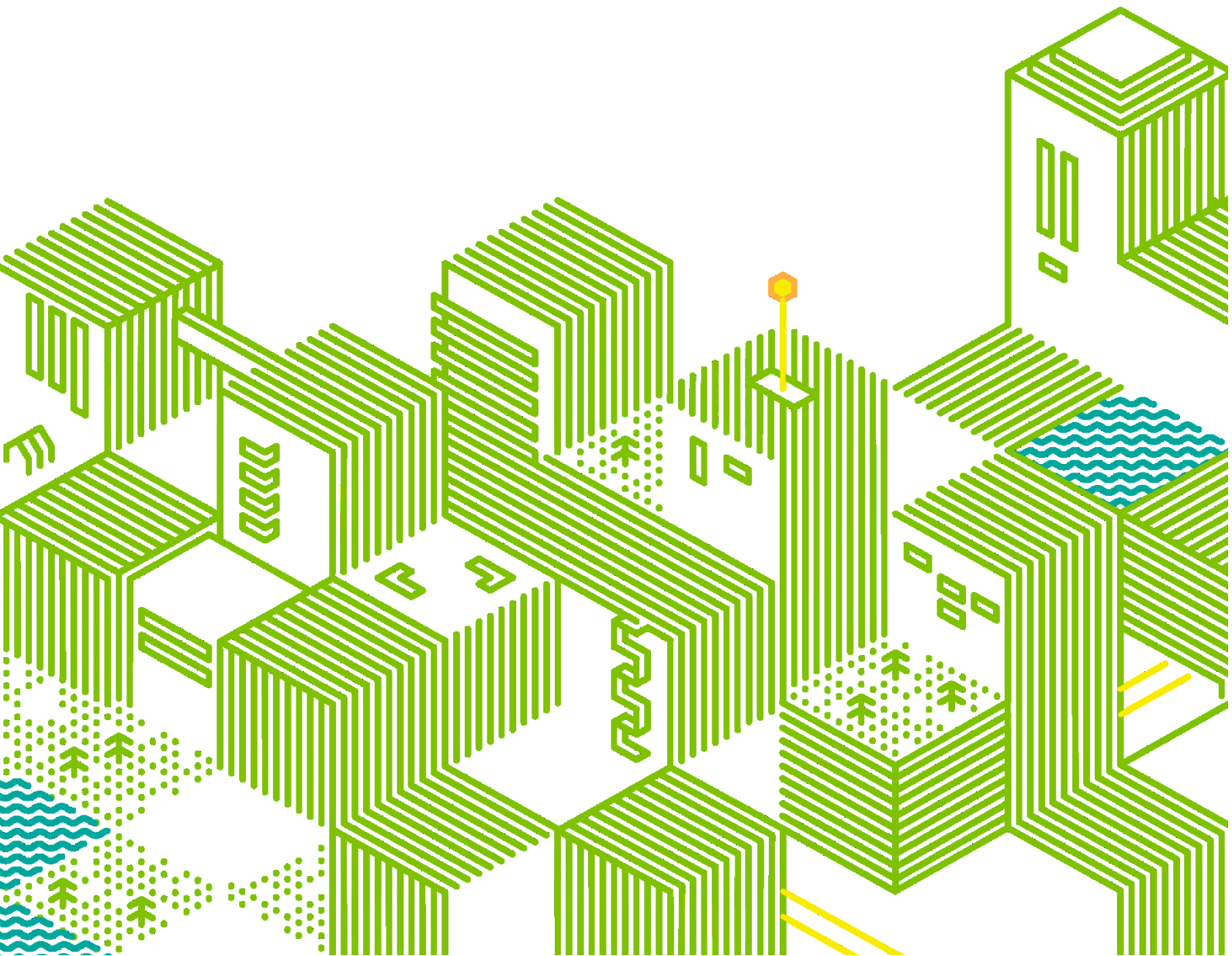


## Amuritunnelin rakentamisen aikainen melu, Satakunnankadun suuaukko

Päiväys	23.3.2021
Versio	3
DONNA ID	5 333 764



## Sisällys

1	Taustatiedot.....	3
2	Laatinut.....	3
3	Menetelmät ja lähtötiedot.....	3
3.1	Melun ohjeavot.....	3
3.2	Melulaskennat.....	4
3.2.1	Laskentamalli.....	4
3.2.2	Maastomalli.....	5
3.2.3	Melulähdetiedot.....	5
4	Laskennat ja tulokset.....	8
5	Johtopäätökset.....	9
6	Epävarmuustarkastelu.....	9
7	Viitteet.....	10

## Liitteet

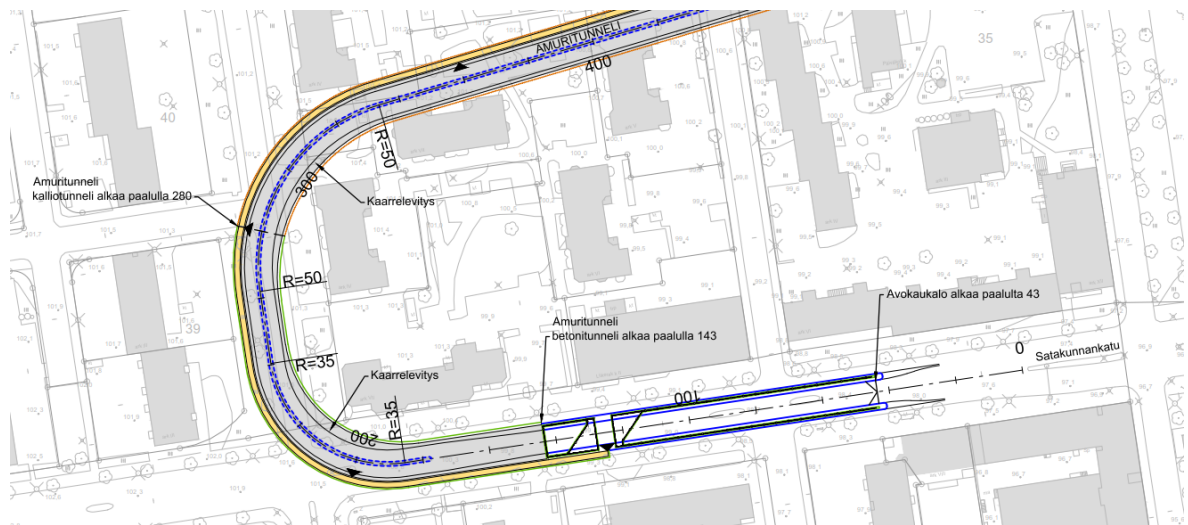
Liitteet 1-3 Melulaskentakuvat

# 1 Taustatiedot

Tampereen kaupungin alueella on vireillä Näsinkallion eritasoliittymän ja Amuritunnelin hankkeen yleissuunnittelu ja asemakaavojen laatiminen. Näsinkallion eritasoliittymä sijoittuu maan alle ja siihen mahdollisesti liittyvän Amuritunnelin maan pinnalle tuleva ajoyhteys on suunniteltu sijoituvan Amurin kaupunginosaan Satakunnankadulle.

Ajoyhteyden toteuttaminen edellyttää mm. maanrakennustöitä, louhintaa (porausta, rikotus) ja seinämien tuentaa. Seinämien tuennan tyyppiä (porapaalutus, pontitus) ei ole tarkemmin suunniteltu, mutta todennäköisesti tuenta toteutetaan ponttiseinällä.

Tässä meluselvityksessä on tarkasteltu Amuritunnelin rakentamisen aikaisia meluvaikutuksia ajotunnelin suuaukon ympäristössä. Laskennat on laadittu maanrakennustöiden alkuvaiheessa, keskivaiheessa ja vaiheessa, jossa tunnelin ajoyhteys on avattu täyteen laajuuteensa noin paalulle 280 saakka (paalulta 280 eteenpäin Amuritunneli alkaa kalliotunnelina). Myöhemmässä vaiheessa ajoyhteys katetaan jälleen noin 150 m osuudelta, mutta em. tilannetta ei ole mallinnettu sillä se ei edusta tarkastelualueella ns. meluisinta vaihetta yhdenkään herkän kohteen suhteen.



