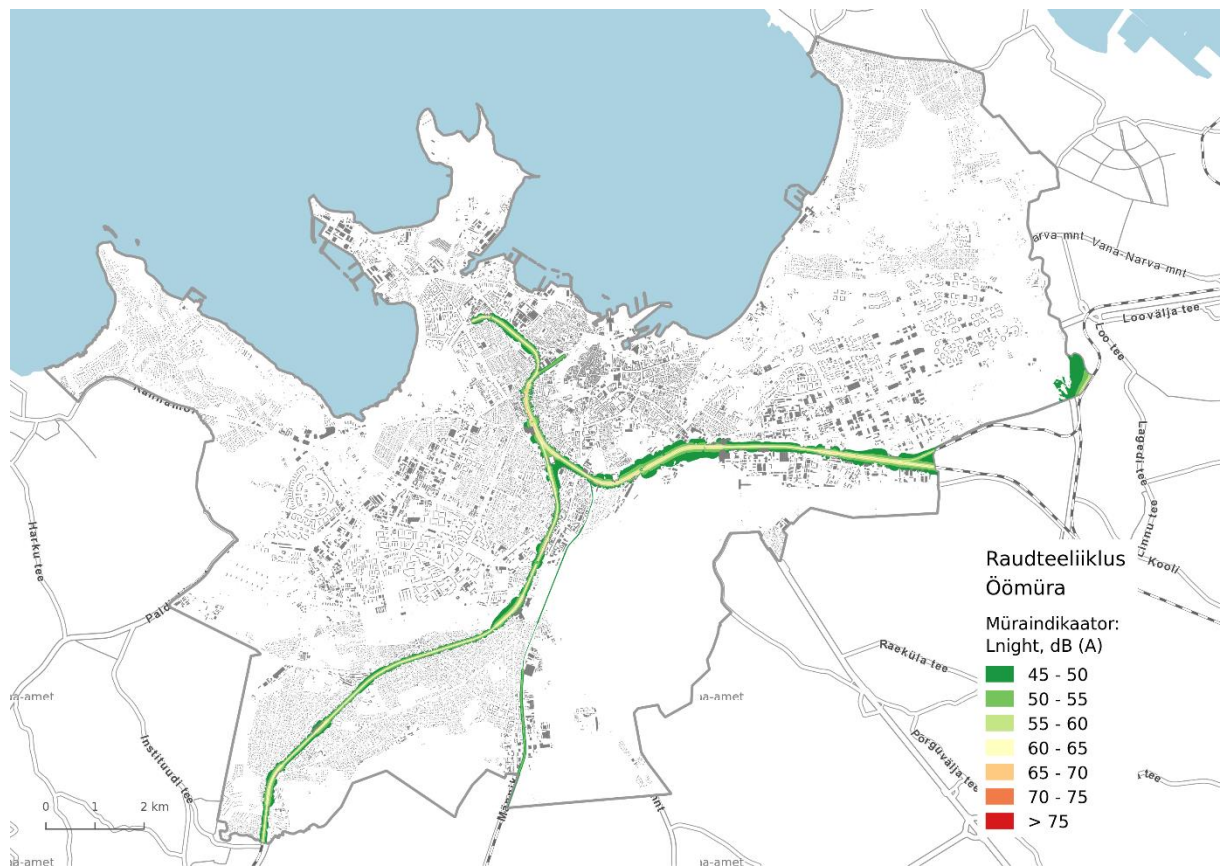
### Raudteeliiklus Tartus $L_{night}$



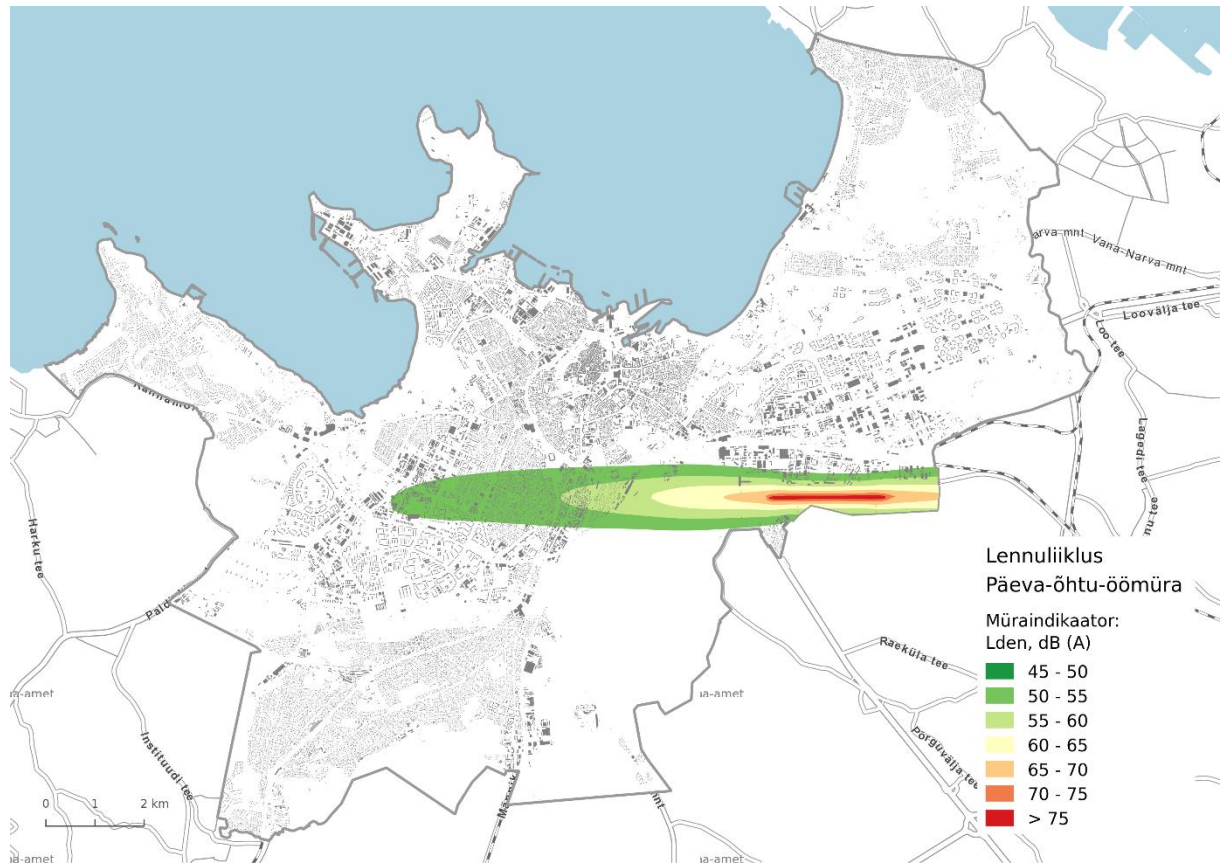
### Raudteeliiklus Tallinnas $L_{den}$



### Raudteeliiklus Tallinnas $L_{night}$



### Lennuliiklus Tallinnas $L_{den}$



### Lennuliiklus Tallinnas $L_{night}$

