



Jätkäsaaren talletusvarasto Bunkkeri ja naapurikorttelit

Asemakaavan muutoksen selostus



ASEMAKAAVAN MUUTOKSEN SELOSTUS
ASEMAKAAVAN MUUTOKSEN KARTTA NRO 12173
PÄIVÄTTY 4.12.2012

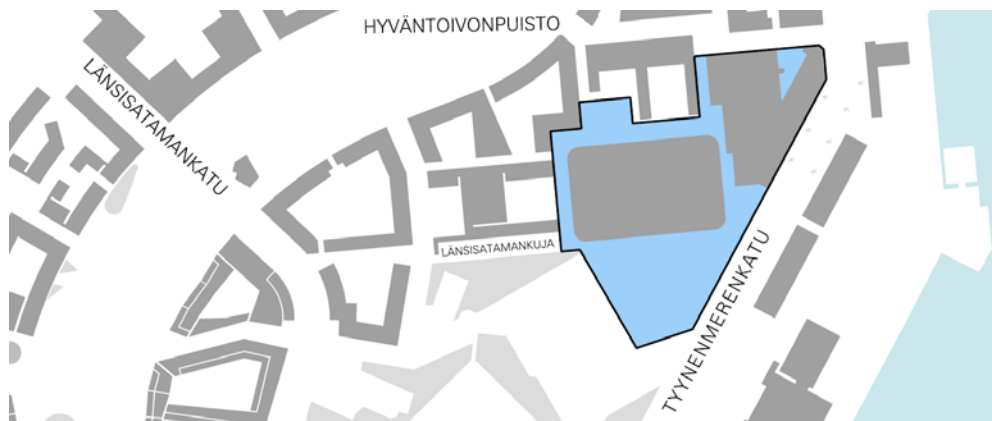
Asemakaavan muutos koskee:
Helsingin kaupungin
20. kaupunginosa (Länsisatama)
korttelin 20811 tonttia 2
korttelia 20812
katualueita
(muodostuu uusi kortteli 20821)

Kaavan nimi: Jätkäsaaren talletusvarasto Bunkkeri ja naapurikorttelit,
asemakaavan muutos
Hankenumero: 0846_4
HEL 2011-005972

Laatija:
Helsingin kaupunkisuunnitteluviraston asemakaavaosasto

Vireilletulosta ilmoittaminen: 11.3.2011
Kaupunkisuunnittelulautakunta:
Nähtävilläolo (MRL 65 §):
Hyväksyminen: kaupunginvaltuusto
Voimaantulo:

Alueen sijainti:
Alue sijaitsee Jätkäsaarella, Länsiterminaalin välittömässä läheisyydessä, Tyynenmerenkadulla.



LIITTEET

Osallistumis- ja arviointisuunnitelma
 Seurantalomake
 Sijaintikartta
 Ilmakuva
 Asemakaavan muutos
 Havainnekuva
 Ote maakuntakaavasta
 Ote Yleiskaava 2002:sta
 Jätkäsaaren osayleiskaava
 Ote voimassa olevasta asemakaavasta
 Maaperäkartta
 Bunkkerin tarveselvityksen pohjapiirrokset, leikkaus ja havainnekuvat sekä kustannusarvio
 Jätkäsaaren Bunkkeri, Ympäristömeluselvitys, Insinööritoimisto Akukon Oy, 29.6.2011
 Julkisivun äänieristys laivamelua vastaan, Mitoitusmenettely, TL akustiikka, 1.7.2011
 Helsingin Länsisataman matkustajalaivojen hajupäästöjen leviämismallilaskelmat, Ilmatieteen laitos, 3.5.2007
 Helsingin Länsisataman matkustajalaivojen päästövaikutusten arviointi leviämismallilaskelmin, Ilmatieteen laitos, 1.10.2002
 Jätkäsaaren liikuntapuiston pohjoisosa ja koulun piha-alue, Lausunto tuulisuuden vaikutuksista, WSP Finland Oy, toukokuu 2011

YHTEYSHENKILÖT KAAVAN VALMISTELUSSA

Kaupunkisuunnitteluvirasto:

Matti Kaijansinkko, projektipäällikkö, arkkitehti
 Pia Sjöroos, arkkitehti
 Annikki Vartiainen, suunnitteluavustaja
 Anna Nervola, liikennesuunnittelu
 Matti Neuvonen, teknistaloudellinen suunnittelu
 Kati Immonen, teknistaloudellinen suunnittelu
 Helena Korjus, teknistaloudellinen suunnittelu
 Mikko Stenius, teknistaloudellinen suunnittelu

Kiinteistövirasto:

Aulikki Korhonen, tilakeskus
 Sami Haapanen, tonttiosasto

Talous- ja suunnittelukeskus:

Timo Laitinen

Liikuntavirasto:

Antti Salaterä

Opetusvirasto:

Kaisa Nuikkinen

Kaupunginkirjasto:

Hanna Aaltonen

Nuorisoasiainkeskus:

Jari Vänninen

Viitesuunnitelma / konsultin edustaja:

Tuomas Silvennoinen, PES-arkkitehdit Oy

1 TIIVISTELMÄ

Asemakaavan muutoksen sisältö

Sataman vanha talletusvarasto Bunkkeri on nykyisessä asemakaavassa osoitettu liikunta- ja kulttuurikäyttöön. Asemakaavan muutos mahdollistaa Bunkkeriin sijoitettavan myös opetustoiminnan tiloja. Asemakaavan muutos mahdollistaa lisäksi townhouse-korttelin rakentamisen Bunkkerin katolle. Kaava mahdollistaa koulun tai oppilaitoksen pihan rakentamisen Bunkkerin eteläpuolelle niin, että korotetun pihan kautta päästään Bunkkerin toisen kerrokseen esteettömästi. Sisäänkäynti asuntoihin voidaan järjestää Bunkkerin pohjoispuolelta omilla porrashuoneilla. Lisäksi on tehty teknisiä muutoksia kortteliin 20812.

Asemakaavan muutoksen valmistelun vaiheet

Kaavoitustyö on käynnistetty kaupungin aloitteesta.

Osallistuminen ja vuorovaikutus on järjestetty liitteenä olevan osallistumis- ja arviointisuunnitelman mukaisesti. Osallistumis- ja arviointisuunnitelmasta on esitetty kuusi lausuntoa, jotka on otettu kaavoitustyössä huomioon.

Asemakaavan muutoksen toteutus

Bunkkerin perusparannus ja käyttötarkoituksen muutos on ajoitettu vuosille 2016–18.

2 LÄHTÖKOHDAT

Valtakunnalliset alueidenkäyttötavoitteet

Asemakaavan muutosta koskee mm. neljä seuraavaa valtakunnallista alueiden käyttötavoitetta:

Yhdyskuntarakennetta kehitetään siten, että palvelut ja työpaikat ovat hyvin eri väestöryhmien saavutettavissa ja mahdollisuuksien mukaan asuinalueiden läheisyydessä siten, että henkilöautoliikenteen tarve on mahdollisimman vähäinen.

Alueidenkäytön suunnittelussa on edistettävä olemassa olevan rakennuskannan hyödyntämistä sekä luotava edellytykset hyvälle taajamakuvalle.

Pilaantuneen maaalueen puhdistustarve on selvitettävä ennen ryhtymistä kaavan toteuttamistoimiin.

Uusia asuinalueita tai muita melulle herkkiä toimintoja ei tule sijoittaa melualueille varmistamatta riittävää meluntorjuntaa.

Asemakaavan muutos ei ole ristiriidassa valtakunnallisten alueidenkäyttötavoitteiden kanssa.

Maakuntakaava

Ympäristöministeriön 8.11.2006 vahvistamassa Uudenmaan maakuntakaavassa suunnittelualue on taajamatoimintojen aluetta.

Osayleiskaava

Jätkäsaaren alueelle on laadittu osayleiskaava, jonka kaupunginvaltuusto hyväksyi 21.6.2006. Osayleiskaavassa alue on kerrostalovaltais- ta aluetta, julkisten palveluiden ja hallinnon aluetta, urheilu- ja virkistys- palveluiden aluetta sekä katualuetta. Alueen läpi kulkee kevyenliikenteen reitti. Osayleiskaava sai lainvoiman 18.8.2006.

Asemakaavat

Alueella on voimassa asemakaava nro 8043 (vahvistettu 12.12.1979). Kaavan mukaan alue on satama-alue.

Alueella on voimassa asemakaava nro 11770 (hyväksytty 3.6.2009). Kaavan mukaan alue on urheilutoimintaa palvelevien rakennusten korttelialuetta, asuinkerrostalojen korttelialuetta sekä toimitilarakennusten korttelialuetta.

Korttelissa 20812 on voimassa asemakaava nro 11972 (hyväksytty 22.9.2010). Kaavan mukaan alue on toimitilarakennusten korttelialuetta.

Rakennusjärjestys

Helsingin kaupungin rakennusjärjestys on hyväksytty 22.9.2010.

Kiinteistörekisteri

Alue on merkitty Helsingin kaupungin ylläpitämään kiinteistörekisteriin.

Muut suunnitelmat ja päätökset

Bunkkeri on Helsingin kaupungin kiinteistöviraston tilakeskuksen omistuksessa. Tilakeskus on tehnyt Bunkkerille tarve- ja hankesuunnitelmia. Viitesuunnitelmien pohjalta on arvioitu hankkeen kustannuksia.

Opetuslautakunta käsitteli opetustoimen tilojen sijoittamista Bunkkeriin kokouksessaan 22.11.2011. Lausunnossaan kiinteistövirastolle se edellytti tarkempia selvityksiä siitä, soveltuuko Bunkkeri paremmin perusopetuksen vai toisen asteen opetuksen tarkoituksiin. Se kehotti opetusvirastoa laatimaan tarveselvityksen toisen asteen oppilaitoksesta Bunkkerissa.

Liikuntalautakunta käsitteli Bunkkerin hanketta kokouksessaan 13.12.2011. Lausunnossaan kiinteistövirastolle se katsoi Bunkkerin hankkeen olevan erittäin tärkeä, mutta rahoituksen kannalta haasteellinen.

Kulttuuri- ja kirjastolautakunta käsitteli Bunkkeria kokouksessaan 13.12.2011. Se päätti hyväksyä Jätkäsaaren kirjaston tarveselvityksen ja omalta osaltaan Bunkkerin tarveselvityksen edellyttäen, että varat tarveselvityksessä esitettyihin uuden asuma-alueen palveluihin osoitetaan kaupunginkirjaston talousarvioon nykyisen talousarviokehityksen lisäksi.

Lukuun ottamatta korttelia 20821 alueella on voimassa Uudenmaan ympäristökeskuksen 5.6.2009 myöntämä ympäristölupa No YS 674 piilautuneen maaperän puhdistamiseksi ja haitta-ainepitoisuuden maan aineksen sekä betoni-, tiili- ja asfalttimurskeen hyödyntämiseksi.

Pohjakartta

Helsingin kaupungin kiinteistöviraston kaupunkimittausosasto on laatinut pohjakartan, joka on tarkistettu 11.10.2012.

Maanomistus

Kaupunki omistaa asemakaava-alueen.

Alueen yleiskuvaus ja rakennettu ympäristö

Alue sijaitsee Jätkäsaarella, Helsingin Sataman Länsiterминаalin välitörmässä läheisyydessä. Terminaalirakennus ja laivalaiturit sijaitsevat alueen kaakkoispuolella. Kuusikerroksinen, sataman vanha talletusvarasto Bunkkeri on valmistunut 1972. Rakennus on jo Jätkäsaarenkalli-

on ja Hietasaaren asemakaavassa osoitettu liikuntatoimintojen käyttöön ja sen eteläpuolelle suunnitellaan koko eteläistä Helsinkiä palvelevaa liikuntapuistoa. Bunkkerin eteläpuolinen asfalttikenttä on tällä hetkellä väliaikaiskäytössä Länsiterminaalin pysäköintialueena. Verkko-kauppa.com on aloittanut toimintansa alueella korttelissa 20812, Bunkkerin itäpuolella. Bunkkerin länsipuolella on koulutontti ja pohjoispuolella lastentalotontti. Kaava-alue liittyy rakenteilla olevaan Hietasaaren asuinkerrostaloalueeseen.

Palvelut

Korttelissa 20812 toimii Verkkokauppa.comin lisäksi posti sekä kahvila- ja ravintolayrittäjiä. Jätkäsaaren asuinalue on rakenteilla ja alueelle on jo tullut tai on tulossa useita kaupallisia sekä julkisia palveluita. Koulu- ja lastentalotontit sijaitsevat kaava-alueen vieressä. Lastentaloon on suunniteltu sijoitettavaksi päiväkotia ja peruskoulun ensimmäiset luokat. Ympäröivän asuinalueen kokoojakatujen varressa sijaitsevien korttelien maantasokerroksissa on vaatimus liiketiloista.

Kaava-alueen itäreunalla kulkee Tyynenmerenkatu, jossa liikennöi raitiolinja numero yhdeksän. Länsiterminaalista kulkee matkustajalauttaliikenne Tallinnaan ja Pietariin.

Luonnonympäristö

Alueen luonnonympäristö on alkujaan koostunut erillisistä saarista. Saarten kalliot on louhittu tasaiseksi ja välillä oleva merialue sekä saarien eteläpuoli on täytetty vähitellen sataman rakentamisen myötä. Luonnonympäristöstä ei ole näin ollen enää mitään näkyvissä.

Yhdyskuntatekninen huolto

Suunnittelualue on liittynyt alueen nykyisiin yhdyskuntateknisen huollon verkostoihin. Kaava-alueella ja sen lähiympäristössä on vesihuolto-, kaukolämpö- ja sähköverkostoja ja tietoliikennekaapeleita.

Maaperä

Kaava-alue sijoittuu pääosin entisen Hietasaaren alueelle. Kaava-alueen länsi- ja lounaisreuna (Hampurinkuja ja korttelin 20821 alue) ovat alkuperäisen Hietasaaren ulkopuolella, mereen tehdyillä täytöllä. Täyttö on osin jätetäyttöä.

Nykyinen maanpinta kaava-alueella on noin tasolla +2,3 ... +3.0. Alue korttelin 20821 osalla on asfaltoitua kenttää. Alkuperäisen Hietasaaren

eteläosa korttelissa 20811 sijaitsevan Bunkkerin kohdalla on ollut avokalliota. Kallionpinta laskee jyrkästi korttelin 20811 eteläpuolella ja korttelin 20821 alueella. Mereen tehdyn täyttömaakerroksen alla on savi-kerros. Savikerroksen paksuus korttelin 20811 lounaiskulmalla on noin viisi metriä. Täyttökerros paksunee etelään päin mentäessä ja on enimmillään yli 10 metriä korttelin 20821 eteläosalla.

Pohjavedenpinta noudattaa merenpinnan vaihteluita viiveellä.

Maaperän pilaantuneisuus

Jätkäsaarella, kaavamuutosalueen eteläpuolella sijaitsee vanha kaatopaikka-alue, jonka on tehdyissä tutkimuksissa todettu ulottuvan myös korttelin 20821 alueelle. Paikka on toiminut yhdyskuntajätteen kaatopaikkana 1930-40 luvuilla ja sinne on sijoitettu pääasiassa rakennusjätettä, maata ja yhdyskuntajätettä. Kaatopaikkatäytön kohdalla maaperässä on havaittu haitta-aineita, lisäksi orgaanisen aineksen hajotessa maaperä painuu ja hajoamisen seurauksena saattaa muodostua kaasuja.

Ympäristöhäiriöt

Päästöt ilmaan

Helsingin Sataman Länsiterminaalin toiminnasta aiheutuu ympäristöön melua sekä päästöjä ilmaan. Länsisatamassa vuonna 2008 tehtyjen mittausten perusteella tiedetään, että rikkidioksidipitoisuudet ovat sataman lähiympäristössä selvästi korkeampia kuin muualla tavallisessa kaupunkiympäristössä. Maanpintatasolta tehtyjen mittausten mukaan rikkidioksidipitoisuudet ovat alittaneet selvästi raja- ja ohjearvot. Laivojen aiheuttamien päästöjen vuoksi lyhytaikaiset pitoisuudet ovat kuitenkin ajoittain korkeita tuulen alapuolella. Laituripaikkojen lähellä laivojen päästökorkeudella pitoisuuksien voidaan olettaa olevan selvästi korkeampia kuin maanpintatasolla. Laivojen savuvanojen kohdalla myös pienhiukkasten lyhytaikaiset pitoisuudet kohoavat ajoittain selvästi ympäristön taustapitoisuutta korkeammiksi. Länsisatamassa mitattu typpidioksidin vuosikeskiarvo on viime vuosina ollut selvästi alle raja-arvotason.

Laivojen päästöt aiheuttavat satama-alueen lähiympäristöön ajoittain selkeää tunnistettavaa lyhytkestoista hajua. Hajua esiintyy todennäköisimmin kesäaikana, jolloin laivaliikenne satamassa on vilkkainta. Hajupäästöjen ei arvioida aiheuttavan maanpintatasolle merkittävää haittaa.

Melu

Länsisataman ympäristömelua on tarkasteltu useissa Helsingin Sataman sekä kaupunkisuunnitteluviraston teettämässä meluselvityksissä. Merkittävimmät melulähteet ovat satamasta operoivat laivat sekä siihen liittyvä maaliikenne ja muu alueelle suuntautuva liikenne. Laivojen sekä liikenteen aiheuttama melu ylittää kaava-alueella ohjearvotason. Laivamelun osalta on oleellista ottaa huomioon melun pienitaajuinen spektri rakennusten ääneneristävyyttä arvioitaessa ja suunniteltaessa.

Tuulisuus

Jätkäsaari on Helsingin oloissa tuulinen alue johtuen sen sijainnista meren rannikolla ja tasaisesta maastonmuodosta. Kaavamuutosalueella pohjoispuolen olemassa olevat ja toteutuvat rakennukset antavat tuulen suojaa kylmille luoteis- ja pohjoistuulille. Tuulisuuskartoituksen mukaan Bunkkerin edessä katutasossa keskituuli > 5 m/s keskimäärin 5 h/kk. Ilman tuulensuojaa antavia rakenteita Bunkkerin katolla voi esiintyä vaarallisen kovia tuulia.

3

TAVOITTEET

Asemakaavan muutoksen tavoitteena on parantaa Bunkkeri-hankkeen kokonaistaloudellisuutta löytämällä hankkeeseen uusia toimintoja. Bunkkeri on nykyisessä, voimassa olevassa asemakaavassa liikunta- ja kulttuuritalo. Bunkkerin kerrosala on 34 500 k-m² ja alustavissa selvityksissä hankkeen kustannusarvio on 75 950 000 €. Mikäli rakennukseen saadaan muita toimijoita ja tätä kautta lisää rahoitukseen osallistuvia tahoja, hankkeen taloudellinen toteutettavuus paranee. Opetustoiminnan sijoittaminen taloon parantaa toteutettavuutta. Lisäksi opetustoiminta sopii erinomaisesti nykyiseen liikunta- ja kulttuuritoimintakonseptiin ja toiminnot tukevat toisiaan.

Yhdessä liikuntapuiston kanssa Bunkkerin tavoite on palvella kaikkia eteläisiä kaupunginosia tarjoten monipuolisia liikuntapalveluja, esimerkiksi uimahalli. Liikuntatilojen tavoitteena on myös palvella alueen kouluja ja mm. vanhusten palvelutaloja.

Bunkkerin katolle sijoittuvan townhouse-korttelin, kerrosala 4 800 k-m², tavoitteena on pieneltä osaltaan olla tehostamassa maankäyttöä ja parantamassa myös Bunkkerin taloudellista toteutettavuutta. Korkealle, vanhan rakennuksen päälle sijoitettavien townhouse-asuntojen tavoitteena on myös tuoda alueelle täysin uudenlainen asuntotyyppi ja monipuolistaa näin Jätkäsaaren asuntokantaa. Asuminen liikunta-, kulttuuri-

ja opetustoiminnan rakennuksessa vahvistaa hybridirakennuksen luonnetta. Bunkkerin tavoitteena on toimia esimerkkinä hybridirakentamisesta, jossa toimintojen synergia vahvistaa jokaista yksittäistä toimintaa.

4

ASEMAKAAVAN MUUTOKSEN KUVAUS

Yleisperustelu ja -kuvaus

Asemakaavan muutos mahdollistaa Bunkkeriin sijoitettavan liikunta- ja kulttuuritilojen lisäksi opetustoiminnan tiloja. Useamman eri toimijan tuominen mukaan hankkeeseen parantaa sen taloudellista toteutettavuutta. Bunkkerin toimintoja palveleva piha on Bunkkerin eteläpuolella.

Bunkkeri on tärkeä maamerkki Jätkäsaarella. Se on alueen muuttamasta tavarasatamatoiminnon aikaisesta rakennuksesta suurin. Bunkkerin eteläpuolelle rakennetaan tulevaisuudessa liikuntapuisto. Yhdessä liikuntapuiston kanssa Bunkkeri muodostaa monipuolisen liikuntapalveluiden keskittymän kantakaupunkiin, hyvien julkisen liikenteen yhteyksien ulottuville.

Asemakaavan muutosalue liittyy rakenteilla olevaan Hietasaaren alueeseen. Verkkokauppa.com:in kortteli 20812 on valmis ja sen pohjoispuoleiset korttelit ovat rakentumassa. Kaava-alue rajautuu Tyynenmerenkatuun, jolta on kaava-alueelle pysäköinnin sisäänajo. Bunkkeria ympäröivien Länsisatamankujan, Hietasaarenkujan sekä Hampurinkujan katusuunnittelu on pääosin tehty ja rakentaminen käynnissä.

Asemakaavan muutos mahdollistaa townhouse-korttelin rakentamisen Bunkkerin katolle. Townhouse-asuminen on Helsingin kantakaupungissa harvinainen asumismuoto ja näin se monipuolistaa alueen asuntokantaa. Helsingissä on tavoitteena mahdollistaa townhouse-tyyppistä, uudenlaista asumista ja asemakaavan muutos tukee tätä tavoitetta.

Mitoitus

Muutosalueen pinta-ala on 2,3 hehtaaria. Asemakaava-alueen yhteenlaskettu rakennusoikeus on 65 200 k-m², joka jakautuu liikunta-, kulttuuri- ja opetustoimentiloihin (34 500 k-m² / noin 40 työpaikkaa), asuntoihin (4 800 k-m² / noin 100 asukasta) sekä toimitilakortteliin (25 900 k-m² / noin 350 työpaikkaa).

Opetus-, urheilu- ja asuinrakennusten korttelialue (YOUA)

Vanhaan sataman talletusvarasto Bunkkeriin voidaan sijoittaa opetus-toimen, urheilun ja liikunnan sekä kulttuuritoimen tiloja. Bunkkeriin saa sijoittaa myös kaupallisia palveluita esimerkiksi kahviloita tai myymälöitä. Kiinteistöviraston tilakeskuksen tilaaminen viitesuunnitelmien mukaan uimahalli sijoittuu rakennuksen maantasokerrokseen. Toisessa ja kolmannessa kerroksessa on opetustiloja sekä kirjasto ja nuorisotiloja. Ylimpiin kerroksiin sijoittuvat liikuntakentät. Bunkkerin opetus-, liikunta- ja kulttuuritoiminnoille sekä myymälöille kaavaan merkittyyn rakennusoikeus on 34 500 k-m². Bunkkerin pysäköinti on osittain kellarikerroksessa ja osittain YOU-1 tontilla.

Bunkkerin katolle on mahdollista rakentaa townhouse-kortteli. Kaavassa kerrosala asunnoille on 4 800 k-m². Townhouse-korttelin asuntoihin on suunniteltu käynti oman porrashuoneen kautta Bunkkerin pohjoispuolelta. Asuntojen pysäköinti on Bunkkerin pohjoispuoleisella tontin osuudella maan alla ja ajoyhteys on suunniteltu Bunkkerin liittymän yhteyteen Tyynenmerenkadulle. Viitesuunnitelmassa Bunkkerin katolle on suunniteltu 31 asuntoa.

Opetus- ja urheilutoiminnan korttelialue (YOU-1)

Bunkkerin toimintoja palvelevan pihan voi sijoittaa Bunkkerin eteläpuolelle, Tyynenmerenkadun varteen. Piha on mahdollista rakentaa porrastaen siten, että saadaan esteetön yhteys Bunkkerin toiseen kerroksen. Pihan melusuojaukseen on kiinnitettävä erityistä huomiota viereisten Tyynenmerenkadun sekä sataman vuoksi. Pihan alle saa korttelissa YOU-1 rakentaa pysäköintilaitoksen.

Toimitilarakennusten korttelialue (KTY)

Verkkokauppa.com on aloittanut toimintansa korttelissa 20812. Kaavan tonttijako ja tonttien kerrosala on muutettu vastaamaan toteutunutta tilannetta. Kokonaiskerrosala (25 900 k-m²) korttelissa ei muutu.

Liikenne ja pysäköinti

Asemakaava-alue rajautuu Tyynenmerenkatuun, joka on Jätkäsaaren alueellinen kokoojakatu ja toimii Länsiterminaalin ensisijaisena ajoyhteytenä. Tyynenmerenkadulle on ennustettu vuodelle 2030 liikennettä noin 8 000 ajoneuvoa vuorokaudessa Bunkkerin kohdalla.

Hampurinkuja, Bunkkerinkuja, Hietasaarenkuja ja Länsisatamankuja ovat varattu yleiselle jalankululle ja pyöräilylle. Huoltoliikenne ei alhai-

sen sisäänajokorkeuden takia mahdu Bunkkerin kellariin, joten huolto-liikenne sallitaan Hyväntoivonkadulta Länsisatamankujaa pitkin sekä Rionkadulta Hietasaarenkujaa pitkin Bunkkerille. Myös Bunkkerin ja Tyynenmerenkadun välisellä aukiolla huoltoajo on sallittu.

Asuntojen pysäköintipaikat sijoitetaan Bunkkerin pohjoispuolelle maan alle. Asuntojen autopaikkojen laskentaohjeena on käytetty vähintään 1 ap / asunto, mikä vastaa kaupunkisuunnittelulautakunnan 7.2.2012 hyväksymiä ohjeita townhouse pientaloille kantakaupungin alueella. Ajoyhteys pysäköintipaikoille on Bunkkerin kellarin kautta Tyynenmerenkadulta. Pyöräpysäköintipaikkoja tulee asuntoja varten olla 1 pp / 30 m² asuntokerrosalaa.

Autopaikat muille toiminnoille sijoittuvat Bunkkerin kellariin sekä Bunkkerin eteläpuolelle tontille YOU-1 maanalle. Muut pysäköintinormit noudattavat Jätkäsaarenkallion ja Hietasaaren sekä Verkkokaupan asemakaavojen mukaisia pysäköintinormeja. Ajoyhteys kaikille pysäköintipaikoille tulee Tyynenmerenkadulta.

Tyynenmerenkadun länsireunalta varataan muutamia kadunvarsipaikkoja saattoliikenteelle. Bunkkeri ja sen eteläpuolelle sijoittuva liikuntapuisto nivoutuvat toiminnallisesti yhteen. Liikuntapuistoa ja Tyynenmerenkadun jatkoa suunniteltaessa otetaan huomioon myös Bunkkerin tarpeet.

Tyynenmerenkatua pitkin kulkee raitiotie ja raitiovaunupysäkki on Bunkkerin läheisyydessä.

Palvelut

Jätkäsaaren ensimmäisen peruskoulun ja lastentalon tontit sijaitsevat kaavamuutosalueen vieressä. Bunkkeriin on tarkoitus sijoittaa toisen asteen oppilaitos. Bunkkerin liikuntapalvelut tukevat koulujen toimintaa ja kouluihin ei tarvita omia liikuntatiloja.

Liikuntaviraston liikuntapalveluista Bunkkeriin on kaavailtu sijoitettavan mm. uimahalli, pelikenttiä, kuntosali ja pienempiä liikuntasaleja. Uimahalli palvelisi kaikkia eteläisiä kaupunginosia hyvien julkisten liikenneyhteyksien varrella.

Kiinteistöviraston tilakeskuksen hankesuunnitelmassa on tutkittu myös kirjaston ja nuorisoasiankeskuksen sekä muiden hallintokuntien tilojen sijoittumista Bunkkeriin.

Luonnonympäristö

Jätkäsaarella ei nykyisellään ole luonnonympäristöä. Asemakaavan piha-alueille on suunniteltu istutuksia, jolloin alueen viherpinta-alaa kasvatetaan.

Yhdyskuntatekninen huolto

Kaava-alueelle on suunniteltu tarvittavat yhdyskuntatekniset verkostot asemakaavan nro 11770 pohjalta tehtyjen suunnitelmien mukaisesti.

Bunkkeri liitetään Jätkäsaaren jätteen putkikuljetusjärjestelmään.

Kuivatus ja alueellinen korkotaso

Alueellinen korkotaso ja yleistasaus on suunniteltu asemakaavan nro 11770 yhteydessä. Kaavamuutos ei aiheuta muutostarpeita kuivatuksen järjestämiseen.

Maaperän rakennettavuus ja puhtaus

Bunkkeri on perustettu pääosin kalliolle. Bunkkerin toimintoja palvelevan pihan eli korttelin 20821 kohdalla alkaa meritäyttöalue. Meritäyttö on pääosin jätetäyttöä. Täyttöalueella rakennukset ja rakenteet on perustettava tukipaaluilla kallion tai kantavan maakerroksen varaan. Kadut ja kunnallistekniikka voitaneen osin perustaa maanvaraisesti, osin joudutaan mahdollisesti käyttämään kevennysrakenteita. Kaatopaikka-alueella tarvitaan lisäksi eristysrakenne kaatopaikan jätetäytön ja tulevien rakenteiden välille.

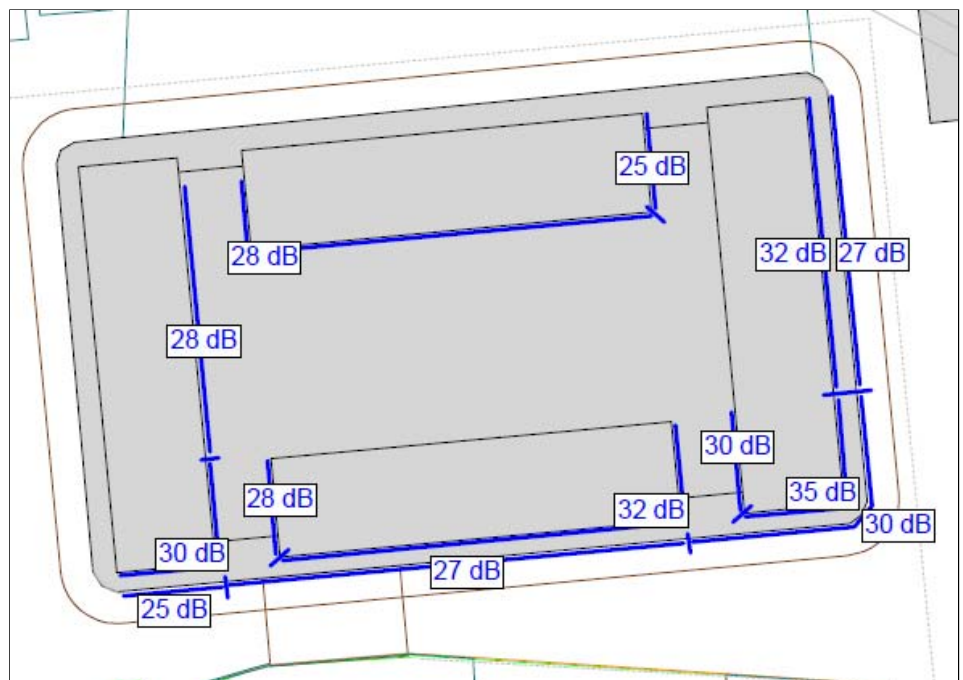
Kaavamuutosalueella lukuun ottamatta piha-aluetta korttelissa 20821 on voimassa ympäristölupa pilaantuneen maaperän kunnostamiseksi. Pihan alle suunnitellun maanalaisen pysäköintilaitoksen kohdalla saatetaan tulla kaivettavaksi kaatopaikkatäyttöä, jossa on tutkimuksissa havaittu haitta-aineita. Kaatopaikan kunnostussuunnittelu tehdään koko kaatopaikan alueelle ja suunnittelutyö on kesken. Kunnostussuunnitelmassa tullaan arvioimaan ja esittämään kaatopaikan eristystarve ja -ratkaisu. Maanalaisen pysäköintilaitoksen kohdalla tulee varautua kaatopaikkamateriaalin kaivuun ja mahdollisen eristysratkaisun huomioon ottamiseen. Kaavassa on pilaantuneen maaperän kunnostusta koskeva määräys.

Ympäristöhäiriöt

Melu

Kaavan valmistelun yhteydessä teetettiin meluselvitys, jossa tarkasteltiin sataman sekä katuliikenteen aiheuttamaa melua Bunkkerin lähiympäristössä (*Jätkäsaaren Bunkkeri, Ympäristömeluselvitys, Insinööritoimisto Akukon Oy, 29.6.2011*). Selvityksen perusteella kaavaan kuuluvien korttelien 20811 (Bunkkeri) ja 20821 (Bunkkerin toimintoja palveleva piha) alueilla kokonaismelutaso ylittää arvioidussa tilanteessa selvästi ohjearvot ulkona ilman melun leviämistä vaimentavia rakenteita. Bunkkerin julkisivulle kohdistuva kokonaismelutaso on päivällä (klo 7-22) suurimmillaan noin 64 dB ja yöllä (klo 22-7) noin 60 dB.

Melumallinnuksen perusteella Bunkkerin katolle alustavasti suunnitellulla asuinrakennusten muurimaisella massoittelulla pystytään katolle muodostamaan äänivarjo, jossa melutaso vaihtelee päiväaikana välillä 44...55 dB ja yöaikana välillä 42...50 dB. Sataman suuntaan avautuville julkisivuille kohdistuu kuitenkin meluntorjunnan kannalta huomattavan suuri matalataajuinen yöaikainen melu. Laivamelun matalataajuisuudesta ja kapeakaistaisuudesta johtuen se on tavanomaista katuliikennemelua häiritsevämpää. Tavanomaisten rakenteiden eristävyys laivamelua vastaan on myös merkittävästi heikompaa kuin katuliikennemelua vastaan. Tämän vuoksi asuinrakennusten ulkovaipalta on edellytettävä poikkeuksellisen suurta ääneneristävyyttä ja rakenneosien äänieristyksen mitoitus on tehtävä erityisesti laivamelun perusteella. Suositeltava äänieristyksen mitoitusmenetelmä on kuvattu erillisessä raportissa *Julkisivun äänieristys laivamelua vastaan, Mitoitusmenettely, TL akustiikka, 1.7.2011*. Parvekkeita voitaneen toteuttaa ainoastaan asuinrakennusten pihan suuntaan avautuville julkisivuille, missä melutasot eivät edellytä erillistä meluntorjuntaa. Bunkkeriin mahdollisesti sijoittuvien opetus- ja kokoontumistilojen osalta on myös otettava huomioon rakennuksen julkisivuille kohdistuvat melutasot ja suunniteltava rakenteiden ääneneristävyys riittäväksi myös laivamelu huomioon ottaen. Alustavien viitesuunnitelmien mukaan mallinnetut ja suositellut ulkovaiipan äänitasoerot laivamelua vastaan on esitetty seuraavassa:



Suositus A-äänitasoerotukseksi laivamelua vastaan.

Bunkkerin eteläpuoliseen kortteliin 20821 sallitaan kaavassa sijoittaa esimerkiksi koulun piha-alue. Meluselvityksen mukaan päiväajan kokonaismelutaso korttelissa vaihtelee välillä noin 57...67 dB. Katuliikenteen melu on torjuttavissa noin 3 metriä korkealla meluseinällä siten, että sen aiheuttama melutaso jää suurelta osaa piha-alueelta alle ohjearvotason 55 dB. Lähimmillä laituripaikoilla sijaitsevien laivojen melua ei sen sijaan ole realistisilla ratkaisuilla torjuttavissa siten, että ulkona saavutettaisiin ohjearvotaso. Kokonaismelutaso on suurella osaa pihaa selvityksen mukaan 1-2 dB yli ohjearvotason. Jatkosuunnittelussa piha-alueelle voidaan tutkia rakennelmia, joilla myös laivojen melua pyritäisiin torjumaan pistemäisesti.

Kaavassa on annettu meluntorjuntaa koskevia määräyksiä, joilla edellytetään jatkossa riittävää meluntorjunnan suunnittelua ja toteutusta siten, että melutason ohjearvot rakennusten sisällä sekä ulkona asuinrakennusten piha-alueilla ja parvekkeilla täyttyvät laivamelun erityispiirteet huomioon ottaen. Bunkkerin toimintoja palveleva piha-alue on edellytetty suojattavan katuliikenteen melulta. Meluidan korkeus ja sijainti tulee määritellä tarkemmin pihan suunnittelun edetessä.

Ilmanlaatu

Kaava-alueelle kohdistuu ilman epäpuhtauksia sekä laivojen päästöistä että katuliikenteestä. Ympäristöhäiriöiden arvioinnissa katuliikenteen

osalta Tyynenmerenkadun liikennemäärän on arvioitu pahimmillaan olevan noin 10 000 ajoneuvoa/vrk, josta raskasta liikennettä olisi 20 %.

Kadun välittömässä läheisyydessä ilman epäpuhtauksien pitoisuudet voivat ajoittain epäedullisissa sääolosuhteissa ylittää ohjearvotason. Laivojen päästöjen ei arvioida katutasossa ylittävän ohjearvoja, mutta lähellä laivojen päästökorkeutta erityisesti rikkidioksidin ja pienhiukkasten lyhytaikaiset pitoisuudet voivat olla huomattavan korkeita. Bunkkerin katolle tason + 35 yläpuolelle sijoittuvien asuinrakennusten piha-alueille ja julkisivuille saattaa kohdistua jopa ohjearvotason ylittäviä pitoisuuksia laivojen savuvanoista johtuen. Jotta laivojen savuvanoista ei aiheutuisi asuntojen sisäilmaan suuria epäpuhtauksien pitoisuuksia sekä kohtuutonta hajuhaittaa, tulee ilmanotto järjestää keskitetysti ja selvästi laivojen päästötason alapuolelta sekä mahdollisimman etäältä laivapaikoista.

Opetus- ja urheilutoiminnan korttelialue, jonne saa kaavan mukaan sijoittaa esimerkiksi koulun pihan, sijoittuu Tyynenmerenkadun viereen siten, että korttelin keskipiste on noin 40 metrin etäisyydellä kadusta. Ilman epäpuhtauksien huomioon ottamiseksi kaavassa edellytetään, että mahdolliset koulun piha-alueet tulee sijoittaa vähintään 20 metrin etäisyydelle Tyynenmerenkadusta.

Tuulisuus

Bunkkerin katolle suunnitellut rakenteet antavat tuulensuojaa ja tekevät korkeutensa johdosta kattopihan tuuliolosuhteet hyväksyttäviksi. Tämän varmistamiseksi rakennukset on syytä toteuttaa yhtenäisenä korttelirakenteena. Terassien tai muiden ulkotilojen aidoilla tai suojaavilla seinillä voidaan edelleen parantaa ulkotilojen viihtyvyyttä tuulisuuden suhteen. Korttelia 20821 on suunniteltu suurimmillaan 4-5 metriä ympäröivää maanpintaa korkeammalle, mikä lisää tuulisuutta kannen päällä. Keskituulennopeuden tai vaarallisen kovan puuskatuulen arviointikriteerien perusteella tuulisuutta korjaavat rakenteet pihakannella eivät kuitenkaan ole välttämättömiä. Alueen jatkosuunnittelussa on silti suositeltavaa käyttää rakenteita, jotka vähentävät tuulisuuden haittoja. Tuulisuus vaikuttaa myös rakennusten energiankulutukseen rakennusvaiipan aukkojen viilennysvaikutuksen johdosta. Etenkin bunkkerin katon huoneistojen julkisivat ovat alttiita viilennysvaikutukselle.

Korttelin 20821 pihakannen kaltevuus lisää keskituulennopeuden kasvun myötä hieman pakkasindeksin raja-arvojen mukaisin kestoja. Bunkkerirakennus suojaa pihaa kaikista kylmimmiltä pohjoistuulilta.

Nimistö

Nimistötoimikunta päätti kokouksessaan 8.12.2010 esittää Bunkkerin pohjoispuolelle tulevan uuden kujan nimeksi Bunkkerinkuja (Bunkergränden). Nimistötoimikunnan perusteluna on Jätkäsaaren sataman entisen talletusvaraston eli Bunkkerin mukaan.

5

ASEMAKAAVAN TOTEUTTAMISEN VAIKUTUKSET

Vaikutukset kaupunkikuvaan

Bunkkeri on yksi kuudesta Jätkäsaaren vanhasta, tavarasatamatoiminnan ajalta säilytettävästä rakennuksesta. Maamerkkimäisen suuren varistorakennuksen säilyttäminen luo arvokkaan historiallisen kerroksen kaupunkikuvaan. Viereinen Verkkokauppa.comin rakennus on Bunkkeria korkeampi. Bunkkerin katolle suunniteltu kaksikerroksinen townhouse-kortteli nostaa Bunkkerin räystääskorkeuden lähelle Verkkokauppa.comin rakennuksen räystääskorkeutta. Rakentaminen Bunkkerin katolle tasapainottaa tilannetta kaupunkikuvallisesti.

Vaikutukset liikenteeseen

Asemakaavan muutos ei vaikuta merkittävästi alueen liikenteeseen.

Vaikutukset alueen palveluihin

Asemakaavan muutos luo mahdollisuuden sijoittaa Jätkäsaareen esimerkiksi toisen asteen koulun. Palvelutarjontaa lisääntyy ja eri koulujen läheisyys tarjoaa yhteistoiminnan mahdollisuuksia.

Uimahalli sekä muut Bunkkerin palvelut parantavat huomattavasti eteläisten kaupunginosien liikuntapalveluita.

Vaikutukset ihmisten terveyteen, turvallisuuteen, viihtyvyyteen eri väestöryhmien toimintamahdollisuuksiin lähiympäristössä, sosiaalisiin oloihin ja kulttuuriin

Bunkkerin kaltaisen liikunta- ja kulttuuritalohankkeen toteutuminen vaikuttaa asukkaiden liikunnan ja kulttuurin harrastamisen kasvuun ja lisää näin psyykkistä ja fyysistä hyvinvointia sekä on näin myös tärkeä osa ennaltaehkäisevää terveydenhuoltoa.

Ympäristömelun ja ilman epäpuhtauksien torjunta edellyttää tavanomaisesta poikkeavia ratkaisuja. Jatkosuunnittelussa on kiinnitettävä

erityistä huomiota meluntorjunnan riittävyteen sekä ratkaisuihin, joilla saadaan varmistettua hyväksyttävä sisäilma rakennuksiin laivojen päästökorkeuden läheisyydessä. Ilman epäpuhtauksien pitoisuudet voivat ajoittain olla lyhytaikaisesti haitallisen korkeita laivojen savuvai-noissa ja niiden läheisyydessä.

Tuuliolosuhteet huomioon ottavilla suunnitteluratkaisuilla voidaan luoda viihtyisät ja turvalliset olosuhteet sekä korttelissa 20821 sijaitsevalle pi-hakannelle että bBnkkerin katolla sijaitsevalle piha- ja terassialueelle.

Bunkkerin kerrosala on Jätkäsaarenkallion ja Hietasaaren asemakaa-vaan verrattuna kasvanut katolle sijoitettavien asuntojen johdosta. Townhouse-kortteli monipuolistaa Jätkäsaaren asuntokantaa.

Yhdyskuntataloudelliset vaikutukset

Bunkkerin tarveselvityksen kustannusarvion (HKR-Rakennuttaja 26.5.2011) mukaan rakennuksen muutuskustannukset ovat arviolta 76 miljoonaa euroa (alv 0%). Arvio pitää sisällään koulun pihan alle kortteliin 20821 sijoitettavan pysäköintilaitoksen kustannukset, 5,5 mil-joonaa euroa (alv 0%). Katolle suunniteltujen asuntojen toteutuksen kustannusarvioksi on tarveselvityksessä esitetty 23 miljoonaa euroa (alv 0%).

Tarveselvityksen kustannusarvio ei pidä sisällään maanalaisen pysä-köintilaitoksen kohdalta kaivettavaksi tulevan kaatopaikkatäytön kaivu-kustannuksia, pysäköintilaitoksen, ajoluiskan ja pihakannen perusta-mis- tai pohjanvahvistuskustannuksia tai kaatopaikkamateriaalin eris-tyskustannuksia. Näiden alustava, yhteenlaskettu kustannusarvio on 6,9 miljoonaa euroa (alv 0%).

Kaavan yhdyskuntataloudellisten vaikutusten arvioinnissa ei ole tarkas-teltu asemakaavan toteuttamisesta kaupungille koituvia tuloja.

Kunnallistekniikan rakentamisen kustannukset on esitetty Jätkäsaaren-kallion ja Hietasaaren asemakaavassa nro 11770 ja suunnittelu sekä rakennustyöt on jo osin toteutettu.

Vaikutukset sataman toimintaedellytyksiin

Kaavaehdotuksen mukaiset toiminnot saattavat vaikuttaa sataman tu-levien ympäristölupapäätösten ehtoihin.

6

ASEMAKAAVAN MUUTOKSEN TOTEUTUS

Rakentamisaikataulu

Bunkkerin toteuttamisen on edettävä samaan tahtiin alueen koulujen toteuttamisen kanssa. Jätkäsaaren ensimmäinen peruskoulu ja lastentalo toteutus on suunniteltu aloitettavaksi 2016. Koulu ja lastentalo käyttävät Bunkkerin liikuntatiloja, joten Bunkkeri on toteutettava samaan aikaan. Myös liikuntapuiston rakentaminen tulee tapahtua koulun ja Bunkkerin rakentamisen kanssa samaan tahtiin, koska koulun ulko-liikuntatilat on suunniteltu liikuntapuistoon.

Toteutuksen seuranta

Bunkkeri-hankkeen toteutuksesta vastaa Helsingin kaupungin kiinteistöviraston tilakeskus. Muut toimijat, liikuntavirasto, kulttuuriasiankeskus, nuorisoasiainkeskus, opetustoiminnan järjestävä taho sekä mahdolliset yksityiset toimijat tulevat rakennukseen vuokralle.

Talous- ja suunnittelukeskuksen kehittämistoimistossa on toteutuksen koordinointia varten Länsisatama-projekti. Myös kaupunkisuunnitteluviraston Länsisatama-projekti osallistuu aktiivisesti toteutuksen ohjaukseen.

7

SUUNNITTELUN VAIHEET

Vireilletulo, osallistumis- ja arviointisuunnitelma ja vuorovaikutus

Kaavoitustyö on tullut vireille kaupungin aloitteesta.