Kuva 1. Ote Amuritunnelin asemapiirustuksesta 28.12.2018

# 2 Laatinut

Sitowise Oy  
Åkerlundinkatu 11 D, 33100 Tampere  
+358 20 747 6000 | vaihde

Tiina Kumpula, vanhempi asiantuntija, ins. AMK., meluasiantuntija  
puh +358 40 051 6888  
email [tiina.kumpula@sitowise.com](mailto:tiina.kumpula@sitowise.com)

# 3 Menetelmät ja lähtötiedot

## 3.1 Melun ohjearvot

Melulaskennan tuloksia on verrattu valtioneuvoston päätöksessä (993/1992) annettuihin melutaso-ohjearvoihin (Taulukko 1) [1]. Melun ohjearvot on tarkoitettu käytettäväksi maankäytön, liikenteen ja rakentamisen suunnittelussa sekä rakentamisen lupamenettelyissä.

Taulukko 1 Valtioneuvoston päätöksessä (993/1992) annetut melutason ohjearvot [1]

Ohjearvot ulkona	Päivällä $L_{Aeq}$ , klo 7–22	Yöllä $L_{Aeq}$ , klo 22–7
Asumiseen käytettävät alueet, virkistysalueet taajamissa ja taajamien välittömässä läheisyydessä sekä hoito- ja oppilaitoksia palvelevat alueet	55 dB	50 dB
Uudet asumiseen käytettävät alueet, virkistysalueet taajamissa ja hoitolaitoksia palvelevat alueet	55 dB	45 dB
Loma-asumiseen käytettävät alueet, virkistysalueet taajamien ulkopuolella ja luonnonsuojelualueet	45 dB	40 dB
Ohjearvot sisällä	$L_{Aeq}$ , klo 7–22	$L_{Aeq}$ , klo 22–7
Asuin-, potilas- ja majoitushuoneet	35 dB	30 dB
Opetus- ja kokoontumistilat	35 dB	-
Liike- ja toimistohuoneistot	45 dB	-

Ohjearvojen määrittely tarkoittaa melun ekvivalenttitasoa eli keskimelutasoa koko ohjearvon aikavälillä. Siten lyhytaikaiset ohjearvon desibelirajan ylitykset eivät välttämättä aiheuta päätöksessä tarkoitetun ohjearvon ylitystä, mikäli aikaväli sisältää hiljaisempia jaksoja.

Mikäli melu on luonteeltaan impulssimaista tai kapeakaistaista, tulee mitattuun tai laskettuun arvoon lisätä 5 dB. Tässä selvityksessä rikotus ja pontitus on arvioitu todennäköisesti impulssimaisiksi melulähteiksi.

## 3.2 Melulaskennat

### 3.2.1 Laskentamalli

Melulaskennat on maanrakennustöiden osalta tehty SoundPlan 8.0 – melulaskentaohjelmaan sisältyvällä yleisellä teollisuusmelun laskentamallilla [2], kuljetusten keskiääntiaso on laskettu yhteispohjoismaisella tieliikennemelun laskentamallilla [3].

Selvityksessä on laskettu päiväajan klo 7-22 keskiäänitasot ( $L_{Aeq}$ ), jolloin niitä voi verrata valtioneuvoston antamiin melutasojen ohjearvoihin. Merkittävää melua aiheuttavaa rakentamistoimintaa ei pääosin ole yöaikaan klo 22-7. Kalliotunnelin louhintavaiheessa kuljetukset voivat mahdollisesti sijoittua pääosin ilta- ja yöajalle kun katutilaa vapautuu muulta liikenteeltä.

Melulaskenta perustuu melun leviämiseen 3D-maastomallissa, johon on mallinnettu melulähteet, rakennukset ja maastonmuodot sekä näiden akustiset ominaisuudet. Kadut ja tunnelityömaa on mallinnettu akustisesti kovina alueina ( $\alpha = 0$ ).

Melulähteet sijoitetaan malliin äänitehotaso-, suuntaavuus- ja käyttöaikatietoineen. Malli laskee melutasot ympäristössä ottaen huomioon mm. etäisyysvaimentumisen, ilman ääniabsorption, esteet, heijastukset sekä maanpinnan absorptio-ominaisuudet.

#### **Tärkeimmät laskenta-asetukset melulaskennassa:**

- Laskentaruudun koko 10 x 10 metriä
- Meluvyöhykkeiden laskentakorkeus tasokuvissa on 2 metriä
- Laskentasäde 1500 metriä
- Laskennassa mukana 3. kertaluvun heijastukset
- Rakennukset heijastavia 1 dB heijastusvaimennuksella.

### 3.2.2 Maastomalli

Maastomalli on muodostettu Tampereen kaupungin numeerisen kantakartta-aineiston sekä kohteen suunnitelmapiirrosten [4] perusteella.

Laskennoissa poraus on mallinnettu alueelle tehdyn kalliopintamallin korkeusasemien mukaisesti (kuva 2).



Kuva 2. Ote hankealueelle mallinnetusta kalliopinnan korkeusasemakuvasta [4]

Rakennusten korkeudet on mallinnettu kerroslukujen perusteella.

### 3.2.3 Melulähdetiedot

Amuritunnelin rakentamisen yksityiskohtia ei maanrakennustöiden osalta ole vielä kaikilta osin tarkasti suunniteltu. Em. syystä tässä selvityksessä on mallinnettu merkittävimiksi tai tyypillisimmiksi arvioitujen melua tuottavien toimintojen päiväajan keskiäänitasot. Maanrakennustöistä etenkin poraus, rikotus ja pontitus ovat äänekkäitä ja lähietäisyydellä asumismukavuutta häiritseviä melulähteitä. Em. syytä selvityksessä on lähtökohtana pidetty sitä, että merkittävimmät melua tuottavat toiminnot sijoittuvat päiväajalle klo 7-22, porauksen, rikotuksen ja pontituksen kestäessä kukin noin 10 tuntia (esim. klo 7-18 huomioiden tunnin verran taukoja). Rikotuksen määrä vaihtelee louhitun aineksen palakoon mukaan. Jos palakoko on riittävän pientä ja louhe voidaan kuormata poiskuljetusta varten sellaisenaan, rikotusta ei tarvita.

Tässä työssä melulähteinä on huomioitu työkone (kaivinkone, pyöräkuormaaja tai vastaava), materiaalin lastaus kuorma-auton lavalle, louhinta eli kallion poraus ja suurten kappaleiden rikotus, materiaalin kuljetukset sekä pontitus. Pontituksen melupäästöön vaikuttaa suuresti pontituksen toteutustapa. Teräspontitiseinän pontitusta voidaan tehdä lyönti-, täry- tai purustuspontituksena, joista lyöntipontitus on tyypillisesti meluisin vaihtoehto. Tässä selvityksessä pontituksen melupäästönä on käytetty 118 dB LWA (123 dB LWA impulssimaisuuskorjaus huomioiden), joka kuvastaa enemmän tyypillisen lyönti- kuin tärypontituksen melupäästöä ja on samassa suuruusluokkatasossa esim. Tampereen kansi ja arena -työmaalla mitatun porapaalutuksen melupäästön kanssa [5].

Mallinnettujen toimintojen on arvioitu olevan meluvaikutusten merkittävyyden arvioinnin kannalta oleellimmat ja edustavan tyypillisiä maanrakentamisen melulähteitä.

Melulähteiden ominaisuustiedot on esitetty taulukossa 2.