Vireilletulosta on ilmoitettu osallisille kaupunkisuunnitteluviraston asemakaavaosaston kirjeellä, jonka mukana lähetettiin osallistumis- ja arviointisuunnitelma (päiväty 4.3.2011). Vireilletulosta ilmoitettiin myös vuoden 2012 kaavoituskatsauksessa.

Osallistuminen ja vuorovaikutus on järjestetty liitteenä olevan osallistumis- ja arviointisuunnitelman mukaisesti. Sitä sekä asemakaavaluonnosta käsiteltiin yleisötilaisuudessa 4.4.2011.

Osallistumis- ja arviointisuunnitelma ja asemakaavan muutosluonnos ovat olleet nähtävänä kaupunkisuunnitteluvirastossa ja kaupungin ilmoitustaululla Kaupungintalolla 28.3.–15.4.2011.

Viranomaisyhteistyö

Kaavamuutoksen valmistelun yhteydessä on tehty yhteistyötä Helsingin kaupungin kiinteistöviraston tilakeskuksen ja tonttiosaston, talous- ja suunnittelukeskuksen, opetusviraston, liikuntaviraston, nuorisoasiainkeskuksen, kaupunginkirjaston, pelastuslaitoksen, rakennusviraston, Helsingin Sataman ja ympäristökeskuksen kanssa.

Osallistumis- ja arviointisuunnitelmasta (4.3.2011) sekä asemakaavan muutosluonnoksesta saapui kuusi kannanottoa: kiinteistöviraston geotekniseltä osastolta, HKL-liikelaitokselta, HSL Helsingin seudun liikenteeltä, rakennusvirastolta, Helsingin satamalta ja ympäristökeskukselta.

Kannanotot kohdistuivat esirakentamiseen, raitioliikenteen huomioimiseen, saattoliikenteen järjestämiseen, pysäköintipaikkoihin, katualueiden ylläpitoon, luiska- yms. rakenteisiin, syväkeräyssäiliöihin, ajoluiskien näkymiin, sataman toimintaedellytysten säilyttämiseen, koulun pihaan sekä sataman aiheuttaman melun ja päästöjen vaikutuksiin.

Helsingin ympäristökeskusta informoitiin hankkeesta yhteistyökokouksessa 9.11.2011.

Kannanotot on otettu kaavoituksessa huomioon siten, että rakennusten ja piha-alueiden melunsuojausta sekä päästöjen vaikutuksia ja tuulisuutta on selvitetty huolellisesti kaavan suunnitteluratkaisua laadittaessa. Peruskoulu on siirretty takaisin sille aikaisemmin varatulle, suojaisammalle tontille. Bunkkerin katolle sijoitetun townhouse-korttelin suunnittelussa luovuttiin korttelin avoimista kulmista, jolloin korttelipihaa saatiin suojaisampi.

Asemakaavaratkaisun eri vaihtoehdot

Kaavan muutosluonnoksessa Bunkkerin länsipuoleinen koulutontti oli mukana muutosalueessa. Koulutonttia suunniteltiin muutettavaksi asuintontiksi. Peruskoulu suunniteltiin sijoitettavaksi Bunkkeriin. Suunnitelmien tarkentuessa opetusvirasto näki peruskoulun sijoittamisen Bunkkeriin haastavaksi ja kaavaprosessin aikana tästä luovuttiin. Muutosehdotuksessa Bunkkerin viereinen koulutontti on rajattu ulos muutosalueesta ja peruskoulua suunnitellaan tälle tontille. Taloudellisen toteutettavuuden vuoksi opetustoiminta on yhä Bunkkeriin sijoitettavissa toiminnoissa mukana. Bunkkeriin voi sijoittua esimerkiksi toisen asteen oppilaitos tai yksityinen koulu.

Esitetyt mielipiteet

Kaavamuutoksen valmistelusta ei esitetty mielipiteitä.

8

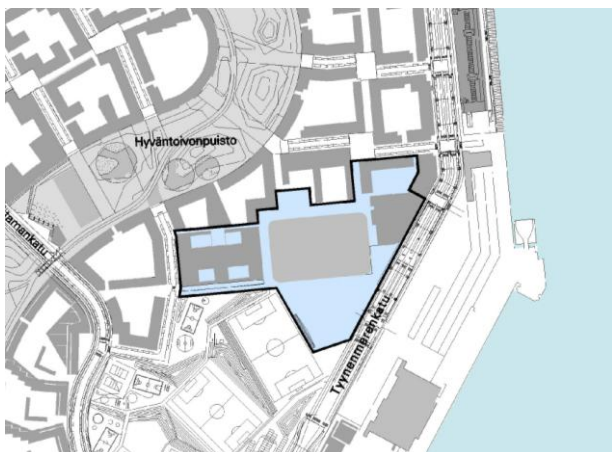
KÄSITTELYVAIHEET

Asemakaavan muutosehdotus esiteltiin kaupunkisuunnittelulautakunnalle 4.12.2012 ja se päätti ...

Helsingissä

Olavi Veltheim

JÄTKÄSAAREN TALLETUSVARASTO BUNKKERIN JA NAAPURIKORTTELIN ASEMAKAAVAN MUUTOS OSALLISTUMIS- JA ARVIOINTISUUNNITELMA



Suunnittelualue

Asemakaavan muutos koskee Jätkäsaaren korttelin 20810 tonttia 3 ja korttelin 20811 tonttia 2 sekä osaa Jätkäsaaren osayleiskaavassa liikuntapuistolle varattua aluetta.

Nykytilanne

Tavarasatama on poistunut alueelta. Alue on asfalttikenttää. Jätkäsaaren infrastruktuuria ja ensimmäisiä asuin- ja liiketaloja rakennetaan. Bunkkeri on yksi kuudesta Jätkäsaaren tavarasatama-ajalta jäävistä rakennuksista.

Mitä alueelle suunnitellaan

Opetuskäyttöön aiemmassa kaavassa varattu tontti muutetaan asuinkortteliksi.

Bunkkeriin sijoittuvat koulu, liikuntatiloja, kulttuuritoimintoja ja katolle uudisrakentamisena asumista. Bunkkerin eteläpuolelle liikuntapuiston kylkeen kaavaillaan koulun pihaa.

Itäpuolisen liikekorttelin rakennusoikeudet muutetaan toteutuvan rakennushankkeen mukaisiksi.

Aloite

Kaavamuutos on tullut vireille Helsingin kaupungin aloitteesta.

Maanomistus

Helsingin kaupunki omistaa tontin maa-alueen.

Kaavatilanne

Alueen pohjoisosaan on laadittu Jätkäsaarenkallion ja Hietasaaren asemakaava (nro 11770, joka sai lainvoiman 8. elokuuta 2009). Tontti 20810/3 on voimassa olevassa asemakaavassa varattu opetuskäyttöön ja 20811/2 pääosin liikuntakäyttöön.

Bunkkerin eteläpuolinen alue on Jätkäsaaren osayleiskaavassa liikuntapuiston aluetta.



11.3.2011

Muut suunnitelmat ja päätökset

Kaava-alueen etäpuolelle sijoittuvan Liikuntapuiston asemakaava käynnistetään tämän kaavan kanssa samanaikaisesti.

Vaikutusten arviointi

Kaupunkisuunnitteluvirasto arvioi kaavan toteuttamisen vaikutuksia kaupunkikuvaan, liikenteeseen ja alueen palveluihin kaavan valmistelun yhteydessä.

Kaavan valmisteluun osallistuminen

Osallistumis- ja arviointisuunnitelma on lähetetty osallisille. Kaavaluonnos ja muu valmisteluaineisto on esillä 28.3.–15.4.:

- kaupunkisuunnitteluvirastossa, Kansa-koulukatu 3
- kaupungin ilmoitustaululla, Kaupungintalo, Pohjoisesplanadi 11–13
- www.hel.fi/ksv (kohdassa "Nähtävänä nyt").

Keskustelutilaisuus on maanantaina 4.4. klo 18–20 Jätkäsaaren rakentamisen info-keskuksessa Huutokonttorissa, Tyynenmerenkatu 1 (Hietasaarenkuja 1).

Kaavan valmistelija on tavattavissa kaupunkisuunnitteluvirastossa sopimuksen mukaan.

Osallistumis- ja arviointisuunnitelmasta sekä kaavaluonnoksesta voi esittää mielipiteen **viimeistään 15.4.2011** kirjallisesti osoitteeseen:

Helsingin kaupunki, Kirjaamo,
Kaupunkisuunnitteluvirasto,
PL 10, 00099 HELSINGIN KAUPUNKI
(käyntiosoite: Kaupungintalo, Pohjoisesplanadi 11–13)

tai sähköpostilla [helsinki.kirjaamo\(a\)hel.fi](mailto:helsinki.kirjaamo(a)hel.fi)
tai faksilla (09) 655 783

Mielipiteensä voi esittää myös suullisesti kaavan valmistelijalle.

Osallistumis- ja arviointisuunnitelmasta ja asemakaavaluonnoksesta saadut mielipiteet esitellään kaupunkisuunnittelulautakunnalle asemakaavaehdotuksen yhteydessä.

Lautakunnan puoltama ehdotus asetetaan julkisesti nähtäville ja siitä pyydetään viranomaisten lausunnot. Kaavaehdotuksesta voi tehdä muistutuksen nähtävilläoloaikana.

Tavoitteena on, että kaavaehdotus on kaupunginhallituksen ja kaupunginvaltuuston käsiteltävänä loppuvuodesta 2011.

Ketkä ovat osallisia

Alueen suunnittelussa osallisia ovat:

- alueen ja lähialueiden maanomistajat, asukkaat ja yritykset
- seurat, yhdistykset:
Helsingin kaupunginosayhdistysten Liitto ry HELKA, Eteläiset kaupunginosat, Kampin kaupunginosayhdistys, Lauttasaari - Seura, Munkkisaari - Hernesaari-seura, Pro Eira, Punavuoriseura, Ruoholahti - Jätkäsaari seura, Töölö - Seura, Jätkäsaari seura, Helsingin luonnon-suojeluyhdistys ry, Helsingin kauppa-kamari, Helsingin Yrittäjät, Kynnys ry, Invalidiliitto, Suomen arkkitehtiliitto ry SAFA
- Helsingin Yrittäjät
- kaupungin asiantuntijaviranomaiset: Helsingin Energia, Helsingin Satama, Helsingin Vesi, kaupunginkirjasto, kulttuuriasiainkeskus, liikennelaitos, liikuntavirasto, nuorisoasiainkeskus, opetusvirasto, pelastuslaitos, rakennusvalvontavirasto, rakennusviraston katu- ja puisto-osasto, kiinteistöviraston geotekninen- ja





tonttiosasto, sosiaalivirasto, terveyskeskus, ympäristökeskus

- muut asiantuntijaviranomaiset: Helsingin seurakuntayhtymä, Uudenmaan elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus.

Mistä saa tietoa

Suunnittelun etenemistä voi seurata kaupunkisuunnitteluviraston internet-palvelusta: www.hel.fi/ksv kohdassa Suunnitelmat kartalla.

Suunnittelusta tiedotetaan

- kirjeillä osallisille (asunto-osakeyhtiöiden kirjeet lähetetään isännöitsijöille, joiden toivotaan toimittavan tiedon osakkaille ja asukkaille)
- Ruoholahden Sanomat -lehdessä
- www.hel.fi/ksv (kohdassa "Nähtävänä nyt")
- Helsingin kaavoituskatsauksessa.

Asemakaavaehdotuksen julkisesta nähtävilläolosta tiedotetaan kuulutuksella, joka julkaistaan Helsingin Sanomissa, Hufvudstadsbladetissa ja Metrossa sekä viraston internet-sivuilla (www.hel.fi/ksv).

Kaavaa valmistelee

projektipäällikkö Matti Kaijansinkko
puhelin 310 37195
sähköposti [matti.kaijansinkko\(a\)hel.fi](mailto:matti.kaijansinkko(a)hel.fi)



Asemakaavan seurantalomake

Asemakaavan perustiedot ja yhteenveto

Kunta	091 Helsinki	Täyttämispvm	23.11.2012
Kaavan nimi	20. kaupunginosa Bunkkeri		
Hyväksymispvm	Ehdotuspvm		
Hyväksyjä	Vireilletulosta ilm. pvm		11.03.2011
Hyväksymispykälä	Kunnan kaavatunnus		
Generoitu kaavatunnus			
Kaava-alueen pinta-ala [ha]	2,3134	Uusi asemakaavan pinta-ala [ha]	
Maanalaisten tilojen pinta-ala [ha]	1,3050	Asemakaavan muutoksen pinta-ala [ha]	2,3134

Ranta-asemakaava	Rantaviivan pituus [km]	
Rakennuspaikat [lkm]	Omarantaiset	Ei-omarantaiset
Lomarakennuspaikat [lkm]	Omarantaiset	Ei-omarantaiset

Aluevaraukset	Pinta-ala [ha]	Pinta-ala [%]	Kerrosala [k-m ²]	Tehokkuus [e]	Pinta-alan muut. [ha +/-]	Kerrosalan muut. [k-m ² +/-]
Yhteensä	2,3134	100,0	65200	2,82	0,0000	39300
A yhteensä						
P yhteensä						
Y yhteensä	1,3140	56,8	39300	2,99	1,3140	39300
C yhteensä						
K yhteensä	0,5670	24,5	25900	4,57		
T yhteensä						
V yhteensä						
R yhteensä						
L yhteensä	0,4324	18,7			-1,3140	
E yhteensä						
S yhteensä						
M yhteensä						
W yhteensä						

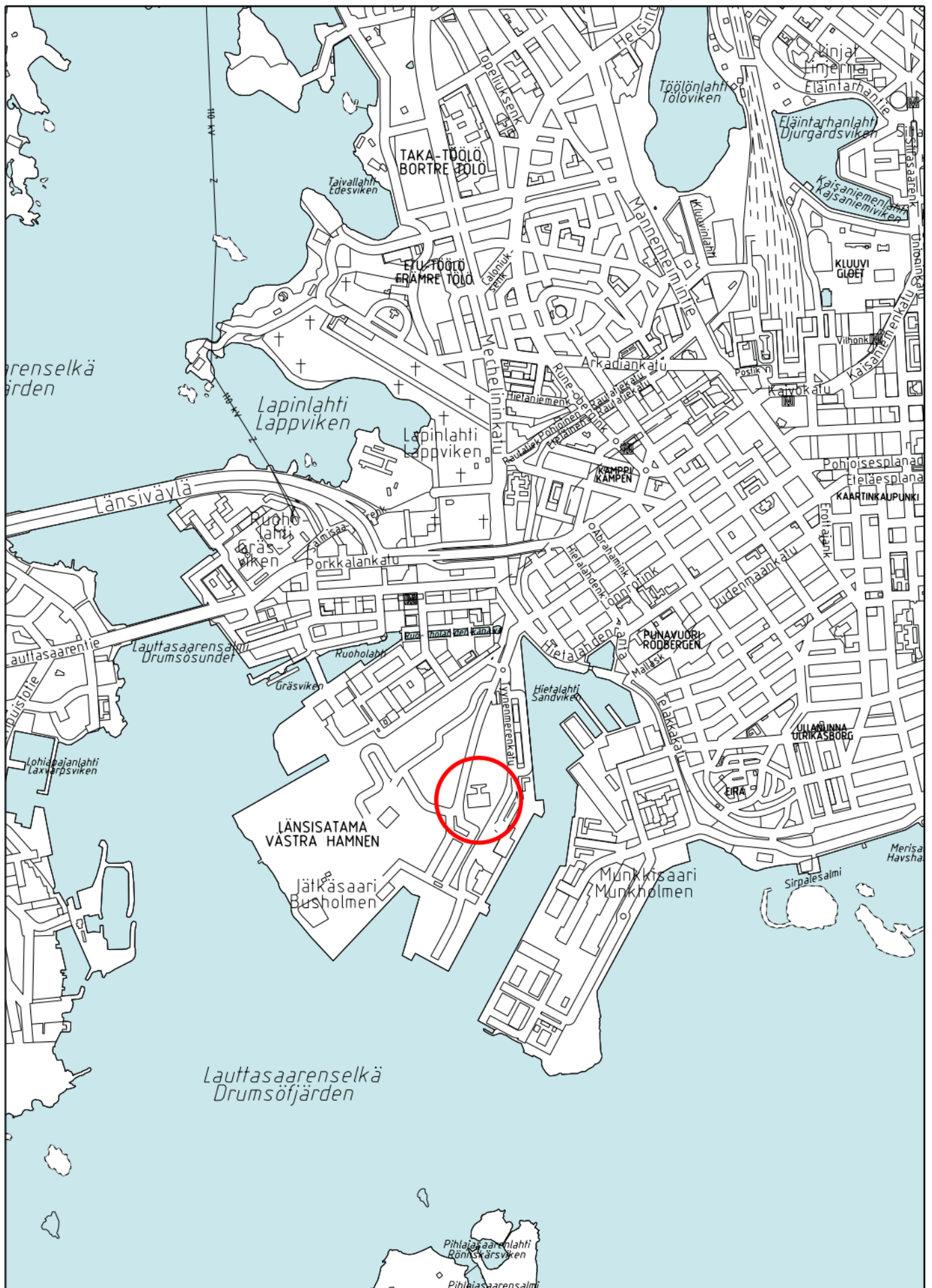
Maanalaiset tilat	Pinta-ala [ha]	Pinta-ala [%]	Kerrosala [k-m ²]	Pinta-alan muut. [ha +/-]	Kerrosalan muut. [k-m ² +/-]
Yhteensä	1,3050	56,4		0,7000	

Rakennussuojelu	Suojellut rakennukset		Suojeltujen rakennusten muutos	
	[lkm]	[k-m ²]	[lkm +/-]	[k-m ² +/-]
Yhteensä				

Alamerkinnot

Aluevaraukset	Pinta-ala [ha]	Pinta-ala [%]	Kerrosala [k-m ²]	Tehokkuus [e]	Pinta-alan muut. [ha +/-]	Kerrosalan muut. [k-m ² +/-]
Yhteensä	2,3134	100,0	65200	2,82	0,0000	39300
A yhteensä						
P yhteensä						
Y yhteensä	1,3140	56,8	39300	2,99	1,3140	39300
YOU	0,4552	34,6			0,4552	
YOUA	0,8588	65,4	39300	4,58	0,8588	39300
C yhteensä						
K yhteensä	0,5670	24,5	25900	4,57		
KTY	0,5670	100,0	25900	4,57		
T yhteensä						
V yhteensä						
R yhteensä						
L yhteensä	0,4324	18,7			-1,3140	
Kadut	0,4324	100,0				
LS					-1,3140	
E yhteensä						
S yhteensä						
M yhteensä						
W yhteensä						

Maanalaiset tilat	Pinta-ala [ha]	Pinta-ala [%]	Kerrosala [k-m ²]	Pinta-alan muut. [ha +/-]	Kerrosalan muut. [k-m ² +/-]
Yhteensä	1,3050	56,4		0,7000	
map	1,3050	100,0		0,7000	



Sijaintikartta

Jätkäsaaren talletusvarasto
Bunkkeri ja naapurikorttelit





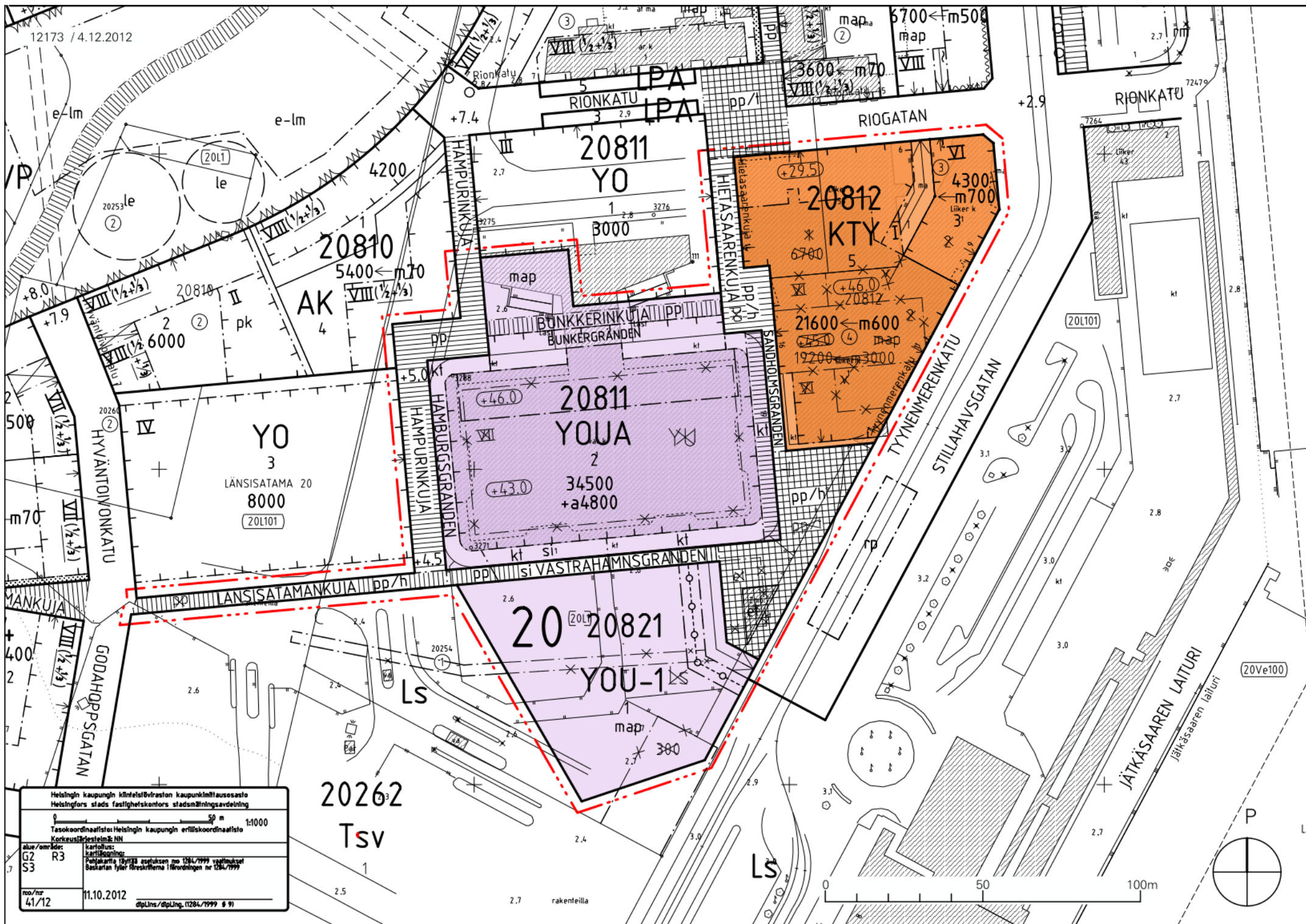
ILMAKUVA

Kaava-alueen nro 12173 raja

Helsingin kaupunkisuunnitteluvirasto
Asemakaavaosasto
Länssatama-projekti



12173 / 4.12.2012



Helsingin kaupungin kunnallistalouden kaupunkinvaltuustosto Helsingfors stads fastighetsskontors stadsnäringsavdelning	
Tasokoordinaattisto: Helsingin kaupungin erilliskoordinaattisto Korkeusjärjestelmä: NN	
alue/område: G2 R3	karttallus: karttallus: 1973 Korkeusjärjestelmä: 1973 Baskartan fyler: 1973 Baskartan fyler: 1973
no./nr: 41/12	11.10.2012 dpl/ins/dpl/ins. (1284/1999 § 9)

ASEMAKAAVAMERKINNÄT JA -MÄÄRÄYKSET

YOUA

Opetus- ja urheilutoimintaa palvelevien rakennusten sekä asuinrakennusten korttelialue.

- alueelle saa sijoittaa myös muita palvelu- ja toimitiloja.

- asuntoja saa sijoittaa tasolta noin +35 ylöspäin.

- asunnot tulee sijoittaa pääosin alempien kerrosten julkisivupinnasta sisäänvedettyinä.

- rakennuksen pohjoispuoleinen osa tonttia on istutettava puistomaiseksi, ja siellä tulee olla yleinen kevyen liikenteen yhteys Hampurinkujalta Hietasaarenkujalle (Bunkkerinkuja).

- kattoasuntojen edellyttämät porrashuoneet saa rakentaa asemakaavassa osoitetun kerrosalan lisäksi.

- rakennusten ulkovaipan kokonaisuuden eristävyyden laivaliikenteen melua vastaan tulee mitoittaa vähintään kaavaselostuksessa esitetyn ohjeistuksen mukaan kiinnittäen huomiota laivaliikenteen melun erityispiirteisiin. Ennen rakennusluvan myöntämistä tulee meluselvityksellä osoittaa melutason ohjearvoihin (vanha alue) nähden riittävä meluntorjunta asuinrakennusten piha-alueilla, oleskelupaikoilla sekä asuinhuoneistoissa ja opetustiloissa.

- asuinrakennusten ilmanotto tulee järjestää siten, ettei laivaliikenteen päästöistä aiheudu haju- tai ilmanlaatuhaittaa sisätiloihin.

- autopaikkoja ei saa sijoittaa piha-alueelle.

- tontille sijoitettavien polkupyöräpaikkojen vähimmäismäärä on 1pp/30m² asuntokerrosalaa. Näistä 75% on sijoitettava rakennuksiin (ja/tai talousrakennuksiin).

YOU-1

Opetus- ja urheilutoiminnan korttelialue.

- alueelle saa sijoittaa pihan ja sen alle pysäköintiä sekä huoltotiloja.

- piha on rakennettava siten, että sen kautta on järjestettävissä esteetön yhteys korttelissa 20811 tontilla 2 sijaitsevan Bunkkeri rakennuksen toiseen kerrokseen.

- pihalle on sijoitettava ympäristön melulta suojattuja katoksia ja rakennelmia.

KTY

Toimitilarakennusten korttelialue.

- rakennuksiin saa rakentaa tiloja myymälöitä, toimistoja, ympäristöhäiriötä aiheuttamatonta teollisuutta ja julkisia palveluja varten sekä lisäksi kokoontumis-, koulutus-, näyttely-, liikunta- ja vapaa-ajan sekä vastaa- van toiminnan tiloja.

- ensimmäisiin kerroksiin tulee sijoittaa liike-, myymälä-, näyttely- tai muita asiakaspalvelutiloja.

— ... — 3 metriä kaava-alueen rajan ulkopuolella oleva viiva.

———— Korttelin, korttelinosan ja alueen raja.

— · — · — Osa-alueen raja.

— — — Ohjeellinen alueen tai osa-alueen raja.

———— Ohjeellinen tontin raja.

— x — x — Risti merkinnän päällä osoittaa merkinnän poistamista.

20

Kaupunginosan numero.

20811

Korttelin numero.

5

Ohjeellinen tontin numero.

BUNKKERIN Kadun, katuaukion tai puiston nimi.

34500

Rakennusoikeus kerrosalaneliömetreinä.

+a4800

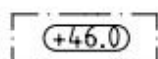
+a-merkitty luku osoittaa asunnoille sallitun rakennusoikeuden kerrosalaneliömetreinä. Sen saa rakentaa asemakaavassa korttelille osoitetun rakennusoikeuden lisäksi.

← m600

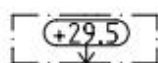
Luku osoittaa kerrosneliömetreinä kuinka paljon kadunvarsirakennuksen ensimmäisestä (I) kerroksesta vähintään on varattava lii- ke-, myymälä-, näyttely- tai muiksi asiakaspalvelutiloiksi.

IV

Roomalainen numero osoittaa rakennusten, rakennuksen tai sen osan suurimman sallitun kerrosluvun.



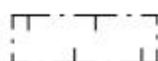
Rakennuksen vesikaton ylimmän kohdan korkeusasema.



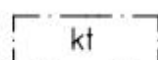
Rakennuksen julkisivupinnan ja vesikaton leikkauskohdan ylin korkeusasema.

+5.0

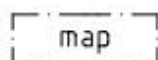
Maanpinnan likimääräinen korkeusasema.



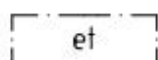
Rakennusala.



Katos.



Maanalainen pysäköintilaitos. Alueelle saa sijoittaa lisäksi muutoin maanpinnan alapuolelle rakennettavaksi sallittuja tiloja ja yhdyskuntateknisen huollon tiloja.



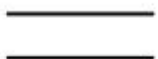
Alueen osa, jolle saa sijoittaa yhdyskuntateknisen huollon laitteita ja jätteen syväke-räysastioita.



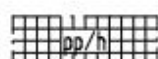
Maanalaisiin tiloihin johtava sijainniltaan ohjeellinen ajoluiska.



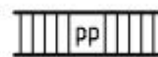
Nuoli osoittaa rakennusalan sen sivun, johon rakennus on rakennettava kiinni.



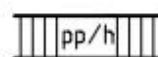
Katu.



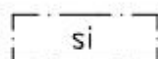
Jalankululle ja polkupyöräilylle varattu aukiona oleva katualueen osa, jolla huolto-ajo on sallittu.



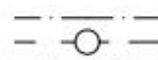
Jalankululle ja polkupyöräilylle varattu katu.



Yleiselle jalankululle ja polkupyöräilylle varattu katu, jolla huolto-ajo on sallittu.



Silta. Sillan rakenteiden tulee olla ilmeeltään keveitä ja huolellisesti viimeistelyä.



Maanalaista johtoa varten varattu alueen osa.

Jätehuoneet tulee sijoittaa rakennukseen tai pysäköintihalliin. Jätteen putkikuljetusjärjestelmän keräyspisteitä saa sijoittaa myös pihamaalle.

Katolle sijoitettavien teknisten tilojen ja laitteiden tulee sopia koko rakennuksen ulkonäköön.

Tuuligeneraattorien, aurinkopaneelien tai muiden vastaavien energian keräämien integroiminen rakennuksiin on sallittua.

Maantasokerroksen julkisivu ei saa antaa umpinaista vaikutelmaa.

Rakentamattomat tontinosat, joita ei käytetä leikki- tai oleskelualueina on istutettava puin ja pensain.

Ilmanvaihtolaitteiden meluntorjuntatarpeeseen tulee kiinnittää erityistä huomiota. Arvioinnissa tulee kiinnittää huomiota myös viereisiin asuinrakennusten- ja opetustoiminnan korttelialueisiin rakennettuihin tai suunniteltaviin pihoihin ja rakennuksiin. Jäteilmaa ei saa johtaa koulun tai asuntojen pihalle.

map- merkityissä pysäköintilaitoksissa tulee kansirakenteiden kantavuutta ja korkeustasoa määriteltäessä ottaa erityisesti huomioon pihan puuistutuksiin tarvittavan kasvualustan paksuus ja paino sekä pelastustoiminnan vaatimukset.

Maanalaisissa autohalleissa ei tarvitse rakentaa tontin rajaseiniä. Jos rajaseiniä ei rakenneta, tulee paloteknisiä ratkaisuja suunniteltaessa käsitellä korttelia yhtenä kokonaisuutena riittävän turvallisuustason saavuttamiseksi.

KTY-korttelialueen tonteille tulee varata kummallekin yksi vähintään 1,2m syvä, 1,8m leveä ja 2,2m korkea kadun suuntaan avautuva, ovelinen tila yhdyskuntateknisen huollon jakokaappeja varten.

Pilaantuneet maa-alueet on selvitettävä ja kunnostettava ennen rakentamiseen ryhtymistä.

KATUALUEITA KOSKEE LISÄKSI:

- julkiset ulkotilat rakennuksineen, rakenteineen ja kalusteineen on toteutettava kaupunkikuvallisesti korkeatasoisina, muotoilultaan ja materiaaleiltaan korkealaatuisina sekä aikaa kestävinä ja satamamiljööseen soveltuvina. Ympäristötaide on integroitava osaksi muuta julkisen ympäristön toiminnallisia ja rakenteellisia aiheita.

- kevyen liikenteen reitit on toteutettava esteettöminä kaikkien käyttäjäryhmien kannalta.

- katujen ja aukoiden pintamateriaalien on oltava laadukkaita, luonnonkiveä on käytettävä aukion pintamateriaalina sekä alueiden tai toimintojen rajauksissa.

- valaistuksen tulee edistää turvallisuuden tunnetta ja sopia kaupunkikuvaan. Valaisinkalusteen muotoilun ja valon värientoiston on oltava korkeatasoinen ja kantakaupungin kaupunkikuvaan sopiva.

TONTTIEN AUTOPAikkAMÄÄRÄYKSET:

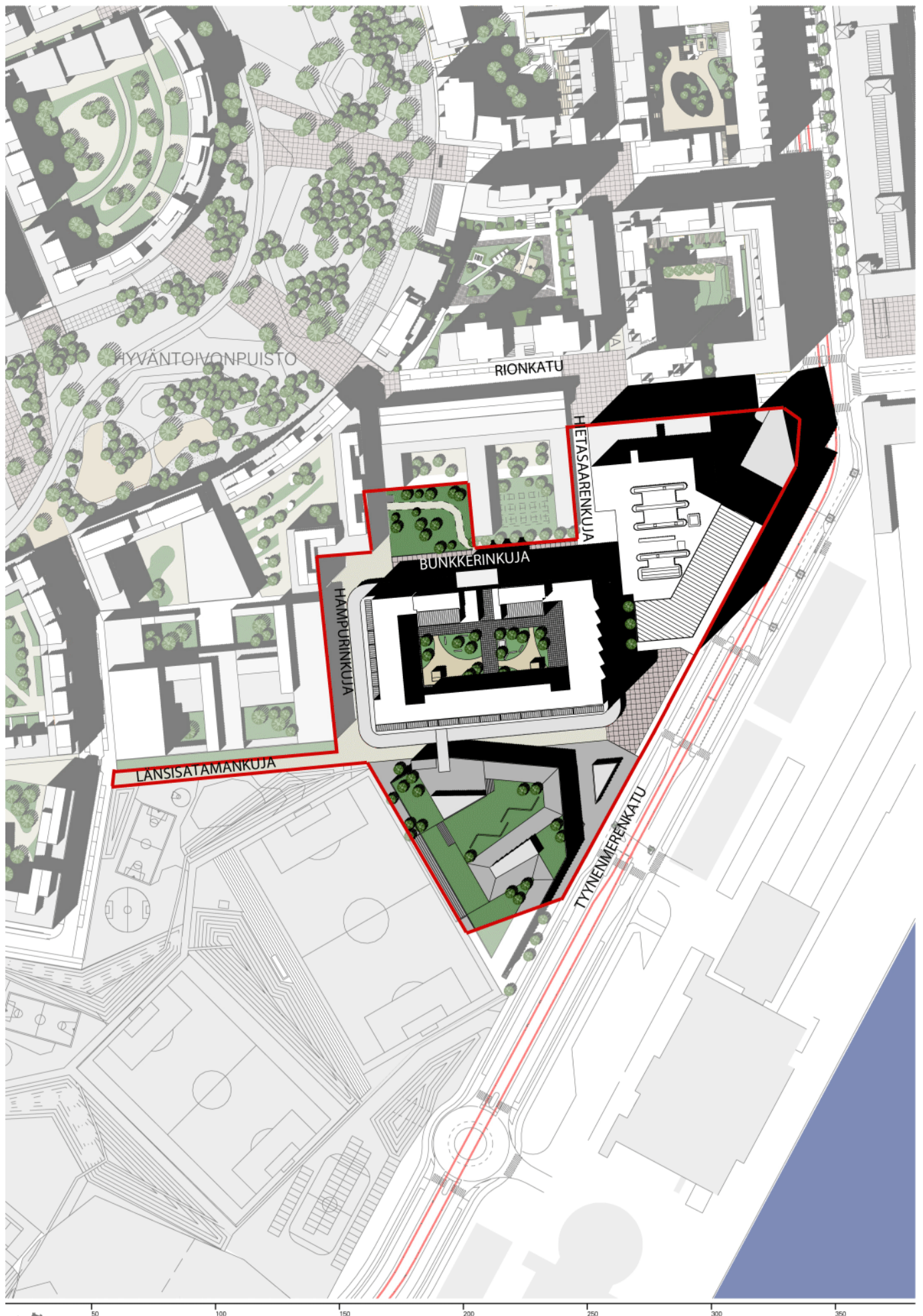
A-korttelialue	1 ap / asunto
Toimistot, enintään	1 ap / 350 k-m ²
Myymälät, enintään	1 ap / 120 k-m ²
Teollisuus, enintään	1 ap / 200 k-m ²
Koulut enintään	1 ap / 800 k-m ²

Sisäliikuntatilat enintään 1 ap / 100 k-m²

Muut julkiset tilat enintään 1 ap / 350 k-m²

- jokaista tonttia varten tulee osoittaa yksi pysäköintipaikka, joka on varattu liikuntaesteisille.

Tällä asemakaava-alueella korttelialueelle on laadittava erillinen tonttijako.

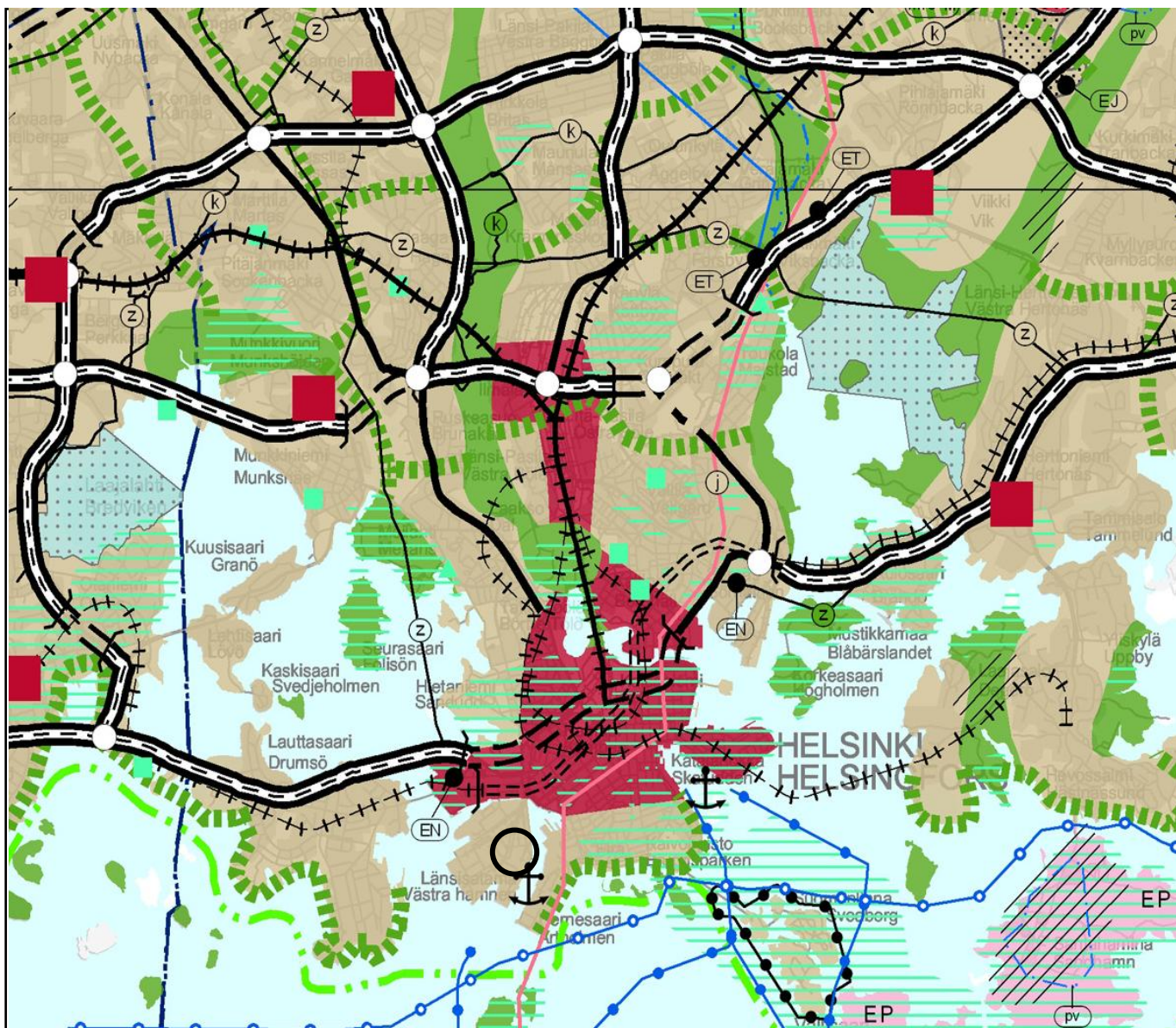


JÄTKÄSAARI, BUNKKERI JA NAAPURIKORTTELIT
ASEMAKAAVANMUUTOS
HAVAINNEKUVA
1:2000

4.12.2012

KAUPUNKISUUNNITELUVIRASTO
ASEMAKAAVAOSASTO
LÄNSISATAMAPROJEKTI





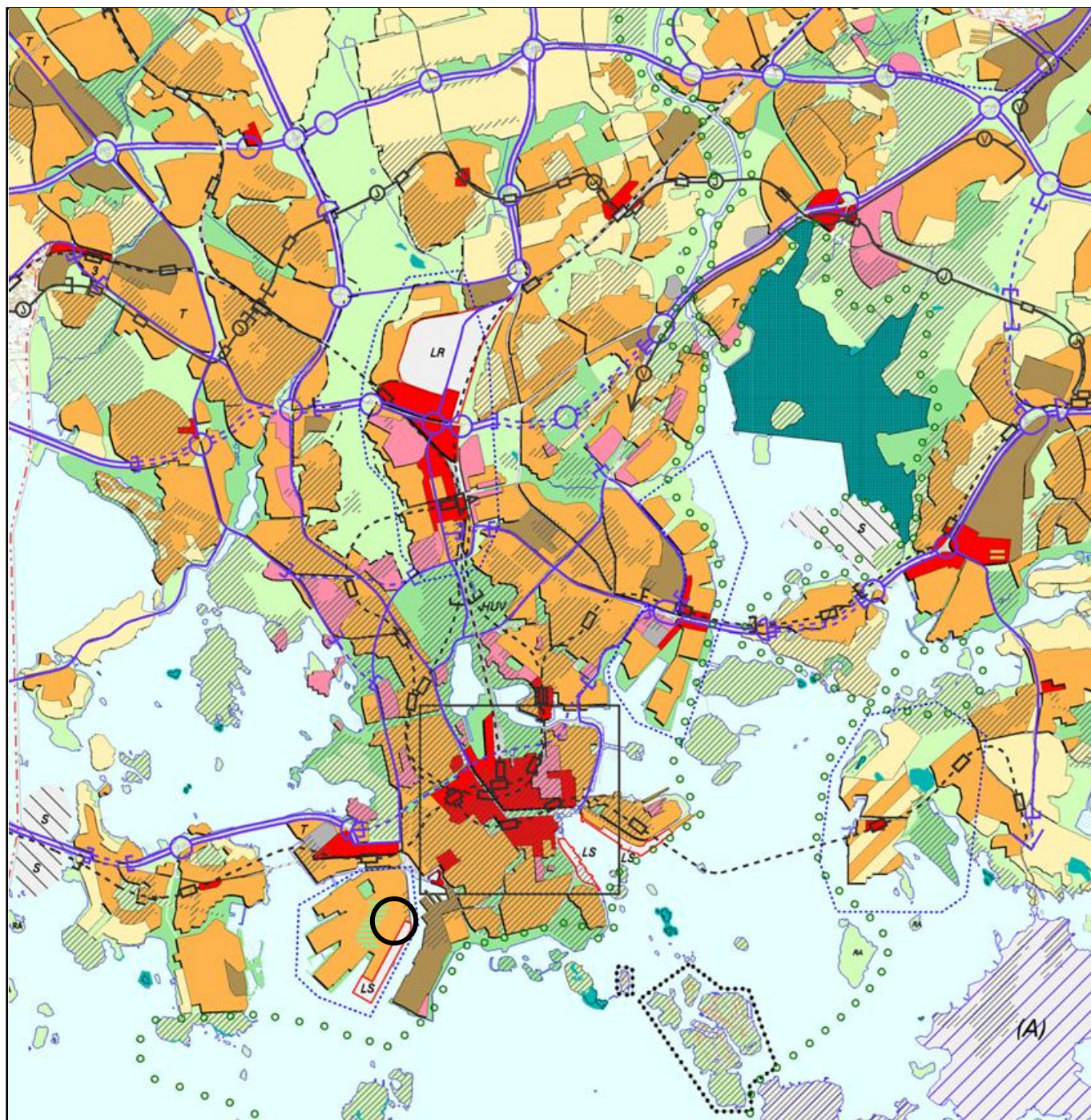
MERKINNÄT

	Taajamatoimintojen alue		Satama
	Keskustatoimintojen alue		Laivaväylä
	Virkistysalue		Veneväylä
	Viheryhteystarve		Liikennetunneli
	Luonnonsuojelualue		Liikenneväylän katkoviivamerkintä osoittaa vaihtoehtoisen ratkaisun tai ohjeellisen linjauksen
	Puolustusvoimien alue		400 kV voimalinja
	Energia- ja/tai jätehuoltoon varattu alue		Raakavesitunneli
	Yhdyskuntateknisen huollon alue		Jätevesitunneli
	Moottoriväylä		Pohjavesialue
	Valtatie/Kantatie		Natura 2000 verkostoon kuuluva tai ehdotettu alue
	Eritasoliittymä		Kulttuuriympäristön tai maiseman vaalimisen kannalta tärkeä alue, tie tai kohde
	Päärata		Valtakunnallisesti merkittävä muinaisjäännos
	Yhdysrata		UNESCO:n maailmanperintökohde
			Pääkaupunkiseudun rannikko- ja saaristovyöhyke -rajaus

Ote maakuntakaavasta

Jätkäsaaren talletusvarasto Bunkkeri ja naapurikorttelit
Liite kaavaan nro 12173





- KESKUSTATOIMINTOJEN ALUE
- KERROSTALOVALTAINEN ALUE, ASUMINEN/TOIMITILA
- T* Toimintalavaltaisena kehitettävä alue.
- PIENTALOVALTAINEN ALUE, ASUMINEN
- HALLINNON JA JULKISTEN PALVELUJEN ALUE
- TYÖPAIKKA-ALUE, TEOLLISUUS/TOIMISTO/SATAMA
- TEKNISEN HUOLLON ALUE
- KAUPUNKIPIISTO

HUV
EA Ympärivuotisena tiivioluona kehitettävä alue. Ekoasumisen kokeilualue.

- VIRKISTYSALUE
- Helsinki-puistona kehitettävä alue.
- LR* LIIKENNEALUE
- LS* SATAMA-ALUE
- SOTILASALUE
- (A)* Alue, joka muutetaan asunto- ja virkistys-alueeksi, jos yleiskaavakartalle osoitettu muu toiminta siirtyy alueelta pois.
- LUONNONSUOJELUALUE
- KULTTUURIHISTORIAALISESTI, RAKENNUS-
TAITEELLISESTI JA MAISEMAKULTTUURIN
KÄNNÄLTÄ MERKITTÄVÄ ALUE
- MAAILMANPERINTÖKOHDE

- VESIALUE
- KESKUSPUISTON ALUE
- SUUNNITTELUALUE
- SELVITYSALUE, JONKA MAANKÄYTTÖ
RATKAISTAAN YLEISKAAVALLA TAI
OSAYLEISKAAVALLA
- MOOTTORIKATU
- PÄÄKATU
- METRO TAI RAUTATIE ASEMIINEN
- JOUKKOJÄLKEKÄÄN KEHÄMÄINEN RUNKO-
LINJA ASEMIINEN (JOKERI, bussi tai raitiotie)
- PÄÄLIKENNEVERKON
MAANALAINEN OSUUS
- VIIRA, NOPEAN RAITIOTIEN VARAUS
- KÄVELYKESKUSTA

Ote yleiskaava 2002:sta

Jätkäsaaren talletusvarasto Bunkkeri ja naapurikorttelit

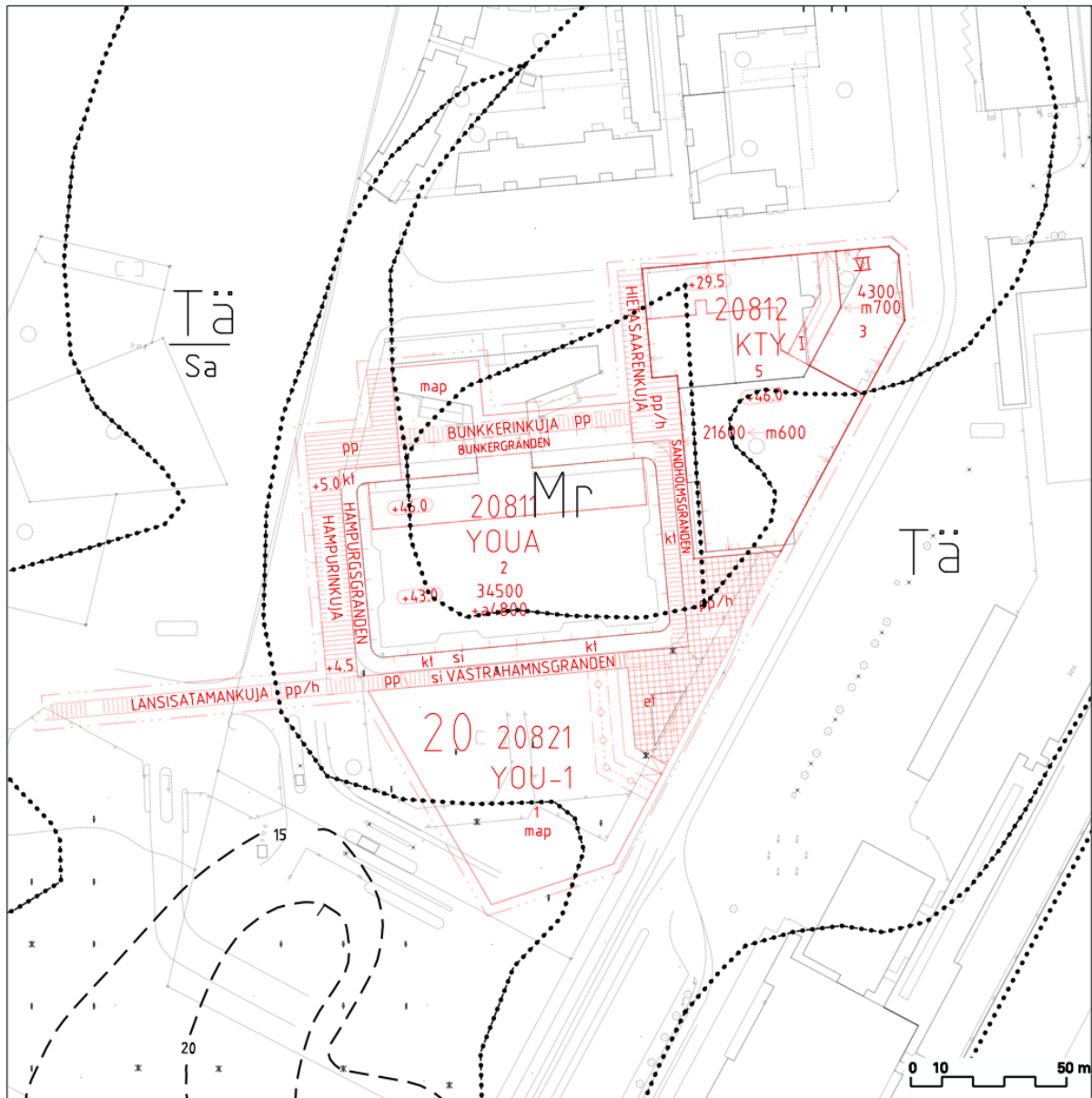
Liite kaavaan nro 12173





Ote Jätkäsaaren osayleiskaavasta Jätkäsaaren talletusvarasto Bunkkeri ja naapurikorttelit Liite kaavaan nro 12173





JÄTKÄSAAREN TALLETUSVARASTO BUNKKERI JA NAAPURIKORTTELIT

Maaperä

1 : 2000

..... MAALAJIALUEEN RAJA

—5— SAVEN ALAPINNAN ARVIOITU SYVYYS MAANPINNASTA

Mr MOREENIALUE, MAANKERROKSEN PAKSUUS YLI 1m

Tä TÄYTEALUE

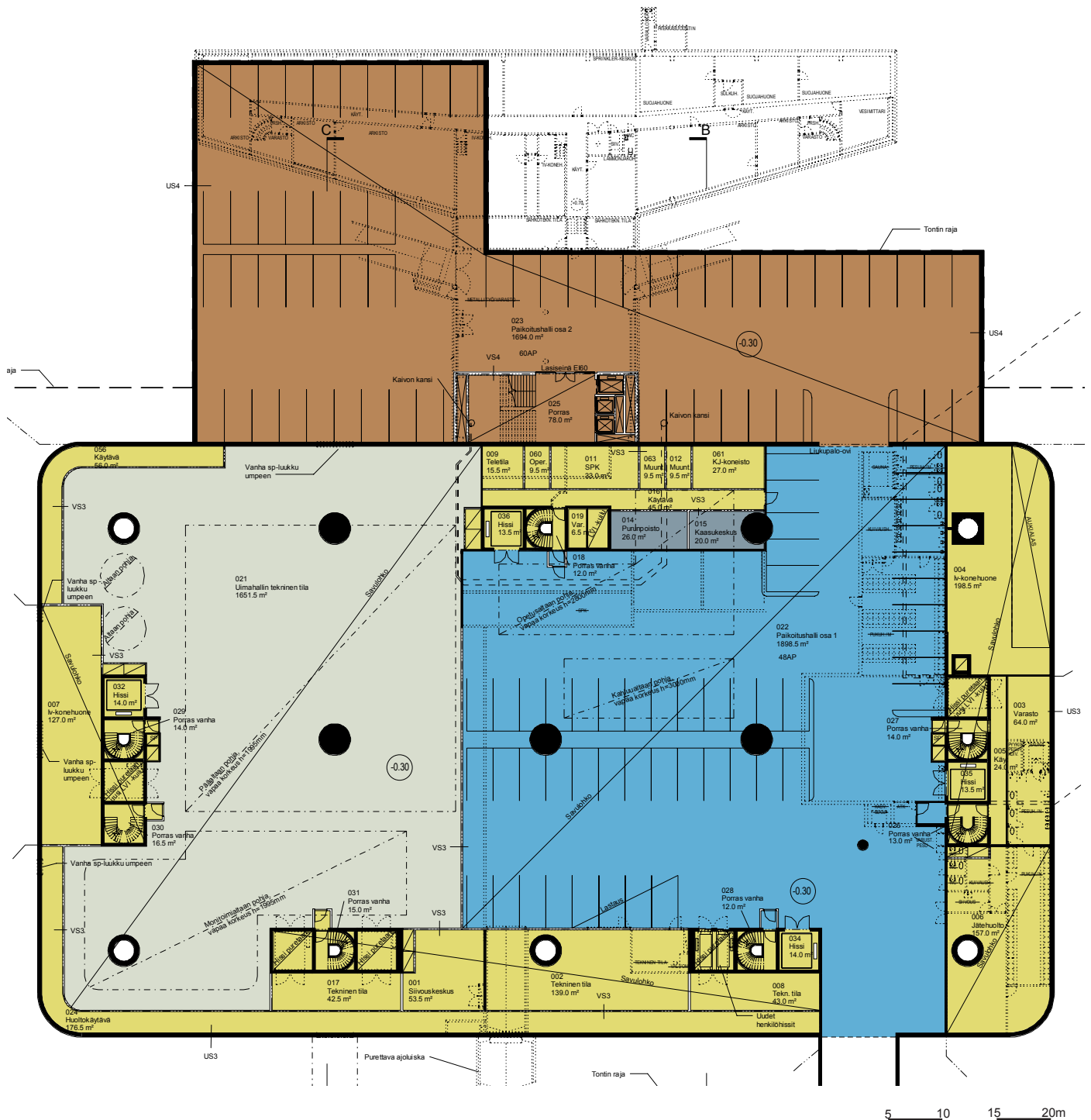
Tä
Sa TÄYTEALUE, TÄYTEKERROKSEN PAKSUUS YLI 3m



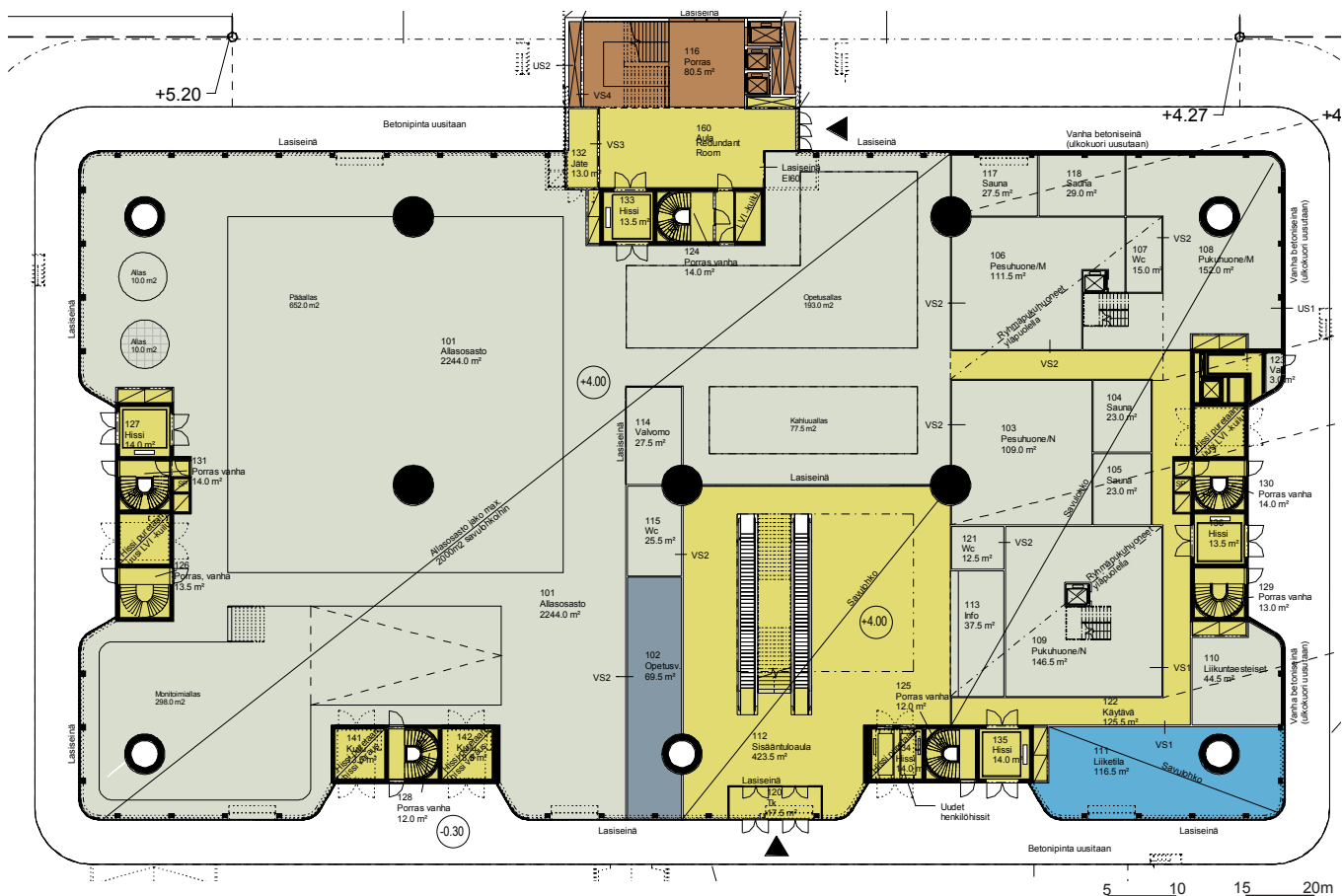
Näkymä Bunkkerin eteläpuolelta, liikuntapuistosta.



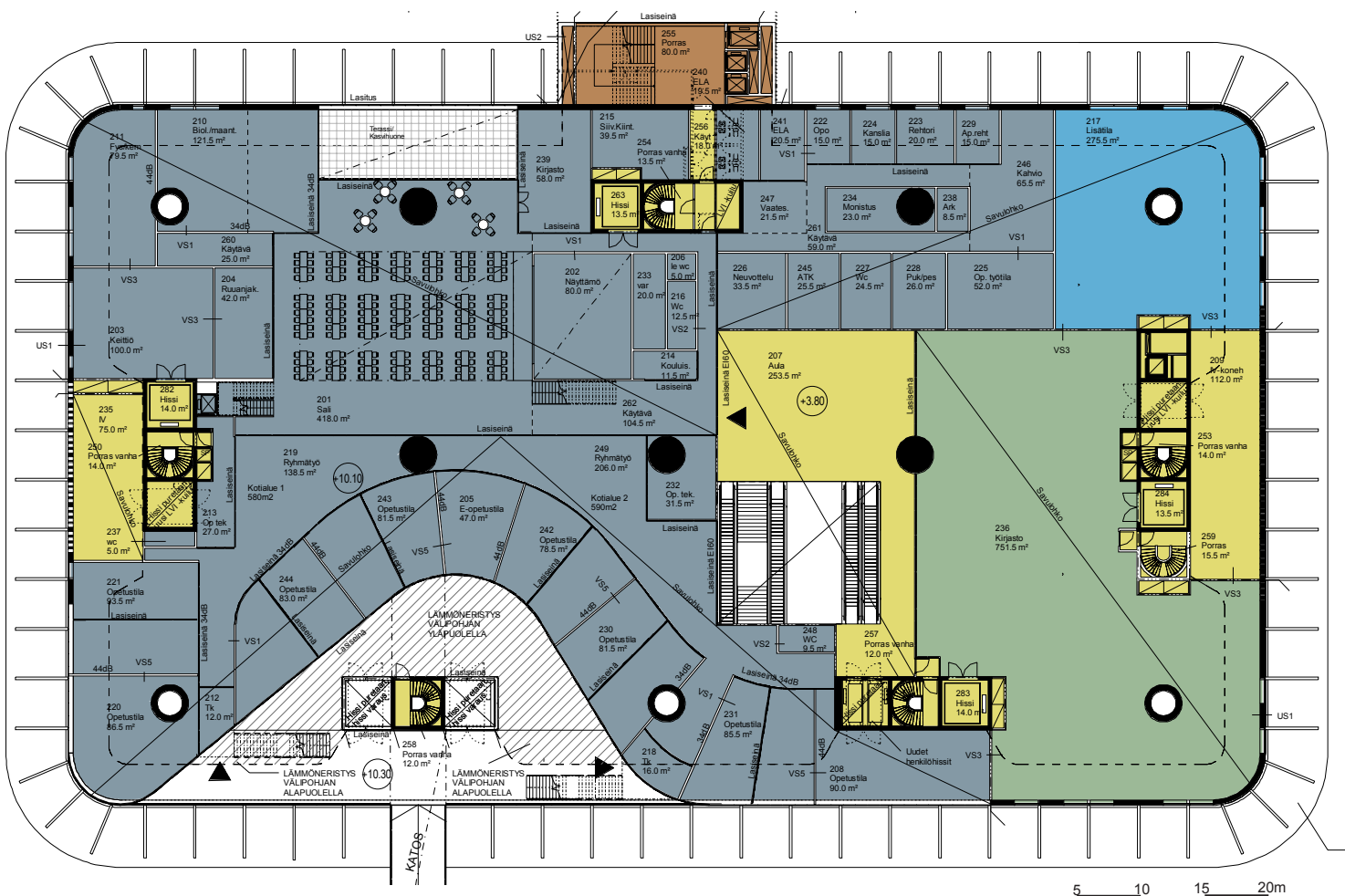
- Liiketila
- Liikuntavirasto
- Opetusvirasto
- Yhteiset tilat
- Asunnot
- Pihakansi/pysäköintilaitos
- Pihakansi/liikuntavirasto



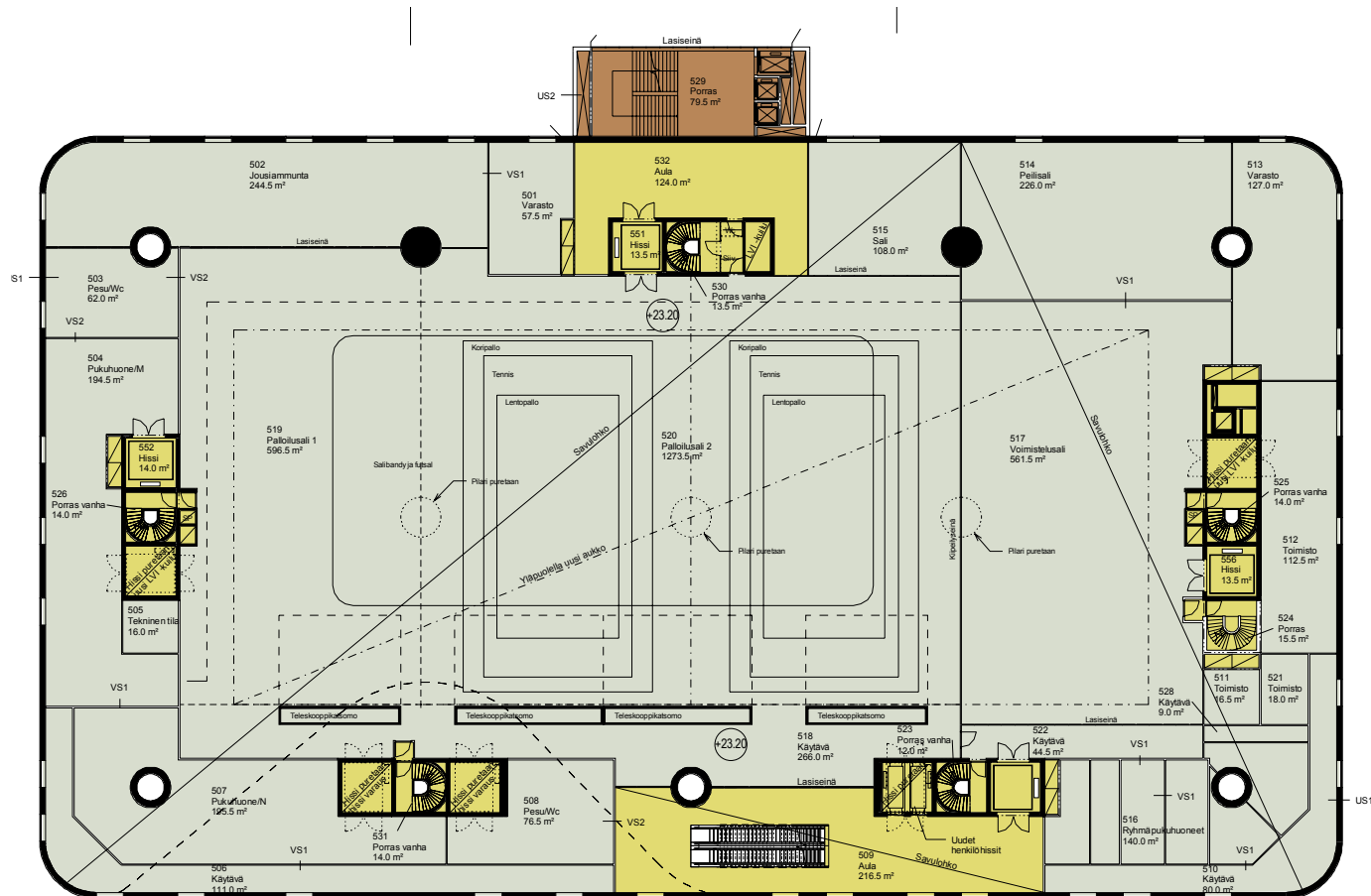
Bunkkeri, kellarikerros. Uimahallin tekniset tilat sekä Bunkkerin ja kattoasuntojen pysäköintiä.



Bunkkeri, maantasokerros. Uimahalli ja liiketila. Käynti kattoasuntoihin Bunkkerin pohjoissivulla.

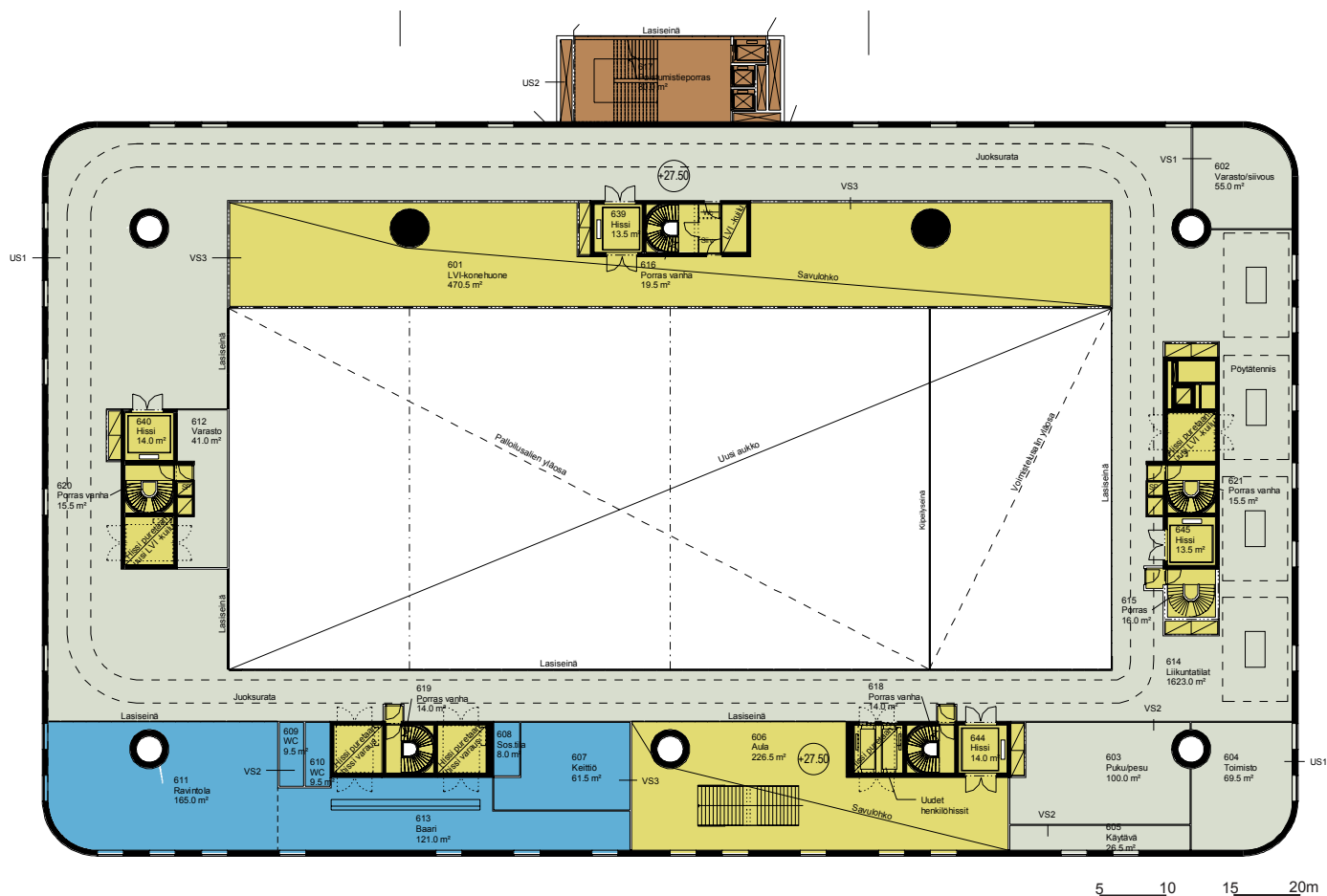


Bunkkeri, 2. kerros. Koulu, kirjasto ja liiketila.



Bunkkeri, 5. kerros. Liikuntakentät.

5 10 15 20m

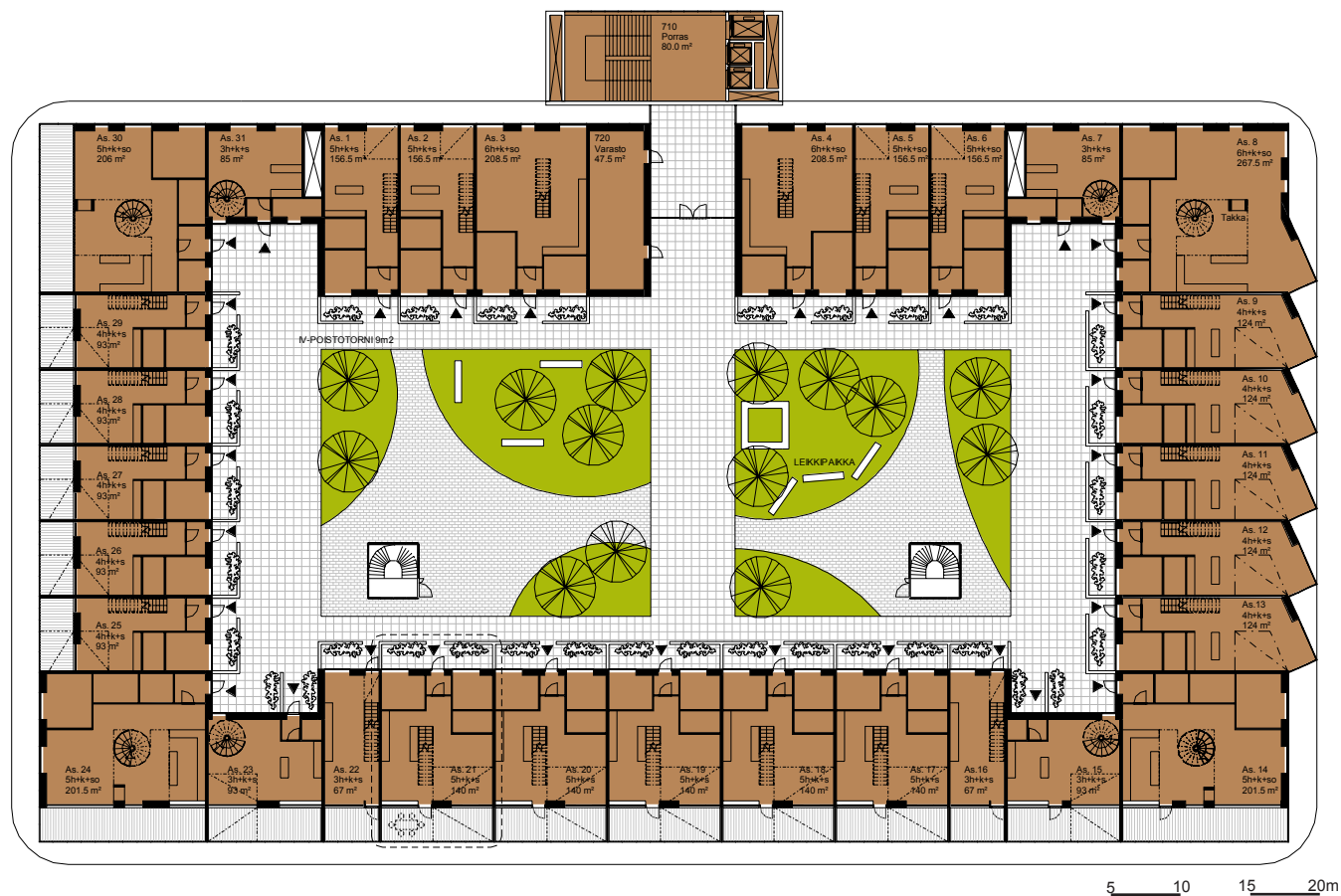


Bunkkeri, 6. kerros. Ravintola ja pienemmät liikuntatilat.

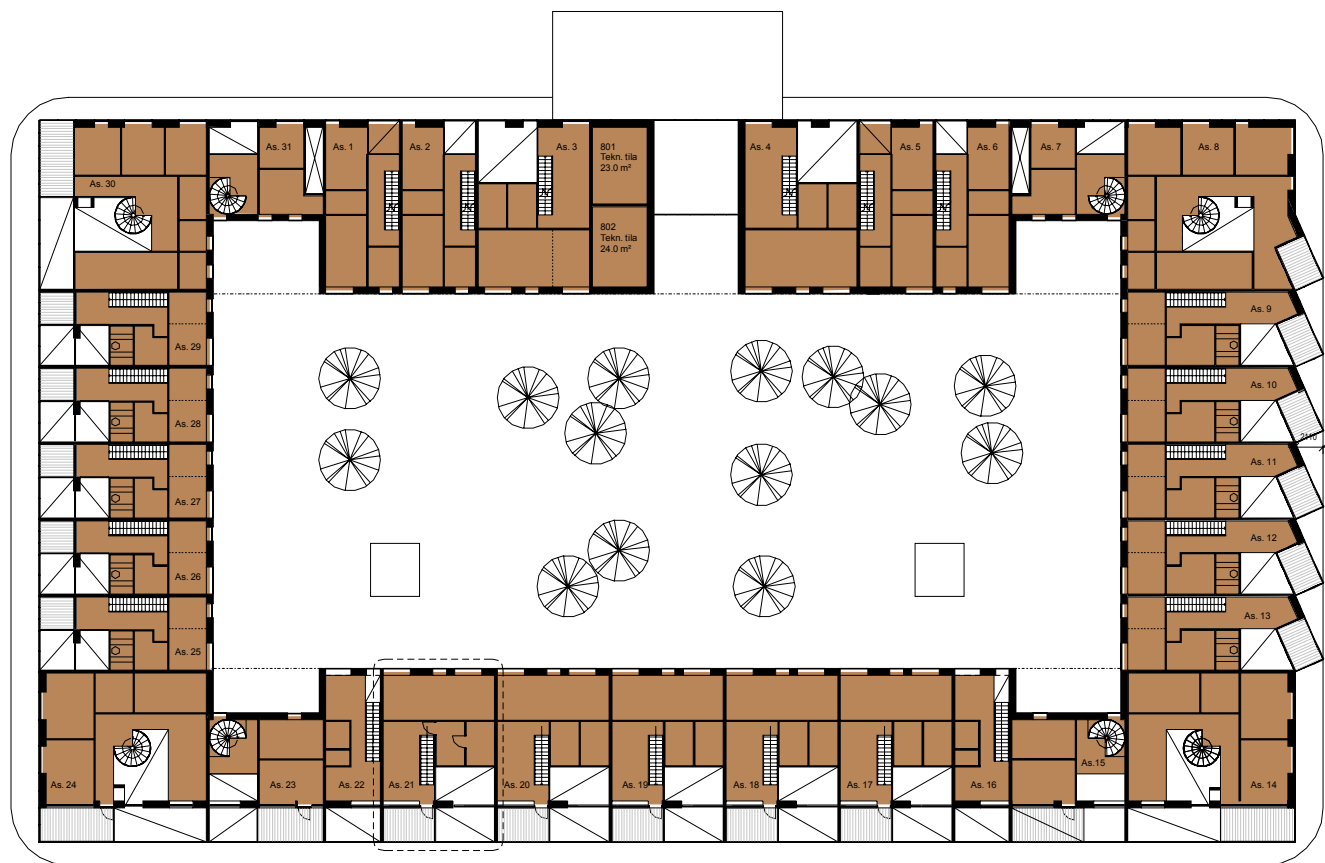
5 10 15 20m



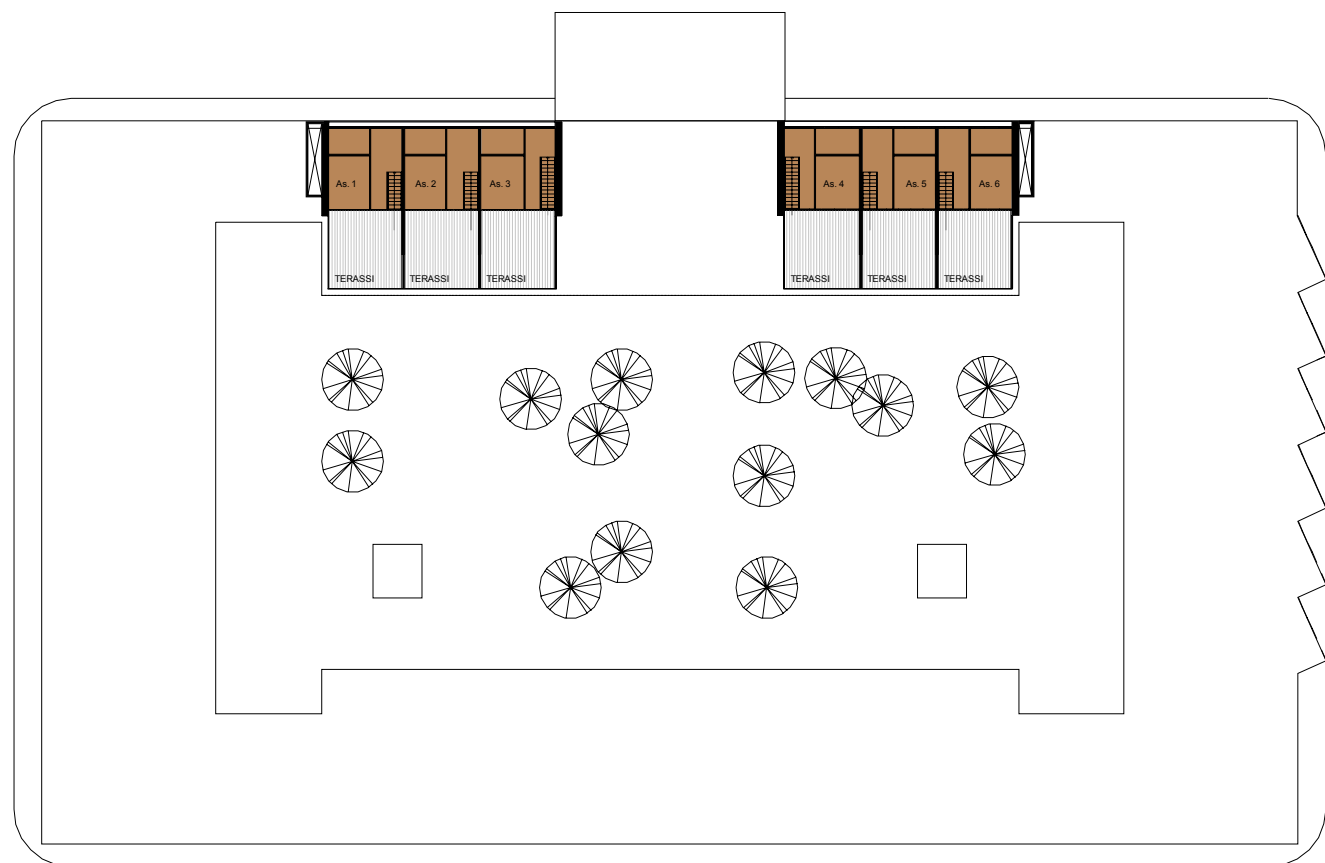
Bunkkeri, tekniset tilat 6. ja 7. kerroksen välissä.



Bunkkeri, 7. kerros. Townhouse-kortteli 1. kerros.



Bunkkeri, 8. kerros. Townhouse-kortteli 2. kerros.



Bunkkeri, 9. kerros. Townhouse-kortteli 3. kerros.



LÄNSISÄTAMAN BUNKKERI
Vaihtoehto 1

26.05.2011

Hankenumero: Tilakeskus /Kv
Hallintokunta: A. Korhonen / Tilakeskus
Kortteli/osoite: 50 379
BRM2: Suunnitelmien päiväys: E. Kaskela
RM3: Laatija:

Indeksit:	Kausi	RI	THI																
Tarveselvitys:	4/2011	102.9	154.3																
BRM2	Uimahalli	5. ja 6.krs	LIV	LIV	OPEV	OPEV	KIR	NK	PYSÄK.	KAHVILA	LIIKETILA	LIIKETILA	RAVINTOLA	PYSÄK.	LIIK.PUISTO	ASUNNOT	YHTEENSÄ	YHTEENSÄ	YHTEENSÄ
	7 534	9 629																	
Rakennustekniset työt																			
LVI-tekniset työt																			
Sähkötekniset työt																			
Taidehankinnat																			
Rakennuttajan kustannukset																			
Tilakeskuksen kustannukset																			
YHTEENSÄ	€	18 120 000	17 040 000	16 570 000	1 050 000	2 150 000	3 640 000	3 840 000	610 000	6160 000	880 000	5570 000	730 000	22 520 000	99 100 000	122 000 000			
YHTEENSÄ €/BRM2	2 405	1 770	2 043	0	1 916	1 814	1 355	1 523	1 401	1 288	1 685	2 192	2 639	1 967	2 422				

- 1) Bunkkerin osuus kustannuksista (sis.pysäköintilaitoksen) 75 950 000 € alv 0%
- 2) Asuntojen osuus kustannuksista 22 520 000 € alv 0%
- 3) Liikuntapuiston osuus kustannuksista 730 000 € alv 0%



Näkymä Bunkkerin pääsisäänkäynniltä.

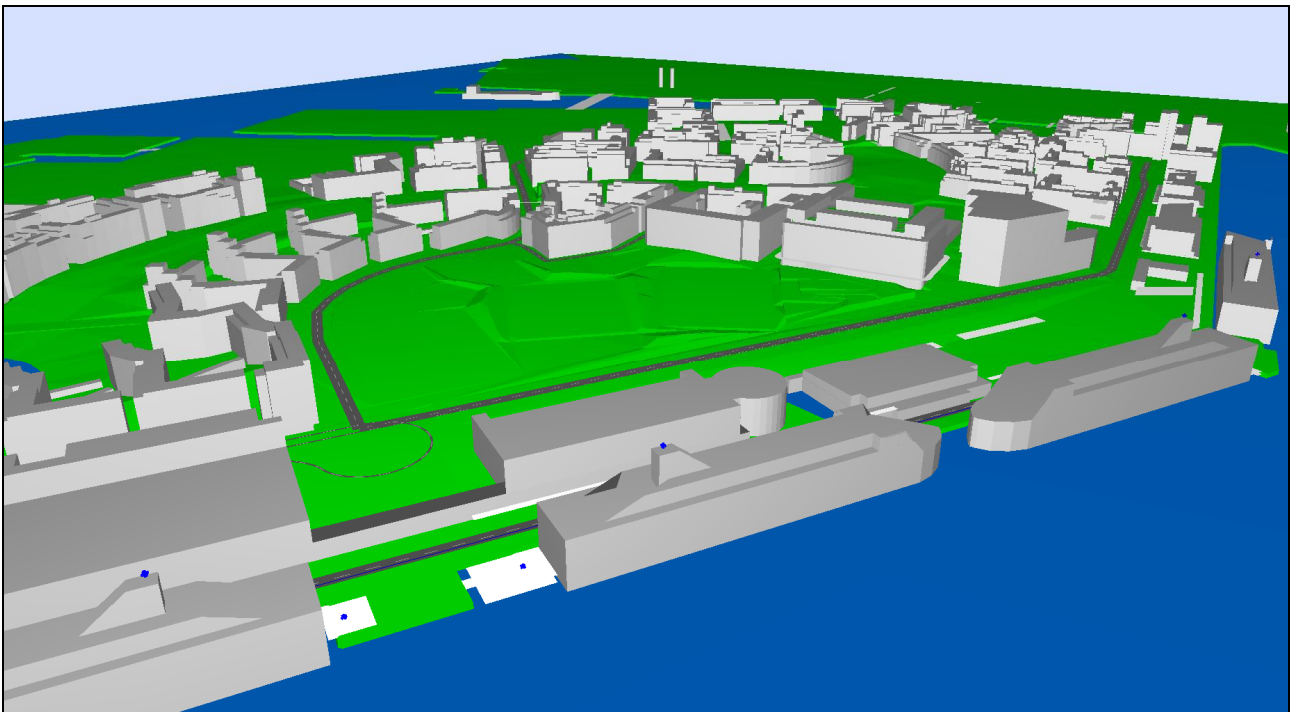
Helsingin kaupunki
Kaupunkisuunnitteluvirasto
Yleissuunnitteluosasto
Teknistaloudellinen toimisto

AKUKON 113019-1.1

Jätkäsaaren Bunkkeri

Ympäristömeluselvitys

Benoît Gouatarbès
Tapio Lahti
Liisa Kilpi
Timo Markula



DI Benoît Gouatarbès, DI Timo Markula, DI Liisa Kilpi
TkT Tapio Lahti / TL Akustiikka

29.6.2011

Jätkäsaaren Bunkkeri

Ympäristömeluselvitys

tilaaja: Helsingin kaupunki, kaupunkisuunnitteluvirasto, yleissuunnitteluosasto
tilaus: PM1172133, 22.2.2011
yhdyshenkilö: Matti Neuvonen

Tiivistelmä

Helsingin Jätkäsaaren ns. Bunkkerin alueelle ollaan suunnittelemassa lisärakentamista. Suunnittelualueeseen kuuluvat korttelit 20821 AK, 20811 YOUA, 20822 YO-1 ja liikuntapuisto. Nämä korttelit sijaitsevat n. 200 m etäisyydellä Länsisataman laitureista.

Bunkkerirakennukseen on suunnitteilla mm. koulu ja liikuntatiloja sekä Bunkkerin katolle pihallisia rivitaloja. Bunkkerin viereiseen kortteliin on suunnitteilla asuinkerrostalo ja eteläpuolelle koulun piha. Bunkkerin lounaispuolelle, Tyynenmeren- ja Länsisatamankadun väliselle alueelle, on suunnitteilla urheilukenttiä.

Tässä työssä selvitettiin satamatoiminnan sekä katu- ja raitiotieliikenteen aiheuttamaa melua ulko-oleskelualueilla ja rakennusten julkisivuilla mallilaskennan avulla.

Koulun pihalla lasketut päivän kokonaiskeskiäänitasot L_{Aeq} ovat n. 53...58 dB ja suurimmalla osalla pihaa n. 1-2 dB ohjearvoa (55 dB) suurempia. Ilman meluestettä sataman toiminta aiheuttaa ohjearvon ylityksen mutta katuliikenteen melu on suurimmalla osalla pihaa alle 55 dB. Ohjearvon ylitys johtuu siis pääosin laivoista, sillä niiden melulähteet ovat pääosin korkealla savupiippujen tasolla. Laivamelua ei ole mahdollista torjua realistisilla ratkaisuilla pihatasolla ilman merkittäviä muutoksia rakennusten ja pihojen sijoittelussa.

Liikuntapuistossa kokonaismelutaso alittaa 55 dB ohjearvon 50% alueelta ilman meluestettä. 2 m korkuisella melusteellä liikuntapuiston rajalla kokonaismelu alittaa suurimmalta osin 55 dB.

Julkisivuilta vaadittava A-äänitasoerotus laivamelua vastaan ΔL_{As} vaihtelee välillä 25...35 dB. Julkisivun eri rakenneosien äänieristyksen mitoitus on tehtävä ottaen huomioon laivamelun pienitaajuinen spektri. Tämä johtaa raskaampiin rakenteisiin kuin lukuarvoltaan samansuuruiset vaatimukset tieliikennemelulle. Laivamelun tapauksessa ei voida käyttää suoraan YM:n mitoitusopasta. Ikkunarakenteiden laivamelun äänieristyslukuun R_{As} ja edelleen eristävytyteen kohdistuvat vaatimukset lähinnä laitureita olevilla julkisivuilla tulevat olemaan poikkeksellisen suuria.

Sisällys

1	Johdanto	3
2	Laskentatilanteet	3
2.1	Rakentaminen	3
2.2	Melulähteet	3
2.2.1	Katuliikenne	3
2.2.2	Satama	4
3	Melutasojen laskenta	5
3.1	Laskentamallit ja maastomalli	5
3.2	Laskentasuureet ja -pisteet	5
4	Tulokset	6
5	Tulosten tarkastelu	7
5.1	Laivamelun erityispiirteet	7
5.2	Äänieristystavoitteet	7
5.3	Julkisivuihin kohdistuva melu	8
5.4	Rakenteiden ilmaäänieristysluvun mitoitus	8
5.5	Pihojen melu	9
6	Johtopäätökset	10
	Lähteet	10
Liite A1:	Koulun pihalle ja liikuntapuistoon kohdistuva melu ilman meluestettä, VE0 (päivä), tieliikenne	
Liite A2:	Koulun pihalle ja liikuntapuistoon kohdistuva melu ilman meluestettä, VE0 (päivä), tieliikenne ja laivat	
Liite B1:	Koulun pihalle ja liikuntapuistoon kohdistuva melu koulun pihan meluesteellä (3 m), VE1 (päivä), tieliikenne	
Liite B2:	Koulun pihalle ja liikuntapuistoon kohdistuva melu koulun pihan meluesteellä (3 m), VE1 (päivä), tieliikenne ja laivat	
Liite C1:	Koulun pihalle ja liikuntapuistoon kohdistuva melu koulun pihan (3 m) ja liikuntapuiston (2 m) meluesteellä, VE2 (päivä), tieliikenne	
Liite C2:	Koulun pihalle ja liikuntapuistoon kohdistuva melu koulun pihan (3 m) ja liikuntapuiston (2 m) meluesteellä, VE2 (päivä), tieliikenne ja laivat	
Liite D1:	Julkisivuihin ja bunkkerin katon pihaille kohdistuva melu ilman meluestettä, VE0 (päivä), tieliikenne	
Liite D2:	Julkisivuihin ja bunkkerin katon pihaille kohdistuva melu ilman meluestettä, VE0 (yö), tieliikenne	
Liite D3:	Julkisivuihin ja bunkkerin katon pihaille kohdistuva melu ilman meluestettä, VE0 (päivä), tieliikenne ja laivat	
Liite D4:	Julkisivuihin ja bunkkerin katon pihaille kohdistuva melu ilman meluestettä, VE0 (yö), tieliikenne ja laivat	
Liite D5:	Julkisivuihin ja bunkkerin katon pihaille kohdistuva melu ilman meluestettä, VE0 (päivä/yö), tieliikenne, 3D-näkymä	
Liite D6:	Julkisivuihin ja bunkkerin katon pihaille kohdistuva melu ilman meluestettä, VE0 (päivä/yö), tieliikenne ja laivat, 3D-näkymä	
Liite E	Suosittelavat vaatimukset A-äänitasoerolle ΔL_{As} laivamelua vastaan	

1 Johdanto

Helsingin Jätkäsaareen ns. Bunkkerin alueelle ollaan suunnittelemassa lisärakentamista. Suunnittelualueeseen kuuluvat korttelit 20821 AK, 20811 YOUA, 20822 YO-1 ja liikuntapuisto. Nämä korttelit sijaitsevat n. 200 m etäisyydellä Länsisataman laitureista. Bunkkeriin on suunnitteilla mm. koulu ja liikuntatiloja sekä sen katolle pihallisia rivitaloja. Viereiseen kortteliin 20821 AK on suunnitteilla asuinkerrostalo. Bunkkerin eteläpuolelle, kortteliin 20822 YO-1, on suunnitteilla koulun piha ja sen lounaispuolelle, Tyynenmeren- ja Länsisatamankadun välisellä alueella, liikuntapuisto.