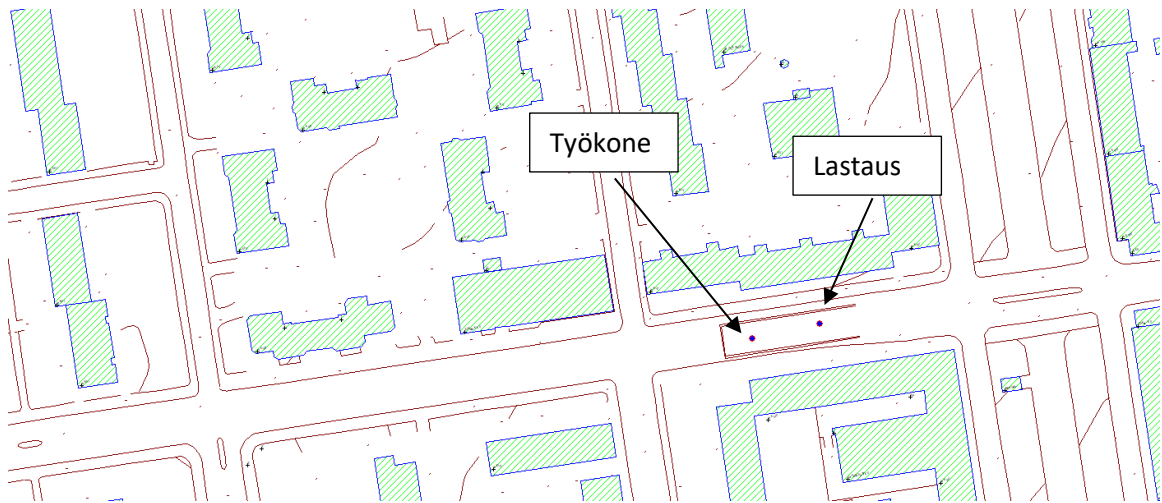
Taulukko 2. Melulähteiden ominaisuustiedot

Äänilähde	Akustinen korkeus	LWA, dB	Ajallinen & tehollinen toiminta-aika, klo/%
Työkone	mp+2	105	7-22, yht. 14 tuntia
Kuormaus	mp+2	114	7-22, yht. 6 tuntia eli 50 % tehollista toiminta-aikaa
Poraus	kalliopinta+1m	123	7-22, yht. 10 tuntia eli noin 67 % tehollista toiminta-aikaa
Rikotus	mp+1m	119*	7-22, yht. 10 tuntia eli noin 67 % tehollista toiminta-aikaa
Pontitus	mp+2m	118*	7-22, yht. 10 tuntia eli noin 67 % tehollista toiminta-aikaa

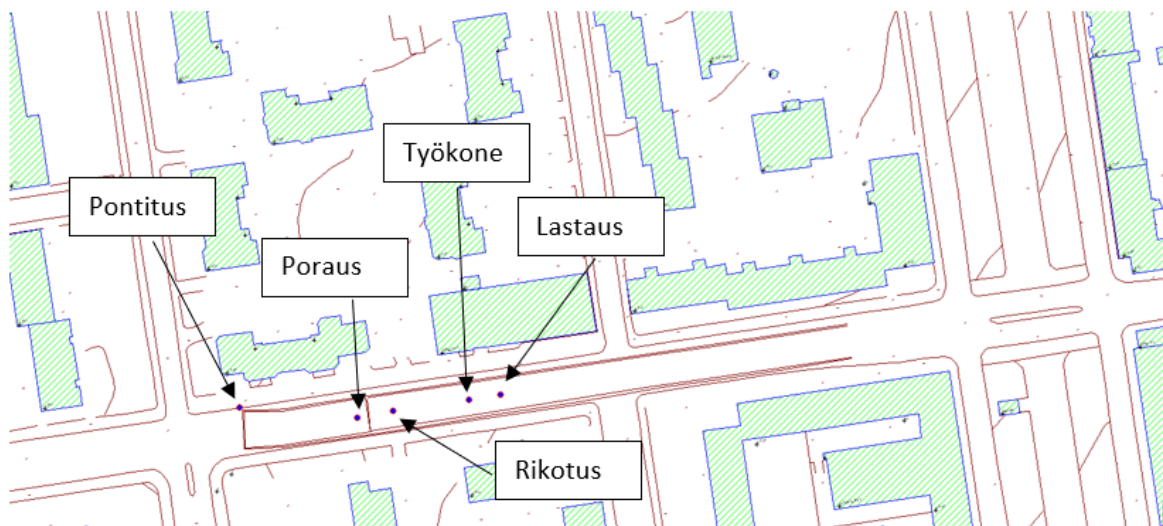
\*rikotus ja pontitus ovat lähietäisyydellä impulssimainen äänilähde. +5 dB korjausta ei ole huomioitu taulukossa esitettyssä lähtömelutasossa.

Ajotunneleiden suuaukkojen louhintaräjäytyksen melua ei ole mallinnettu, koska siihen ei ole luotettavia lähtötietoja. Louhintaräjäytyksen melu on kuultavissa jyrähdyksenomaisena äänipiikkinä lähiympäristössä, ja mahdollisesti aistittavissa runkoäänenä/räminänä lähialueen taloissa. Ääntä tuottavan räjähdyskesto-aika on muutaman sekunti/räjäytys.

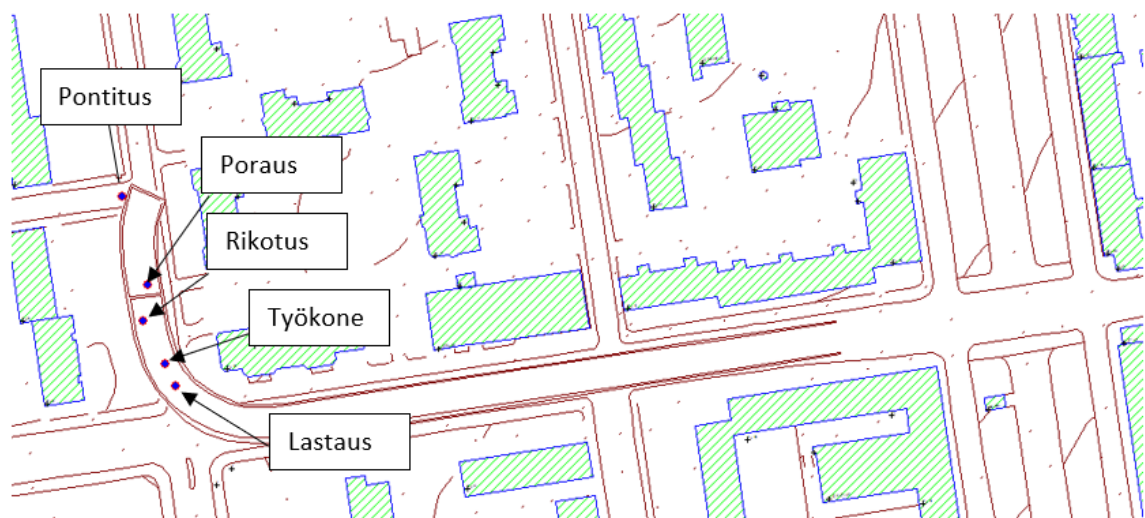
Laskennoissa on toimintojen osalta tarkasteltu kolmea eri vaihtoehtoista sijoittumispaikkaa tunnelialueella rakentamisen etenemisen mukaisesti. Melulähteiden sijoittuminen melulaskentamallissa on esitetty kuvissa 3-6.