Rakennuksiin ja pihoille kohdistuu melua katuliikenteestä (autot ja raitiovaunut) sekä satamatoiminnasta.

Tässä raportissa esitetään laskennallisesti määritetty rakennuksiin ja pihoihin kohdistuva melu ja toteuttamisedellytykset alueelle meluntorjunnan näkökulmasta. Alueella esiintyvä melu laskettiin käyttäen pohjoismaisia ympäristömelun laskentamalleja.

2 Laskentatilanteet

Maastomallin pohjana käytettiin Helsingin kaupungilta saatuja aineistoja (sähköpostit 25.3.2011 ja 21.3.2011).

Laskenta tehtiin kolmelle eri vaihtoehdolle:

- VE0** alkuperäinen tilanne, ei meluestettä,
- VE1** 3 m melueste koulun pihan reunassa Tyynenmerenkadun puolella,
- VE2** kuten VE1 ja lisäksi 2 m melueste liikuntapuiston reunassa Tyynenmeren- ja Länsisatamankadun puolella.

2.1 Rakentaminen

Selvitykseen sisältyvät Jätkäsaaren Bunkkerin alueen uudet rakennukset, kadut ja oleskelualueet vastaten kevään 2011 suunnittelutilannetta. Bunkkerin katolle on suunnitteilla rivitaloja, joiden väliin muodostuu sisäpiha. Bunkkerin eteen avoimeen ympäristöön on suunnitteilla koulun piha. Bunkkerin etelä- ja itäjulkisivulta sekä koulun pihalta ja liikuntapuistosta on suora näköyhteys Tyynenmerenkadulle sekä sataman Länsisatamanlaiturin tärkeimpiin melulähteisiin.

2.2 Melulähteet

2.2.1 Katuliikenne

Bunkkerin alueen merkittävimmät kadut ovat Tyynenmerenkatu ja Länsisatamakatu. Autoliikenteen ohella Tyynenmerenkadulle tulee raitiotieliikennettä.

Laskennassa käytetyt tieliikenteen tiedot (KAVL) ovat esitetty taulukossa 1. Jätkäsaarenlaiturin liikennemäärä arvioitiin laivojen maksimikapasiteetin perusteella. Se jää kuitenkin selvästi alle Tyynenmeren- ja Länsisatamankadun liikennemäärien. Bunkkerin lähialueen muiden katuosuuksien liikenne on merkityksetöntä julkisivuihin ja pihoihin kohdistuvan melun osalta.

Taulukko 1. Katujen autoliikenteen ennusteliikennemäärätiedot vuodelle 2030.

katu	vrk-liikenne	raskas-%	nopeus km/h
Tyynenmerenkatu	10 000	20	40
Länsisatamankatu	8 000	10	"
Hyväntoivonkatu *	500	2	30
Jätkäsaarenlaituri *	1 860	8	"

Liikenteen jakautumaksi päivän ja yön välillä oletettiin tavanomainen 90 % – 10 %.

* arvioitu

Raitiovaunuliikenteen määrän oletetaan olevan sama kuin nykyisellä linjalla 6. Vaunujen oletettiin vastaavan melupäästöiltään nykyisiä matalalattiavaunuja.

2.2.2 Satama

Länsisataman selvitysalueen lähimmät laiturit ovat LJ3–LJ6. Helsingin Satamalta saadun tiedon mukaan (sähköpostiviesti, Vuorivirta 11.2.2011) nykytilanteessa satama tarvitsee kaikki nykyiset laituripaikat LJ3–LJ6. Säännöllisimmin käytetyt paikat ovat LJ4 ja LJ6. Mutta mm. "Nordlandia" on kuluneen talven aikana yöpynyt laituripaikassa LJ3 joitakin kertoja. Sataman mukaan on myös mahdollista, että liikenteen muuttuessa laituripaikka LJ3 voi tulla uudestaan vakituiseenkin käyttöön.

Mallilaskennassa kaikkiin laitureihin (LJ3–LJ6) sijoitettiin melultaan keskimääräinen linjamatkustajalaiva, jonka spektri on esitetty kuvassa 1. Laivojen oletettiin olevan laitureissa päivällä 50% ajasta ja koko yön ajan. Päivän aikana on epätodennäköistä, että kaikki laivat ovat koko ajan laiturissa; 50% ajasta on todennäköisempi tilanne ja siten melun kannalta edustavampi. Laitureissa LJ3 ja LJ5 laivan oletettiin olevan keula pohjoiseen päin ja laitureissa LJ4 ja LJ6 etelään päin.

Laivan asennolla on hieman vaikutusta, sillä tyypillisesti laivan tärkeimmät melulähteet ovat takaosassa: savupiipussa tai sen läheisyydessä. Kun matkustajalaiva on laiturissa LJ3 keula pohjoiseen ja laiturissa LJ4 keula etelään, vakiolaivojen savupiiput ovat lähinnä bunkkerin kaakkoisnurkkaa. Näin ollen käytetty laivojen sijoittelu edustaa melun kannalta lievästi pahinta tapausta.

Toimistomme on mitannut Helsingin satamissa matkustajalaivojen melupäästöjä vuodesta 1997 lähtien. Kaikkiaan on mitattu 24 linjaliikenteen matkustajalaivaa, mm. kaikki 2000-luvulla Helsinkiin liikennöineet laivat. Lisäksi on mitattu 11 sattumanvaraista Helsingissä käynyttä risteilijää.

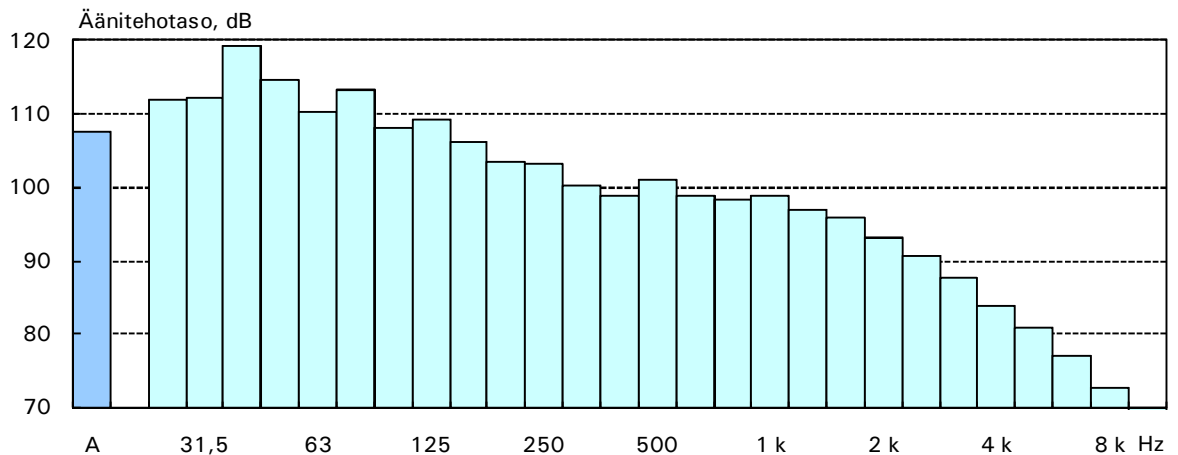
Kaikkien linjamatkustajalaivojen keskimääräinen melupäästö (energiakeskiarvona laskettu A-äänitehotaso L_{WA}) on ollut

$$L_{WA} = 108 \text{ dB}$$

Myös viime vuosina Helsinkiin säännöllisesti liikennöineiden laivojen keskiarvo on ollut sama 108 dB, eli uudemmat laivat eivät ole keskimäärin aikaisempia hiljaisempia.

Laivat käyttävät apukonettaan laiturissa ollessaan tuottaakseen käyttövoiman ilmanvaihtoon, lämmitykseen, valaistukseen jne. On kuitenkin huomattava, että mahdollinen siirtyminen maasähkön käyttöön tulevaisuudessa ei välttämättä vähennä laivojen melua juuri lainkaan. Suurella osalla matkustajalaivoista ja käytännössä kaikilla risteili-

jöillä merkittävimmät melulähteet liittyvät ilmanvaihtoon, ja ne ovat käynnissä käyttövoiman lähteestä riippumatta.



Kuva 1. Keskimääräisen matkustajalaivan melupäästö terssikaistoittain (painottamaton).

Laivojen apukonemelun lisäksi otettiin huomioon ramppikolina, joka syntyy laivan rampin kolahtaessa laiturin rakenteeseen autoneuvojen purun ja lastauksen aikana.

Laskennassa on otettu huomioon myös sataman työkoneet eli lähinnä vetomestarit, jotka liikuttelevat laivoissa kuljetettavia rekkojen perävaunuja Jätkäsaarenlaiturin alueella.

3 Melutasojen laskenta

3.1 Laskentamallit ja maastomalli

Selvityksessä käytettiin kahta yhteispohjoismaista ympäristömelun laskentamallia:

- katuliikenne: tieliikennemelun laskentamalli [1] sekä
- laivat ja satamatoiminta: teollisuuden ympäristömelun laskentamalli [2].

Meluvyöhykkeet laskettiin **Datakustik CADNA/A 4.1**-laskentaohjelmalla, joka sisältää käytetyt pohjoismaiset laskentamallit.

Mallilaskennan tarvitsemia lähtötietoja ovat laskettavan alueen maasto rakennuksiin sekä kunkin lähteen sijainti- ja päästötiedot.

Laskentaa varten selvitysalueesta laadittiin kolmiulotteinen akustinen maasto- ja melulähdemalli. Malli sisälsi nykyiset ja suunnitellut rakennukset, kadut, maaston muodot ja muut meluesteinä toimivat rakenteet sekä ääntä heijastavien tai absorboivien pintojen akustiset pehmeudet. Maastomalli muodostettiin CAD-kuvista, käyttäen lisäksi tukena havainnekuvia.

3.2 Laskentasuureet ja -pisteet

Laskentasuureena oli tavallinen A-keskiäänitaso L_{Aeq} päivän (klo 7–22) ja yön (klo 22–7) aikana. Tulokset eli lasketut melutasot esitetään kahdella eri tavalla: melutasokarttina piholla ja oleskelualueilla sekä julkisivuihin kohdistuvina melutasoina.

Melukarttojen äänitasot ovat kokonaismelutasoja siinä mielessä, että ne sisältävät kaikki heijastukset kovista pystypinnoista, kuten talojen ulkoseinistä. Tällainen laskentatulos edustaa ulkotilojen, kuten pihojen oleskelualueiden melua.

Kun arvioidaan asuinrakennuksen julkisivuun kohdistuvaa melutasoa ja mitoitetaan tarvittavaa äänieristystä, seinän itsensä heijastusta ei oteta huomioon. Myös julkisivuihin kohdistuvan melun ohjearvot ja eristyksen kaavamääräysten pohjana olevat ulkomelutasot koskevat melua, josta heijastuksen osuus on poistettu. Siten aivan seinän lähellä ohjearvoihin verrattava tai eristysmääräysten perustana oleva äänitaso on 3 dB pienempi, kuin mitä melukartat näyttävät. Sen sijaan julkisivujen laskentapisteidien tuloksissa äänitaso on suoraan kohdistuva taso.

Melukarttojen laskenta tehtiin käyttäen 2×2 m suuruisia laskentaruutuja. Laskentapisteen sijaitsivat tavalliseen tapaan 2 m korkeudella maanpinnasta. Bunkkerin katolla käytetty laskentaruutu oli 1×1 m ja laskentapisteen olivat 2 m korkeudella katon tasosta. Asuinrakennusten julkisivujen melutasojakautumat laskettiin siten, että laskentapistettä oli kunkin kerroksen korkeudella, vaakasuunnassa enintään 5 m välein.

Sekä melukarttojen että julkisivujakautumien tuloksista voidaan tarvittaessa eritellä eri osamelulähteiden osuudet kokonaismelutasoista.

4 Tulokset

Laskentatulokset on esitetty liitteissä A–D :

- Liitteet A1 ja A2: koulun pihalle ja liikuntapuistoon kohdistuva melu ilman meluestettä, VE0 (päivä); tieliikenne/tieliikenne ja laivat
- Liitteet B1 ja B2: koulun pihalle ja liikuntapuistoon kohdistuva melu koulun pihan melusteella (3 m), VE1 (päivä); tieliikenne/tieliikenne ja laivat
- Liitteet C1 ja C2: koulun pihalle ja liikuntapuistoon kohdistuva melu koulun pihan (3 m) ja liikuntapuiston (2 m) melusteella, VE2 (päivä); tieliikenne/tieliikenne ja laivat
- Liitteet D1 ja D2 : julkisivuihin ja Bunkkerin katon sisäpihalle kohdistuva melu ilman meluestettä, VE0 (päivä/yö); tieliikenne
- Liitteet D3 ja D4 : julkisivuihin ja Bunkkerin katon sisäpihalle kohdistuva melu ilman meluestettä, VE0 (päivä/yö); tieliikenne ja laivat

Laskentatulokset yhdellä luvulla ilmaistuna on esitetty taulukossa 2. Luvut ovat kussakin osassa esiintyvät suurimmat melutasot.

Taulukko 2. Suurimmat kokonaiskeskiäänitason L_{Aeq} (sis. katuliikenne ja laivat) laskentatulokset piholla ja julkisivuilla [päivä/yö, dB].

Kortteli ja laskentatilanne	piha	js etelä/itä	js muut
Bunkkeri (20811 YOA)			
VE0: ei meluestettä	44–55 / 42–50	64 / 60	≤ 60 / ≤ 56
20821 AK			
VE0: ei meluestettä	–	58 / 54	≤ 55 / ≤ 50
Koulun piha (20822 YO-1)			
VE0: ei meluestettä	57–67 / –	–	–
VE1: melueste + 3 m	53–58 / –	–	–
Liikuntapuisto			
VE0: ei meluestettä	52–68 / –	–	–
VE2: melueste + 2 m	50–61 / –	–	–

5 Tulosten tarkastelu

5.1 Laivamelun erityispiirteet

Matkustajalaivojen melu saattaa aiheuttaa ongelmia lähimpien asuinrakennusten sataman puoleisten julkisivujen kohdalla. Äänieristyksen kannalta haastavinta on, että laivamelun spektrin muoto poikkeaa tuntuvasti muiden tavallisten ympäristömelun lajiin, kuten auto-, juna- ja lentoliikenteen melun spektreistä.

Laivamelu on erityisen pienitaajuisia. Pienitaajuisen melun aiheuttaa laivojen apukone, joka on käynnissä koko satamassa oleskelun ajan. Apukone on pääkonetta pienempi mutta kuitenkin suhteellisen suuri dieselmoottori, jonka voimalla tuotetaan laivan satamassa tarvitsema sähkö, mm. lämmitystä, valaistusta ja ilmanvaihtoa varten. Apukone sijaitsee laivan konehuoneessa ja sen melu tulee suurimmaksi osaksi ulos pako-putken suusta, joka yleensä sijaitsee savupiipun huipulla.

Matala eli pienitaajuinen melu on erityisen hankalaa siksi, että rakennusten julkisivut eristävät sitä selvästi huonommin kuin esim. tavallista tieliikennemelua. Toinen melun haitallisuutta korostava seikka on, että laivojen apukoneen melu sisältää tyypillisesti vain yhtä tai muutamaa yksittäistä taajuutta eli se on luonteeltaan kapeakaistaista. Tällaista melua pidetään häiritsevämpänä kuin tavallista spektriltään tasaisempaa melua.

5.2 Äänieristystavoitteet

Ympäristömelun yleiset ohjearvot sisällä varsinaisissa asuinhuoneissa (mm. olo- ja makuuhuone) ovat päivällä 35 dB ja yöllä 30 dB [3]. STM:n asumisterveysohjeessa on lisäksi erikseen annettu yöaikaiselle musiikkimelulle ohjearvoksi 25 dB [4]. Opetus- ja kokoontumistiloille päiväajan ohjearvo on 35 dB.

Musiikkimelun tiukempaa ohjearvoa perustellaan sillä, että asuntoihin kuuluva ja terveyshaittaa aiheuttava musiikkimelu on yleensä pienitaajuisia melua. Tämä johtuu kahdesta syystä: sähköisesti vahvistetussa musiikissa on tavallisesti voimakas pienitaajuinen osuus ja rakennusten äänieristys on pienillä taajuuksilla heikompi kuin keski- ja korkeitaajuuksilla. Tämän lisäksi pienitaajuisen melun katsotaan olevan häiritsevämpää

kuin "tavallinen" melu, esimerkiksi silloin, kun se on kapeakaistaista. Musiikkimelun ominaisuudet muistuttavat siten monessa suhteessa tässä käsiteltävää laivojen melua.

Jätkäsaaren aikaisemman meluselvityksen raportissa [5] päädyttiin siihen, että näiden melujen periaatteellisen samankaltaisuuden perusteella myös laivojen melun haitallisuutta on syytä arvioida käyttäen tiukennettua ohjearvoa **25 dB**.

Voitaisiin ajatella yhtä hyvin, että 25 dB ohjearvo vastaa 5 dB kapeakaistakorjauksella kiristettyä tavallista ohjearvoa. Asumisterveysohjeessakin todetaan, että jos musiikkimelulle käytetään tätä tiukempaa ohjearvoa, siihen ei enää erikseen käytetä kapeakaista- tai impulssikorjausta.

Kaavoituksessa esitettävä äänieristysvaatimus määritellään julkisivuun kohdistuvan melun A-äänitason ja sisämelun A-äänitason tavoitearvon erotuksena. Tarkemmin A-äänitasoerotus ΔL_A edustaa äänieristystä nimettyä ympäristömelun lajia, kuten tieliikennemelua vastaan.

Kohteissa, joissa laivojen melu on otettava erityisesti huomioon, voidaan määrittää "äänieristys laivamelua vastaan"

$$\Delta L_{As} = \Delta L_A + 5 \text{ dB}$$

jossa ΔL_A on tavalliseen tapaan, tavalliseen sisämelun ohjearvoon perustuva äänieristysvaatimus ja 5 dB seuraa edellä esitetystä sisämelun tiukemmasta ohjearvosta. Tunnuksen alaindeksin kirjaimen "s" voidaan tulkita tulevan vaikkapa sanoista "satama" tai "ship".

5.3 Julkisivuihin kohdistuva melu

Bunkkeri-rakennuksen etelä- ja itäjulkisivuilla lasketut A-keskiäänitasot L_{Aeq} ovat suurimmillaan 64 dB päivällä ja 60 dB yöllä. Bunkkerin katolla olevan idänpuoleisen rivitalon kohdalla A-keskiäänitasot ovat suurimmillaan 63 dB päivällä ja 60 dB yöllä. Bunkkeri-rakennuksen muilla julkisivuilla, joista ei ole suoraa näköyhteyttä laivojen melulähteisiin eikä kaduille, melutasot ovat selvästi pienempiä. Päivän aikana tieliikennemelu on suurempi kuin pelkkä laivamelu, mutta yöllä laivamelu hallitsee. Syy siihen on, että yön katuliikenne on 10% vuorokausimäärästä ja lisäksi yöllä oletettiin kaikkien laivojen olevan laiturissa jatkuvasti; päivällä oletettiin laivojen olevan laiturissa vain puolet ajasta.

Korttelin 20821 asuinrakennusten etelä- ja itäjulkisivuilla A-keskiäänitasot ovat enintään 58 dB päivällä ja 54 dB yöllä.

5.4 Rakenteiden ilmaäänieristysluvun mitoitus

Äänieristystavoite tai -vaatimus ΔL_A ei vielä kerro, minkälainen rakenne on äänieristykseltään riittävä, koska toteutuva A-äänitasoerotus ei ole pelkästään rakenteen äänieristyksen ominaisuus vaan ulkomelun ja rakenteen yhteinen ominaisuus. Rakenteen eristysominaisuuksia edustaa *ilmaäänieristysluku* R_A , joka on eri käsite ja eri suure kuin äänitasoero ΔL_A . Myös niiden lukuarvot ovat erisuuria.

Seuraava hankaluus on, että julkisivurakenteiden suunnittelussa laivojen melulle ei voida käyttää tavanomaista tieliikennemelulle pätevää ilmaäänieristyslukua R_{Atr} ($= R_w + C_{tr}$), koska se perustuu tyypilliseen katuliikenteen melun spektriin. Aikaisemmassa

selvityksessä [5] muodostettiin erityinen laivamelulle pätevä ilmaäänieristysluku R_{As} . Luvun laskentaa on tämän projektin yhteydessä hieman täsmennetty; tarkempi kuvaus sen taustasta ja laskentamenettelystä on esitetty rinnakkaisraportissa [113019-2].

YM:n mitoitusopas [6] ei ota huomioon laivamelun pienitaajuisia spektriä. Toimistomme aiemmat laivamelueristysten laskelmat osoittavat, että laivamelun eristysluvun R_{As} lukuarvo on usein noin 6 dB pienempi kuin tavallisen liikennemelun eristysluvun R_{Atr} . Tämä tarkoittaa sitä, että rakenneyhdistelmän tieliikennemelun äänieristysluvun R_{Atr} on oltava vähintään 6 dB suurempi kuin laivamelun eristysluvun R_{As} vaatimus. Esimerkiksi jos vaadittava R_{As} on 40 dB, sopiva rakenne on sellainen, jonka $R_{Atr} \geq 46$ dB.

Julkisivun äänieristysten mitoitus on tehtävä huonetilakohtaisesti ja tulokset voivat vaihdella suuresti riippuen vaadittavasta A-äänitasoerosta eli julkisivuun kohdistuvasta melutasosta ja sisätilan käyttötarkoituksesta. Ulkoseinien ja ikkunarakenteiden todellista äänieristystä on verrattava vaatimukseen suunnitelmien myöhemmässä vaiheessa. Liitteessä E on esitetty suositellut vähimmäisarvot A-äänitasoerotukselle laivamelua vastaan ΔL_{As} eri julkisivuilla. Laivamelun äänitasoerotuksen ΔL_{As} arvot perustuvat yöajan julkisivuihin kohdistuvien melutasojen ja asuintilan yöaikaisen sallitun tason 25 dB erotukseen. Bunkkerin nykyisen rakennuksen osalta sisätilan vaatimuksena käytettiin koulun päiväajan ohjearvoa 35 dB. ΔL_{As} vaihtelee eri julkisivuilla välillä 25 ... 35 dB. Suurin ΔL_{As} esiintyy Bunkkeri-rakennuksen päällä olevien rivitalojen kaakoisnurkassa.

Vaikka päivän aikana tieliikennemelu on suurempi kuin laivamelu, on syytä tehdä julkisivuäänieristysten mitoitus nimenomaan laivamelua vastaan käyttäen ΔL_{As} , koska laivamelun pienitaajuisuus on mahdollisesti eroteltava tieliikennemelusta.

5.5 Pihojen melu

Valtioneuvoston päätöksen 993/1992 mukaiset ohjearvot asumiseen käytettävillä alueilla ovat 55 dB päivällä ja 50 dB yöllä [3]. Suunnittelualue on tulkittu valtioneuvoston päätöksen mukaiseksi vanhaksi alueeksi mm. alueen nykyisen melutason ja sijainnin perusteella.

Koulun pihalla kokonaismelutaso on päivällä n. 57...67 dB ilman meluestettä, eli melu ylittää selvästi ohjearvon 55 dB. Tieliikenteestä aiheutuvat melutasot ovat n. 47...57 dB. Pihan reunaan sijoitettavalla 3 m korkuisella meluesteellä kokonaismelutaso on 53...58 dB. Melu siis ylittää vielä 55 dB ohjearvon mutta suurimmalla osalla pihaa se ylittää ohjearvon vain 1-2 dB:lla. Meluesteen avulla Tyynenmerenkadun tieliikenne saadaan hyvin vaimennetuksi, mutta laivojen korkealla sijaitseviin melulähteisiin este on lähes tehoton suurimmalla osalla pihaa.

Liikuntapuistossa kokonaismelutaso alittaa 55 dB n. 50% alueelta ilman meluestettä. 2 m korkuisella meluesteellä liikuntapuiston rajalla kokonaismelutaso alittaa 55 dB suurimmalta osin ja ylittää ohjearvon n. 3-4dB verran vain tontin rajoilla.

Bunkkerin katon pihalla tilanne sen sijaan on melun kannalta edullisempi rakennusten aiheuttaman äänivarjon vuoksi. Päiväajan melutaso on 44...55 dB ja yöajan 42...50 dB suurimmalla osalla Bunkkerin kattoa. Vain rivitalojen välisten aukkojen kohdalla ohjearvot hieman ylittyvät, sillä laskennassa aukot jätettiin avoimiksi. "Solissa" olevilla umpinaisilla rakenteilla melu koko Bunkkerin katolla jäisi alle ohjearvojen 55/50 dB.

6 Johtopäätökset

Koulun pihalla päiväajan kokonaismelu ylittää melko selvästi ohjearvon 55 dB ilman meluestettä. Kun pihan itäreunassa on 3 m korkea melueste, kokonaismelutaso on 53...58 dB, suurimmalta osin n. 1–2 dB ohjearvoa suurempi. Liikuntapuistossa kokonaismelutaso alittaa 55 dB suurimmalta osin 2 m korkuisella meluesteellä liikuntapuiston rajalla.

Bunkkerin katolle suunniteltujen rivitalojen sisäpihalla ohjearvot alittuvat sekä päivällä että yöllä lähes koko katon alueella. Kapeiden solien kohdalla ohjearvot ylittyvät lievästi, mutta torjunta on mahdollista esim. umpinaisten lasiseinien avulla.

Julkisivujen A-äänitasoerotus laivamelua vastaan ΔL_{As} vaihtelee välillä 25...35 dB. Julkisivun eri rakenneosien äänieristyksen mitoitus on tehtävä ottaen huomioon laivamelun pienitaajuinen spektri. YM:n mitoitusopasta ei voida käyttää sellaisenaan.

Ikkunarakenteiden äänieristysvaatimukset ovat joillain kohdin poikkeuksellisen suuria. Nykkisääntönä voidaan käyttää, että tavallisen liikennemelun eristysluvun R_{Atr} ($= R_w + C_{tr}$) on oltava vähintään 6 dB suurempi kuin laivamelun eristysluvun R_{As} vaatimus. Esimerkiksi jos vaadittava R_{As} on 40 dB, sopivan rakenteen $R_{Atr} \geq 46$ dB. Tarkemmat vaatimukset selvitetään mitoituksessa, mutta joiltakin valmistajilta löytyy ikkunarakenteita joiden äänieristysarvot voivat täyttää tämän kohteen vaatimukset. Mitoituksessa laskettu R_{Atr} sopii laivamelua vastaan mikäli laivan pienitaajuisista spektriä käytetään.

Lähteet

1. Tieliikennemelun laskentamalli. *Ohje 6/1993*. Ympäristöministeriö, Helsinki 1993.
2. KRAGH J, ANDERSEN B & JACOBSEN J, Environmental noise from industrial plants. General prediction method. *Danish Acoustical Laboratory, report 32*. Lyngby 1982. 54 s. + liitt. 35 s.
3. Valtioneuvoston päätös melutason ohjearvoista (993/92). Helsinki 1992.
4. Asumisterveysohje. Asuntojen ja muiden oleskelutilojen fysikaaliset, kemialliset ja mikrobiologiset tekijät. *Sosiaali- ja terveysministeriön oppaita 2003:1*. Helsinki 2003.
5. LAHTI T & PELTONEN T, Jätkäsaaren aloitusalue, asemakaavan muutos. Laivamelun äänieristysluku ja eristyksen arviointimenettely. *AKUKON 2110-3*. Helsinki, 30.12.2005.
6. Rakennuksen julkisivun ääneneristävyyden mitoittaminen. *Ympäristöopas 108*. Ympäristöministeriö, Helsinki 2003.

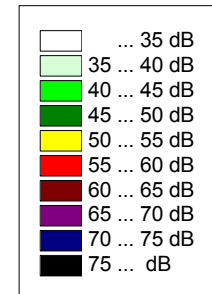
Jätkäsaaren bunkkeri
Meluselvitys

Vaihtoehto VE0
Alkuperäinen tilanne, ei meluestettä

Tieliikenne

**Melutasot koulun pihalla
ja liikuntapuistossa**

Päivä (klo 7 - 22)
A-keskiäänitaso L_{Aeq}

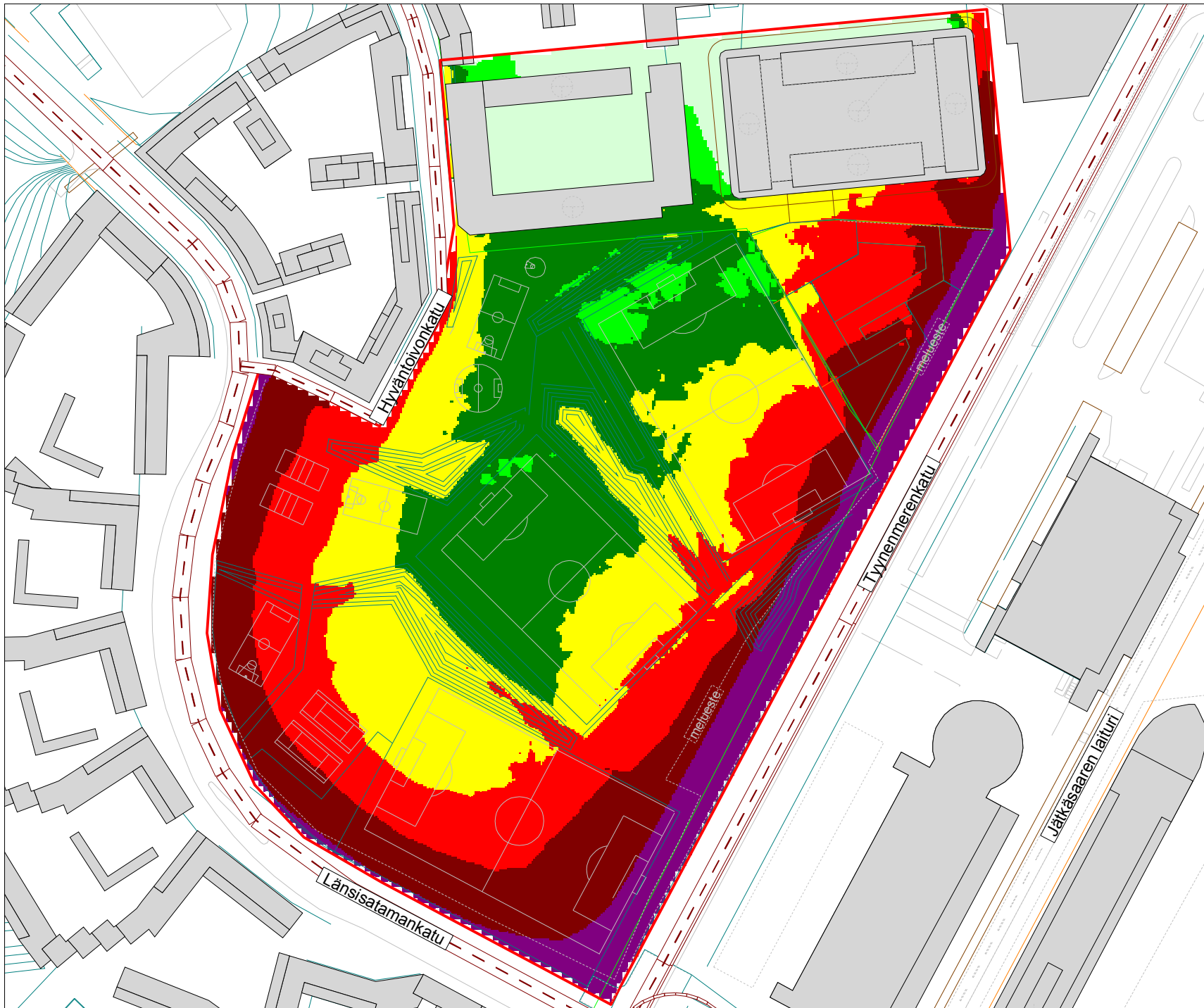


Mittakaava:
1:2000 (A4)

AKUKON

Insinööritoimisto Akukon Oy
BG/28.06.11

Cadna/A 4.1 (Nordic)



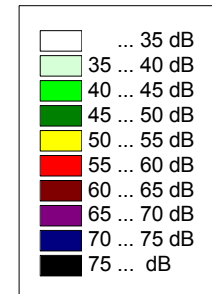
Jätkäsaaren bunkkeri
Meluselvitys

Vaihtoehto VE0
Alkuperäinen tilanne, ei meluestettä

Tieliikenne ja laivat

**Melutasot koulun pihalla
ja liikuntapuistossa**

Päivä (klo 7 - 22)
A-keskiäänitaso L_{Aeq}

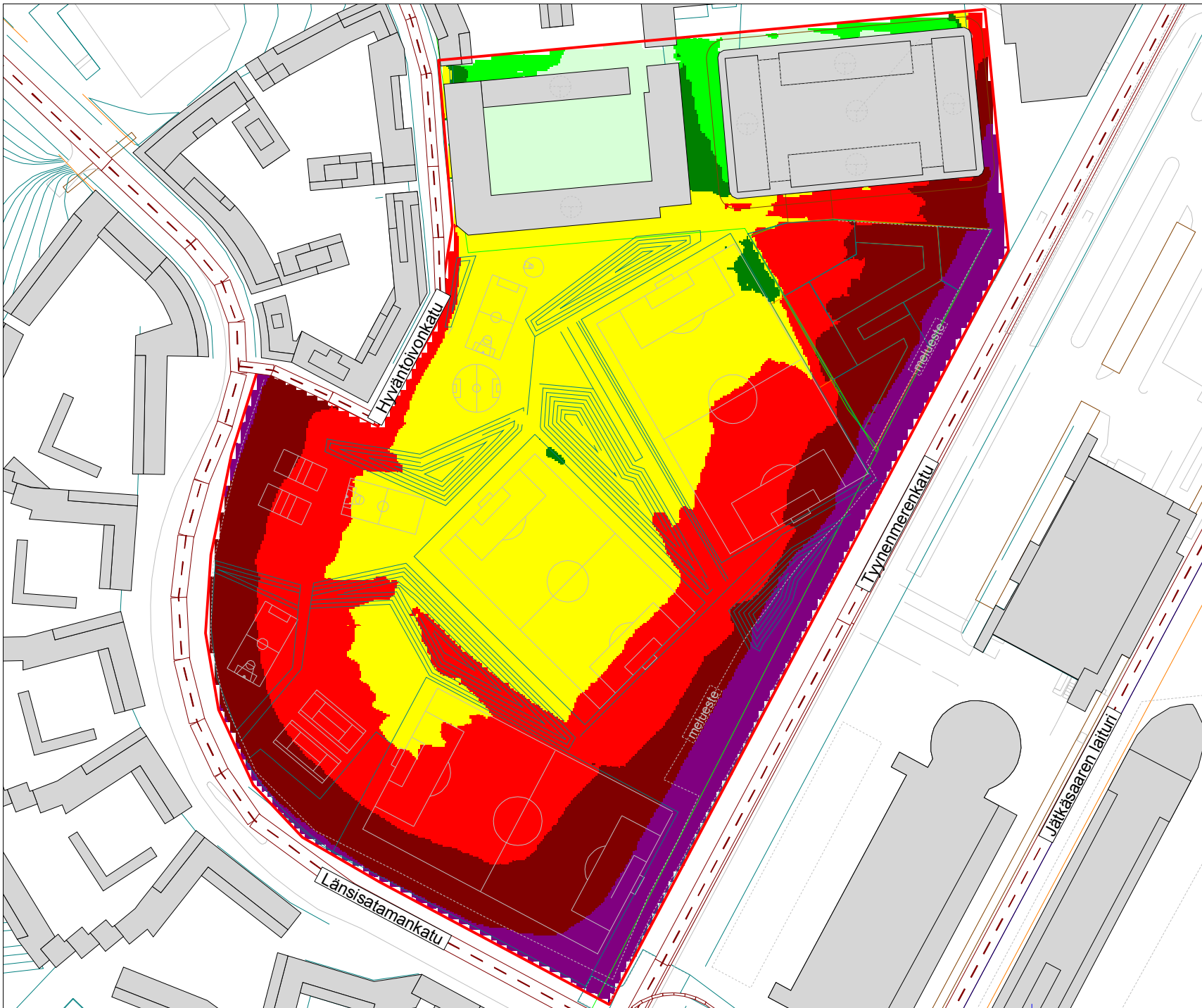


Mittakaava:
1:2000 (A4)

AKUKON

Insinööritoimisto Akukon Oy
BG/28.06.11

Cadna/A 4.1 (Nordic)

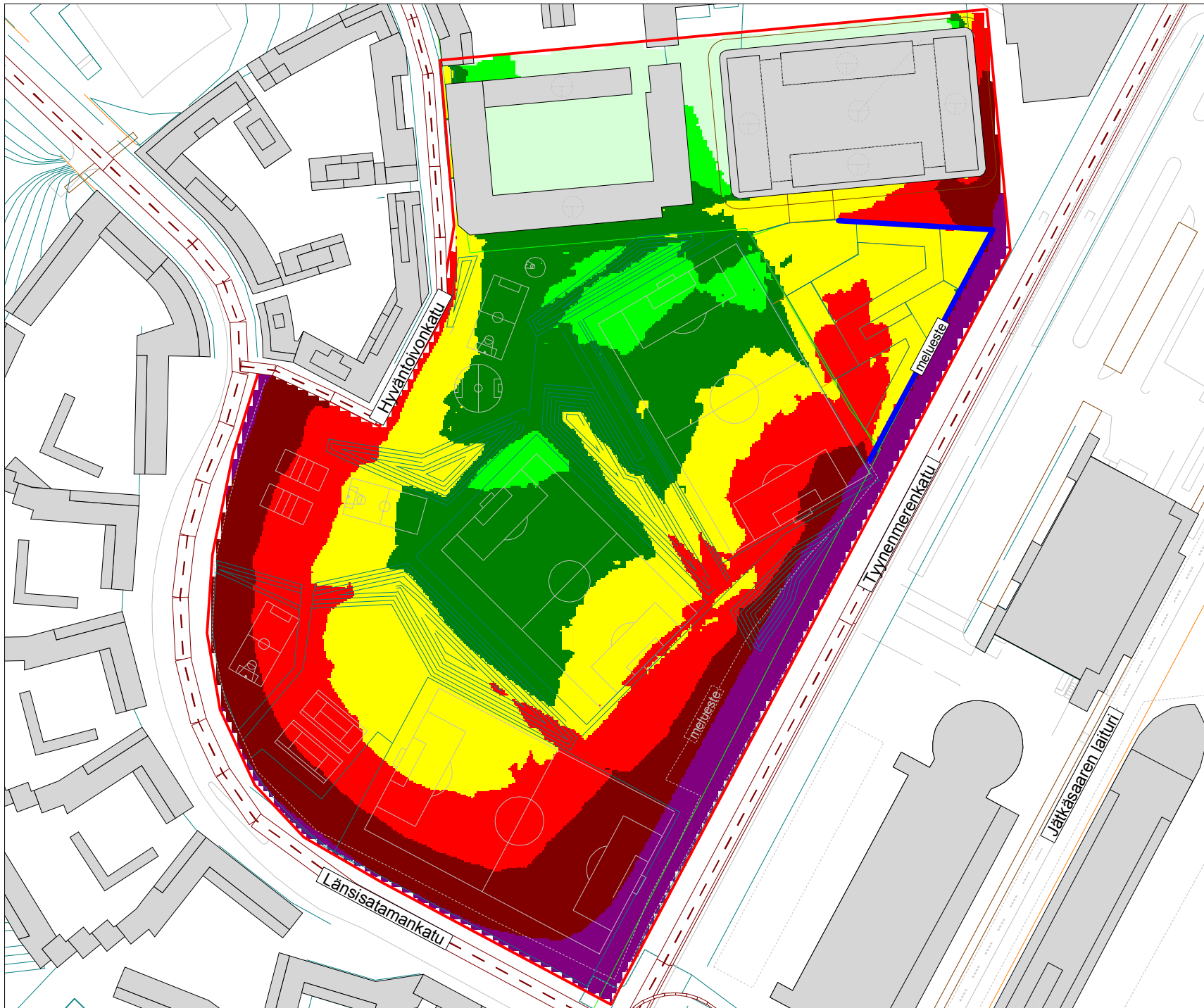


Jätkäsaaren bunkkeri
Meluselvitys**Vaihtoehto VE1**
+3 m melueste koulun pihalla**Tieliikenne****Melutasot koulun pihalla
ja liikuntapuistossa**Päivä (klo 7 - 22)
A-keskiäänitaso L_{Aeq}

	... 35 dB
	35 ... 40 dB
	40 ... 45 dB
	45 ... 50 dB
	50 ... 55 dB
	55 ... 60 dB
	60 ... 65 dB
	65 ... 70 dB
	70 ... 75 dB
	75 ... dB

Mittakaava:
1:2000 (A4)**AKUKON**Insinööritoimisto Akukon Oy
BG/28.06.11

Cadna/A 4.1 (Nordic)

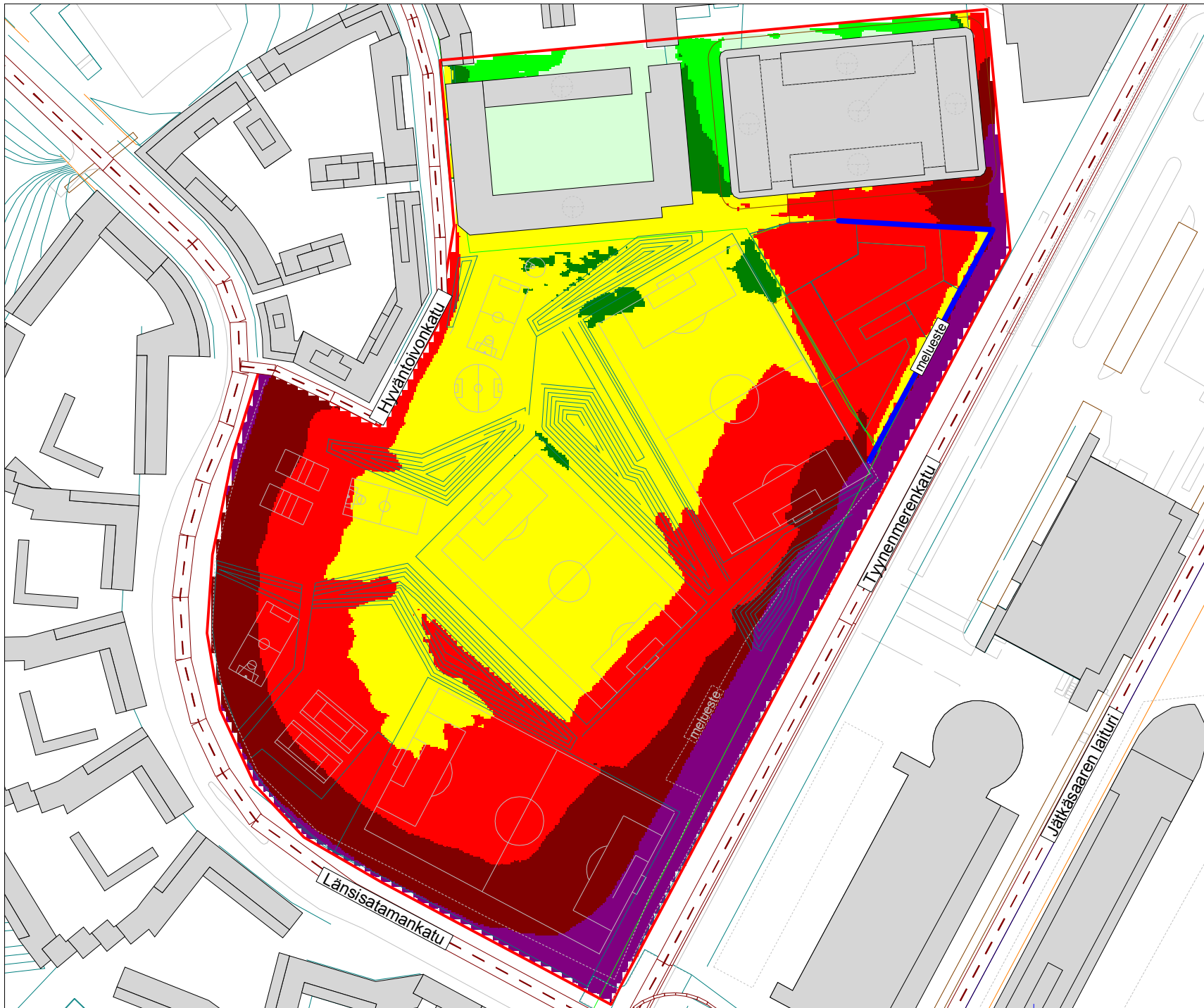


Jätkäsaaren bunkkeri
Meluselvitys**Vaihtoehto VE1**
+3 m meluste koulun pihalla**Tieliikenne ja laivat****Melutasot koulun pihalla
ja liikuntapuistossa**Päivä (klo 7 - 22)
A-keskiäänitaso L_{Aeq}

...	35 dB
35 ...	40 dB
40 ...	45 dB
45 ...	50 dB
50 ...	55 dB
55 ...	60 dB
60 ...	65 dB
65 ...	70 dB
70 ...	75 dB
75 ...	dB

Mittakaava:
1:2000 (A4)**AKUKON**Insinööritoimisto Akukon Oy
BG/28.06.11

Cadna/A 4.1 (Nordic)



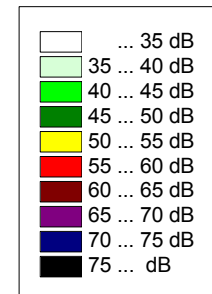
Jätkäsaaren bunkkeri
Meluselvitys

Vaihtoehto VE2
+3 m meluete koulun pihalla
ja +2 m meluete liikuntapuistossa

Tieliikenne

**Melutasot koulun pihalla
ja liikuntapuistossa**

Päivä (klo 7 - 22)
A-keskiäänitaso L_{Aeq}

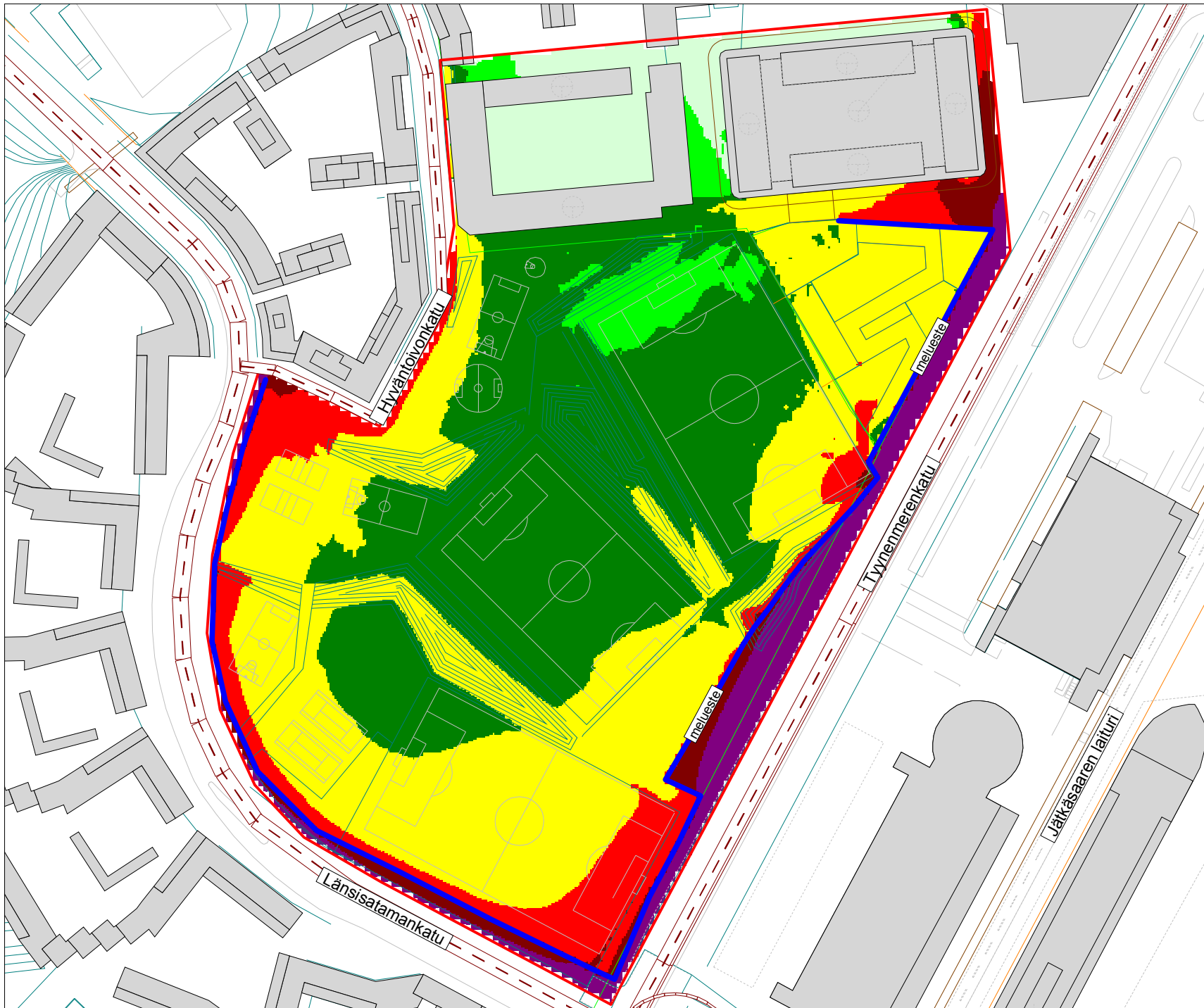


Mittakaava:
1:2000 (A4)

AKUKON

Insinööritoimisto Akukon Oy
BG/28.06.11

Cadna/A 4.1 (Nordic)



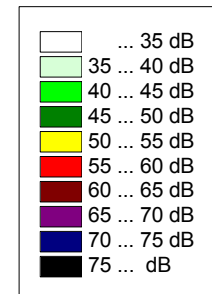
Jätkäsaaren bunkkeri
Meluselvitys

Vaihtoehto VE2
+3 m meluete koulun pihalla
ja +2 m meluete liikuntapuistossa

Tieliikenne ja laivat

**Melutasot koulun pihalla
ja liikuntapuistossa**

Päivä (klo 7 - 22)
A-keskiäänitaso L_{Aeq}

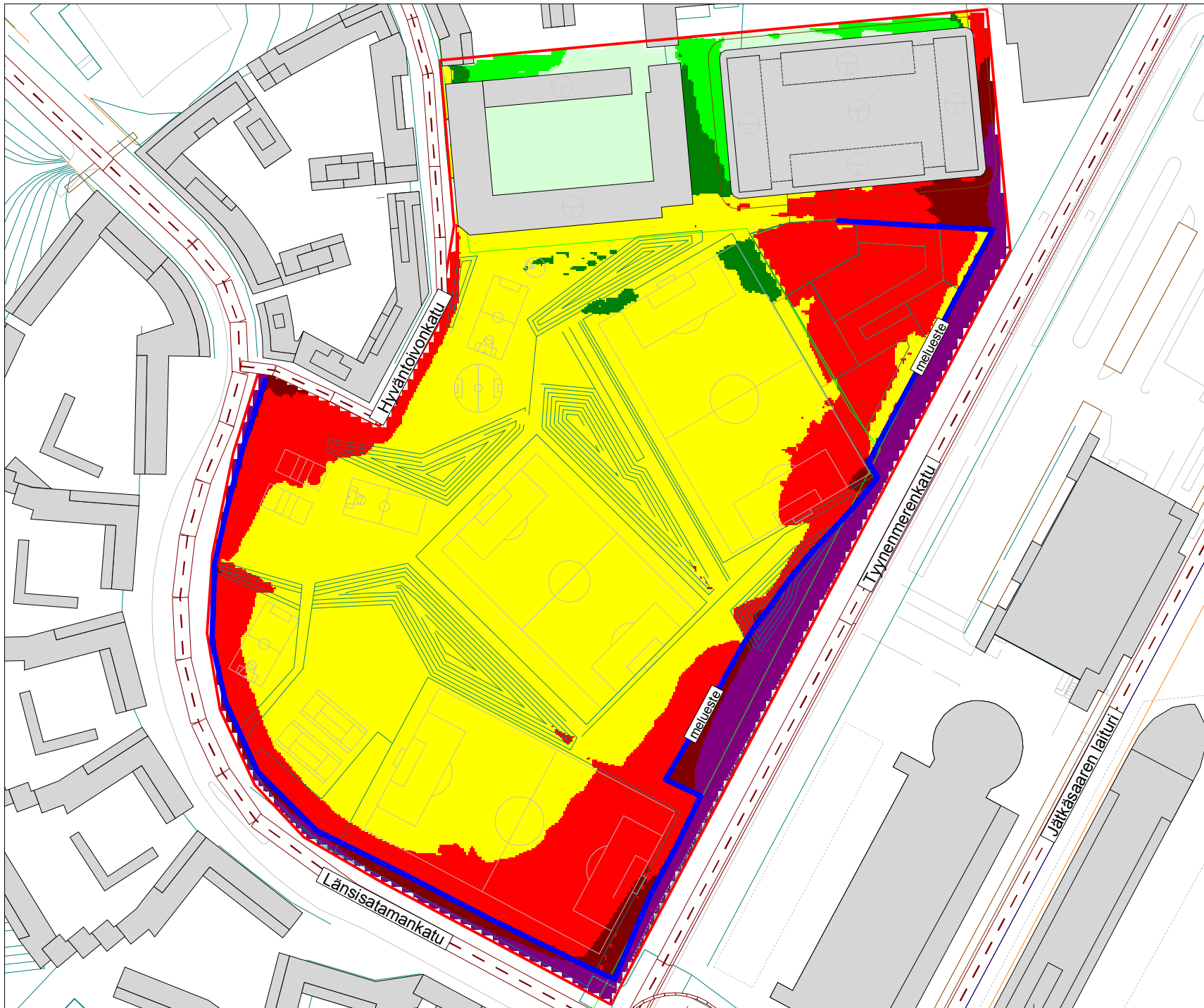


Mittakaava:
1:2000 (A4)

Akukon

Insinööritoimisto Akukon Oy
BG/28.06.11

Cadna/A 4.1 (Nordic)



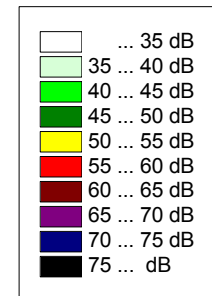
Jätkäsaaren bunkkeri
Meluselvitys

Vaihtoehto VE0
Alkuperäinen tilanne, ei meluestettä

**Julkisivuilla esiintyvät suurimmat
melutasot ja melutasot bunkkerin
katolla**

Tieliikenne

Päivä (klo 7 - 22)
A-keskiäänitaso L_{Aeq}



Mittakaava:
1:1000 (A4)



AKUKON

Insinööritoimisto Akukon Oy
BG/28.06.11

Cadna/A 4.1 (Nordic)

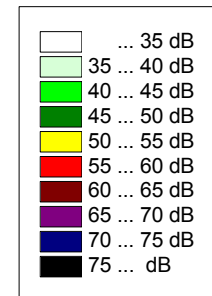
Jätkäsaaren bunkkeri
Meluselvitys

Vaihtoehto VE0
Alkuperäinen tilanne, ei meluestettä

Julkisivuilla esiintyvät suurimmat melutasot ja melutasot bunkkerin katolla

Tieliikenne

Yö (klo 22 - 7)
A-keskiäänitaso L_{Aeq}



Mittakaava:
1:1000 (A4)



Akukon

Insinööritoimisto Akukon Oy
BG/28.06.11

Cadna/A 4.1 (Nordic)

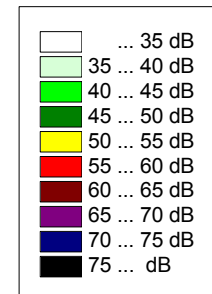
Jätkäsaaren bunkkeri
Meluselvitys

Vaihtoehto VE0
Alkuperäinen tilanne, ei meluestettä

Julkisivuilla esiintyvät suurimmat melutasot ja melutasot bunkkerin katolla

Tieliikenne ja laivat

Päivä (klo 7 - 22)
A-keskiäänitaso L_{Aeq}

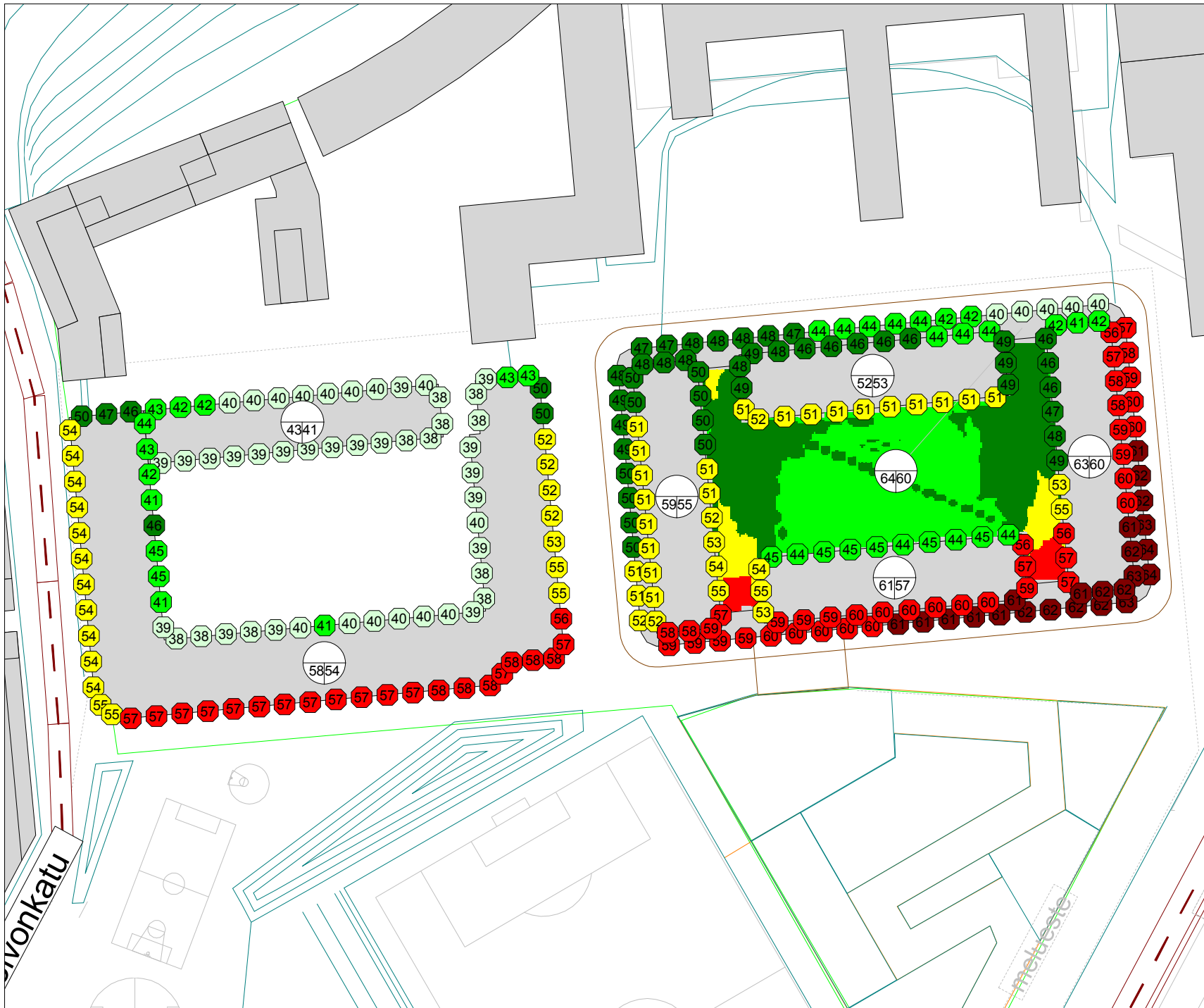


Mittakaava:
1:1000 (A4)

Akukon

Insinööri-toimisto Akukon Oy
BG/28.06.11

Cadna/A 4.1 (Nordic)



Jätkäsaaren bunkkeri

Meluselvitys

Vaihtoehto VE0

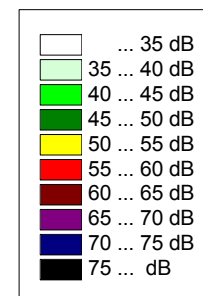
Alkuperäinen tilanne, ei meluestettä

Julkisivuilla esiintyvät suurimmat melutasot ja melutasot bunkkerin katolla

Tieliikenne ja laivat

Yö (klo 22 - 7)

A-keskiäänitaso L_{Aeq}



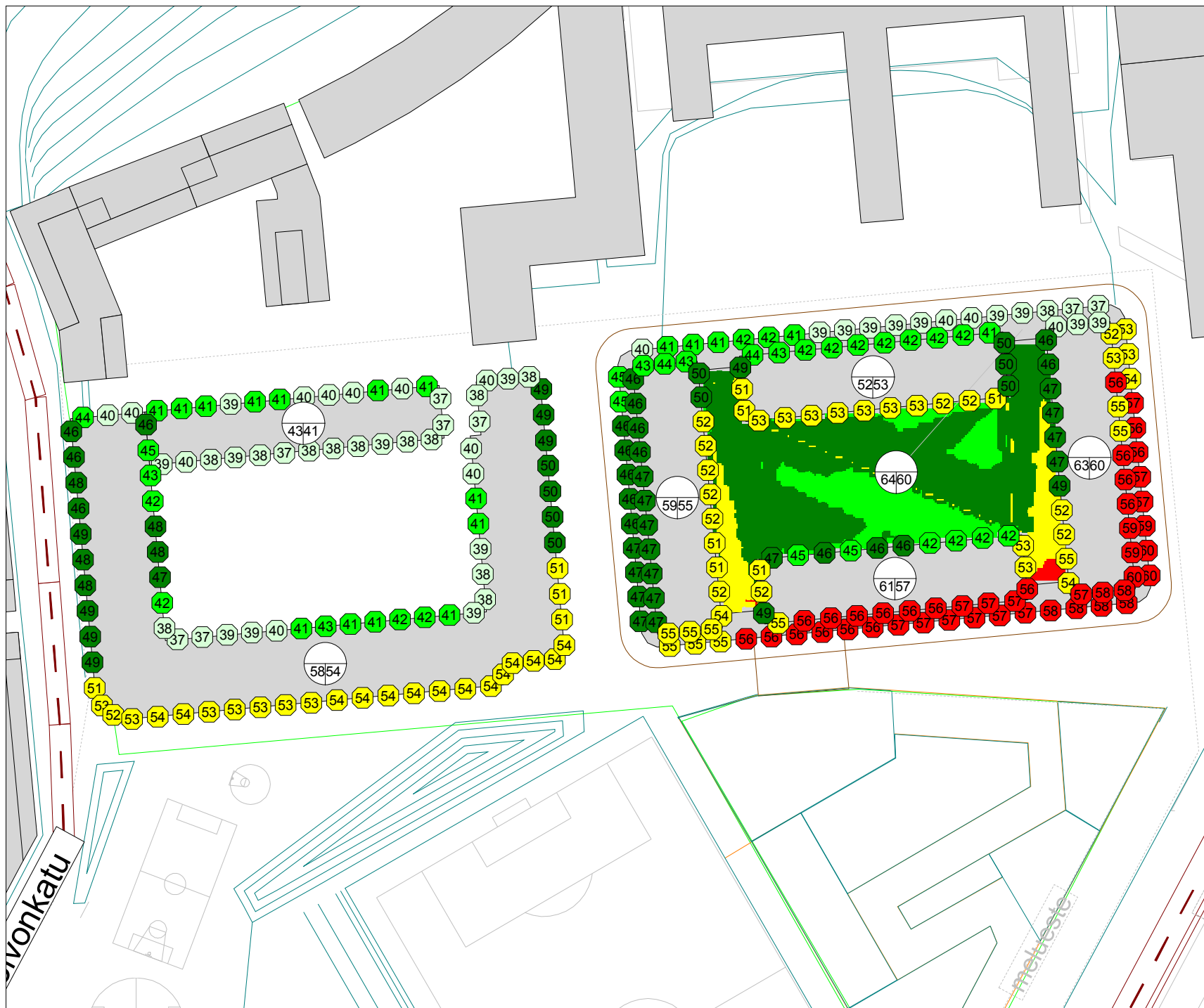
Mittakaava:

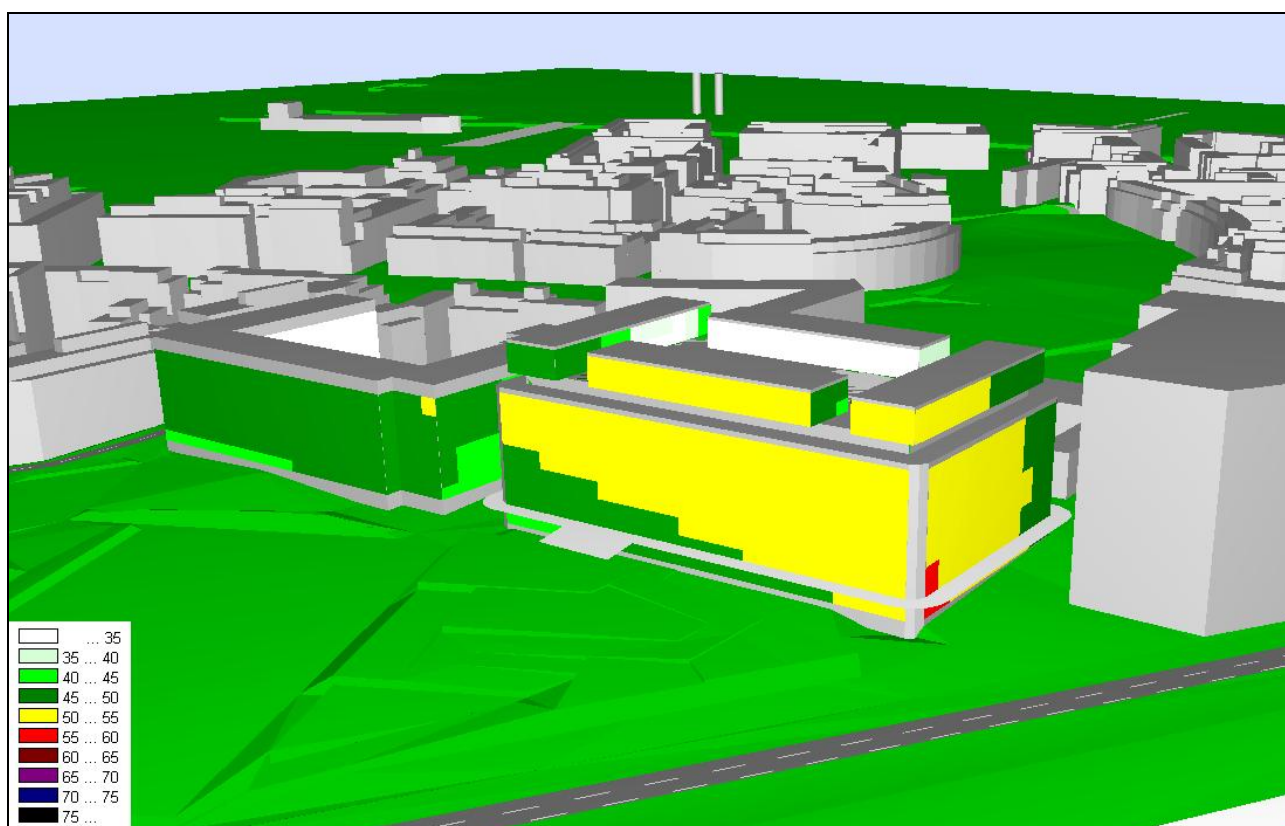
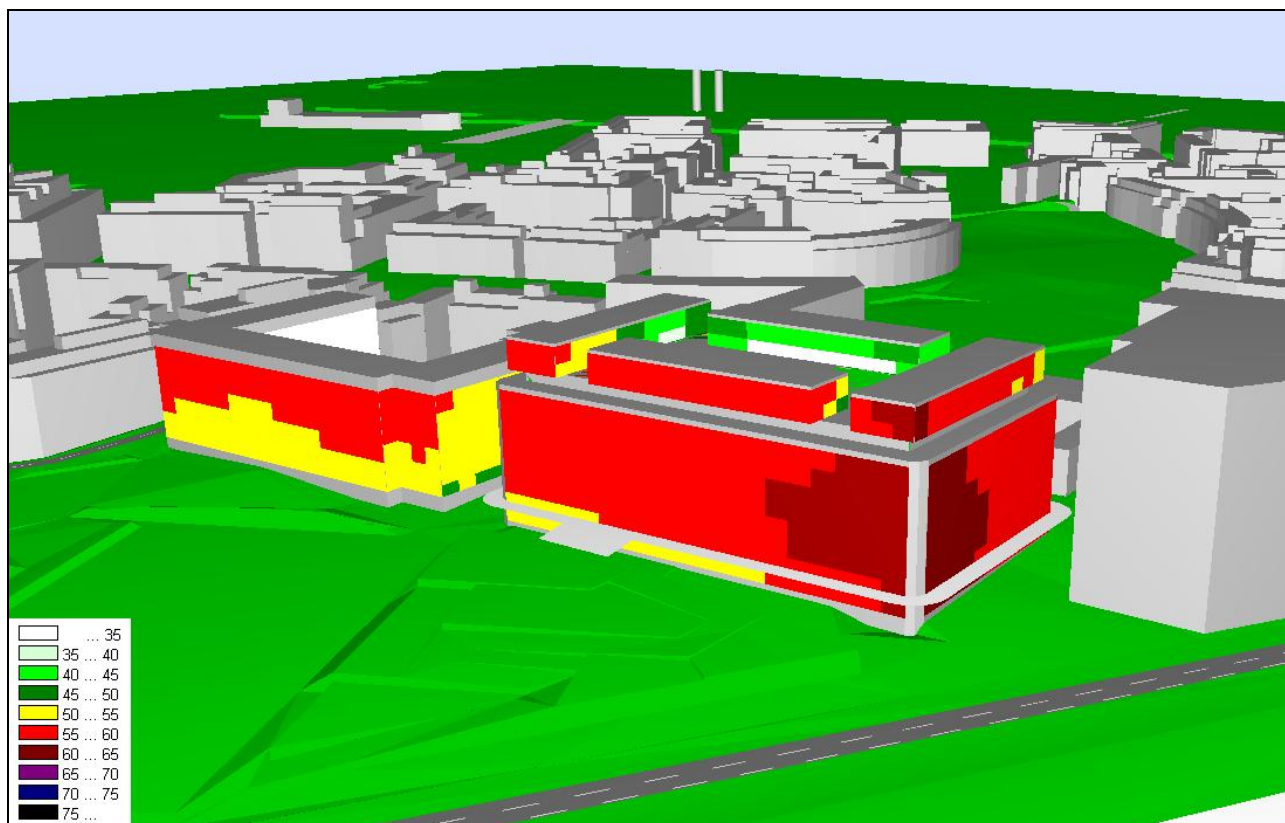
1:1000 (A4)

AKUKON

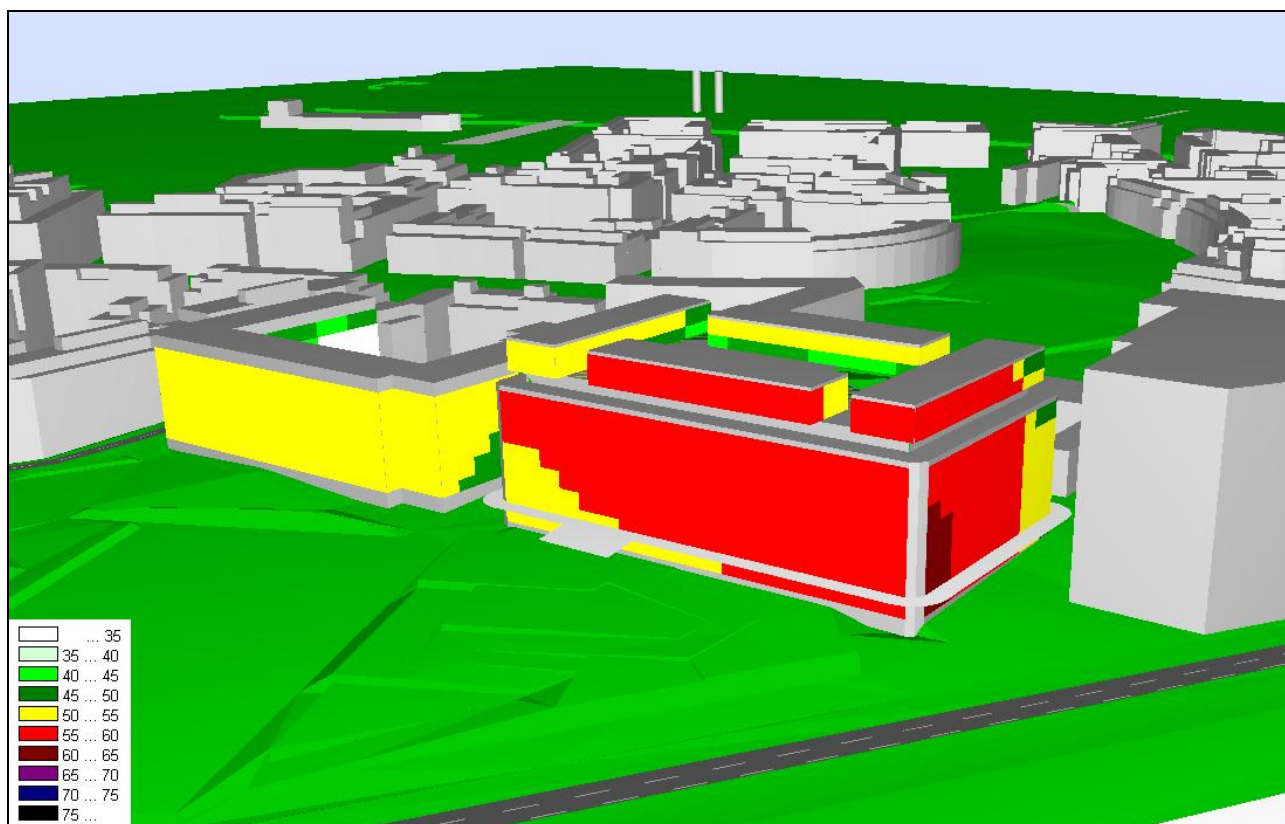
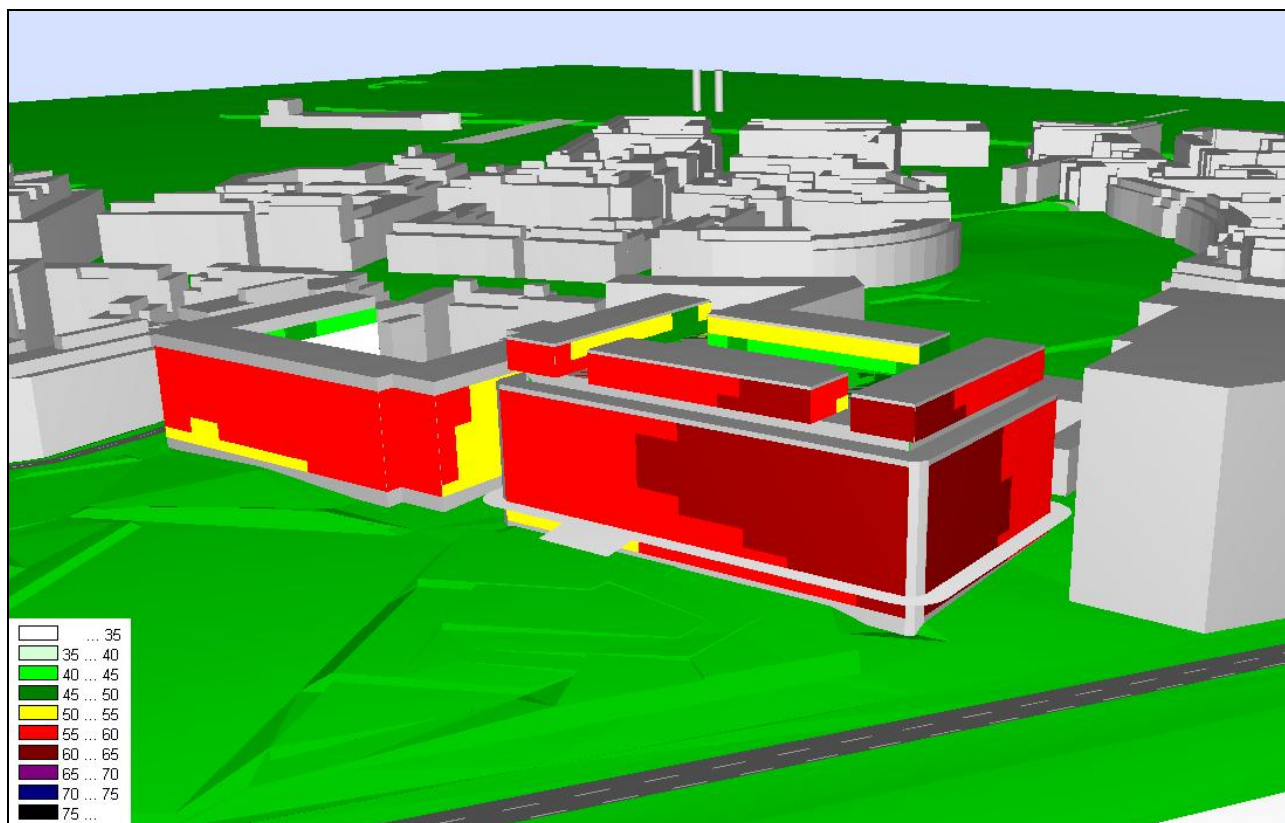
Insinööri toimisto Akukon Oy
BG/28.06.11

Cadna/A 4.1 (Nordic)





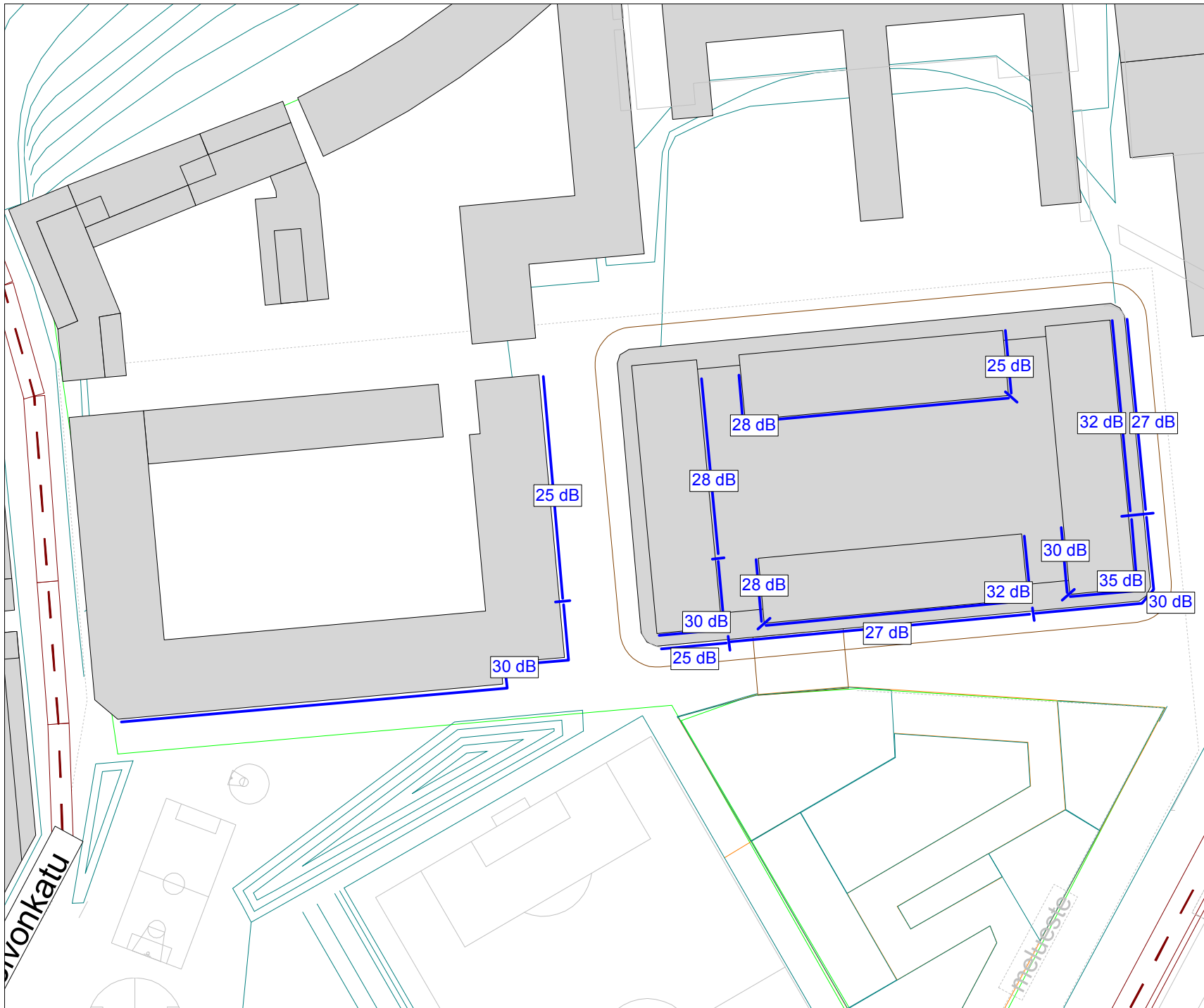
Kuvat D5. Julkisivuihin kohdistuvat päivä- (ylä) ja yöajan (ala) keskiäänitasot laskentatilanteessa VE0, tieliikenne.



Kuvat D6. Julkisivuihin kohdistuvat päivä- (ylä) ja yöajan (ala) keskiäänitasot laskentatilanteessa VE0, tieliikenne ja laivat.

Jätkäsaaren bunkkeri
Meluselvitys

Suositus A-äänitasoerotukseksi
laivamelua vastaan



Helsingin kaupunki
Kaupunkisuunnitteluvirasto
Yleissuunnitteluosasto
Teknistoloudellinen toimisto

TL akustiikka II3019-2

Julkisivun äänieristys laivamelua vastaan Mitoitusmenettely

Tapio Lahti



TL akustiikka
Helsinki 2011-07

Julkisivun äänieristys laivamelua vastaan

Mitoitusmenettely

tilaaja: Helsingin kaupunki, kaupunkisuunnitteluvirasto, yleissuunnitteluosasto
tilaus: PM1172133, 22.2.2011 (Insinööritoimisto Akukon Oy)
yhdyshenkilö: Matti Neuvonen

Tiivistelmä

Helsingin vanhoja satama-alueita muutetaan parhaillaan asuinalueiksi. Länsisatamassa säilyy kuitenkin matkustajasatama. Yöpyvät laivat saattavat aiheuttaa meluhaittoja laiturien läheisissä asuintaloissa. Niiden julkisivuihin kohdistuu huomattavaa melua, jonka torjumiseksi on tarpeen kiinnittää huomiota talojen ulkoseinien äänieristykseen.

Tässä raportissa esitetään uusittu versio äänieristuksen mitoitusmenetelmästä, joka on tarkoitettu erityisesti laivamelulle. Erillistä menetelmää tarvitaan, koska laivamelun vaatima eristystarve on huomattavasti suurempi kuin mihin on totuttu tavallisen katu-liikennemelun yhteydessä. Menettely käynnistyy äänieristykselle eli melun A-äänitaso-erolle ΔL_{As} asetettavasta eristystavoitteesta. Se täytyy määritellä normaalista poiketen ”laivamelua vastaan”, koska laivamelu on vakiomelua häiritsevämpää: erityisen pienitaajuuksista ja yleensä myös kapeakaistaista. Näistä syistä yöajan sisämelutasona on taval- lista tiukempi 25 dB. Julkisivulta edellytettävä ilmaäänieristysluku R_{As} muodostetaan tämän jälkeen erityistä laivamelun normispektriä käyttäen. Tavanomaisten rakenne- osien laivamelun eristysluku R_{As} on lukuarvoltaan selvästi pienempi (usein n. 5–6 dB) kuin katuliikennemelun eristysluku R_{Atr} . Tämä merkitsee sitä, että eristystavoitteen täyttämiseen tarvitaan tämän verran paremmin eristävä rakenne.

Sisällys

1	Johdanto	2
2	Laivamelun erityispiirteet	2
3	Julkisivujen äänieristuksen mitoitus	3
3.1	Äänieristystavoitteiden asettaminen	3
3.2	Laivamelun ilmaäänieristysluvun muodostaminen	4
3.3	Eristyksen mitoitusmenettely	7
4	Tiivis mitoitusohje	8
	Viitteet	8
Liite A:	Mitatut matkustajalaivat	
Liite B:	Laivamelun normispektri 2011	

I Johdanto

Jätkäsaaren ja Hernesaaren vanhoja satama-, telakka- ja varastoalueita muutetaan parhaillaan asuntoalueiksi. Länsisataman matkustajasatama säilyy ja jatkaa toimintaansa asuinalueiden keskellä. Asuinkortteleita suunnitellaan sekä Jätkäsaarenlaiturin että Hernesaarenlaiturin läheisyyteen.

Satamassa yöpyvien laivojen melun on arvioitu muodostavan merkittävän ongelman. Laivojen melua on tutkittu Jätkäsaarella asuntorakentamisen kannalta useaan otteeseen, viimeksi vuonna 2005 [1]. Hernesaarella vastaavia selvityksiä on tehty vuodesta 2008 ja viimeisin vuonna 2010 [2].

Selvitykset ovat osoittaneet, että lähimpien talojen julkisivuihin kohdistuu huomattavaa melua, jonka torjumiseksi on tarpeen kiinnittää huomiota talojen ulkoseinien äänieristykseen. Alueen kaavoihin onkin lisätty erityinen merkintä äänieristyksen varalta: *"Kortteleiden ... asuinhuoneistojen seinärakenteiden suunnittelussa on otettava huomioon myös laivaliikenteen melu."*

Insinööritoimisto Akukon Oy laati vuoden 2005 meluselvityksen yhteydessä Kaupunkisuunnitteluviraston toimeksiannosta mitoitusten menetelmän, jolla satamassa olevien laivojen melun erityispiirteet eli pienitaajuus ja kapeakaistaisuus otetaan huomioon julkisivun äänieristyksen laskennassa [3]. Menetelmän taustalla olevat laivojen melupäästötiedot ovat sen jälkeen lisääntyneet tuntuvasti. Menetelmää on uusien tietojen pohjalta tarkennettu talvella 2011, ja tämä päivitys esitetään tässä raportissa.

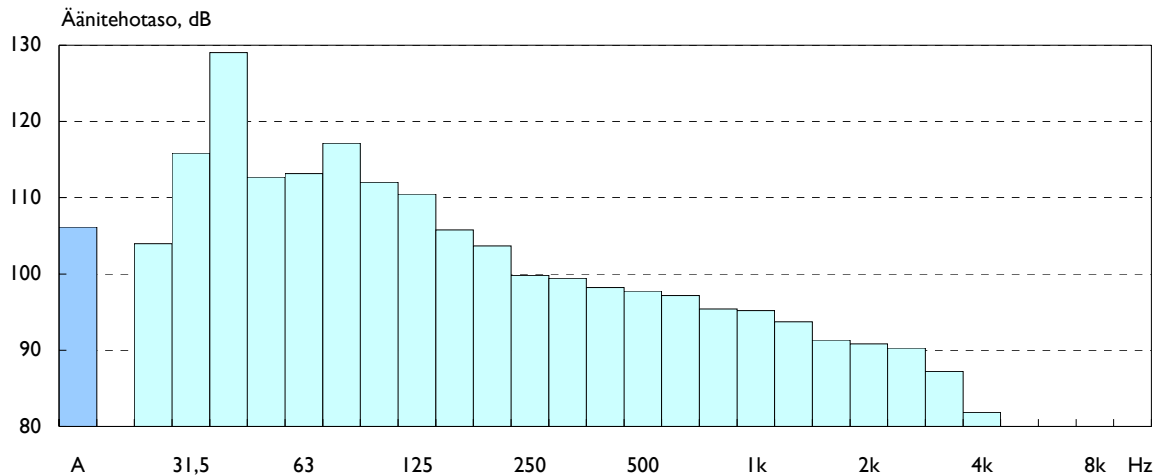
Äänieristyksen mitoitus tehdään määrittämällä ensin kaavamääräys-tyyppinen tavoite A_{As} -äänitasoerotukselle ΔL_{As} , perustuen käsitteeseen "julkisivun äänieristys laivamelua vastaan". Tämän jälkeen eristystavoite muunnetaan laivamelulle soveltuvaksi ilma-äänieristysluvuksi R_{As} .

2 Laivamelun erityispiirteet

Jo aikaisemmissa Jätkäsaaren kaava-alueen meluselvityksissä ilmeni, että matkustajalaivojen melu saattaa aiheuttaa ongelmia lähimpien asuinrakennusten sataman puoleisten julkisivujen ylimmissä kerroksissa. Erityiseksi ongelmaksi tunnistettiin eräs laivojen melun erityispiirre. Laivamelun spektrin muoto poikkeaa tuntuvasti muiden tavallisten ympäristömelun lajien, kuten auto-, juna- ja lentoliikenteen melun spektreistä. Melussa on voimakas matala eli pienitaajuinen osuus (kuvat 1 ja 2).

Tämän piirteen aiheuttaa laivojen apukone, joka on käynnissä koko satamassa oleskelun ajan. Apukone on pääkonetta pienempi mutta kuitenkin suhteellisen suuri dieselmoottori, jonka voimalla tuotetaan laivan satamassa tarvitsema sähkö, mm. lämmitys, valaistus ja ilmanvaihto sekä muita sähkölaitteita varten. Apukone sijaitsee laivan konehuoneessa ja sen melu tulee suurimmaksi osaksi ulos pakoputken suusta, joka yleensä sijaitsee savupiipun huipulla.

Matala eli pienitaajuinen melu on erityisen hankalaa siksi, että julkisivut eristävät sitä selvästi huonommin kuin tavallista keskitaajuisia melua. Toinen laivamelun haitallisuutta korostava seikka on, että apukoneen melu sisältää tyypillisesti vain yhtä tai muutamaa yksittäistä taajuutta eli se on luonteeltaan kapeakaistaista.



Kuva 1. Tyypillinen laivan melupäästön spektri: "Princess Anastasia", Eteläsatama 6.5.2011.

Tällaista melua pidetään häiritsevämpänä kuin tavallista spektriltään tasaisempaa melua, ja sen arvioinnissa käytetään tästä syystä erityistä kapeakaistakorjausta. Kapeakaistakorjaus on melun erityistä haitallisuutta vastaava "lisärangaistus" ja Suomen yleisissä ohjearvoissa [4] sen arvo on +5 dB. Korjaus lisätään kapeakaistaisen melun mitattuun tai laskettuun äänitasoon ennen tuloksen vertaamista ohje- tai raja-arvoon.

3 Julkisivujen äänieristyksen mitoitus

3.1 Äänieristystavoitteiden asettaminen

Julkisivujen äänieristyskyky tiettyä melua vastaan esitetään ulkomelun ja sisämelun A-äänitasojen erotuksena ΔL_A . Tämä äänitasoero on primääri, toteutuvaa eristystä kuvaava mittaluku. Sitä käytetään kaavoituksessa, kun julkisivujen äänieristykselle esitetään vaatimus, "äänieristys ympäristömelua vastaan".