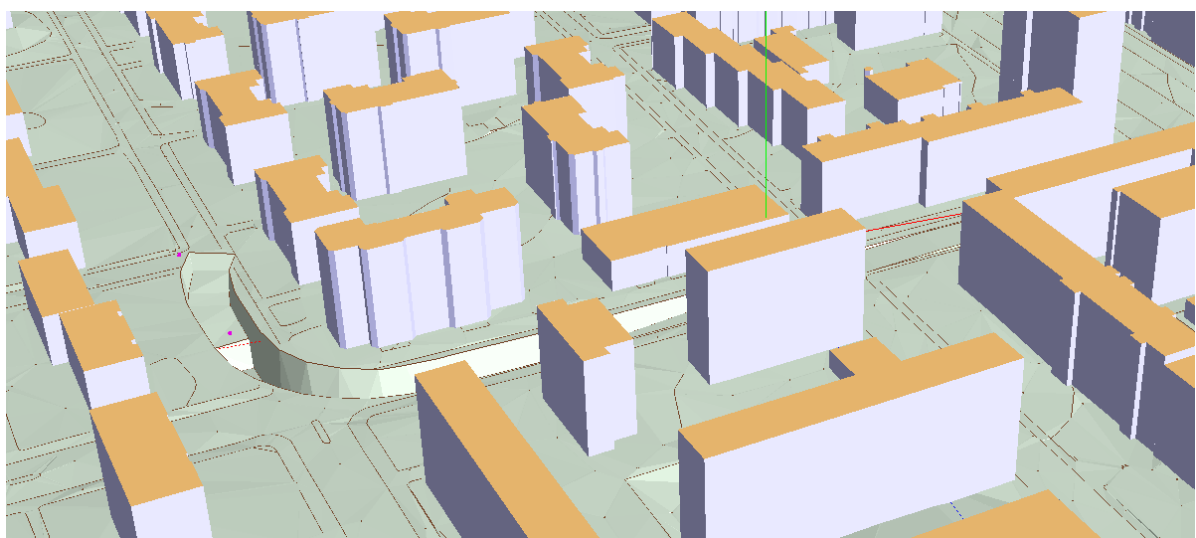
Kuva 3. Toiminnan alkuvaihe



Kuva 4. Toiminnan keskivaihe



Kuva 5. Toiminnan loppuvaihe



Kuva 6. Toiminnan loppuvaiheen maanpintamallia 3D

Materiaalin kuljetukset on mallinnettu tieliikenteenä. Kuljetusmäärä 150 kuormaa vuorokaudessa (eli 300 ajotapahtumaa kun huomioidaan luolaan ajo ja sieltä pois ajo) perustuu arvioon vuorikausittaisesta enimmäiskuljetusmäärästä Amuritunnelin kautta [6]. Kuljetukset on mallinnettu raskaana liikenteenä, ajonopeus 40 km/h ja ajoittuen kokoisuudessaan päiväajalle klo 7-22. Mikäli osa kuljetuksista tapahtuu öisin, ovat päiväajan keskiäänitasoalueet laskentatuloksissa esitettyä pienemmät. Mikäli kuljetukset sijoittuvat kokonaan yöajalle, on yöajan keskiääntiaso  $L_{Aeq22-7}$  noin 2 dB päiväajan keskiäänitasoa  $L_{Aeq7-22}$  suurempi saman liikennemäärän jakautuessa 9 yöajan tunnille päiväajan 15 tunnin sijaan.

## 4 Laskennat ja tulokset

Amuritunnelin Satakunnankadun ajoaukon rakennustöiden melulaskelmiin perustuvat keskiäänitasoalueet on esitetty liitekuviissa 1-3. Melualueet ovat päiväajan keskimääräisiä klo 7-22 välisen ajan keskiäänitasoja  $L_{Aeq7-22}$ . Melualueet on esitetty 5 dB portain vaihtuvina värialueina. Esimerkiksi 50-55 dB keskiäänitasoalue on väriltään tummanvihreä.

Laskentatilanteiden ja melulähteiden vaikuttavuuden vertailun helpottamiseksi laskentatulokset on koottu kolmeen liitteeseen. Liitteissä 1-3 on kuvattu seuraavat laskentatilanteet:

### Liite 1:

- Maanrakennustöiden alkuvaihe
  - 1 työkone
  - kuormien lastaus
- Kuljetukset, yhteensä 300 ajoa klo 7-22 välillä
- Maanrakennustöiden keskivaihe pontituksen kanssa
  - poraus
  - rikotus (tulokseen tehty +5dB impulssimaisuuskorjaus),
  - 1 työkone
  - kuormien lastaus
  - pontitus (tulokseen tehty +5dB impulssimaisuuskorjaus)
- Maanrakennustöiden keskivaihe ilman pontitusta
  - poraus
  - rikotus (tulokseen tehty +5dB impulssimaisuuskorjaus),
  - 1 työkone
  - kuormien lastaus

### Liite 2:

- Maanrakennustöiden loppuvaihe pontituksen kanssa
  - poraus
  - rikotus (tulokseen tehty +5dB impulssimaisuuskorjaus),
  - 1 työkone
  - kuormien lastaus
  - pontitus (tulokseen tehty +5dB impulssimaisuuskorjaus)
- Maanrakennustöiden loppuvaihe ilman pontitusta
  - poraus
  - rikotus (tulokseen tehty +5dB impulssimaisuuskorjaus),
  - 1 työkone
  - kuormien lastaus
- Keskivaihe, pelkkä pontitus (tulokseen tehty +5dB impulssimaisuuskorjaus),
- Loppuvaihe, pelkkä pontitus (tulokseen tehty +5dB impulssimaisuuskorjaus)

### Liite 3:

- Maanrakennustöiden keskivaiheessa rakennusten julkisivuihin kohdistuvat suurimmat keskiäänitasot ilman pontitusta
  - poraus
  - rikotus (tulokseen tehty +5dB impulssimaisuuskorjaus),
  - 1 työkone
  - kuormien lastaus
- Maanrakennustöiden keskivaiheessa rakennusten julkisivuihin kohdistuvat suurimmat pontituksen aiheuttamat keskiäänitasot
  - pontitus (tulokseen tehty +5dB impulssimaisuuskorjaus)



Laskentojen perusteella maanrakennustöiden merkittävin melulähde on pontitus. Myös poraus ja rikotus ovat äänekkäitä toimintoja, mutta kalliopinnan sijaitessa useiden metrien syvyydessä maanpinnasta, poraus- ja rikotusmelu eivät pääse kaivannosta leviämään pontituksen lailla ympäristöön.

Laskentojen mukaan tilanteessa, jossa työmaa-alueella sekä louhitaan kalliota (poraus+rikotus) että pontitetaan, impulssimaisuuskorjatut keskiäänitasot saattavat nousta pontituksen välittömässä läheisyydessä noin tasolle 89-90 dB, pelkän pontituksen aiheuttama impulssimaisuuskorjattu keskiäänitaso on enimmillään noin tasolla 89 dB. Ilman pontitusta mallinnetun toimintapäivän keskiäänitaso kaivannon ulkopuolella on enimmillään noin 70-75 dB, rakennusten julkisivuilla enimmillään noin 82-84 dB.

Kuljetusliikenteen keskiäänitasot ovat kuljetusreitillä enimmillään noin 62 dB päivällä ja, mikäli kuljetukset sijoittuvat kokonaisuudessaan yöajalle, 64 dB yöllä tason tippuessa nopeasti reitiltä etäämmäs siirryttäessä.

## 5 Johtopäätökset

Laskentojen mukaan Amuritunnelin rakentamisen aikaiset keskiäänitasot ylittävät VNp 993/92 mukaiset ohjearvot lähimpien asuinrakennusten alueella (liitteet 1 ja 2).

Julkisivuille kohdistuvat keskiäänitasot ovat laskentojen mukaan ilman pontitusta enimmillään noin tasolla 82-84 dB ja pontituksen kanssa noin tasolla 89 dB (liite 3). Jos oletetaan että alueen rakennuskanta edustaa ns. tavanomaista betonirunkoista rakentamista, voidaan julkisivujen ääneneristävyuden  $\Delta L$  arvioida olevan vähintään tasolla noin 30 dB. Em. tilanteessa rakennusten sisätiloissa päiväajan keskiäänitaso  $L_{Aeq7-22}$  olisi noin tasolla 52-54 dB ilman pontitusta ja korkeampi pontituksen kanssa. Tasot ylittävät VNp 993/92 mukaisen asuinrakennuksille sovellettavan ohjearvon 35 dB sisällä.