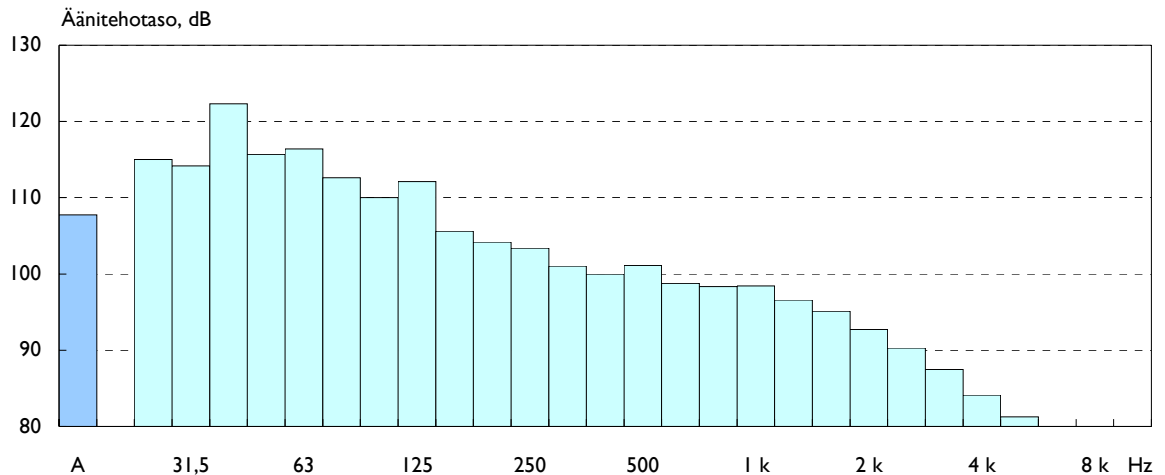
Äänitasoero saadaan, kun tunnetaan julkisivuun kohdistuvan ulkomelun A-äänitaso L_{Au} ja sisällä asuinhuoneessa vaadittava melun A-äänitaso L_{As} . Äänieristysvaatimus on siis näiden erotus

$$\Delta L_A = L_{Au} - L_{As} \quad (1)$$

Ulkomelutaso on tavallisimmin meluselvityksessä laskettu, eri kohtiin tarkasteltavien rakennusten julkisivuja kohdistuvan laivamelun A-äänitaso.

Sisämelutason vaatimisarvolle on laivojen tapauksessa tarpeen käyttää muusta ympäristömelusta poikkeavaa määritelmää; alustavassa menetelmäohjeessa [3] esitettiin perustelu tälle menettelylle. Perustelu kerrataan alempana.

Äänieristysvaatimuksella tai -tavoitteella ei tällöin enää tarkoiteta tavallista eristystä liikenne- tai muuta ympäristömelua vastaan, vaan erityisesti "äänieristystä laivamelua vastaan", ΔL_{As} , missä tunnuksen alaindeksin kirjaimen "s" voidaan tulkita tulevan vaikkapa sanoista "satama" tai "ship".



Kuva 2. Kaikkien Helsingissä vuosina 2002–2011 mitattujen linjamatkustajalaivojen ja risteilijöiden melupäästön spektrin energiakeskiarvo; mitattuja laivoja yhteensä 44.

Ympäristömelun yleiset ohjearvot sisällä varsinaisissa asuinhuoneissa (mm. olo- ja makuuhuone) ovat päivällä 35 dB ja yöllä 30 dB [4]. STM:n asumisterveysohjeessa on lisäksi erikseen annettu yöaikaiselle musiikkimelulle ohjearvoksi 25 dB [5].

Musiikkimelun tiukempaa ohjearvoa perustellaan sillä, että asuntoihin kuuluva ja terveyshaittaa aiheuttava musiikkimelu on yleensä pienitaajuisia melua. Tämä johtuu kahdesta syystä: sähköisesti vahvistetussa musiikissa on tavallisesti voimakas pienitaajuinen osuus ja rakennusten äänieristys on pienillä taajuuksilla heikompi kuin keski- ja korkeitaajuuksilla. Tämän lisäksi pienitaajuisen melun katsotaan olevan häiritsevämpää kuin ”tavallinen” melu, esimerkiksi silloin, kun se on kapeakaistaista. Musiikkimelun ominaisuudet muistuttavat siten monessa suhteessa tässä käsiteltävää laivojen melua.

Alustavassa menetelmäohjeessa [3] ehdotettiin, että näiden melujen periaatteellisen samankaltaisuuden perusteella myös laivojen melun haitallisuutta arvioidaan käyttäen tiukennettua ohjearvoa **25 dB**.

Tiukennusta voitaisiin myös tulkita kapeakaista-käsitteen avulla, koska laivojen pienitaajuinen melu on hyvin usein myös kapeakaistaista. Voitaisiin ajatella yhtä hyvin, että 25 dB ohjearvo vastaa 5 dB kapeakaistakorjauksella kiristettyä tavallista ohjearvoa. Asumisterveysohjeessakin todetaan, että jos musiikkimelulle käytetään tiukempaa yöohjearvoa, siihen ei enää erikseen lisäksi käytetä kapeakaista- (tai impulssi-) korjausta.

Nyt voidaan määrittää julkisivujen äänieristystavoite ΔL_{As} meluselvityksessä laskettavan ulkomelutason L_{Au} ja vaadittavan sisämelutason $L_{As} = 25$ dB erotuksena.

3.2 Laivamelun ilmaäänieristysluvun muodostaminen

Äänieristystavoite tai -vaatimus ΔL_{As} ei vielä kerro, minkälainen rakenne on äänieristykseltään riittävä, koska toteutuva A-äänitasoeroitus ei ole pelkästään rakenteen äänieristysominaisuus vaan ulkomelun ja rakenteen yhteinen ominaisuus. Rakenteen eristysominaisuuksia edustaa **ilmaäänieristysluku** R_A , joka on eri käsite ja eri suure kuin äänitasoero ΔL_{As} . Myös niiden lukuarvot ovat erisuuria.

Kaavoituksessa ja julkisivujen äänieristyksen arvioinnissa ja mitoituksessa käytettävissä vakiomenetelmissä [6] on kaksi seikkaa, jotka eivät sellaisenaan sovi laivojen melun

äänieristuksen mitoittamiseen. Tavallisen ilmaäänieristysluvun $R_{\text{Atr}} (= R_w + C_{\text{tr}})$ perusmuoto ei ulotu taajuusalueessa laivojen melun kannalta tärkeälle, alle 100 Hz alueelle.

Yleisesti saatavilla olevat tiedot eri seinä-, ikkuna- ja parvekeovirakenteiden sekä pienten rakenneosien äänieristyksestä alkavat suurelta osin myös 100 Hz terssikaistalta. Joissakin tapauksissa tietoja voi olla saatavissa 50 – 80 Hz kaistoilta. Mutta laivojen spektrin maksimi on tyypillisesti tätäkin alempana eli 40 Hz terssikaistalla.

Tällä taajuusalueella asuinhuoneiden absorptio ja äänikentän jakautuma huoneessa ovat erilaisia kuin tavallisesti tärkeimmällä keskitaajuusalueella. Esimerkiksi huoneiden reunoilla, kuten sängyn pääpuolella, onkin äänikentän maksimikohta. Eroilla on vaikutusta siihen, miten eristyslukua tulee verrata tavoiteltavaan äänitasoeroitukseen.

Toinen sopimaton tekijä on tavallisen katuliikenteen melun spektrin muoto, ns. normispektri, jota edustaa spektrisovitusermi C_{tr} . Laivamelun spektri poikkeaa niin paljon liikennemelun spektristä, että sille on laadittava ja käytettävä omaa normispektriään.

Koska vakiomenetelmät eivät toimi sataman tapauksessa, ulkoseinärakenteiden äänieristuksen arviointiin tarvitaan oma laskentamenettelynsä. Aiemmassa menetelmäohjeessa [3] esitettiin alustavat ehdotukset erityiseksi laivamelun ilmaäänieristysluvuksi ja sataman lähellä olevien julkisivujen eristuksen arviointimenettelyksi. Tässä raportissa laivamelun alustavalle normispektrille esitetään tarkennus, joka perustuu vuoden 2005 jälkeen huomattavasti kasvaneisiin mitattujen matkustajalaivojen määrään ja niiden meluspektriin tietokantaan.

Liitteessä A on esitetty yhteenveto kaikkien Akukonin ja TL Akustiikan Helsingissä ja Tallinnassa vuosina 2002–2011 mittaamien matkustajalaivojen melupäästöistä.

Kuvissa 3–5 on esitetty päivitetyn laivamelun ilmaäänieristysluvun laskemiseen tarvittavan normispektrin L_{si} muodostuminen. Liitteessä B on lueteltu laivamelun päivitetyn normispektrin täsmälliset lukuarvot.

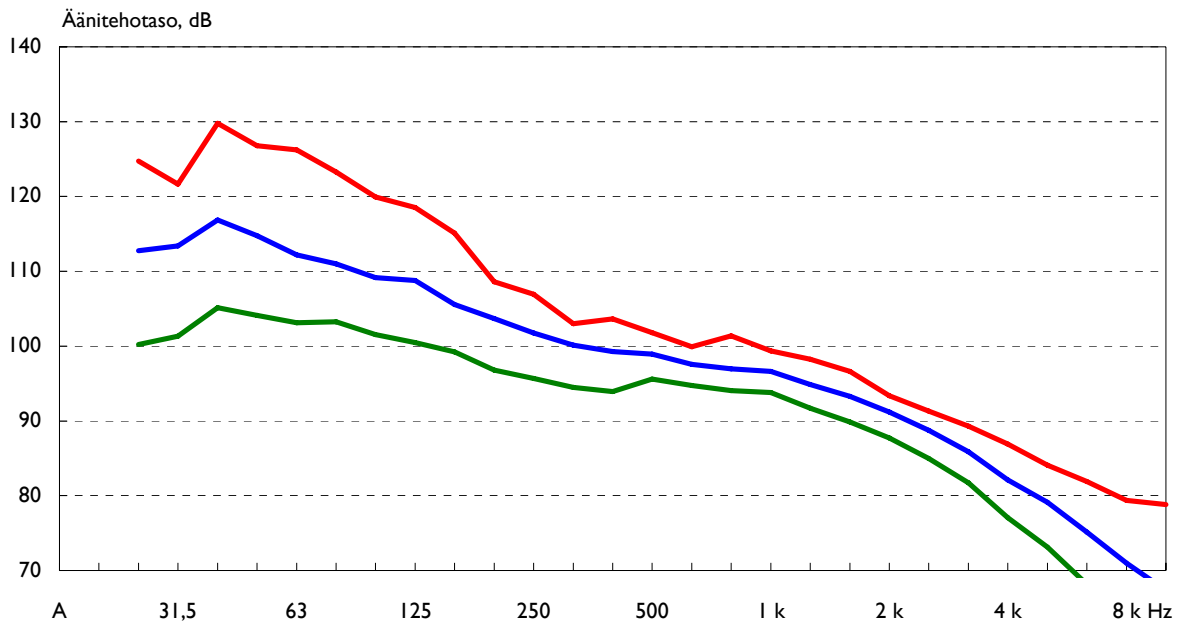
Aluksi määritellään *laivamelun ilmaäänieristysluku* R_{As} . Se esittää arvioitavan ulkoseinän tai ulkoseinäelementin eristystä laivamelulle yhdellä numerolla, ja sen laskenta tapahtuu periaatteessa samalla tavoin kuin ns. spektrisovitusermien C ja C_{tr} laskenta standardissa ISO 717-1 [6]. Standardin merkillisen mutkikasta laskentamenettelyä on tässä huomattavasti yksinkertaistettu, mutta siitä huolimatta tämä menettely on normispektriä lukuunottamatta identtinen standardin menetelmän kanssa.

Laivamelun ilmaäänieristysluku lasketaan yhtälöllä

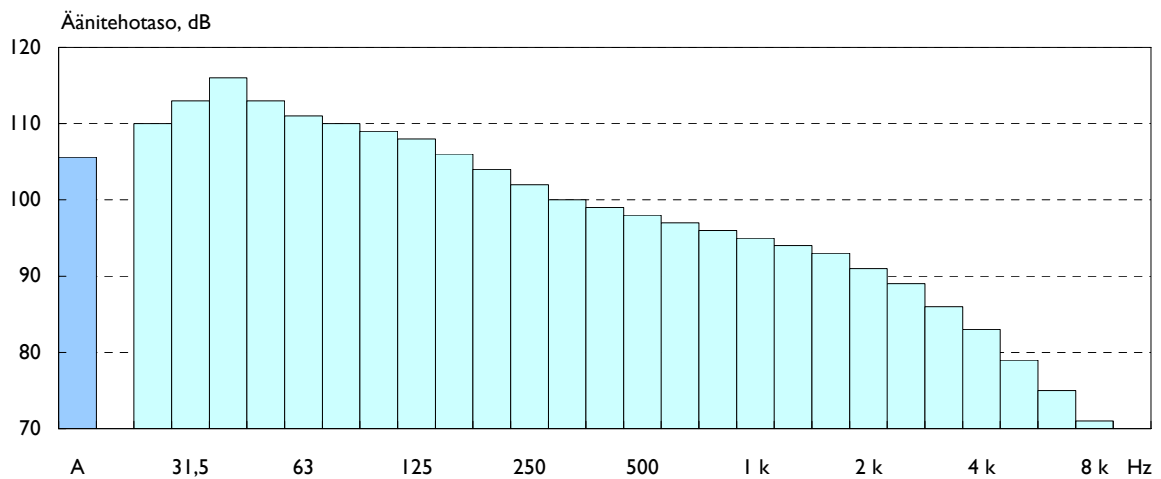
$$R_{\text{As}} = -10 \lg \sum 10^{(L_{\text{Asi}} - R_i)/10} \quad (2)$$

jossa

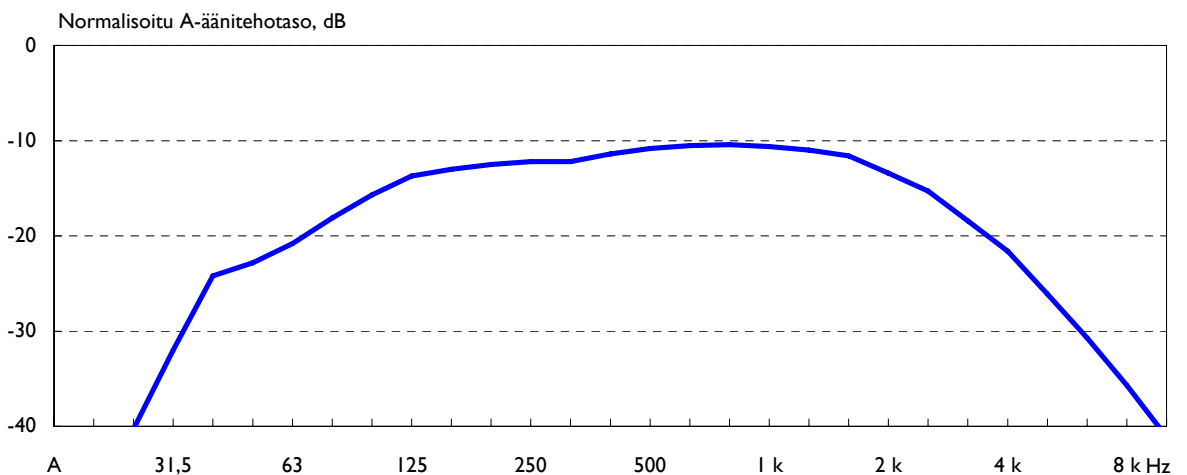
- i on terssikaistan indeksi;
- L_{Asi} on laivamelun normispektri;
- R_i on ulkoseinärakenteen äänieristävyyskäyrä.



Kuva 3. Helsingissä vuosina 2002–2011 mitattujen matkustajalaivojen melupäästön spektrien energiakeskiarvo (keskimäinen käyrä) sekä vaihteluväli eli minimin ja maksimin käyrät.



Kuva 4. Valmis matkustajalaivojen melun keskiarvospektri (painottamaton).



Kuva 5. A-painotettu ja normalisoitu laivamelun normispektri L_{Asi} .

On huomattava, että eristävyyskäyrä R_i tulee tuntea ainakin terssikaistalle 40 Hz asti. Koska normispektri putoaa jyrkästi heti tämän terssin alapuolella, alempana olevien kaistojen 31,5 Hz ja erityisesti 25 Hz painoarvo on yhtälössä melko tai hyvin vähäinen. Niiden puuttuminen ei todennäköisesti vaikuta juuri lainkaan eristysluvun laskettuun arvoon. Sen sijaan 40 Hz terssillä on ilmeisesti useimmissa tapauksissa huomattava, usein jopa kaikkein suurin merkitys. Ongelmaksi muodostuu, että eristävyyskäyriä ei käytännössä koskaan tunneta alle 50 Hz taajuuksilla, koska äänieristysmittausten ns. laajennetunkin taajuusalueen alaraja on juuri 50 Hz.

3.3 Eristyksen mitoitusten menetelmä

Edellä on muodostettu laivojen melulle sopiva äänieristysluku R_{As} . Se on indeksi, joka edustaa rakenteen eristävyttä yhdellä numerolla, mutta se ei vielä ole sama kuin A-äänitasojen erotuksena esitetty äänieristysvaatimus. Seuraavaksi on tarpeen määritellä suureiden R_{As} ja ΔL_A välinen yhteys tässä erityistapauksessa. Julkisivun ilmajäänieristuksen mitoitusten menetelmät ovat yleensä periaatteellista muotoa

$$R_A \geq \Delta L_A + 10 \lg \frac{S}{A} + K \quad (3)$$

missä

S	on rakenteen pinta-ala;
A	on huoneen absorptioala;
K	on vakio.

Riittävän eristysrakenteen mitoitus käynnistyy siis vaatimuksesta ΔL_A . Sitä korjataan pinta-alatermillä [$= 10 \lg (S/A) + 3$ dB], joka edustaa tulevan äänikentän kohdistuvaa äänitehoa ja huoneen kaiuntaisen äänikentän absorboituvaa äänitehoa, sekä 4 dB lisäkorjauksella. Jälkimmäinen kattaa mm. epävarmuudet asennustyössä, äänikentän ja spektrien muodoissa sekä menettelyssä, jolla eristävyys esitetään yhdellä luvulla. Toisin sanoen vakion K arvo on $3 + 4 = 7$ dB.

Yleisesti absorptioalan mitoituksessa käytetään oletusta, että absorptioala A on 80 % huoneen lattiapinta-alasta, esim. [7]. Tämä on sopiva oletus tavalliselle ympäristömelulle, jonka merkittävin osuus on keskitaajuusalueella.

Nyt kyseessä oleva laivamelu on kuitenkin selvästi muita ympäristömelun yleisimpiä lajeja pienitaajuisempaa. Tavallisten asuinhuoneiden absorptio on pienillä taajuuksilla olennaisesti pienempi. Tässä asetetaan yleisen mittaustapauksen perusteella mitoitustapaukseksi, että laivamelulla tehollinen absorptio on puolet edellä mainitusta eli 40 % huoneen lattiapinta-alasta:

$$A = 0,4 S_H \quad (4)$$

Koko mitoitustapaukseksi saadaan yhdistämällä yhtälöt (3) ja (4):

$$R_{As} \geq \Delta L_{As} + 10 \lg \frac{S}{0,4 \cdot S_H} + 7 \quad (5)$$

Ilmajäänieristysluku R_{As} määritetään puolestaan yhtälöllä (2). Eristävyydeltään riittävä toteutus ratkeaa valitsemalla sellainen rakenne, jonka äänieristävyyden R_i käyrästä laskettu laivamelun eristysluku R_{As} täyttää yhtälön (5).

4 Tiivis mitoitusohje

Lopuksi kerrataan vielä laivamelun äänieristyksen mitoitusmenettelyn avainkohdat:

1) Äänieristyksen vaatimuksen perusteena olevaksi sisämelun A-äänitasoksi asetetaan **25 dB** pienitaajuisen laivamelun tavallista suuremmasta häiritsevyydestä ja kapeakaistaaisuudesta johtuen.

Jos kaavoituksessa jo on annettu tavallisella menettelyllä asetettu vaatimus A-äänitasoerolle ΔL_A , vaatimukseen lisätään edellisen perusteella **5 dB** ennen mitoituksen jatkamista.

2) Vaadittavaa ilmaäänieristyslukua $R_{As,vaad}$ ei mitoiteta suoraan vakio-ohjeen [7] korjauskerrointa K_1 käyttäen, vaan huoneen absorptioalan oletetaan määräävällä pientaajuusalueella olevan puolta pienempi (40 % lattiapinta-alasta).

Rakenteen alustavaan valintaan sopii seuraava yleisohje: Laivamelueristyksen laskelmat osoittavat, että laivamelun eristysluvun R_{As} lukuarvo on usein noin 5–6 dB pienempi kuin tavallisen liikennemelun eristysluvun R_{Atr} . Tätä nyrkkisääntöä voidaan käyttää rakenteiden alustavassa valinnassa.

3) Toteutukseksi valitaan alustavasti rakenneyhdistelmä, jonka liikennemelun ilmaäänieristysluku R_{Atr} ($= R_w + C_{tr}$) on vähintään 6 dB suurempi kuin laivamelun eristysluvun R_{As} vaatimus. Esimerkiksi jos vaadittava R_{As} on 40 dB, sopiva rakenne on sellainen, jonka $R_{Atr} \geq 46$ dB.

4) Valitun rakenteen äänieristävyyskäyrän R_i arvo 40 Hz terssikaistalla pyritään arvioimaan mahdollisuuksien mukaan esimerkiksi ekstrapoloimalla tai rakennusakustiiikan perusteiden nojalla, jotta laivamelun ilmaäänieristysluku R_{As} voidaan laskea kaavalla (2) ja rakenteen kelpoisuus tarkistaa.

Viitteet

1. LAHTI T & PELTONEN T, Jätkäsaaren aloitusalue, asemakaavan muutos. Meluselvityksen päivitys 2005. *AKUKON 2110-2*. Helsinki, 30.12.2005.
2. LAHTI T & KILPI L, Hernesaari. Ympäristömeluselvitys, päivitys 2010. *AKUKON 103056-1*. Helsinki, 19.11.2010.
3. LAHTI T & PELTONEN T, Jätkäsaaren aloitusalue, asemakaavan muutos. Laivamelun äänieristysluku ja eristysarvion menetelmä. *AKUKON 2110-3*. Helsinki, 30.12.2005
4. Valtioneuvoston päätös melutason ohjearvoista (**993/92**). Helsinki 1992.
5. Asumisterveysohje. Asuntojen ja muiden oleskelutilojen fysikaaliset, kemialliset ja mikrobiologiset tekijät. *Sosiaali- ja terveysministeriön oppaita 2003:1*. Helsinki 2003.
6. **ISO 717-1:1996**. Acoustics — Rating of sound insulation in buildings and of building elements — Part 1: Airborne sound insulation. *International Organization for Standardization*, Geneve 1996.
7. Rakennuksen julkisivun ääneneristävyysarvojen määrittäminen. *Ympäristöopas 108*. Ympäristöministeriö, Helsinki 2003.

Liite A Mitatut matkustajalaivat

Helsingissä ja Tallinnassa vuosina 2002–2011 mitattujen linjamatkustajalaivojen ja risteilylaivojen melupäästöt (A-äänitehotaso L_{WA}). Tällä hetkellä Helsinkiin liikennöivät linjalaivat on listattu ensin.

laiva	L_{WA} , dB	vuosi ja paikka
Matkustajalaivat 2011		
Baltic Princess	114	2008 Hki
Gabriella	107	2004 Hki
Mariella	105	2004 Hki
Nordlandia	106	2003 Hki
Princess Maria	102	2010 Hki
Serenade	106	2004 Hki
Star	106	2007 Hki
Superstar	107	2008 Hki
XPRS	104	2008 Hki
Matkustajalaivat muita		
AutoExpress 1	107	2003 Hki
AutoExpress 2	105	2003 Hki
Baltic Jet	106	2004 Hki
Fantaasia	105	2004 Hki
Finnjet	102	2004 Hki
Galaxy	114	2006 Tallinna
Julia	106	2008 Hki
Meloodia	109	2003 Hki
Opera	107	2004 Hki
Princess Anastasia	106	2011 Hki
Regina Baltica	110	2006 Tallinna
Romantika	110	2005 Hki
Rosella	108	2004 Hki
Star Wind	102	2004 Hki
Superfast IX	107	2007 Hki
Translandia	104	2004 Hki
Vana Tallinn	112	2002 Hki
Victoria I	107	2006 Tallinna
Risteilijät		
Adriana	103	2004 Hki
Aidacara	105	2006 Tallinna
Arcadia	104	2008 Hki
Black Watch	103	2008 Hki
Blue Moon	102	2006 Tallinna
Boudicca	105	2006 Tallinna
Crown Princess	105	2008 Hki
Crystal Symphony	111	2008 Hki
Delphin Renaissance	105	2004 Hki
Deutschland	103	2004 Hki
Grand Voyager	111	2008 Hki
Insignia	102	2006 Tallinna
Maxim Gorkiy	98	2004 Hki
Regatta	99	2004 Hki
Sea Cloud II	100	2006 Tallinna
Silver Cloud	103	2004 Hki
Star Princess	107	2006 Tallinna

Liite B Laivamelun normispektri 2011*Laivamelun äänieristyksen arvioinnin päivitetty normispektri $L_{A_{Si}}$.*

Hz	dB
31,5	−40,3
	−32,0
	−24,2
63	−22,8
	−20,8
	−18,1
125	−15,7
	−13,7
	−13,0
250	−12,5
	−12,2
	−12,2
500	−11,4
	−10,8
	−10,5
1 k	−10,4
	−10,6
	−11,0
2 k	−11,6
	−13,4
	−15,3
4 k	−18,4
	−21,6
	−26,1
8 k	−30,7
	−35,7
	−41,1

HELSINGIN KAUPUNKI
KAUPUNKISUUNNITTELUVIRASTO

HELSINGIN LÄNSISATAMAN MATKUSTAJALAIVOJEN
HAJUPÄÄSTÖJEN LEVIÄMISMALLILASKELMAT

Katja Puputti
Risto Varjoranta
Harri Pietarila



ILMATIETEEN LAITOS
FINNISH METEOROLOGICAL INSTITUTE

**HELSINGIN KAUPUNKI
KAUPUNKISUUNNITTELUVIRASTO**

**HELSINGIN LÄNSISATAMAN MATKUSTAJALAIVOJEN
HAJUPÄÄSTÖJEN LEVIÄMISMALLILASKELMAT**

**Katja Puputti
Risto Varjoranta
Harri Pietarila**

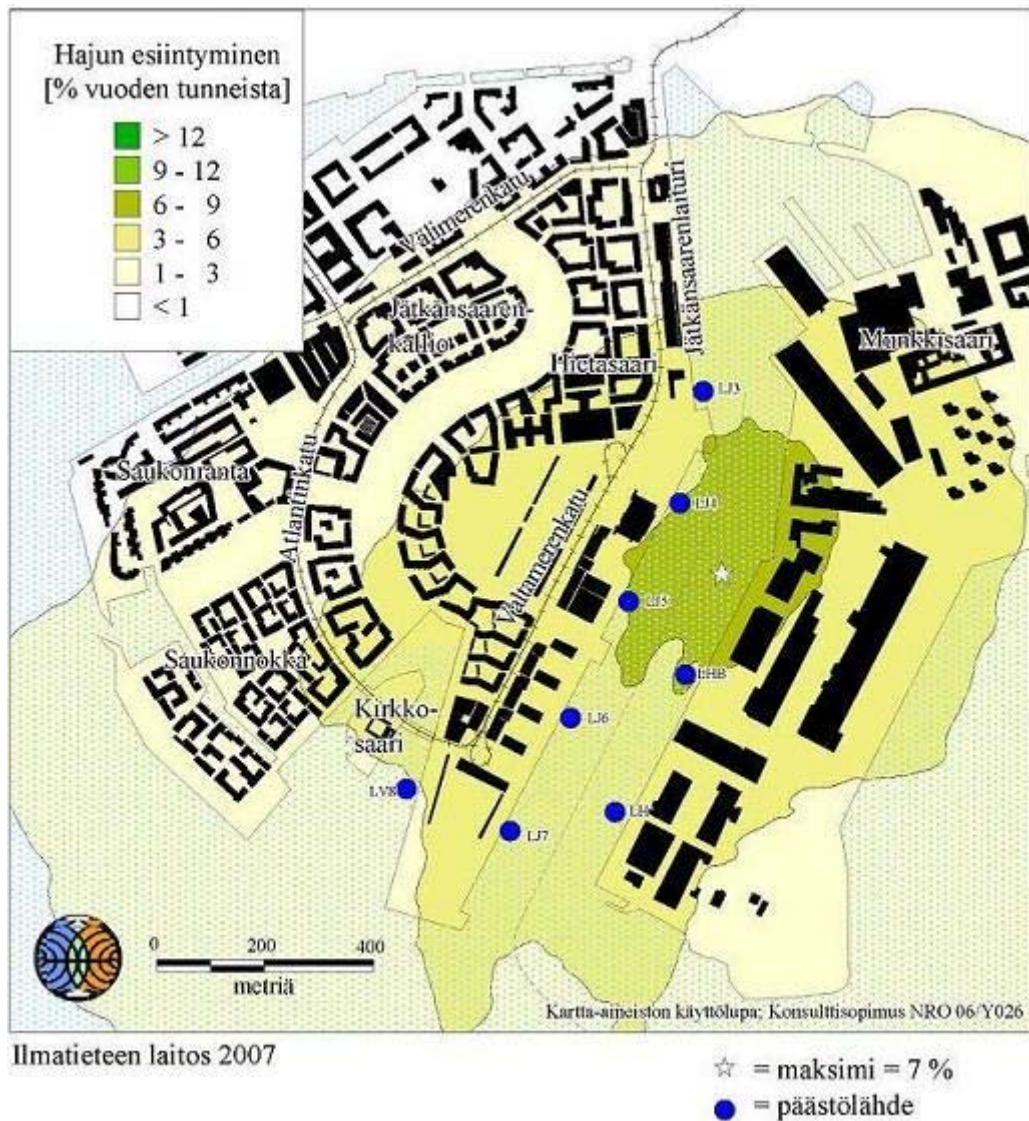
**ILMATIETEEN LAITOS – ILMANLAADUN ASiantuntijapalvelut
Helsinki 3.5.2007**

TIIVISTELMÄ HELSINGIN LÄNSISATAMAN MATKUSTAJALAIVOJEN HAJUPÄÄSTÖJEN LEVIÄMISMALLILASKELMISTA

Ilmatieteen laitos on tehnyt tutkimuksen, jossa haisevien yhdisteiden leviämismallia (ODO-FMI) apuna käyttäen arvioitiin Länsisataman matkustajalaivaliikenteen pakokaasujen aiheuttamia hajuvaikutuksia Jätkänsaaren alueella ja Länsisataman lähiympäristössä vuonna 2030, jolloin Jätkänsaaren alueen rakentaminen asumis-, toimitila ja virkistyskäyttöön on saatu valmiiksi nykyisten satama- ja varastoaluetointojen siirryttyä Vuosaareen.

Mallilaskelmien lähtötietoina käytettiin Helsingin sataman arvioita vuoden 2030 matkustajalaivaliikenteestä sekä Nab Labs Oy:n hajumittauksien tuloksia tällä hetkellä liikennöivistä aluksista. Meteorologisina tietoina käytettiin kahden lähimmän sääaseman tunneittaista yhdistelmäaineistoa vuosilta 2003–2005. Arvioituihin lähtötietoihin sisältyy epävarmuuksia, jotka vaikuttavat mallilaskelmien tulosten luotettavuuteen, mistä johtuen tulokset ovat suuntaa antavia.

Mallilaskelmien tulosten mukaan hajujen esiintyminen tutkimusalueella painottuu vallitsevan tuulensuunnan mukaisesti Länsisataman koillispuolelle Munkkisaareen sekä itse satama-altaaseen ja sen välittömään läheisyyteen. Kuvassa 1 on esitetty mallilaskelmien tuloksena saatu arvioidun laivaliikenteen aiheuttaman selkeän tunnistettavissa olevan hajun esiintymistä Jätkänsaaren alueella. Laivaliikenteen aiheuttamaa tunnistettavissa olevaa lyhytkestoista (30 sekuntia yhtäjaksoisesti) hajua esiintyisi yli 3 % (263 h) vuoden tunneista noin 500 metrin säteellä satama-altaasta Kirkkosaaren, pohjoisen Saukonnokan, Valtamerenkadun ympäristön ja eteläisen Hietasaaren alueilla sekä Munkkisaarella. Tätä hajufrekvenssiä (= esiintymistiheyttä) on esitetty maassamme tehtyjen hajututkimusten perusteella kotimaiseksi hajusuositteeksi miellyttävyyssasteeltaan hyvin epämiellyttäville hajuille. Miellyttävyyssasteeltaan vaihtelevia hajuja koskeva hajusuositteen yläraja, 9 % kokonaisajasta ei ylittyisi hajukynnyksellä 3 hy/m³, jolla kuvataan selkeää tunnistettavissa olevaa hajua.



Kuva 1. Arvio matkustajalaivaliikenteen aiheuttamasta lyhytaikaisen (30s) hajun esiintymisestä prosentteina vuoden tunneista vuonna 2030. Hajukynnys 3 hy/m³, selkeä tunnistettavissa oleva haju.

Matkustajalaivaliikenteen hajuvaikutukset ovat kesäkautena talvea merkittävämmät johtuen pääasiallisesti risteilijäliikenteen kausiluontoisuudesta. Mallilaskelmissa ei ole huomioitu muita kuin arvioidusta matkustajalaivaliikenteestä aiheutuvia hajupäästöjä. Tutkimusalueen lähistöllä on vilkkaasti liikennöityjä katuja sekä telakkatoimintaa, jotka voivat aiheuttaa tutkimusalueelle hajuhaittaa laivaliikenteen lisäksi.

SISÄLLYSLUETTELO

1	JOHDANTO.....	3
2	TUTKIMUSMENETELMÄT	4
2.1	Hajuyhdisteiden leviämismalli ODO-FMI	4
2.2	Meteorologisten tietojen käsittely kaupunkimallissa.....	6
3	TUTKIMUKSEN SUORITUS	8
3.1	Päästötiedot.....	8
3.2	Meteorologiset tiedot	10
3.3	Leviämlaskelmat	12
3.4	Hajujen ohjearvosuosituksia	13
4	TULOKSET	15
4.1	Hajujen esiintyminen tutkimusalueella.....	15
4.2	Hajujen esiintymisen vaihtelu kesä- ja talvikautena.....	16
4.3	Hajujen esiintyminen julkisivuilla	17
5	TULOSTEN ARVIOINTI.....	20
6	JOHTOPÄÄTÖKSET	21
	VIITELUETTELO.....	24

LIITTEET

LIITEKUVAT

1 JOHDANTO

Tutkimuksessa arvioitiin leviämismallilaskelmilla Helsingin Länsisataman matkustajalaivojen päästöjen aiheuttamia hajuvaikutuksia Jätkänsaaren alueella vuonna 2030. Jätkänsaarella toimii nykyisin Helsingin Sataman kontti- ja matkustajasatama. Alueen käyttö on muuttumassa, osayleiskaavaehdotuksessa nykyiset satama- ja varastoalueet on suunniteltu asumiseen, toimitiloiksi ja virkistykseen matkustajasataman jäädessä alueelle. Jätkänsaaren alue on tarkoitettu rakentaa vuosien 2009–2025 aikana. Vuonna 2001 tehdyssä hajukartoituksessa todettiin, että alueella on liuotin- ja pakokaasuhajuja (VTT, 2001).

Hajujen leviämislaskelmat tehtiin Ilmatieteen laitoksella kehitetyllä hajuyhdisteiden leviämismallilla ODO-FMI. Mallilaskelmien tuloksena saadaan aluejakauma hajun esiintyvyydestä. Tulokset on ilmoitettu hajufrekvensseinä eli niiden tuntien prosentuaalisena osuutena vuoden tunneista, joina hajupitoisuus ylittää tarkastellun hajukynnyksen. Laskelmissa tarkasteltiin sekä lyhytaikaisten (30 s) että pitkäaikaisten (1h) hajutilanteiden esiintymistä.

Mallilaskelmat tehtiin $2,5 \text{ km} \times 2,5 \text{ km}$ alueelle 3 841 laskentapisteeseen maanpintatasolle sekä vertikaalitarkasteluna kahdeksalle julkisivulle. Laskentapisteidien tiheys oli pienimmillään 25 metriä ja alueen reunoilla suurimmillaan 50 metriä. Meteorologisina tietoina käytettiin tutkimusaluetta lähimpänä sijaitsevien Helsinki-Vantaan ja Isosaaren sääasemien etäisyyspainotettua tunneittaista yhdistelmäaineistoa vuosilta 2003–2005.

Mallilaskelmien lähtötietoina käytettiin Nab Labs Oy:n tätä hajuarviointia varten suorittamia laivojen hajumittaustuloksia, Helsingin Sataman arviota laivojen vuoden 2030 liikennöinnistä ja laivatyypeistä sekä edellä mainittuihin tietoihin perustuvia arvioita säännöllisesti vuonna 2030 Länsisatamassa liikennöivien laivojen hajupäästöistä.

Tutkimuksen tilaaja Helsingin kaupunkisuunnitteluvirasto toimitti tutkimuksessa käytetyn kartta-aineiston. Valtion teknillinen tutkimuskeskus (VTT) arvioi mallinnuksen lähtötietoina käytettyjen laivojen hajupäästömittausten epävarmuustekijöitä.

2 TUTKIMUSMENETELMÄT

2.1 Hajuyhdisteiden leviämismalli ODO-FMI

Hajuyhdisteiden leviämismalli on Ilmatieteen laitoksen kaupunkimallin erikoissovellutus. Kaupunkimalli on kehitetty Gaussin jakaumaa noudattavasta pistemäisen lähteen viuhkamallista. Malleihin sisältyvät laskentamenetelmät myös pinta- ja tilavuuslähteille. Hajuyhdisteiden leviämismallin leviämisparametrien määrityksessä on käytetty eräiden ulkomaisten meteorologisten tutkimusten tuloksia (*BUSINGER et al., 1971, CAUGHEY et al., 1979, HANNA, 1985, HOLTSLAG, 1984, WRATT, 1987*).

Pistelähteitä käsiteltäessä tarvitaan laskentamenetelmä ns. nousulisälle, joka muodostuu, kun poistokaasut päästökohteesta vapautuessaan nousevat niiden liikemäärän ja lämpösisällön vuoksi päästölähteen huippua korkeammalle. Tällä päästöjen nousulisällä (plumerise) on huomattava vaikutus keskimääräiseen leviämiskorkeuteen ja muodostuviin epäpuhtauspitoisuuksiin. Nousulisän laskenta perustuu Briggsin tutkimuksiin (*BRIGGS, 1975 ja 1984*). Päästöjen leviämiseen saattavat vaikuttaa ilmavirtauksia häiritsevät kohteet, kuten päästölähdettä ympäröivät rakennukset tai korkea puusto, itse lähteen ominaisuudet ja lähimaasto. Tällöin leviämisessä voi esiintyä systemaattisesti alaspäin suuntautuvaa liikettä, josta käytetään nimitystä savupainuma (downwash). Tämän leviämiseen vaikuttavan ilmiön käsittelymenetelmä pitoisuuksia laskettaessa sisältyy myös hajuyhdisteiden leviämismalliin.

Kaupunkimalli ja hajuyhdisteiden leviämismalli laskevat epäpuhtauspitoisuuden tuntikeskiarvoja sillä oletuksella, että meteorologinen tilanne ja päästö pysyvät vakioina tunnin ajan. Laskenta etenee tunnin aika-askeleella kunnes koko meteorologisten

tietojen aikasarja ja päästötietojen aikasarja on käyty läpi. Hajuyhdisteiden leviämismallilla voidaan lisäksi kuvata hyvin lyhytaikaiset, jopa alle minuutin pitoisuudet. Tätä varten hajumalliin on sisällytetty pistelähteiden käsittelyyn ns. mutkittelumenetelmä. Menetelmässä oletetaan, että poistokaasuvanan mutkittelusta aiheutuu hetkestä toiseen vaihteleva pitoisuusajasarja, joka koostuu 0,5 minuutin jaksoista tunnin mittaisessa otoksessa. Kutakin 0,5 minuutin pitoisuusarvoa vastaa jokin kaasuviuhkan akselin sijainti poikittais- tai pystysuunnassa keskimääräiseen ilmapvirtaukseen nähden.

Kaasuviuhkan akselin heilahtelun oletetaan noudattavan normaalijakaumaa, jolloin hajun määritykseen tarvittava maksimipitoisuus voidaan laskea joko ns. määrätyn todennäköisyyden menetelmällä tai Monte-Carlo-menetelmällä. Kun kaasuviuhka on levinnyt ja hajaantunut niin suureksi, että se saavuttaa ilmakehän rajakerroksen ylärajan, käytetään kaasuviuhkan sisäisen vaihtelun menetelmää ja huippupitoisuus lasketaan log-normaalijakauman mukaisella todennäköisyyden tiheysfunktioilla. Usean päästölähteen yhdessä aiheuttamia suurimpia pitoisuuksia arvioidaan ns. taustapitoisuusmenetelmällä. Hajuyhdisteiden leviämismalliin sisältyvät myös pinta- ja tilavuuslähteiden käsittelyyn soveltuvat laskentamenetelmät.

Hajuhavainto määritellään kullekin yhdisteelle tai useasta yhdisteestä muodostuvalle seokselle sen hajukynnysarvolla, joka on se yhdisteen tai seoksen pitoisuus, jossa 50 % ihmisistä aistii hajua. Tämä perushajukynnys on hajupitoisuutena yksi hajuyksikkö ilmakehässä (tässä merkitty hy/m^3). Hajukynnys voidaan määrittää myös eri yhdisteiden pitoisuutena, jolloin yksikkönä on mikrogrammaa ilmakehässä ($\mu\text{g}/\text{m}^3$). Tietyn yhdisteen tai useasta yhdisteestä muodostuvan seoksen hajukynnys vaihtelee eri ihmisillä mm. sen mukaan, kuinka kauan hajulle on altistuttu tai kuinka puhdasta jokin yksittäinen aistittava yhdiste on. Päästöissä voi esiintyä useita hajuja aiheuttavia yhdisteitä, jolloin hajumallissa tarvittavaa hajukynnyspitoisuutta ei aina voida yksikäsitteisesti määrittää. Tällöin leviämislaskelmat voidaan suorittaa käyttämällä esimerkiksi seoksen herkimmin haisevan kaasun hajukynnyspitoisuutta tai tarkastelemalla erikseen kutakin hajua aiheuttavaa yhdistettä. Todenmukaisempi kuva hajusta saadaan, jos hajuyhdisteiden leviämismallia sovellettaessa on käytettävissä päästöjen hajuyksikkömäärittäjä.

Hajuyksikkömääriä voidaan tehdä päästökohteista olfaktometrillä. Hajupitoisuus tarkoittaa sitä laimennuskertojen lukumäärää, jolla näytekasuvirtaa on laimennettava, jotta 50 % hajupaneelin jäsenistä ei tunnista näytevirrassa hajua (*LIITE 2*).

Kun tunnetaan lähteen päästöissä esiintyvän yhdisteen tai seoksen hajukynnys, voidaan hajuyhdisteiden leviämismallilla arvioida, milloin kynnsarvo saavutetaan eri etäisyyksillä lähteestä tietyissä meteorologisissa olosuhteissa. Erisuuruisia hajukynnyksiä voidaan käyttää kuvaamaan hajun voimakkuutta ja miellyttävyydestä. Hajukynnys 1 hy/m^3 tarkoittaa siis hajua, jonka puolet ihmisistä eli hajupitoisuusmääriä puolet olfaktometrin koehenkilöistä (hajupaneelist) aistii. Olfaktometrin koehenkilöiksi pyritään yleensä valitsemaan henkilöitä, joilla on normaali hajuaisti. Hajun aiheuttaja ei ole pitoisuudessa 1 hy/m^3 vielä välttämättä tunnistettavissa. Hajukynnyksillä 3 ja 5 hy/m^3 kuvataan selkeää hajua, jonka lähde on tunnistettavissa.

Pitoisuudet lasketaan yleensä tutkimusalueella peittävään tulostuspisteikköön maanpintatasolle. Tulostuspisteitä on tavallisesti 2000–6000 kappaletta, riippuen tutkimusalueen laajuudesta. Mallilaskelmien tuloksena saadaan aluejakauma hajun esiintyvyydestä. Tulokset ilmoitetaan hajufrekvensseinä, eli niiden tuntien prosentuaalisena osuutena vuoden tunneista, joina 0,5 minuutin pitoisuus on ylittänyt tarkastellun hajukynnyksen. Esimerkiksi 10 %:n hajufrekvenssi tarkoittaisi sitä, että vuodessa on 876 tuntia, joiden aikana hajua esiintyy vähintään 0,5 minuutin ajan. Tällä hajufrekvenssillä kuvataan siis lyhytaikaisen (30 s) hajun esiintymistä. Lisäksi hajufrekvenssiarvot voidaan määrittää vastaavasti pitoisuuksien tuntikeskiarvoista, jolloin tulos kuvaa pitkäaikaisen (1 h) hajun esiintymistä. Yleensä mallilaskelmissa käytetään kolmen vuoden tunneittaisten arvojen meteorologista aikasarjaa. Hajufrekvenssit lasketaan erikseen kullekin tarkasteluvuodelle ja tuloksina esitetään näistä määritetty keskiarvo.

2.2 Meteorologisten tietojen käsittely kaupunkimallissa

Ilman epäpuhtauksien leviäminen tapahtuu pääosin ilmakehän alimmassa osassa, jota kutsutaan rajakerrokseksi. Rajakerroksen korkeus on Suomessa tyypillisesti alle kilometri, mutta varsinkin kesällä se voi nousta yli kahteen kilometriin. Rajakerroksen

tuuliolosuhteet määräävät karkeasti ilman epäpuhtauksien kulkeutumis suunnan, mutta rajakerroksen ilmapvirtausten pyörteisyys ja kerroksen korkeus vaikuttavat merkittävästi epäpuhtauksien sekoittumiseen ja pitoisuuksien laimenemiseen kulkeutumisen aikana. Leviämisen kannalta keskeisiä meteorologisia muuttujia ovat siis tuulen suunta ja nopeus, ilmakehän stabiilisuutta kuvaava suure ja sekoituskorkeus.

Rajakerroksen olosuhteista saadaan tietoa maanpinnalla tehtävien sää- ja säteilyhavaintojen sekä radioluotausten perusteella. Nämä havainnot eivät sellaisenaan riitä kuvaamaan vallitsevia päästöjen leviämisolosuhteita ja niiden vaihtelua. Ilmatieteen laitoksella kehitetyn meteorologisten tietojen käsittelymallin eli ilmakehän rajakerroksen parametrisointimenetelmän avulla voidaan normaali meteorologisten rutiinihavaintojen ja fysiikan perusyhtälöiden avulla arvioida leviämismallilaskelmissa tarvittavat rajakerroksen tilaan vaikuttavat muuttujat (RANTAKRANS, 1990, KARPPINEN *et al.*, 2000). Menetelmässä tarvittavat mittaustiedot saadaan Ilmatieteen laitoksen havaintotietokantaan talletetuista sää-, auringonpaiste- ja radioluotaushavainnoista.

Perinteisissä leviämismallisovellutuksissa on käytetty karkeaa ilmakehän stabiilisuusluokitusta (Pasquill-Turner-luokat) ja mallien muuttujille on annettu luokittaiset vakioarvot. Rajakerroksen parametrisoinnin avulla on mahdollista ilmaista leviämismalleissa käytetyt muuttujat jatkuvina rajakerroksen tilan funktioina, joissa voidaan ottaa paremmin huomioon myös päästölähteisiin liittyvä fysiikka. Menetelmässä huomioidaan tutkimusalueen paikalliset tekijät, kuten leviämisalustan rosoisuus ja vuodenaikaiset albedoarvot (maanpinnan kyky heijastaa auringon säteilyä) eri maanpinnan laaduilla. Sääasemilta saatavat perushavainnot valitaan tutkimusaluetta lähimpänä olevilta asemilta. Luotaushavainnot valitaan lähimmältä luotausasemalta. Lopputuloksena saadaan leviämismalleissa tarvittavien ilmakehän rajakerroksen parametrien ja meteorologisten tietojen tunneittaiset aikasarjat.

3 TUTKIMUKSEN SUORITUS

3.1 Päästötiedot

Leviämislaskelmat tehtiin Helsingin Länsisataman arvioitun säännöllisen matkustaja-laivaliikenteen ja risteilyalusliikenteen aiheuttamille hajupäästöille vuonna 2030, jolloin Jätkänsaaren osayleiskaavaehdotuksen mukainen alueen rakentaminen asuin-, toimitila- ja virkistyskäyttöön on saatu valmiiksi. Laivaliikenteestä vapautuu pakokaasuhajupäästöjä laivojen ollessa satamassa tai niiden liikkuesssa satama-altaassa ja väylällä. Mallilaskelmissa laivoja käsiteltiin pistelähteinä. Kullekin tarkastelulle laivalle määritettiin päästöt satamassa, satama-altaassa ja väylällä läntiseen Pihlajasaareen saakka. Laivojen liikkuminen satama-altaassa ja väylällä mallinnettiin pistejonona, jolloin kullekin pisteelle laivakohtaisesti määritettiin laskennallinen keskimääräinen hajupäästö tunnissa. Laivapaikkojen sijainti ja laivojen liikkumisreitit satama-altaasta läntiseen Pihlajasaareen saakka on esitetty liitteessä 1.

Päästöjen ajallisen vaihtelun mallintaminen on tehty satamaa säännöllisesti käyttävien laivojen osalta taulukossa 1 ilmenevien aikataulutietojen mukaisesti. Arvion vuoden 2030 säännöllisestä laivaliikenteestä Länsisatamassa ja liikennöivistä laivatyypeistä toimitti Helsingin Satama. AutoExpressin sekä risteilijöiden A, B ja C aikataulut ovat kausiluontoisia. Kyseiset laivat liikennöivät päivittäin taulukossa 1 mainittuna kautena. Muut alukset liikennöivät päivittäin vuoden ympäri.

Taulukko 1. Mallilaskelmissa tarkasteltujen laivojen liikennöintiäkalaut.

Laiva	paikka	laiturissa	kausi
1. Autoexpress	LJ3	klo 22-8 + 6 x 0,5h	1.5-31.10
2. Norlandia	LJ4	klo 22-8	Kesä ja talvi
3. Galaxy	LJ4	klo 16-18	Kesä ja talvi
4. Star	LJ5	klo 8-10 ja 15-17	Kesä ja talvi
5. alus x	LJ6	klo 22-8 + klo 11-13 ja 17-19	Kesä ja talvi
6. alus y	LJ7	Klo 7-9 ja 15-17	Kesä ja talvi
7. risteilijä A	LV8	klo 8-18	15.5-15.9
8. risteilijä B	LHB	klo 8-18	15.5-15.9
9. risteilijä C	LHC	klo 8-18	15.5-15.9

Leviämislaskelmissa lähtötietoina käytetyt päästöt perustuvat Nab Labs Oy:n tekemiin hajupäästömittauksiin loka-marraskuussa 2006. Mittausraportti on esitetty liitteessä 1. Hajupäästömittaukset suoritettiin kolmella eri aluksella. Leviämismallilaskelmissa tarkasteltiin kaikkiaan yhdeksän eri laivan säännöllistä liikennöintiä Länsisatamassa. Muiden kuin mitattujen laivojen päästöt arvioitiin tarkasteltua laivaa parhaiten edustavan mittaustuloksen (Galaxyn) ja laivojen ominaistehojen suhteen perusteella (VARJORANTA *et al.* 2002). Laivojen laituri- ja laivojen keskeisimmät tekniset tiedot on esitetty taulukossa 2. Mittaustuloksia käsiteltäessä projektin edetessä tulokset muuttuivat hieman ennen lopullista muotoa. Leviämismallilaskelmissa käytettiin lähtötietoina alustavia mittaustuloksia (taulukko 2), jotka poikkeavat jonkin verran mittausraportissa (liite 1) olevista tarkistetuista päästöarvoista. Mallilaskelmissa käytettyjen lähtötietojen ja mittausraportissa mainittujen päästöarvojen ero on kuitenkin niin pieni, ettei se merkittävästi vaikuta lopputulokseen.

Taulukko 2. Mallilaskelmissa tarkasteltujen laivojen teknisiä tietoja, hajupäästöt (Q_s), poistokaasujen tilavuusvirtaus (V_s) ja päästölähteiden korkeus (H_s).

laiva	päästölähde			satama		satama-allas		väylä	
	paikka	nimellisteho (KW)	H_s (m)	Q_s (Mhy/s)	V_s (Nm ³ /h)	Q_s (Mhy/s)	V_s (Nm ³ /h)	Q_s (Mhy/s)	V_s (Nm ³ /h)
1. AutoExpress	LJ3	24 000	18	0,005	730	0,17	26 500	0,42	46 300
2. Nordlandia	LJ4	15 300	36	0,019	7 200	0,12	55 800	0,14	55 800
3. Galaxy	LJ4	31 000	33	0,091	18 000	0,64	85 200	1,06	85 200
4. Star	LJ5	48 000	40	0,14	27 871	0,98	131 923	1,64	131 923
5. alus x	LJ6	48 000	40	0,14	27 871	0,98	131 923	1,64	131 923
6. alus y	LJ7	48 000	40	0,14	27 871	0,98	131 923	1,64	131 923
7. risteilijä a	LV8	34 000	40	0,10	19 742	0,70	93 445	1,16	93 445
8. risteilijä b	LHC	34 000	40	0,10	19 742	0,70	93 445	1,16	93 445
9. risteilijä c	LHB	34 000	45	0,10	19 742	0,70	93 445	1,16	93 445

VTT arvioi laivojen hajumittaustuloksien epävarmuustekijöitä arviointiraportissaan (liite 2). Arvioinnin mukaan mittaustulosten epävarmuus AutoExpressin ja Norlandian kohdalla olisi -100 % – 200 % ja Galaxyllä ± 150 %. Mittaustulosten epävarmuustekijöitä ovat mm. mitattujen hajupäästökaasujen tavallista korkeampi lämpötila näytteenottohetkellä eri laivoissa. Ei ole tiedossa, muuttuuko pakokaasunäytteen haju samalla tavalla jäähtyessään näytteenotossa kuin todellisessa tilanteessa pakokaasun tullessa laivan piipusta ulkoilmaan. Epävarmuutta lisäsi myös Galaxyn kohdalla mittausten suorittaminen ennen katalysaattoria. Katalysaattori vähentää typpidioksidipäästöjä ja niiden hajun osuutta kokonaishajusta on vaikea arvioida (*KUUSISTO et al., 2007*).

3.2 Meteorologiset tiedot

Leviämislaskelmia varten määritettiin ilmakehän rajakerrosta kuvaavat parametrit, jotka edustavat tutkimusaluetta mahdollisimman hyvin. Tuulitietojen etäisyyspainotettu yhdistelmäaineisto muodostettiin Helsinki-Vantaan lentosääaseman ja Helsingin Isosaaren sääaseman vuosien 2003–2005 havainnoista. Tarvittavat auringonpaistetiedot saatiin Helsinki-Vantaan lentosääaseman säteilymittausaineistoista ja sekoituskorkeuden määrittämiseen käytettiin Jokioisten observatorion radioluotaushavaintoja. Le-

viämismalliin tarvittavat ilmakehän rajakerroksen tilaa kuvaavat muuttujat muodostettiin kolmen vuoden tunneittaiseksi aikasarjaksi vuosille 2003–2005. Aikasarjasta laskettiin mallilaskelmissa tarkasteltujen tilanteiden tilastolliset tuulen suunta- ja nopeusjakaumat sekä sekoitusvoimakkuuden ja sekoituskorkeuden kuukausittaiset jakaumat.

Tuulensuuntien ja -nopeuksien suhteellinen jakautuminen tuuliaineistossa on esitetty tuuliruusuna liitekuvassa 1. Prosenttiarvo ympyrän kehällä kuvaa kunkin tuulensuunnan (suuntasektorin = mistä tuuli puhaltaa) osuutta koko aineistosta. Nopeusjakauma kunkin suuntasektorin sisällä on esitetty viiteen nopeusluokkaan luokiteltuna (prosenttiasteikot sektoreiden sisällä 10 %:n välein). Tehdyn tilastollisen tarkastelun mukaan tutkimusalueella vallitsevia ovat lounaistuulet, joiden osuus koko aineistosta on hieman yli 20 %. Vähiten esiintyi idän, koillisen ja kaakon puoleisia tuulia, alle 10 % kaikista tuulista. Voimakkaita tuulia (yli 8 m/s) esiintyi eniten lounaan ja etelän puoleisilla tuulilla, jolloin niiden suhteellinen osuus kaikista tuulista oli noin 10 %. Edellä esitetyt tuulen nopeustiedot kuvaavat olosuhteita 10 metrin korkeudella maan pinnasta.

Sekoitusvoimakkuuden ja sekoituskorkeuden kuukausittainen esiintymistäajuus vuosina 2003–2005 on esitetty liitekuvassa 2. Sekoitusvoimakkuudet on luokiteltu karkeasti kolmeen luokkaan: voimakas, kohtalainen ja heikko sekoittuminen. Voimakasta sekoittumista (labiileja tilanteita) esiintyy eniten kesällä, jolloin päiväaikaan maanpinnan lämpeneminen aiheuttaa alimpaan ilmakerrokseen turbulenttista pyörteisyyttä. Labiileissa tilanteissa esiintyvät epäpuhtauspitoisuudet ovat pääsääntöisesti pieniä, mutta pitoisuudet voivat lyhytaikaisesti kohota myös korkeiden päästökohteiden lähellä. Labiilien tilanteita on talvella vähän tai ei ollenkaan. Heikkoa sekoittumista (stabiileja tilanteita) esiintyy eniten tammi- ja maaliskuussa, jolloin niiden suhteellinen osuus oli yli 30 %. Stabiileissa tilanteissa maanpinnan tuntumassa esiintyvät ilman epäpuhtauspitoisuudet voivat kohota voimakkaasti varsinkin matalalta lähtevien päästöjen vaikutuksesta. Rannikkoseudulle tyypillisesti ilmakehän alin kerros oli vuosina 2003–2005 pääosin neutraalissa tilassa, jolloin sekoittuminen oli kohtalaista.

Sekoituskerroksen korkeus määrää pystysuunnassa päästöjen laimenemistilavuuden rajan. Matalat sekoituskorkeudet liittyvät maanpinnan tuntumassa oleviin inversioihin,

jolloin maanpinnan lähellä oleva kylmempi ilmakerros jää sitä ylempänä olevan lämpimämmän ilman alle. Tällöin sekoittuminen korkeussuunnassa tiettyä rajaa korkeammalle estyy ja maanpintapitoisuudet voivat kohota voimakkaasti matalien lähteiden vaikutuksesta. Matalia, alle 100 ja alle 200 metrin sekoituskorkeuksia esiintyy tässä tutkimuksessa käytetyssä meteorologisessa aineistossa runsaasti etenkin maalisi- ja huhtikuussa (ks. liitekuva 2). Yli 500 metrin sekoituskorkeus ei enää vaikuta merkittävästi pitoisuuksien kohoamiseen lähileviämisen mittakaavassa. Talvella sekoituskorkeus yltää melko harvoin yli 500 metriin.

3.3 Leviämislaskelmat

Mallilaskelmat tehtiin $2,5 \text{ km} \times 2,5 \text{ km}$ alueelle 3 841 laskentapisteeseen maanpintatasoon sekä kahdeksalle julkisivulle. Tulostuspisteet sijaitsivat tiheimmillään 25 metrin etäisyydellä toisistaan ja harvimmillaan alueen reunoilla 50 metrin etäisyydellä toisistaan.

Leviämislaskelmat tehtiin kolmella erilaisella hajukynnyksellä: 1 hy/m^3 , 3 hy/m^3 ja 5 hy/m^3 . Hajukynnys 1 hy/m^3 kuvaa tilannetta, jossa 50 % ihmisistä aistii hajua, mutta hajun aiheuttaja ei ole vielä välttämättä tunnistettavissa. Hajukynnyksillä 3 ja 5 hy/m^3 kuvataan selkeää hajua, jonka lähde on tunnistettavissa. Laskelmissa määritettiin sekä lyhytaikaisen (30 s) että pitkäaikaisen (1 h) hajun esiintyminen.

Hajuyhdisteiden leviämismallilla tarkastellaan yleensä lyhytaikaisen 0,5 minuutin hajun pitoisuuksia tunnin otoksessa (ks. kappale 1.1). Tämä merkitsee sitä, että hajumallilaskelmissa tarkasteltava vuoden tunti rekisteröityy ns. hajutunniksi jo puoli minuuttia kestävä hajukynnyksen ylitysjan esiintyessä, eli hajutunnin aikana ei tarvitse haista koko tuntia yhtäjaksoisesti. Tässä tutkimuksessa tarkasteltiin myös pitkäaikaisen hajun esiintymistä. Pitkäaikaisen hajun tarkasteluissa tunti rekisteröityy hajutunniksi vasta kun hajupitoisuuden tuntikeskiarvo ylittää hajukynnyksen, ts. hajutunnin aikana haisee käytännössä yhtäjaksoisesti koko tunnin ajan. Korkeimpien hajufrekvenssiarvojen alueiden muodostumiseen vaikuttavat tutkimusalueen pitkän ajan tuulensuuntajakauma sekä eri päästölähteiden yhteisvaikutus tietyissä meteorologisissa olosuhteissa.

Leviämislaskelmien tuloksina on tutkimusraportin kuvassa 1 esitetty tutkimusalueen hajufrekvenssien (hajun esiintymisen) maksimiarvot ja liitekuviissa 3–8 korkeimpien hajufrekvenssien aluejakaumat. Aluejakaumakuviissa on tulostusalueen korkeimpien hajufrekvenssien sijaintipaikat merkitty valkoisilla tähdillä. Maksimin numeroarvo (prosentteja vuoden tunneista) on luettavissa oikealta aluejakaumakuvan alapuolelta.

Päästölähteiden välittömään läheisyyteen voi joissakin tapauksissa muodostua ns. katvealue, jolla hajujen esiintyminen on vähäistä lisääntyen lyhyellä etäisyydellä nopeasti. Tällaisten aivan päästölähteen ympärille muodostuvien, muita arvoja matalampien hajujen esiintymisen alueiden laajuuteen vaikuttavat piipun korkeuden lisäksi poistokaasujen nousunopeus piipussa sekä ulkolämpötilan ja poistokaasujen lämpötilan välinen ero, jotka antavat päästöille nousulisää leviämisen alkuvaiheessa.

3.4 Hajujen ohjearvosuosituksia

Euroopan maita, joissa on annettu selkeitä ohjearvoja tai ohjearvosuosituksia hajujen esiintymiselle ovat tiettävästi vain Saksa ja Tanska. Saksassa on Nordrhein-Westfalenin osavaltiossa annettu vuonna 1993 ohjeet, joiden mukaan selvää hajua saa esiintyä enintään 10 % kokonaisajasta asutusalueilla ja 15 % ajasta teollisuusalueilla. Tunnit rekisteröityvät hajutunniksi jo lyhytaikaisen hajuaistimuksen jälkeen. Laitosta, jonka aiheuttama hajukuorma ei ylitä 2 %:a kokonaisajasta, ei pidetä alueen kokonaishajukuorman kannalta merkityksellisenä (*ANONYMI, 1993*). Tanskassa laitoksen aiheuttamaa häiritsevää hajua saa esiintyä ympäristössä korkeintaan 1 % kokonaisajasta. Häiritseväksi hajuksi määritellään yleisesti erittäin selkeä haju (*MILJÖSTYRELSEN, 1985*). Tanskan hajusuositteen määrittelystä ei ole olemassa yksityiskohtaista tietoa, joten tässä työssä mallilla laskettujen hajufrekvenssiarvojen vertaaminen siihen ei ole yksiselitteistä.

Suomessa on tehty tutkimus niistä muuttujista, jotka sopisivat maassamme mahdollisesti annettavien hajuohjearvojen perusteiksi (*ARNOLD, 1995*). Tutkimuksessa esitetään, että ohjearvona voitaisiin käyttää hajufrekvenssiarvoja 3–9 % kokonaisajasta. Alaraja koskisi hyvin epämiellyttävää hajua, kuten sellutehtaiden ympäristössä esiintyvää

haisevien rikkiyhdisteiden hajua, jolla on korkea haittapotentiaali. Yläraja koskisi hajuja, joiden miellyttävyyssaste on vaihtelevampi.

VTT Prosessit on lausunnossaan (*ARNOLD & LEHTOMÄKI, 2003*) Helsingin kaupungin Viikinmäen jätevedenpuhdistamolle tehdyn tutkimuksen tuloksista (*RASILA & PIETARILA, 2003*) esittänyt mm. seuraavat ulkomaiset vertailuarvot, joita voidaan käyttää hajujen aiheuttaman viihtyvyyshaitan arviointiin:

- Eurooppalaisen tutkimuksen mukaan hajun ns. yleinen valitustaso on 5 hy/m³. Haju on pitoisuudessa 1 hy/m³ juuri aistittavissa, pitoisuudessa 3 hy/m³ selvästi tunnistettavissa ja pitoisuudessa 5 hy/m³ useimmat ihmiset pitävät hajua melko voimakkaana (*SCHAUBERGER et al., 1998*).
- Irlannin ympäristöhallinnon julkaisun mukaan pitkäaikaisen (1 h) hajun yleinen tavoitearvo olisi 1,5 hy/m³ ja tavoitearvon ylittävää hajua saa esiintyä ympäristössä korkeintaan 2 % kokonaisajasta. Tavoitearvo vastaa hajukuormaa, joka ei johda hajuhaittaan (*BONGERS et al., 2001*).

Yllä esitettyjä Eurooppalaisia hajuohjearvoja sovelletaan yleensä teollisuuden, yhdyskunnallisten laitoksien (esim. jätevedenpuhdistamo) tai maatalouden hajupäästöille. Liikenteen päästöille ei yleensä tehdä hajuarviointeja, eikä ohjearvojen soveltaminen laivaliikenteenkään hajupäästöille ole yksiselitteistä.

4 TULOKSET

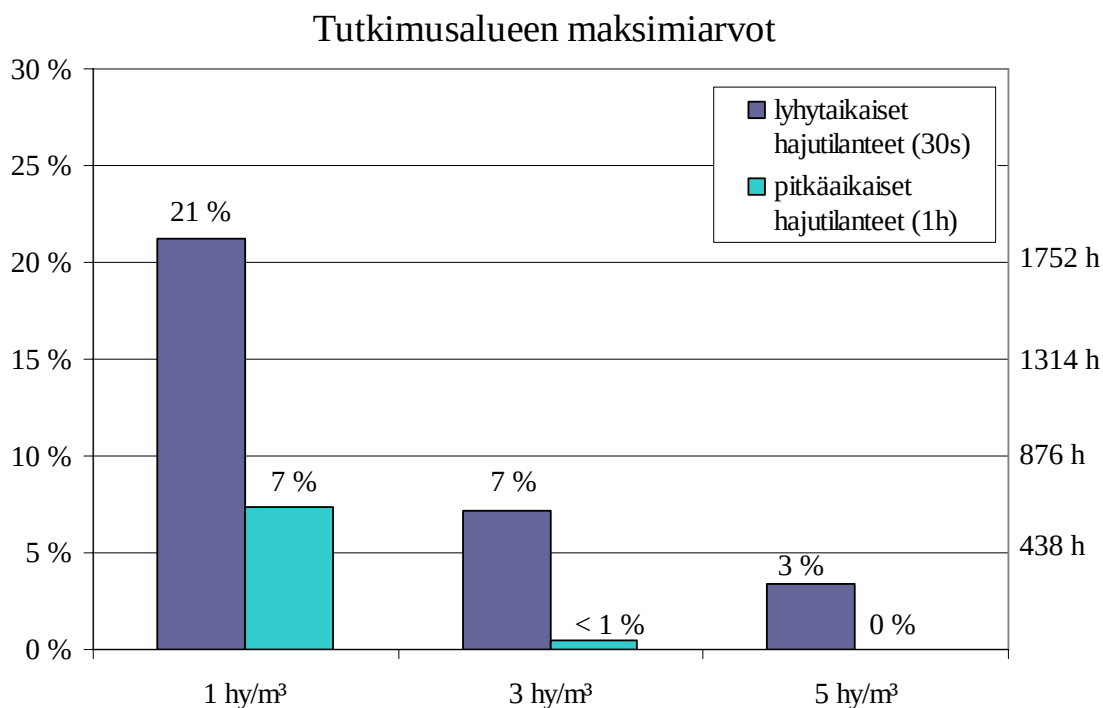
4.1 Hajujen esiintyminen tutkimusalueella

Tutkimuksessa määritettiin Ilmatieteen laitoksen hajuyhdisteiden leviämismallilla Länsisataman säännöllisen matkustajalaivaliikenteen hajupäästöjen aiheuttamien lyhytaikaisten (30 s) ja pitkäaikaisten (1 h) hajutilanteiden esiintyminen maanpintatasolla, eli määritettyjen hajukynnysten ylitykset Jätkänsaaressa vuonna 2030. Leviämislaskelmien tulokset esitetään hajujen esiintymisen aluejakaumina. Liitekuissa 4–7 on esitetty leviämismallilla määritetyt hajutilanteiden esiintymistä kuvaavat aluejakaumat kolmella erilaisella hajukynnysarvolla. Kuvat esittävät niiden tuntien määrän prosentteina vuoden kokonaistuntimäärästä, joina hajukynnys voisi ylittyä eri kohdissa tutkimusalueella.

Lyhytaikaisten (30 s) hajujen esiintyminen tutkimusalueella on kuvattu liitekuissa 4–6. Tulosten mukaan lyhytaikaista juuri aistittavissa olevaa hajua (hajukynnys 1 hy/m^3) esiintyy yli 9 % kokonaisajasta noin 1 km:n etäisyydelle päästölähteistä ja yli 3 % kokonaisajasta lähes koko tutkimusalueella (liitekuva 4). Selkeää tunnistettavissa olevaa lyhytaikaista hajua (hajukynnys 3 hy/m^3) esiintyy enimmillään noin 7 % (noin 600 h) vuoden tunneista ja yli 3 % kokonaisajasta noin 500 metrin etäisyydelle laivapaikoista (liitekuva 5). Melko voimakasta lyhytaikaista hajua (hajukynnys 5 hy/m^3) esiintyy yli 3 % kokonaisajasta vain hyvin pienellä alueella laivapaikkojen läheisyydessä (liitekuva 6).

Leviämismallilaskelmissa määritettiin myös pitkäaikaisten (1 h) hajutilanteiden esiintyminen tutkimusalueella. Juuri aistittavissa olevaa pitkäaikaista hajua esiintyy tutkimusalueella enimmillään noin 7 % kokonaisajasta pääasiassa päästölähteiden koillispuolella ja yli 3 % kokonaisajasta noin 1 km etäisyydelle päästölähteistä (liitekuva 7). Selkeää tunnistettavissa olevaa pitkäkestoista hajua esiintyy mallilaskelmien mukaan tutkimusalueella alle 1 % vuoden tunneista ja melko voimakasta tunnistettavissa olevaa pitkäaikaista hajua ei mallilaskelmien mukaan esiintyisi tutkimusalueella lainkaan.

Kuvassa 1 on esitetty mallilaskelmien tuloksena saadut eri hajukynnysarvot ylittävien lyhyt- ja pitkäaikaisten hajufrekvenssien maksimi-arvot prosentteina vuoden tunneista.



Kuva 1. Leviämismallilla laskettujen Länsisataman matkustajalaivojen pakokaasupäästöjen aiheuttamien hajutilanteiden suurin esiintyvyys tutkimusalueella.

4.2 Hajujen esiintymisen vaihtelu kesä- ja talvikautena

Merkittävä osa matkustajalaivaliikenteestä Länsisatamassa on kausiluontoista. Risteilijöiden on arvioitu vierailevan satamassa päivittäin 15.5–15.9 ja AutoExpress alusten liikennöivän 1.5–31.10 välisenä aikana. Tästä johtuen laivaliikenteen aiheuttamia hajuvaikutuksia tarkasteltiin mallilaskelmin erikseen myös talvi- (marras-huhtikuu) ja kesä kautena (touko-lokakuu). Liitekuviissa 8–9 on esitetty mallilaskelmien tuloksia hajun esiintymisestä kesällä ja talvella. Kuvissa on esitetty selkeästi tunnistettavissa olevien (hajukynnys 3 hy/m^3) lyhytaikaisten (30 s) hajutilanteiden esiintyminen prosentteina tarkastellun kauden tunneista. Mallilaskelmien tuloksien perusteella voidaan todeta, että laivaliikenteen aiheuttamat hajuvaikutukset ovat kesällä merkittävämmät

kuin talvella. Kesä- ja talvikauden mallilaskelmatuloksia ei voida kuitenkaan suoraan verrata suositushajearvoihin, koska hajun esiintymisen tilastollinen otos ei vastaa ohjearvoasuosituksia. Prosenttiarvot ovat prosentteja tarkastellun kauden tunneista vuoden kokonaistuntimäärän sijaan.

4.3 Hajujen esiintyminen julkisivuilla

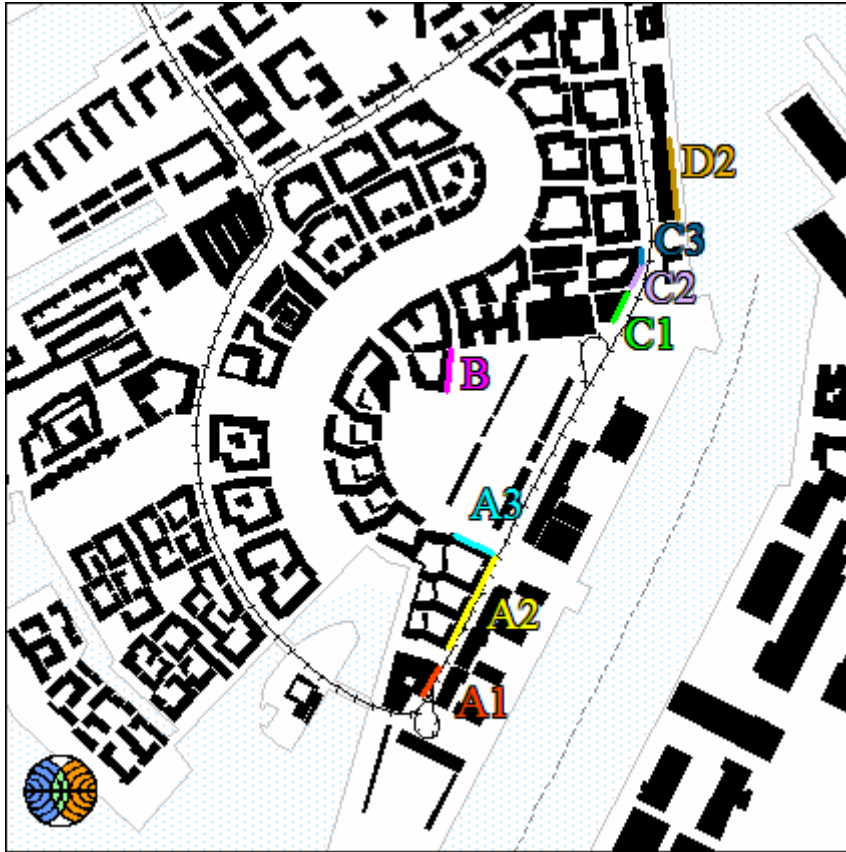
Selvityksessä arvioitiin myös Länsisataman matkustajalaivaliikenteen pakokaasupäästöjen hajuvaikutuksia laituripaikkojen läheisyyteen suunniteltujen kahdeksan eri rakennuksen julkisivuille. Tarkasteltujen julkisivujen korkeudet on koottu taulukkoon 3 ja niiden sijainti on esitetty kuvassa 2.

Taulukko 3. Vertikaalitasotarkasteluihin valitut julkisivukohteet .

kohde	kaavoitus	käyttö	kerrosten lkm	katto- taso (m)
A1	AK	asuinrakennus	6	19
A2	AK	asuinrakennus	7	22
A3	AK	asuinrakennus	7	22
B	AK	asuinrakennus	6	19
C1	AK	asuin/toimisto	6	19
C2	AK	asuin/toimistorakennus	6	19
C3	AK	asuin/toimistorakennus	6	19
D1	PL/PT	hotelli	3	12

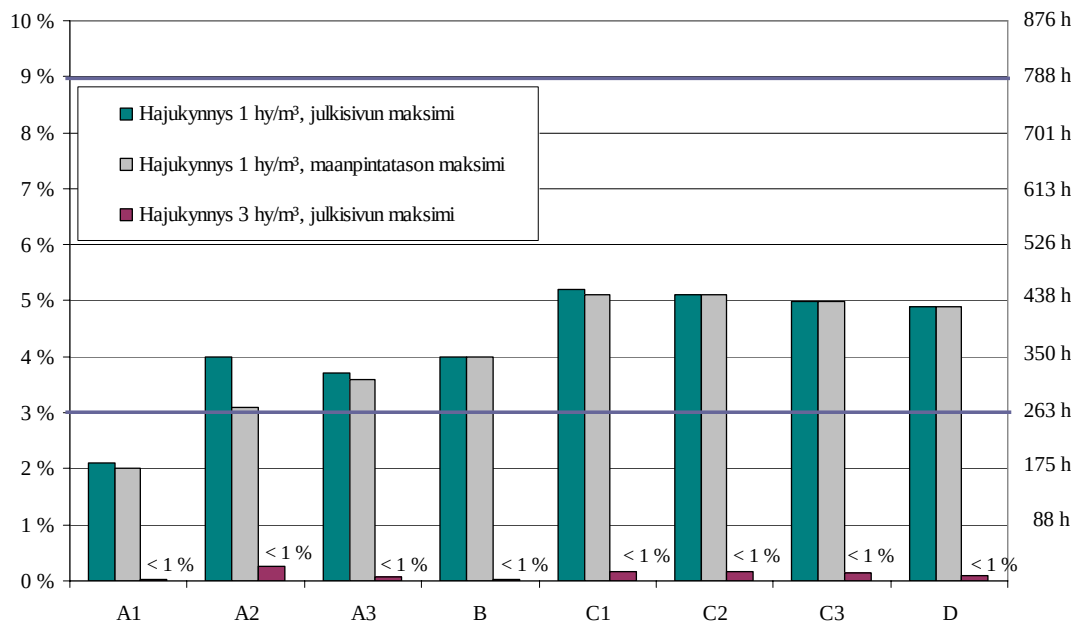
Julkisivutarkastelun tarkoituksena oli selvittää hajujen esiintymisen eroja maanpintatasoon ja kattotason (noin 20 metriä) välillä. Liitekuissa 10–11 on esitetty esimerkkinä hajujen esiintymisen vertikaalitarkastelu kahdella eri julkisivulla A1 ja A3. Liitekuissa on kuvattu juuri aistittavissa olevan (1 hy/m³) pitkäaikaisen (1 h) hajun esiintyminen. Vertikaalitasotarkastelut on tehty maanpintatasolta 50 metrin korkeuteen saakka. Mallilaskelmien mukaan erot hajutilanteiden esiintymisessä julkisivujen maanpinta- ja kattotasolla ovat hyvin pieniä (alle 1 %). Tarkasteltujen julkisivujen osalta voidaankin

todeta, että rakennuksien kattokorkeudella hajuja esiintyy lähes yhtä usein kuin maanpinnalla.



Kuva 2. Julkisivutarkastelukohteet kartalla.

Kuvassa 3 on esitetty tarkasteltujen julkisivujen hajunfrekvenssiarvot pitkäkestoisille hajutilanteille (hajua esiintyy tunnin ajan yhtäjaksoisesti) julkisivun ja maanpintatason maksimiarvoina hajukynnyksillä 1 ja 3 hy/m^3 . Mallilaskelmien mukaan laivaliikenteen pakokaasupäästöjen juuri aistittavat hajuvaikutukset painottuisivat julkisivuille C–D johtuen niiden lähellä olevien laituripaikkojen matalista päästölähteistä (mm. AutoExpress). Juuri aistittavaa pitkäkestoista hajua esiintyisi noin 5 % vuoden tunneista julkisivuilla C–D ja noin 2–4 % julkisivuilla A1–A3 ja B. Julkisivut A1–A3 jäävät osittain niitä lähellä sijaitsevien laivojen korkealta vapautuvien päästöjen katvealueeseen, mistä johtuvat myös erot maanpinta- ja kattotasojen hajujen esiintymisessä. Selkeitä, tunnistettavissa olevia pitkäkestoisia hajutilanteita esiintyy mallilaskelmien mukaan kaikilla julkisivuilla alle 1 % vuoden tunneista.



Kuva 3. Julkisivukohteiden vertikaalitarkastelun pitkäkestoisten (1h) hajutilanteiden esiintyminen prosentteina vuoden tunneista.

Julkisivut A1–A3 sijaitsevat Jätkänsaaren eteläosissa Kirkkosaaren itäpuolella. Alueella esiintyy selkeää tunnistettavissa olevaa (3 hy/m³) lyhytkestoista hajua 4–5 % vuoden tunneista (kuva 5) ja vastaavia pitkäkestoisia hajutunteja alle 1 % vuoden tunneista. Julkisivu B sijaitsee muita tarkasteltuja julkisivuja hieman etäämmällä laivalaitureista, noin 200 metrin päässä Valtamerenkadusta länteen. Selkeää tunnistettavissa olevaa lyhytkestoista hajua esiintyy julkisivun B alueella noin 3 % vuoden tunneista (kuva 5). Julkisivut C1–C3 sijaitsevat Hietasaaren alueella noin 100 metrin päässä laivalaitureista. Tunnistettavissa olevia lyhytkestoisia hajutilanteita esiintyy julkisivujen C1–C3 alueella noin 4 % vuoden tunneista (kuva 5). Julkisivu D sijaitsee Jätkänsaarenlaiturin vieressä ja on pohjoisin tarkastelluista julkisivuista. Julkisivulla D selkeitä, tunnistettavissa olevia lyhytkestoisia hajuja esiintyy 2–3 % vuoden tunneista.

5 TULOSTEN ARVIOINTI

Kuten kappaleessa 3.4 esitettiin, Suomessa on tehty tutkimus niistä muuttujista, jotka sopisivat maassamme mahdollisesti annettavien hajuohjearvojen perusteiksi (ARNOLD, 1995). Tutkimuksessa esitetään, että ohjearvona voitaisiin käyttää hajufrekvenssiarvoja 3–9 % kokonaisajasta. Alaraja koskisi hyvin epämiellyttävää hajua, kuten sellutehtaiden ympäristössä esiintyvää haisevien rikkiyhdisteiden hajua, jolla on korkea haittapotentiaali. Yläraja koskisi hajuja, joiden miellyttävyysaste on vaihtelevampi.

Länsisataman hajupäästöjen arvioinnissa tarkasteltiin sekä lyhytaikaisen että pitkäaikaisen hajun esiintymistä kolmella eri hajukynnyksen arvolla, joilla pyrittiin kuvaamaan hajun voimakkuutta. Hajukynnyksellä 1 hy/m³ kuvattiin tilannetta, jossa puolet ihmisistä aistii hajua, mutta hajun aiheuttaja ei välttämättä ole tunnistettavissa. Hajukynnyksillä 3 ja 5 hy/m³ haju on selkeää ja sen aiheuttaja on tunnistettavissa. Lyhytaikaisella hajulla tarkoitetaan sitä, että hajumallilaskelmissa tarkasteltava vuoden jaksolla esiintyvä tunti rekisteröityy ns. hajutunniksi jo silloin, kun hajukynnys ylittyy vähintään puolen minuutin ajan, eli koko tuntia ei välttämättä haise. Tämä on otettava huomioon hajumallilaskelmien tuloksia arvioitaessa.

VTT:n arvion mukaan laivojen hajupäästöjen todellista ympäristöhaittaa kuvaa parhaiten selkeän tunnistettavissa olevan hajun (hajukynnys 3 hy/m³) lyhytaikaisten (30s) hajutilanteiden esiintyminen (liitekuvat 5, 8 ja 9) alueella. Haju on silloin selvästi aistittavissa ja asukkaat voivat kokea jo lyhytaikaisen hajutilanteen epämiellyttäväksi.

Kotimaisen hajusuositteen alaraja 3 % kokonaisajasta ylittyy mallilaskelmien mukaan lyhytaikaisissa (30 s) selvästi tunnistettavissa olevissa hajutilanteissa (hajukynnys 3 hy/m³) noin 500 metrin etäisyydelle satama-altaasta Kirkkosaaren, pohjoisen Saukonnokan, Valtamerenkadun ympäristön ja eteläisen Hietasaaren alueilla sekä Munkkisaareissa kun taas vastaavia pitkäkestoisia (1 h) hajutilanteita esiintyy vain alle 1 % vuoden tunneista. Kotimaisen hajusuositteen alaraja 3 % kokonaisajasta ylittyy selkeästi tunnistettavien lyhytkestoisten hajujen osalta kaikilla tarkastelluilla julkisivuilla (kuva 5).

Kotimaiseksi hajusuositteeksi esitetty hajufrekvenssin yläraja, 9 % kokonaisajasta, ylittyy juuri aistittavan lyhytkestoisen hajun (hajukynnys 1 hy/m^3) osalta noin 800 metrin etäisyydellä satama-altaasta Kirkkosaaren, Saukonnokan, Atlantinkadun ympäristön, Jätkänsaarenkallion sekä Hietasaaren ja Munkkisaaren alueilla (kuva 4). Vastaavissa pitkäkestoisissa (1 h) hajutilanteissa hajusuositteeksi esitetty hajufrekvenssin yläraja ei mallilaskelmien mukaan ylittyisi (kuva 7).

Laivojen pakokaasujen päästökorkeus on AutoExpressiä lukuun ottamatta noin 40 metriä. Osassa liitekuvista on havaittavissa korkeiden päästölähteiden ympärille jäävä ns. katvealue (mm. liitekuvat 4 ja 7). Matalalla olevien päästölähteiden hajuvaikutukset painottuvat suurimmaksi osaksi päästölähteen läheisyyteen, kun taas korkeamalta vapautuvien hajupäästöjen vaikutukset voivat ulottua kauemmaksi päästölähteestä.

Jätkänsaaren matkustajalaivaliikenne on suurelta osin kausiluontoista. Kesäisin aluksia etenkin risteilijöitä) vierailee satamassa huomattavasti talvea enemmän. Näin ollen myös laivoista aiheutuva hajuhaitta on kesällä talvea merkittävämpi.

6 JOHTOPÄÄTÖKSET

Tutkimuksessa arvioitiin Ilmatieteen laitoksella kehitetyllä haisevien yhdisteiden leviämismallilla Länsisataman matkustajalaivaliikenteen pakokaasujen aiheuttamia hajuvaikutuksia Jätkänsaaren alueella ja sataman lähiympäristössä vuonna 2030. Tulevaisuuden tilannetta mallinnettaessa on turvauduttava parhaisiin mahdollisiin käytettävissä oleviin arvioihin sen hetkisestä tilanteesta. Mallilaskelmien lähtötietoihin sisältyvät epävarmuudet vaikuttavat mallilaskelmien tulosten luotettavuuteen, mistä johtuen tulokset ovat suuntaa antavia.

Mallilaskelmien lähtötietoina käytettiin Helsingin sataman toimittamia arvioita liikennöivistä laivatyypeistä ja liikennöintiaikatauluista sekä Nab Labs Oy:n suorittamia hajumittauksia kolmesta tällä hetkellä liikennöivästä aluksesta. Mallilaskelmissa ja

lähtötietojen arvioinnissa on pyritty huomioimaan ympäristölle hajuvaikutusten kannalta epäedullisin mahdollinen tilanne.

Tulosten mukaan hajujen esiintyminen tutkimusalueella painottuu vallitsevan tuulen suunnan mukaisesti Länsisataman koillispuolelle sekä itse satama-altaaseen ja sen välittömään läheisyyteen. Laivaliikenteen aiheuttamaa selkeää tunnistettavissa olevaa (hajukynnys 3 hy/m^3) lyhytkestoista hajua esiintyisi yli 3 % vuoden tunneista noin 500 metrin säteellä satama-altaasta Kirkkosaaren, pohjoisen Saukonnokan, Valtamerenkadun ympäristön ja eteläisen Hietasaaren alueilla sekä Munkkisaarella. Tätä hajufrekvenssiä on esitetty maassamme tehtyjen hajututkimusten perusteella kotimaiseksi hajusuositteeksi miellyttävyyssasteeltaan hyvin epämiellyttävillä hajuille. Miellyttävyyssasteeltaan vaihtelevia hajuja koskeva hajusuositteen yläraja, 9 % kokonaisajasta ei ylittyisi hajukynnöksellä 3 hy/m^3 .

Kahdeksan eri rakennuksen julkisivuille tehtyjen vertikaalitarkastelujen perusteella voidaan todeta, että laivojen aiheuttamat hajuvaikutukset Jätkänsaarella ovat lähestulkoon samat maanpintatasolla kuin noin 20 metrin korkeudella sijaitsevilla kattotasoilla. Poikkeuksia voivat olla risteilijälaitureiden lähituntumassa olevat rakennukset (esim. julkisivut A1 ja A2), jotka voivat jäädä osittain laivojen korkealta vapautuvien pakokaasujen ns. katvealueeseen, jolloin hajua voi yläkerroksissa esiintyä jonkin verran enemmän kuin pohjakerroksissa. Kotimaisen hajusuositteen alaraja 3 % kokonaisajasta ylittyy selkeän tunnistettavissa olevan lyhytkestoisen hajun osalta mallilaskelmien mukaan kaikilla tarkastelluilla julkisivuilla.

Mallilaskelmien tulosten mukaan laivaliikenteen hajuvaikutukset ovat merkittävämmät kesällä kuin talvella johtuen pääasiallisesti risteilijäliikenteen kausiluontoisuudesta sekä vuodenaikojen erilaisesta meteorologiasta.

Hajusuositteita sovellettaessa on huomioitava hajutilanteiden esiintymisfrekvenssin lisäksi hajun miellyttävyyssaste ja mallilaskelmien tuloksiin vaikuttavat epävarmuustekijät. Mallilaskelmien tuloksien luotettavuuteen vaikuttavat lähtötietoihin (päästötiedot ja meteorologia) sekä itse leviämismalliin liittyvät epävarmuudet.

Mallilaskelmissa ei ole huomioitu muita kuin arvioidusta matkustajalaivaliikenteestä aiheutuvia hajupäästöjä. Tutkimusalueen lähistöllä on vilkkaasti liikennöityjä katuja sekä telakkatoimintaa, jotka voivat aiheuttaa tutkimusalueelle pakokaasuhajupäästöjä laivaliikenteen lisäksi.

VIITELUETTELO

ANONYMYMI, 1993. Feststellung und beurteilung von geruchsimmissionen (Geruchs-Immission-Richtlinie). Stand 15.2.1993. Essen: Landesanstalt für Immissionsschutz Nordrhein-Westfalen, 23 s.

ARNOLD, M., 1995. Hajuohjearvojen perusteet. VTT kemiantekniikka, *VTT tiedotteita 1711*, Espoo, 83 s.

ARNOLD, M. & LEHTOMÄKI, J., 2003. Lausunto koskien Viikinmäen hajuselvityksen tuloksia 2002. VTT prosessit. Espoo, 4s.

BONGERS, M., VAN HARREVELD, A. & JONES, N., 2001. Recent developments in research supporting pig odour policy reviews in the Netherlands and in Ireland. Teoksessa: Jiang, J. (toim.) 1st IWA International Conference on odour and VOCs: Measurement, regulation and control techniques. Sydney: UNSW Publishing and Printing Services. S. 427–434.

BRIGGS, G.A., 1975. Plume rise predictions. In HAUGEN, D.A. (ed.), *Lectures on air pollution and environmental impact analysis*. American Meteorological Society, p. 59 - 111.

BRIGGS, G.A., 1984. Plume rise and buoyancy effects. In: SANDERSON, D. (ed.), *Atmospheric Science and Power Production*. US Dept. of Energy DOE/TIC-27601, p. 327 - 366.

BUSINGER, J.A., WYNGAARD, J.C. IZUMI, Y. & BRADLEY, E.F., 1971. Flux-profile relations in the atmospheric surface layer. *J. Atmos. Sci.* 28, p. 181 - 189.

CAUGHEY, S.J., WYNGAARD, J.C. & KAIMAL, J.C., 1979. Turbulence in the evolving stable boundary layer. *J. Atmos. Sci.*, 36, p. 1041 - 1052.

HANNA, S.R., 1985. Air quality modeling over short distances. In: HOUGHTON, D.D. (ed.), *Handbook of Applied Meteorology*, University of Wisconsin.

HOLTSLAG, A.A.M., 1984. Estimates of diabatic wind speed profiles from near surface weather observations. *Bound.-Layer Meteorol.* 29, p. 225 - 250.

SIPILÄ, J., 2007. Jätkäsaaren matkustaja-alusten hajukaasumittaukset 25.10.2006-15.12.2006. *Nab Labs Oy, Raportti nro 07R020*.

KARPPINEN, A., JOFFRE, S. M., KUKKONEN, J., 2000. The refinement of a meteorological preprocessor for urban environment. *International Journal of Environment and Pollution* 14, s. 565–572.

MILJÖSTYRELSEN, 1985. Begrensning af luftgener fra virksomheder. *Vejledning fra Miljøstyrelsen 4/1985*, Copenhagen, 27 p.

KUUSISTO, S. & PELLIKKA, T., 2007. Helsingin Länsisataman matkustajalaivojen hajupäästömittausten lähtötietojen arviointi. *Tutkimusselostus nro VTT-S-02624-07*.

RANTAKRANS, E., 1990. Uusi menetelmä meteorologisten tietojen soveltamiseksi ilman epäpuhtauksien leviämismalleissa. *Ilmansuojelu-uutiset 1/90*, s. 18 - 20.

RANTAKRANS, E. & SAVUNEN, T., 1995. Hajuyhdisteiden leviämisen arviointi. *Ilmansuojelun julkaisuja 21*, Ilmatieteen laitos, Helsinki.