Yllä esitettyyn perustuen meluisimpia maanrakennustöitä (pontitus, poraus ja rikotus) ei voida tehdä yöaikaan. Päiväajan kuormitusta on mahdollista pienentää tehokkaimmin toteuttamalla pontitus tärypontituksen sijaan tai käyttämällä jotain muuta vähämeluista tuentatekniikkaa.

Kaivannosta leviävää melua on mahdollista vähentää toteuttamalla kaivannon/työmaan ympärille esimerkiksi vanerista toteutettu tiivis työmaa-aita. Aidan tarvittavaa korkeutta voidaan tutkia jatkosuunnitteluvaiheessa, kun työmaan tarkempi toteutus ja toiminta ovat tarkentuneet.

## 6 Epävarmuustarkastelu

Laskentatulosten tarkkuuteen ja todenmukaisuuteen vaikuttavat merkittävimmin seuraavat kokonaisuudet:

- lähtötiedot ja niiden käsittely
- meluselvityksessä käytettävät laskentamallit ja niiden algoritmeja soveltavat tietokoneohjelmistot

Nyt tehdyssä selvityksessä suurimmat epävarmuustekijät ovat melulähteiden melupäästöön ja toiminta-aikoihin liittyvät epävarmuudet. Selvityksen tarkkuutta on mahdollista parantaa tarkentamalla esimerkiksi toiminta-aikoja ja kaivannon tuennan toteutustapaa (pontitus vai poraaminen ja käytettävä tekniikka).

Pohjoismaisen teollisuusmelun laskentamallin (General Prediction Method, Kragh ym. 1982) on kehitetty siten, että laskentatulosta vastaa mittaustulosta, joka saataisiin hyvin pitkän mittausjakson aikana eri sääolosuhteissa. Laskentatulokselle ilmoitetaan seuraava keskihajonta:

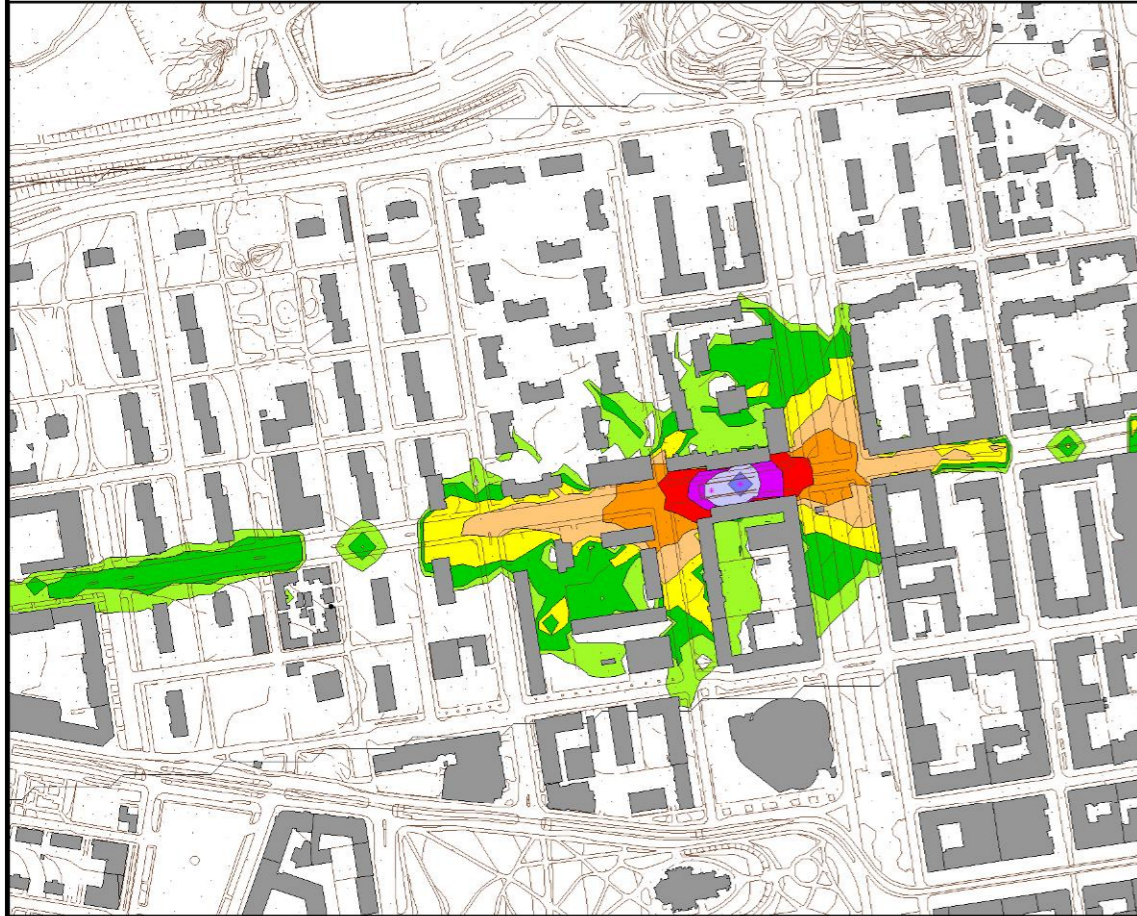
- 5-10 dB yksittäiselle melulähteelle, joka sijaitsee lähellä maanpintaa ja säteilee kaapeakaistaista melua taajuusalueella 250-500 Hz. Suuremmat arvot koskevat laskentapistettä maanpinnan läheisyydessä ja kaukana melulähteestä.
- 1-3 dB ryhmälle laajakaistaista melua säteileviä melulähteitä laskentaetäisyydellä alle 500 m. Suuremmat arvot koskevat laskentapistettä noin 2 m korkeudella maanpinnasta ja pienemmät arvot laskentapistettä yli 5 m korkeudella maanpinnasta.
- alle 1 dB ryhmälle laajakaistaista melua säteileviä melulähteitä, jotka sijaitsevat suhteellisen korkealla maasta siten, että laskentapistet ovat yli 5m korkeudella maanpinnasta ja lähellä melulähdettä.

Tässä selvityksessä toimintojen voidaan katsoa edustavan joukkoa laajakaistaista melua aiheuttavia äänilähteitä, jotka sijoittuvat osin maan pinnan alapuolelle, mistä syystä arvioimme teollisuusmelun laskentamallin tarkkuudeksi tässä tapauksessa 3-5 dB.

## **7 Viitteet**

- [1] Valtioneuvoston päätös melutason ohjearvoista 29.10.1992/993. Voimaantulo: 1.1.1993. Saatavissa: <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/1992/19920993>
- [2] Kragh J. ym, Environmental noise from industrial plants. General prediction method. Danish acoustical laboratory, report 32. Lyngby 1982.
- [3] Road Traffic Noise – Nordic prediction method, TemaNord 1996:525, Nordic Council of Ministers 1996.
- [4] Näsinkallion eritasoliittymän ja Amuritunnelin yleissuunnitelma, Asemapiirustus ja Pituusleikkaukset 28.2.2018, Sitowise Oy
- [5] Tampereen seudun keskuspuhdistamo, Sulkavuori ja Vihilahti, rakentamisvaiheen meluselvitys, Ramboll Finland Oy 25.6.2019
- [6] Kunkunparkki -louheenkuljetus kalliorakennusurakan aikana, 17.12.2018 A-Insinöörit Oy

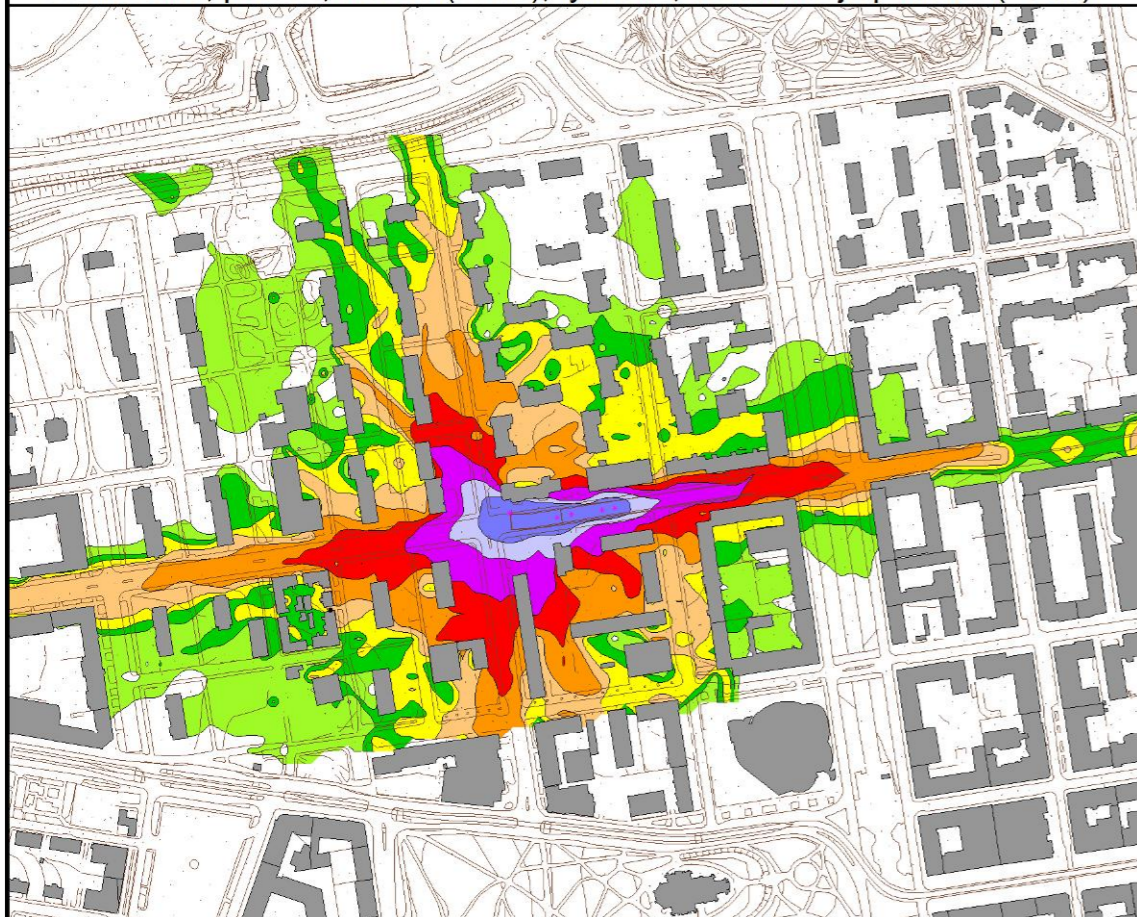
Alkuvaihe, työkone + kuormaus



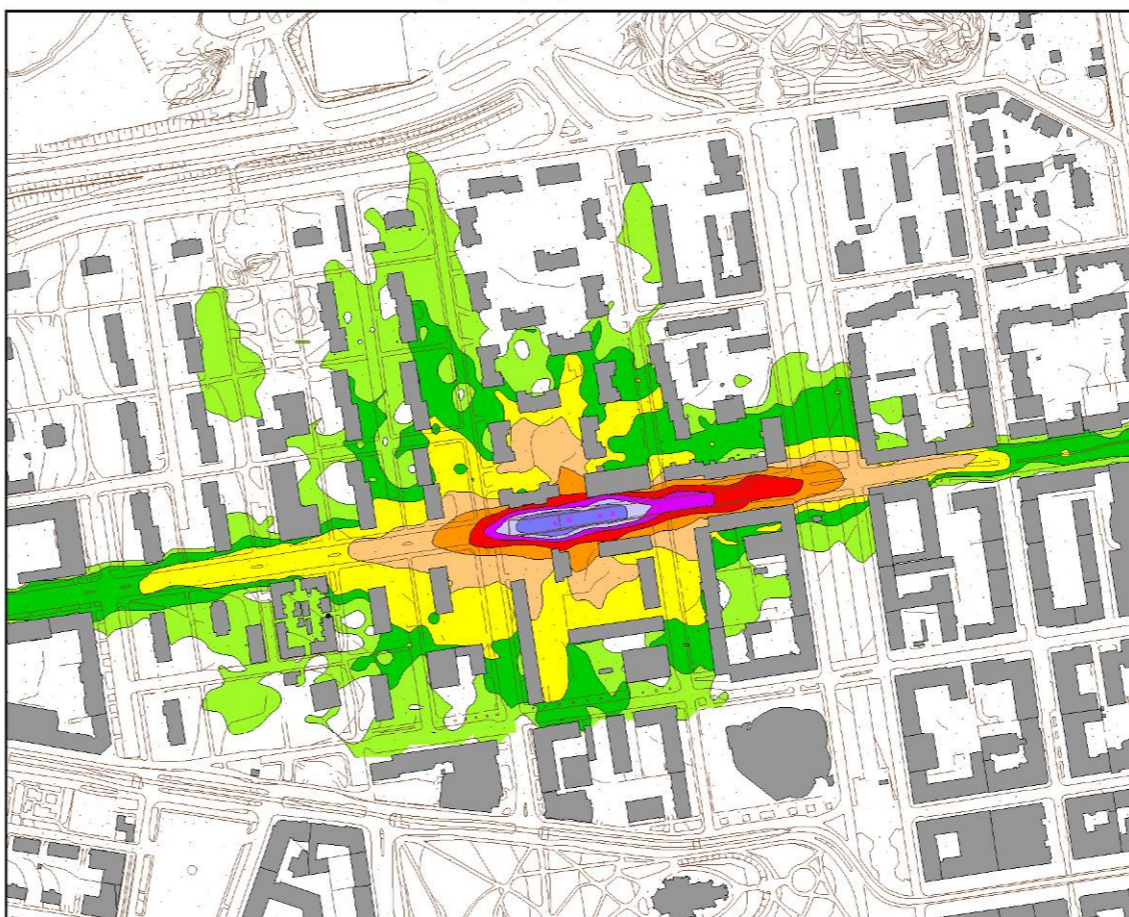
Kuljetukset 150 kuormaa (300 ajotapahtumaa) 7-22



Keskivaihe; poraus, rikotus (+5dB), työkone, kuormaus ja pontitus (+5dB)



Keskivaihe; poraus, rikotus (+5dB), työkone, kuormaus



### Amuritunnelin työnaikainen melu

Alkuvaihe  
-työkone  
-lastaus

Kuljetukset

Keskivaihe  
-poraus  
-rikotus (+5 dB imp. korjaus)  
-työkone  
-lastaus  
-pontitus (+5 dB imp. korjaus)

sekä

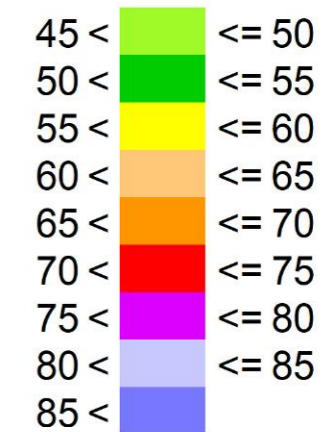
Keskivaihe ilman pontitusta

Keskiäänitaso  $L_{Aeq}$   
Päiväaika klo 7-22

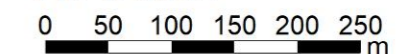
Laskentakorkeus mp+2

**SITOWISE**

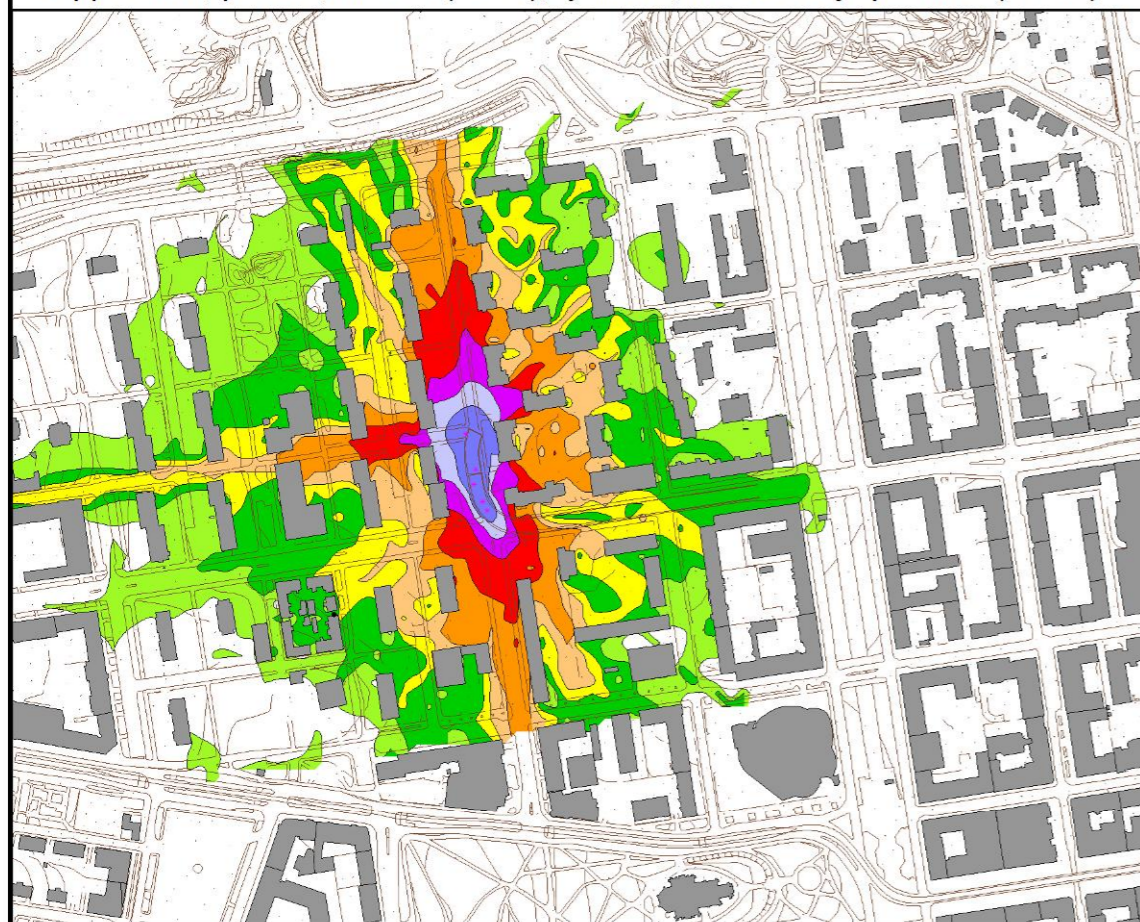
Keskiäänitaso  $L_{Aeq}$



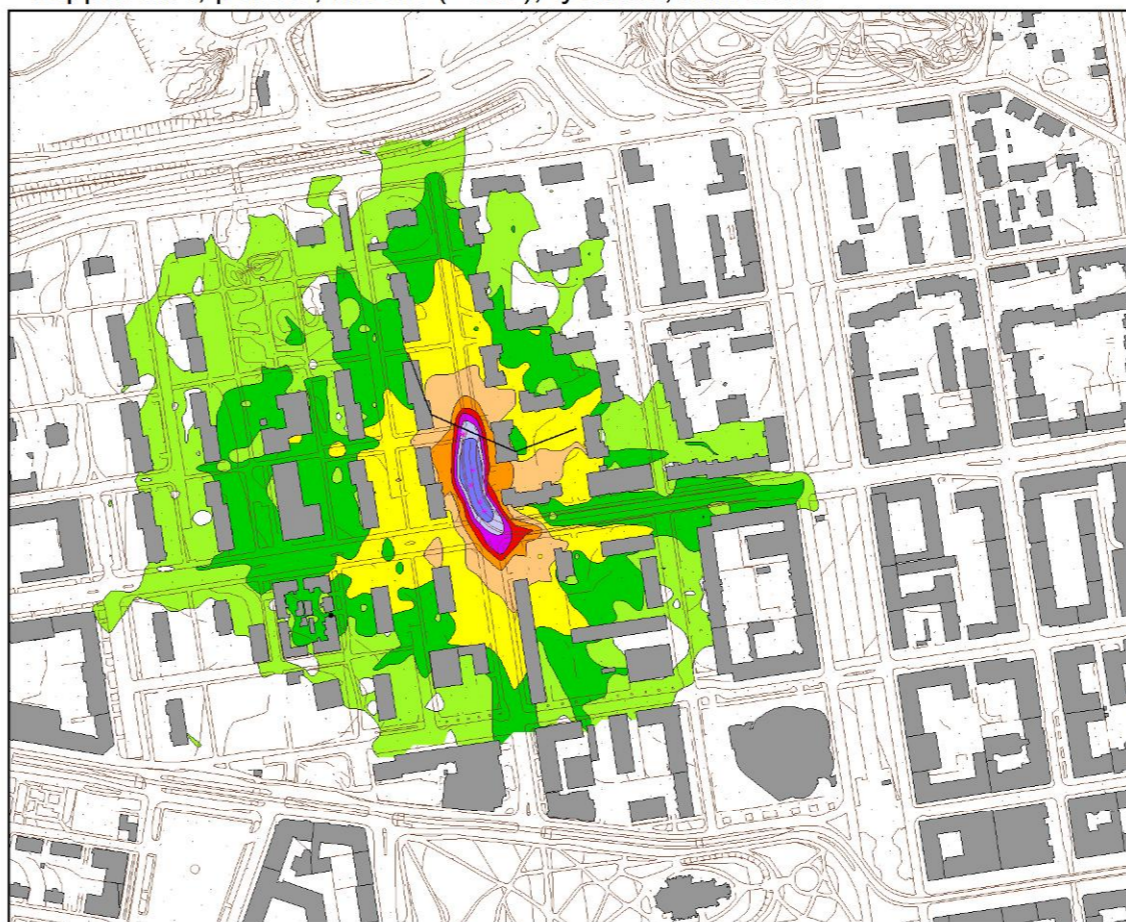
A3 1: 6000



Loppuvaihe; poraus, rikotus (+5dB), työkone, kuormaus ja pontitus (+5 dB)



Loppuvaihe; poraus, rikotus (+5dB), työkone, kuormaus



### Amuritunnelin työnaikainen melu

- Loppuvaihe  
 -poraus  
 -rikotus (+5 dB imp. korjaus)  
 -työkone  
 -lastaus  
 -pontitus (+5 dB imp. korjaus)

Loppuvaihe ilman pontitusta

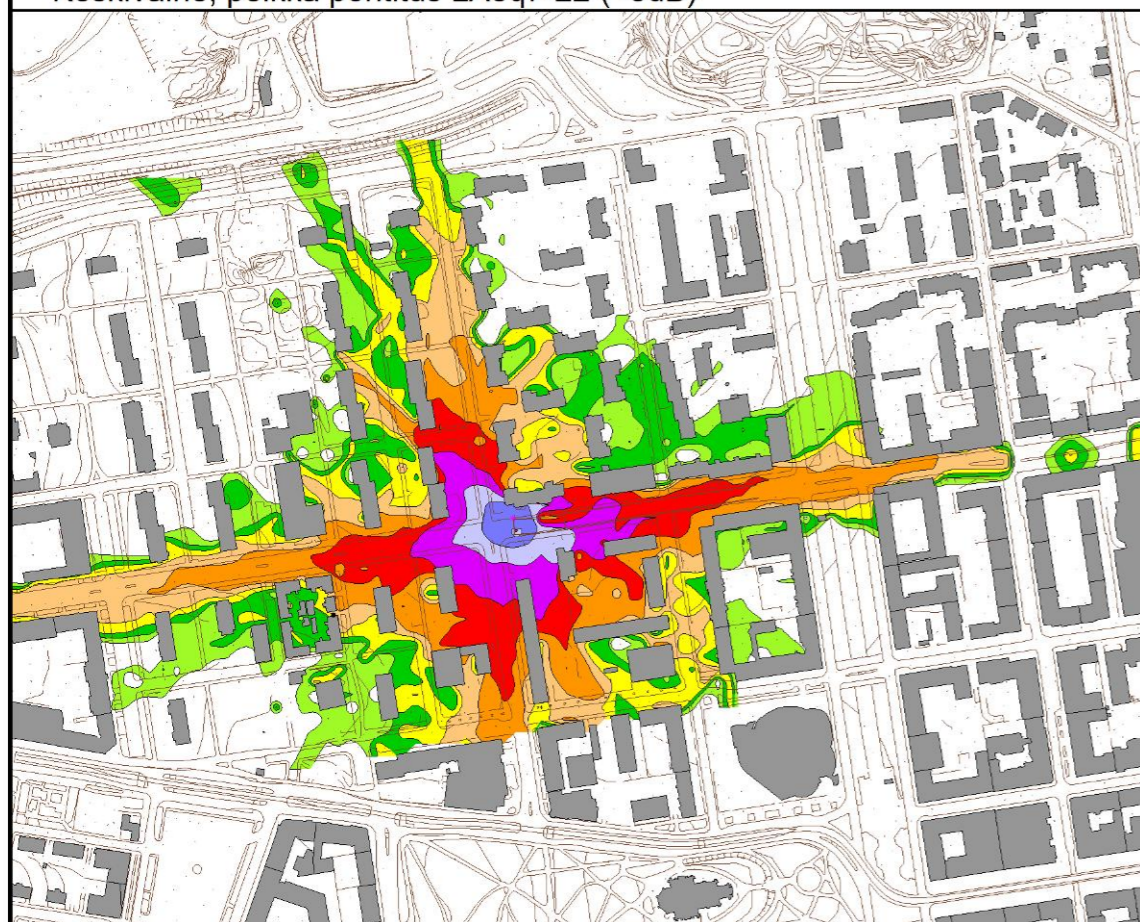
Keskivaihe, vain pontitus

Loppuvaihe, vain pontitus

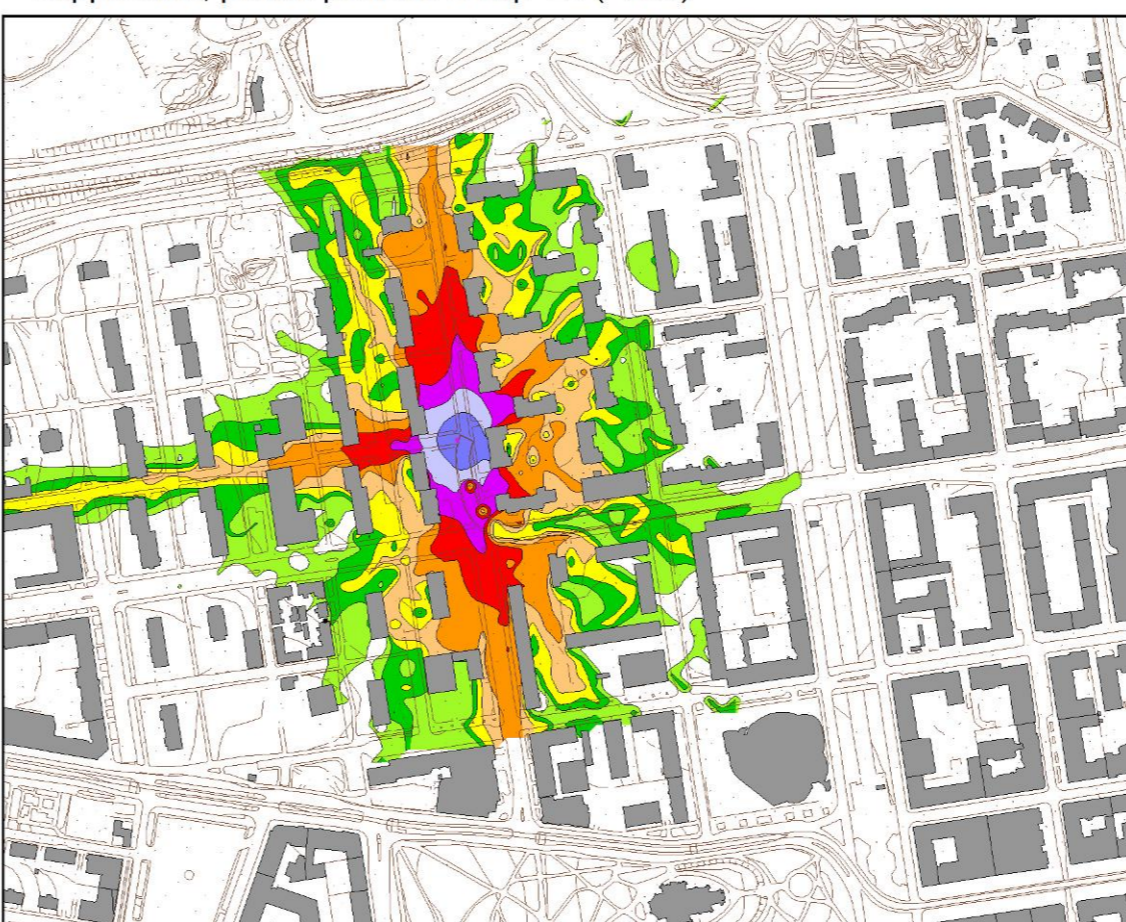
Keskiäänitaso  $L_{Aeq}$   
 Päiväaika klo 7-22

Laskentakorkeus mp+2

Keskivaihe; pelkkä pontitus  $L_{Aeq7-22}$  (+5dB)



Loppuvaihe; pelkkä pontitus  $L_{Aeq7-22}$  (+5dB)

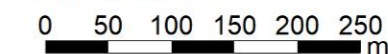


### SITOWISE

Keskiäänitaso  $L_{Aeq}$

45 <		<= 50
50 <		<= 55
55 <		<= 60
60 <		<= 65
65 <		<= 70
70 <		<= 75
75 <		<= 80
80 <		<= 85
85 <		

A3 1: 6000





Amuritunnelin työnaikainen melu

Keskivaihe

- poraus
- rikotus
- työkone
- lastaus

Keskivaihe

- pontitus

Keskiäänitaso  $L_{Aeq}$

Päiväaika klo 7-22

Julkisivun laskentapistelinjalle  
kohdistuva suurin keskiääntiaso

Keskivaihe; pontitus (+5dB)

Keskivaihe; poraus, rikotus (+5dB), työkone, kuormaus



**SITOWISE**

Keskiäänitaso  $L_{Aeq}$

45 <		<= 50
50 <		<= 55
55 <		<= 60
60 <		<= 65
65 <		<= 70
70 <		<= 75
75 <		<= 80
80 <		<= 85
85 <		

A3 1: 1500