RASILA, T. & PIETARILA, H., 2003. Helsingin kaupunki, kaupunkisuunnitteluvirasto, Viikinmäen jätevedenpuhdistamo, hajupäästöjen leviämiselvitys. Ilmatieteen laitos, ilmanlaadun tutkimus, Helsinki. 24 s.

SCHAUBERGER, G., PIRINGER, M. & PETSZ, E., 1998. Diurnal and Annual Variation of Odour from Animal Houses: a Model Calculation for Fattening Pigs, *J. Agric. Engn. Res.*, Vol. 74, s. 251–259.

VARJORANTA, R., SAVUNEN, T. & PIETARILA, H., 2002. Jätkänsaaren maankäytön suunnittelu. Helsingin Länsisataman matkustajalaivojen päästövaikutusten arviointi leviämislaskelmin. *Ilmatieteen laitos –Ilmanlaadun tutkimus*.

VTT, 2001. Tutkimusselostus KET 945/01 Hajun ja hajuhaitan kartoittaminen Jätkäsaarella.

WRATT, D.S., 1987. An experimental investigation of some methods of estimating turbulence parameters for use in dispersion models. *Atmos. Environ.* 21:12, p. 2599 -2608.

LIITTEET

JÄTKÄSAAREN MATKUSTAJA- ALUSTEN HAJUKAASUMITTAUKSET
25.10.2006-15.11.2006

JAKELU

HESINGIN KAUPUNKI

Kaarina Laakso

Kaupunkisuunnitteluvirasto

Yleissuunnitteluosasto/TEK/VS

ILMATIETEEN LAITOS

Harri Pietarila

PL 503 Erik Palménin aukio 1

00101 Helsinki

Nab Labs Oy, Espoon arkisto

SISÄLLYS

1. YLEISTÄ	3
2. HENKILÖSTÖ	3
3. MITTAUSMENETELMÄT JA NÄYTTEENOTTO	3
3.1 Hajupitoisuus	3
3.2 Tilavuusvirtalaskelma	3
3.3 Lämpötila	3
3.4 Happipitoisuus	4
3.5 Näytteenotto ja analysointi	4
4.0 ALUSTEN NOPEUDET NÄYTTEENOTTOHETKELLÄ JA KÄYTETTY POLTTOAINELAATU	5
4.1 MS Galaxy	5
4.2 MS Auto Express 4	5
4.3 Nordlandia	5
5.0 TULOKSET ALUSTEN KOKONAISHAJUPÄÄSTÖISTÄ	5
5.1 Ms Galaxie	5
5.2 Ms Nordlandia	5
5.3 Ms AutoExpress 4	5
Liite 1. Kokoelmataulukko laivojen mittauksista ja lasketuista arvoista	

1. YLEISTÄ

Nab Labs Oy suoritti hajukaasumittauksia kahdella matkustaja-aluksella Ms Nordlandia, Ms Galaxy ja yhdellä pika-aluksella Ms AutoExpress 4 25.10.2006-15.11.2006 välisenä aikana.

2. HENKILÖSTÖ

Mittauksista vastasivat mittausteknikko Jorma Sipilä, projekti-insinööri DI Kari Wellman ja projekti-insinööri Pauli Jormanainen.

3. MITTAUSMENETELMÄT JA NÄYTTEENOTTO

3.1 Hajupitoisuus

Näytteenottopusseihin (Nalophan) otettujen näytteiden hajukynnykset määritetään aistinvaraisesti Olfactomat OLF-N1-e -olfaktometrillä standardi SFS-EN 13725 mukaan. Olfaktometrissä alkuperäistä näytekaasua laimennetaan puhtaalla ilmalla. Näytekaasun pitoisuutta olfaktometriltä tulevassa näytekaasuvirrassa kasvatetaan ts. laimennusta vähennetään asteittain, kunnes detektorina toimiva koehenkilö erottaa hajua näytekaasuvirrassa. Olfactomat OLF-N1-e toimii ns. Forced Choice-menetelmän mukaan, eli koehenkilöt valitsevat kahdesta kaasuvirrasta, joista toinen on puhdasta ilmaa ja toinen näytekaasuvirta, kumpi on haiseva. Koehenkilöiden arvioinnin perusteella olfaktometri laskee näytteen hajupitoisuuden (P50) muodossa hajuyksikköä/m³ (ou_E/m³). Hajupitoisuus tarkoittaa sitä laimennuskertojen lukumäärää, jolla näytekaasuvirtaa on laimennettava, jotta 50 % hajupaneelin jäsenistä ei tunnista näytevirrassa hajua. Hajuarvioinnit suorittaa Nablabs Oy:n henkilökunnasta muodostettu neljän henkilön paneeli.

3.2 Tilavuusvirtalaskelma

SFS 5624 Polttoaineen palaminen ja savukaasut

3.3 Lämpötila

K-Temp, TcK-1200

3.4 Happipitoisuus

PPM-Systems, sähkökemiallinen kenno

3.6 Näytteenotto, mittaus ja analysointi

Mitattavien alusten (Galaxy, Nordlandia ja Autoexpress 4) dieselmoottoreiden tuottamasta savukaasusta otettiin hajukaasunäytteet sekä mitattiin sen happipitoisuus ja lämpötila. Alusten dieselmoottoreista pystyttiin mittaamaan vain yksi kone kerrallaan, joko pää- tai apudiesel-kone. Saatujen mittaustulosten mukaan laskettiin kokonaishajupäästö, kun tiedettiin alusten kaikkien moottoreiden kokonaisenergian kulutus mittaushetkellä. Kulutusarvot saatiin alusten konehuoneiden valvomoista (kW tai öljyä l/h). Mitattavista aluksista Galaxyllä oli No_x katalysaattori. Hajukaasunäytteet otettiin ennen katalysaattoria.

Hajunäytteidenottotapahtumat jakaantuivat kolmeen osaan. Ensimmäisessä näytteenotossa otettiin kolme rinnakkaista näytettä aluksen diesel-apumoottorista sen käydessä ns.boileritilassa laiturissa. Toiset kolme rinnakkaista näytettä otettiin aluksen diesel-päämoottorista, kun alus oli irtautumassa laiturista ja satama-altaassa ”vekslaten”. Kolme viimeistä rinnakkaista näytettä otettiin aluksen dieselpäämoottorista kun alus oli satama-altaan ulostulon ja Pihlajasaaren välillä.

Alusten hajukaasumittaukset suoritettiin ns.alipaineastiaa käyttäen. Korkean savukaasun lämpötilan (250 °C- 465 °C) vuoksi kaasua jouduttiin jäähdyttämään teräsputkella (Ø 7mm) noin 50 °C...150 °C:een, jonka jälkeen se johdettiin teflonputkea pitkin tedlar-näytteenottopussiin alipaineastian avulla. Näytteet otettiin dieselmoottorin välittömästä läheisyydestä savukanavasta laivan henkilökunnan osoittamasta paikasta.

Aluksilla tehtyjen näytteenottojen jälkeen tedlar-näytteenottopussit laimennettiin noin kahden tunnin sisällä nalophan-näytteenottopusseihin, nebulizer systeemillä, jossa käytettiin laimentavaa typpikaasua (AGA 5.0) suhteessa 1:3,12

Hajunäytteet analysoitiin nalophan-näytteenottopusseista olfaktometrillä Nab Labs Oy:n laboratoriossa seuraavana päivänä 24 tunnin sisällä näytteenotosta.

4.0 ALUSTEN NOPEUDET NÄYTTEENOTTOHETKELLÄ JA KÄYTETTY POLTTOAINELAATU

4.1 Ms Galaxy

Aluksen nopeus satama-altaassa oli 0...4 solmua. Satama-altaan ulostulon ja Pihlajasaaren välillä nopeus oli 4...15 solmua.

Apu- sekä päämoottorissa käytettiin polttoaineena raskasta/kevyttä polttoöljyä, rikkipitoisuus < 1% .

4.2 Ms Nordlandia

Aluksen nopeus satama-altaassa oli 0...4 solmua. Satama-altaan ulostulon ja Pihlajasaaren välillä nopeus oli 4...15 solmua.

Apumootorissa käytettiin polttoaineena kevyttä polttoöljyä, rikkipitoisuus 0,2 %.

Päämoottorissa käytettiin polttoaineena raskasta polttoöljyä, rikkipitoisuus 1,48 %.

4.3 Ms AutoExpress 4

Aluksen nopeus satama-altaassa oli 0...8 solmua. Satama-altaan ulostulon ja Pihlajasaaren välillä nopeus oli 8...12 solmua.

Polttoaineena käytettiin apu- sekä päämoottorissa kevyttä polttoöljyä, rikkipitoisuus 0,2 %.

5.0 TULOKSET ALUSTEN KOKONAISHAJUPÄÄSTÖISTÄ

5.1 Ms Galaxy

Satama 86200 ou(E)/s

Satama-allas 637000 ou(E)/s

Pihlajasaari 1012000 ou(E)/s

5.2 Ms Nordlandia

Satama 18600 ou(E)/s

Satama-allas 121000 ou(E)/s

Pihlajasaari 144000 ou(E)/s

5.3 Ms AutoExpress 4

Satama 4600 ou(E)/s

Satama-allas 173000 ou(E)/s

Pihlajasaari 411000 ou(E)/s

Raportti nro 07R020

Nab Labs Oy 1.3.2007

Puh. 040 510 2454

Jorma.Sipila@nablabs.fi



Mittausteknikko Jorma Sipilä



Helsingin Länsisataman matkustajalaivojen haju- päästömittausten lähtötietojen arviointi

Tilaaja: Ilmatieteen laitos



Tilaaja Ilmatieteen laitos
PL 503
00101 Helsinki

Tilaus Harri Pietarila, sähköposti 3.10.2006

Yhteyshenkilö VTT:ssä VTT
Sari Kuusisto
PL 1000,
Puh. 020 722 5682
Faksi 020 722 7026
Sähköposti sari.kuusisto@vtt.fi

Tehtävä **HELSINGIN LÄNSISATAMAN MATKUSTAJALAIVOJEN
HAJUPÄÄSTÖMITTAUSTEN LÄHTÖTIETOJEN ARVIOINTI**

Espoo, 15.3.2007

Tiiminvetäjä



Tuula Pellikka

Tutkija



Sari Kuusisto

LIITTEET

-

JAKELU

Tilaaja
VTT / Kirjaamo

Alkuperäinen
Alkuperäinen

YLEISTÄ HAJUN MITTAAMISESTA

Haiseva ilma sisältää yleensä hyvin monia eri epäpuhtauksia, joiden pitoisuudet ovat erittäin pieniä ja vaikeita mitata. Eri yhdisteiden vaikutus kokonaishajuun ei ole tiedossa. Hajupitoisuuden mittana käytetään tällöin hajuyksikköä kuutiometriä kohden (ou/m^3 , $\text{odour unit}/\text{m}^3$), joka kertoo suoraan, montako kertaa haisevaa ilmaa on laimennettava, jotta se tulisi hajuttomaksi. Kaasun hajupitoisuus määritetään laboratoriossa olfaktometrillä useammasta koehenkilöstä koostuvan hajupaneelin avulla standardin SFS-EN 13725 mukaan. Olfaktometrisiä määryksiä käytetään yleensä vain päästöjen määrittämiseen, esim. hajua päästävän teollisuuslaitoksen tai jätevedenpuhdistamon poistojen määrittämiseen. Jotta hajupitoisuudesta saataisiin hajupäästö, poistosta pitää määrittää kaasun tilavuusvirta. Näytteenoton merkitys on tärkeä luotettavan lopputuloksen saamiseksi. Kirjallisuudesta ei löydy tietoa laivojen hajupäästömittauksista.

LAIVOJEN HAJUPÄÄSTÖMITTAUSTEN ARVIOINTI

Helsingin Länsisataman matkustajalaivoista valittiin hajupäästömittauksiin kolme alusta, joiden katsottiin edustavan hyvin koko sataman matkustajalaivoja. Mitatut laivat olivat Eckerö Linen M/s Nordlandia, Tallink Galaxy sekä Tallink AutoExpress 4.

Kustakin laivasta Nab Labs Oy:n mittaajat ottivat kolme hajunäytettä: 1) kun laiva oli satamassa, 2) satama-altaassa laivan ollessa lähdössä sekä 3) sataman edustalta laivan ollessa liikkeellä siten, että näyte oli otettu ennen Pihlajasaaren ohitusta.

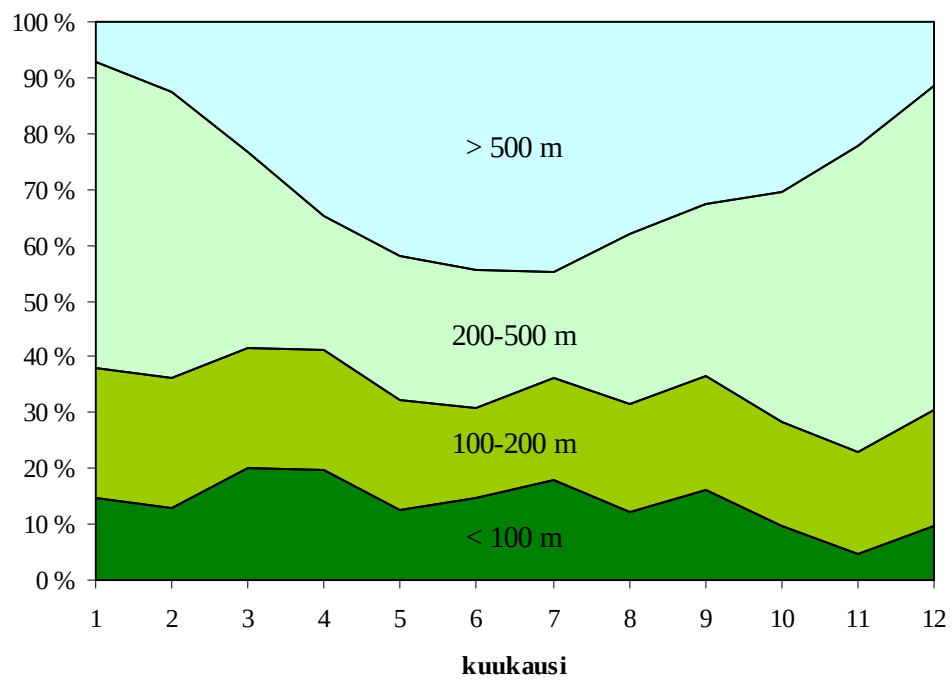
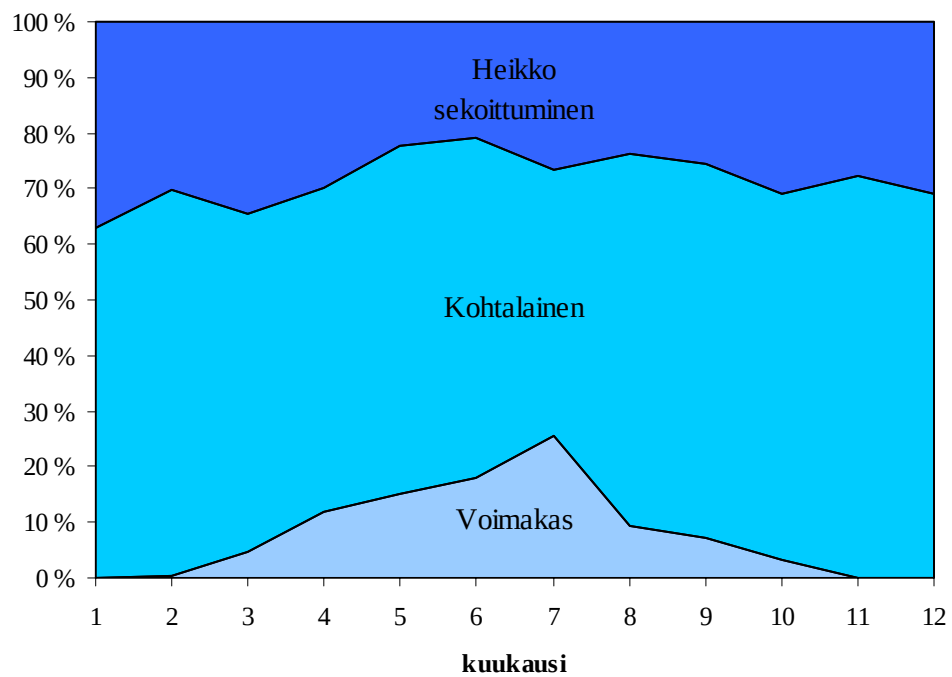
Tallink Galaxylla mitattiin ennen katalysaattoria, sillä yhtiön edustajat osoittivat mittaustaikaa ennen puhdistuslaitetta. Katalysaattori vähentää typpioksidipäästöjä. Typpioksidien hajun osuutta kokonaishajusta on vaikea arvioida. Hajupäästöjen vähentyminen ei liene merkittävää.

Kun näytteenotto ja analysointi tehdään hyvissä olosuhteissa standardien mukaisesti, tulosten epävarmuuksien on arvioitu olevan: näytteenotto 40 %, analysointi -54 % - 117 %, yhdistettynä näytteenotto ja analysointi -56 % - 140 %. Tässä tapauksessa näytteenotto tuo epävarmuutta lisää. Laivan pakokaasun lämpötila vaihteli näytteenotossa eri laivoilla 250-465 °C. Yleensä hajunäytteenotto tehdään 20-100 °C:sta kaasusta. Kuumasta näytekaasusta huolimatta näytteen kosteuden kondensointia ei tapahtunut merkittäviä määriä. Näytteen analysointi tapahtuu huoneenlämmössä. Ei ole tiedossa, muuttuuko pakokaasunäytteen haju samalla tavalla jäähtyessään näytteenotossa verrattuna siihen, kun pakokaasu jäähtyy tullessa laivan piipusta ulkoilmaan.

Näytteenottoa ei ollut mahdollista tehdä ns. isokineettisesti. Mikäli hajuyhdisteet eivät ole kaasussa tasaisesti jakautuneet, ei-isokineettinen näytteenotto saattaa joko suurentaa tai pienentää hajupitoisuutta. Laivan pakokaasun hajusta osa saattaa olla sitoutunut hiukkasiin. Tällöin luotettavamman tuloksen olisi antanut isokineettinen näytteenotto, jos se olisi ollut mahdollista.

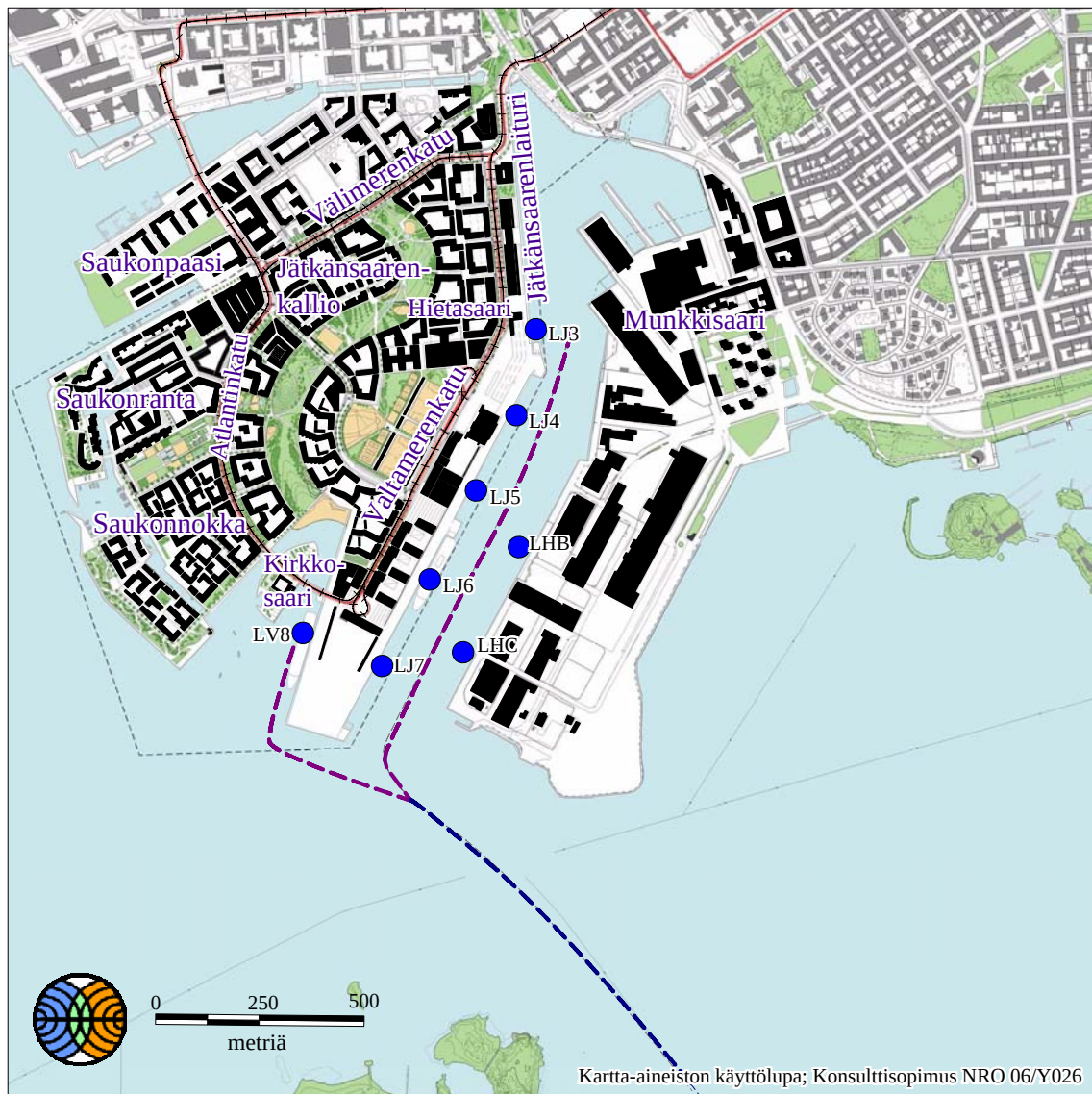
Arvio hajunäytteiden epävarmuudesta tässä tapauksessa on -100 % - 200 % paitsi Tallink Galaxylla katalysaattorin takia ± 150 %.

LIITEKUVAT



Kuva 2. Sekoitusvoimakkuuden (ylempi kuva) ja sekoituskorkeuden (alempi kuva) esiintyminen kuukausittain Länsisataman alueella vuosina 2003–2005.

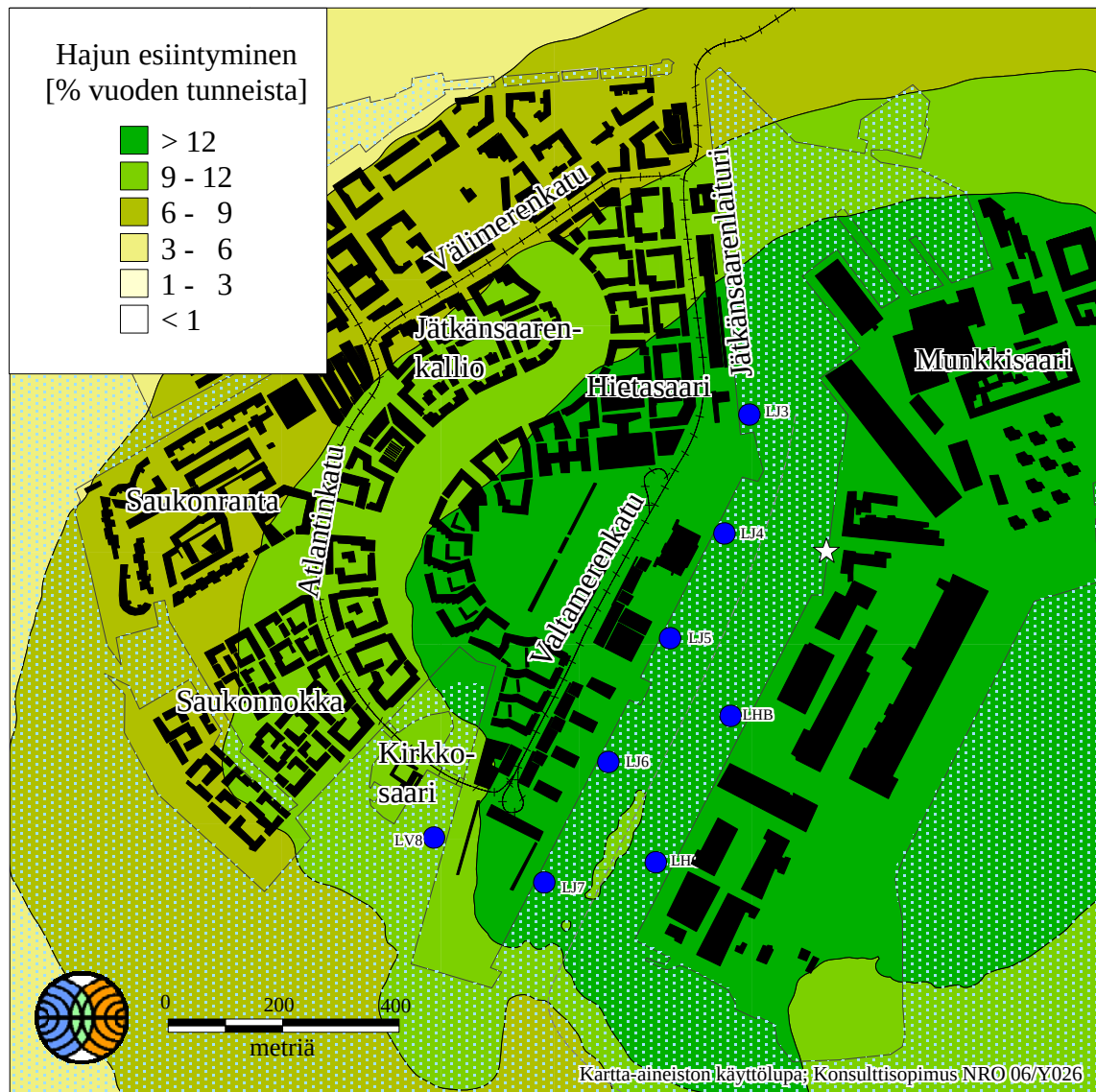
LÄNSISATAMA



Ilmatieteen laitos 2007

Kuva 3. Matkustajalaivaliikenteen laivapaikat ja -reitit
Länsisatamassa vuonna 2030.

LÄNSISATAMA



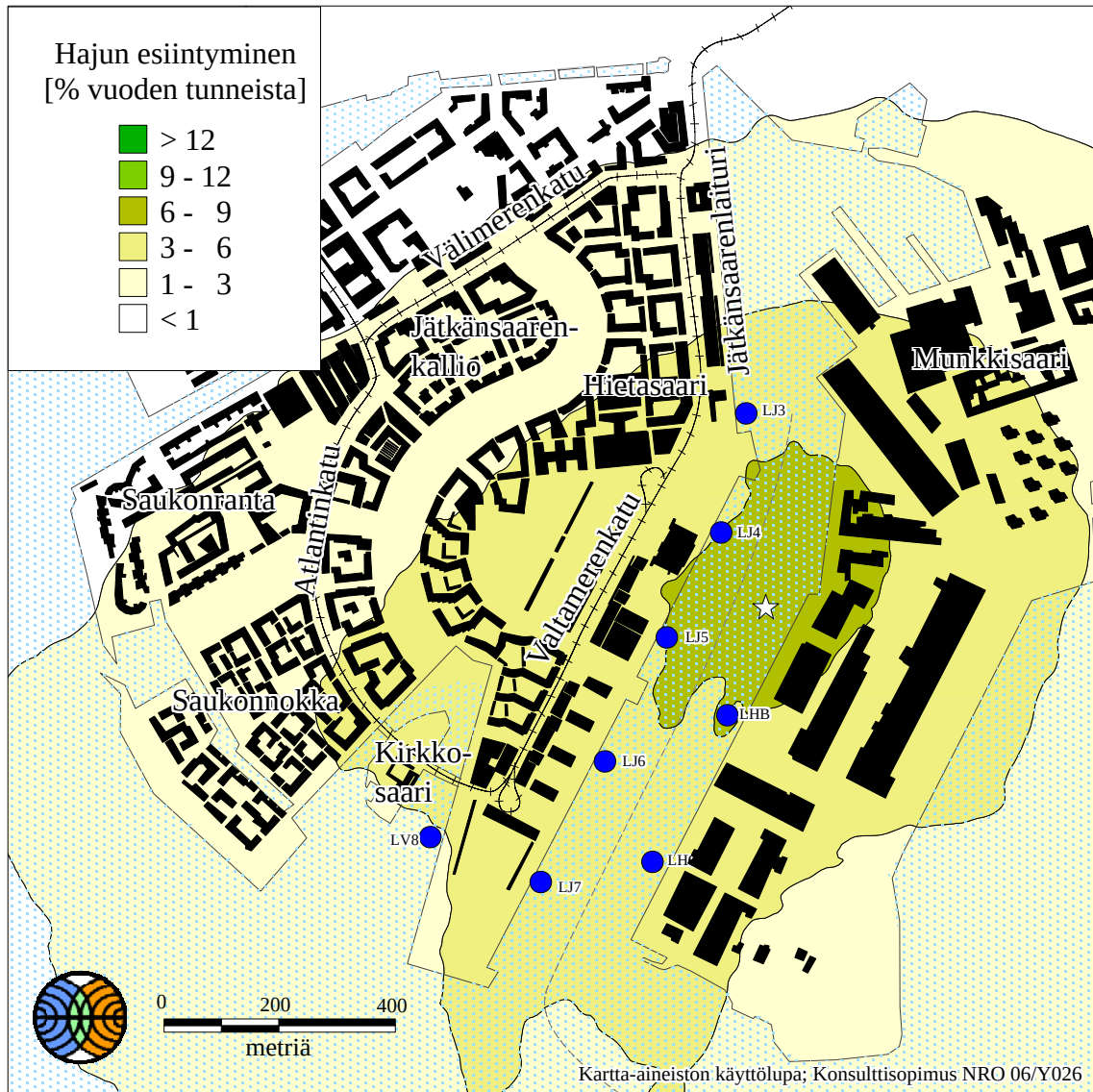
Ilmatieteen laitos 2007

☆ = maksimi = 21 %

● = päästölähde

Kuva 4. Arvio matkustajalaivaliikenteen aiheuttamasta lyhyt-aikaisen (30s) hajun esiintymisestä prosentteina vuoden tunneista vuonna 2030. Hajukynnys 1 hy/m³, 50 % ihmisistä aistii hajua, haju juuri aistittavissa.

LÄNSISATAMA



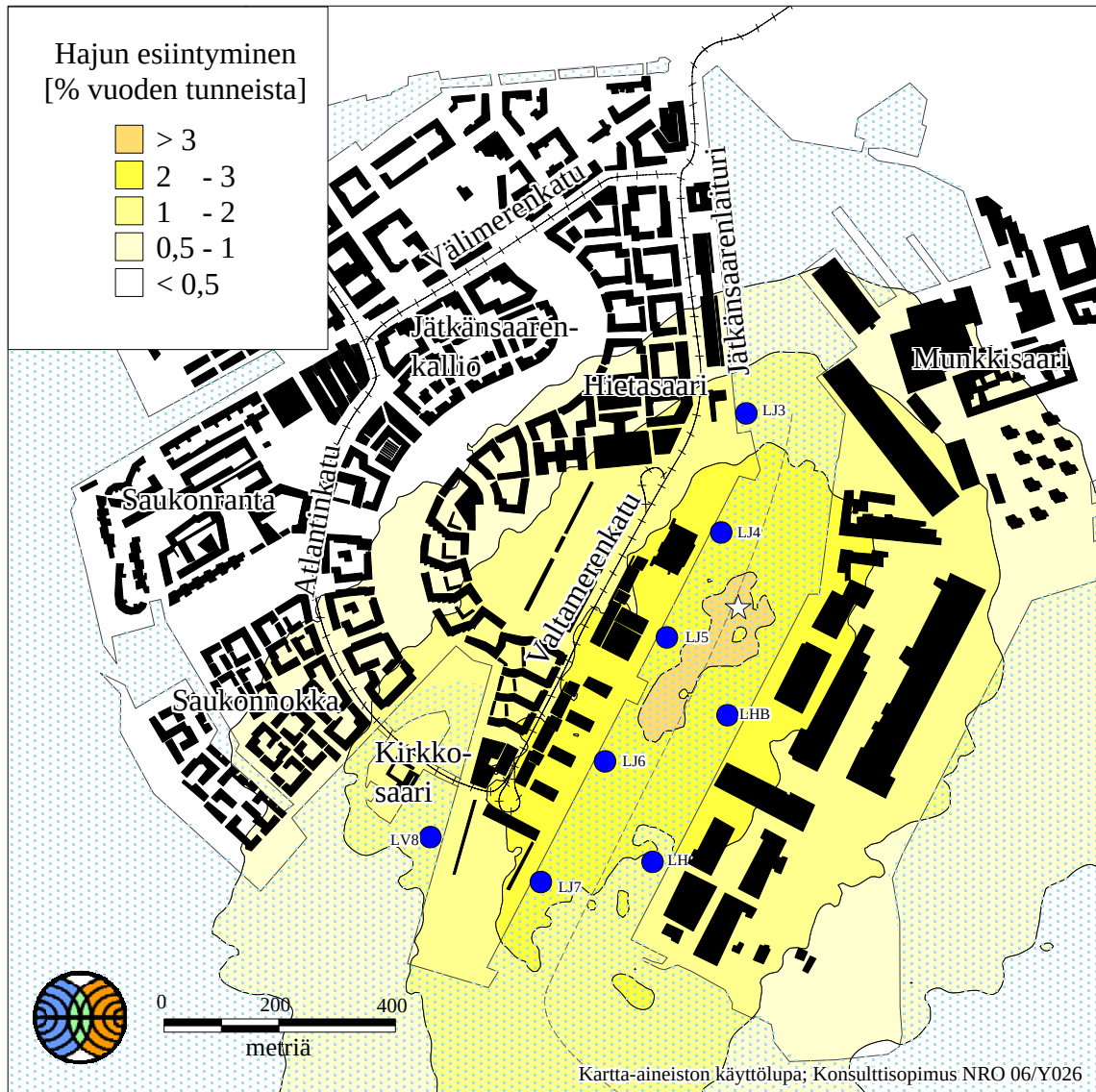
Ilmatieteen laitos 2007

☆ = maksimi = 7 %

● = päästölähde

Kuva 5. Arvio matkustajalaivaliikenteen aiheuttamasta lyhyt-aikaisen (30s) hajun esiintymisestä prosentteina vuoden tunneista vuonna 2030. Hajukynnys 3 hy/m³, selkeä tunnistettavissa oleva haju.

LÄNSISATAMA



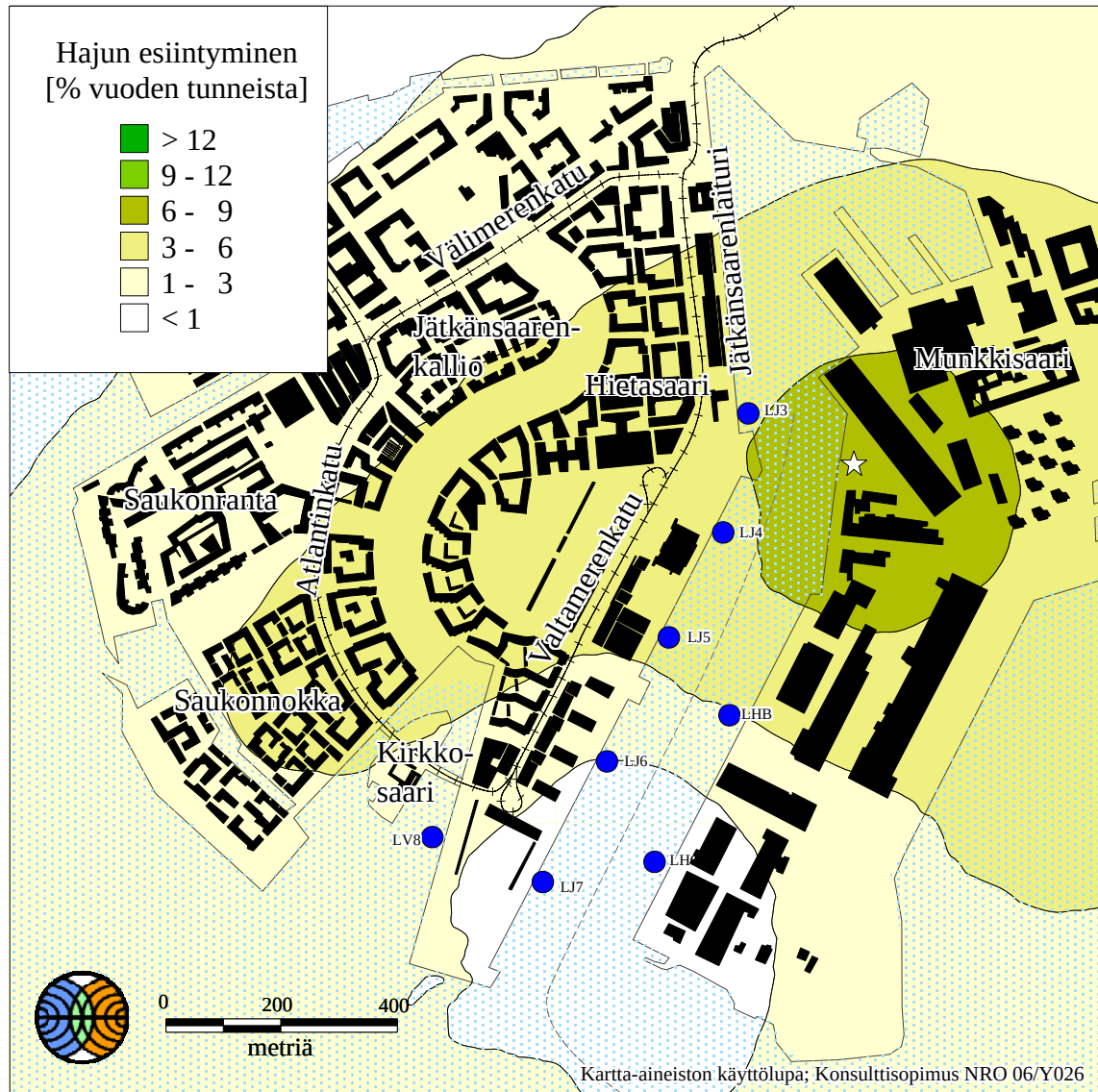
Ilmatieteen laitos 2007

☆ = maksimi = 3 %

● = päästölähde

Kuva 6. Arvio matkustajalaivaliikenteen aiheuttamasta lyhyt-aikaisen (30s) hajun esiintymisestä prosentteina vuoden tunneista vuonna 2030. Hajukynnys 5 hy/m³, melko voimakas, tunnistettavissa oleva haju.

LÄNSISATAMA



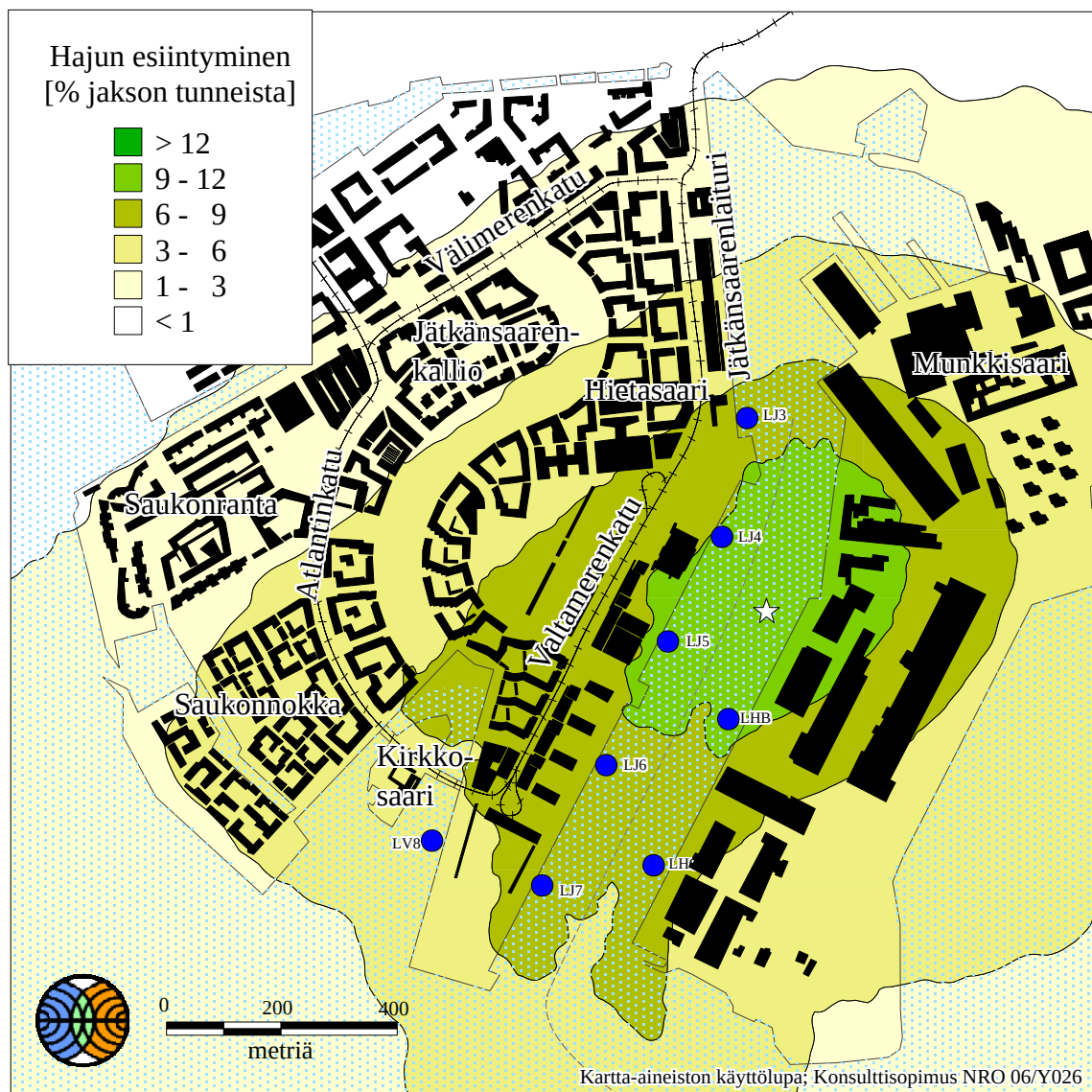
Ilmatieteen laitos 2007

☆ = maksimi = 7 %

● = päästölähde

Kuva 7. Arvio matkustajalaivaliikenteen aiheuttamasta pitkäaikaisen (1h) hajun esiintymisestä prosentteina vuoden tunneista vuonna 2030. Hajukynnys 1 hy/m³, 50 % ihmisistä aistii hajua, haju juuri aistittavissa.

LÄNSISATAMA KESÄ



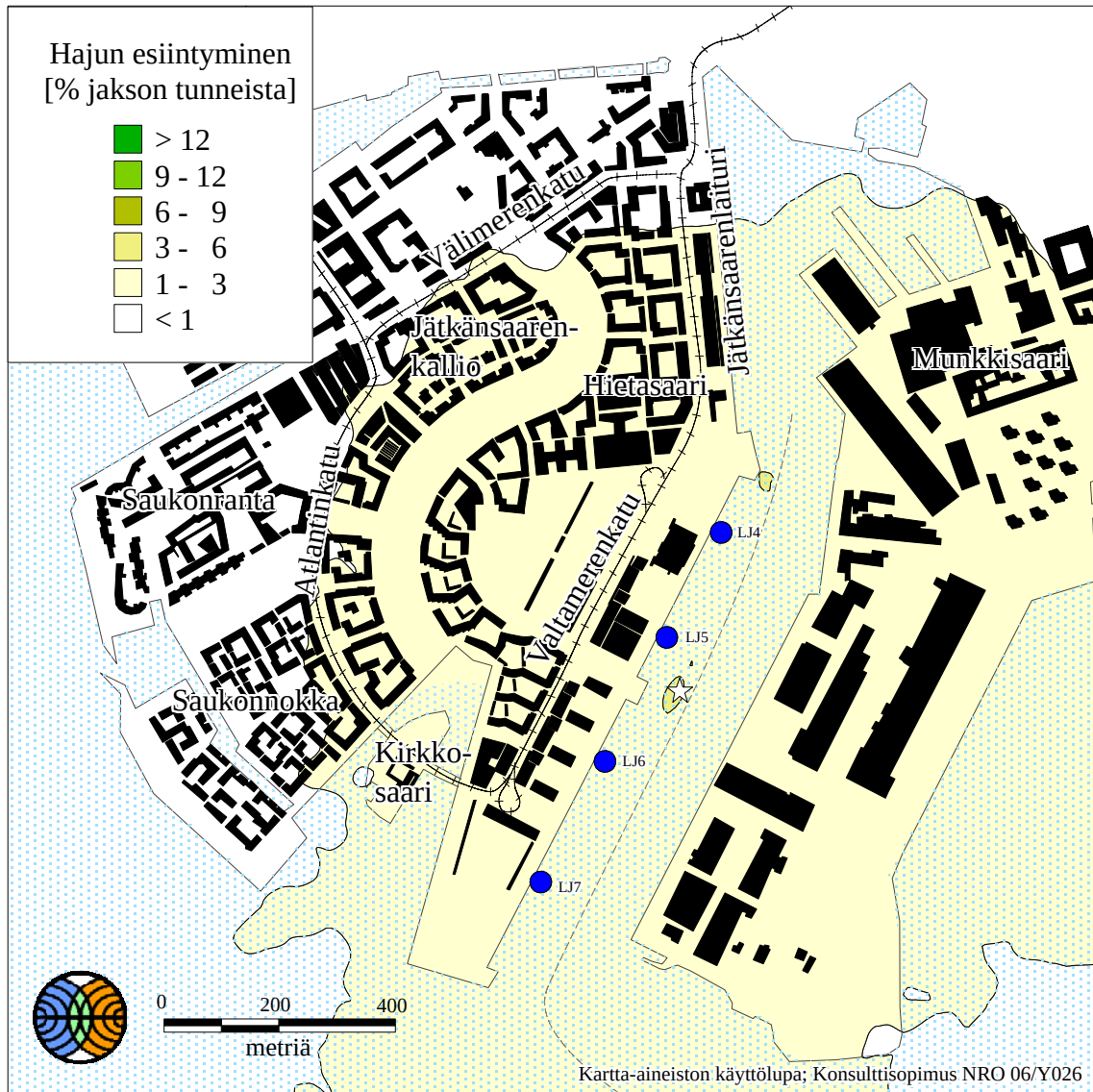
Ilmatieteen laitos 2007

☆ = maksimi = 12 %

● = päästölähde

Kuva 8. Arvio matkustajalaivaliikenteen aiheuttamasta lyhyt-aikaisen (30s) hajun esiintymisestä kesällä (touko-lokakuu). Hajukynnys 3 hy/m³, selkeä tunnistettavissa oleva haju.

LÄNSISATAMA TALVI



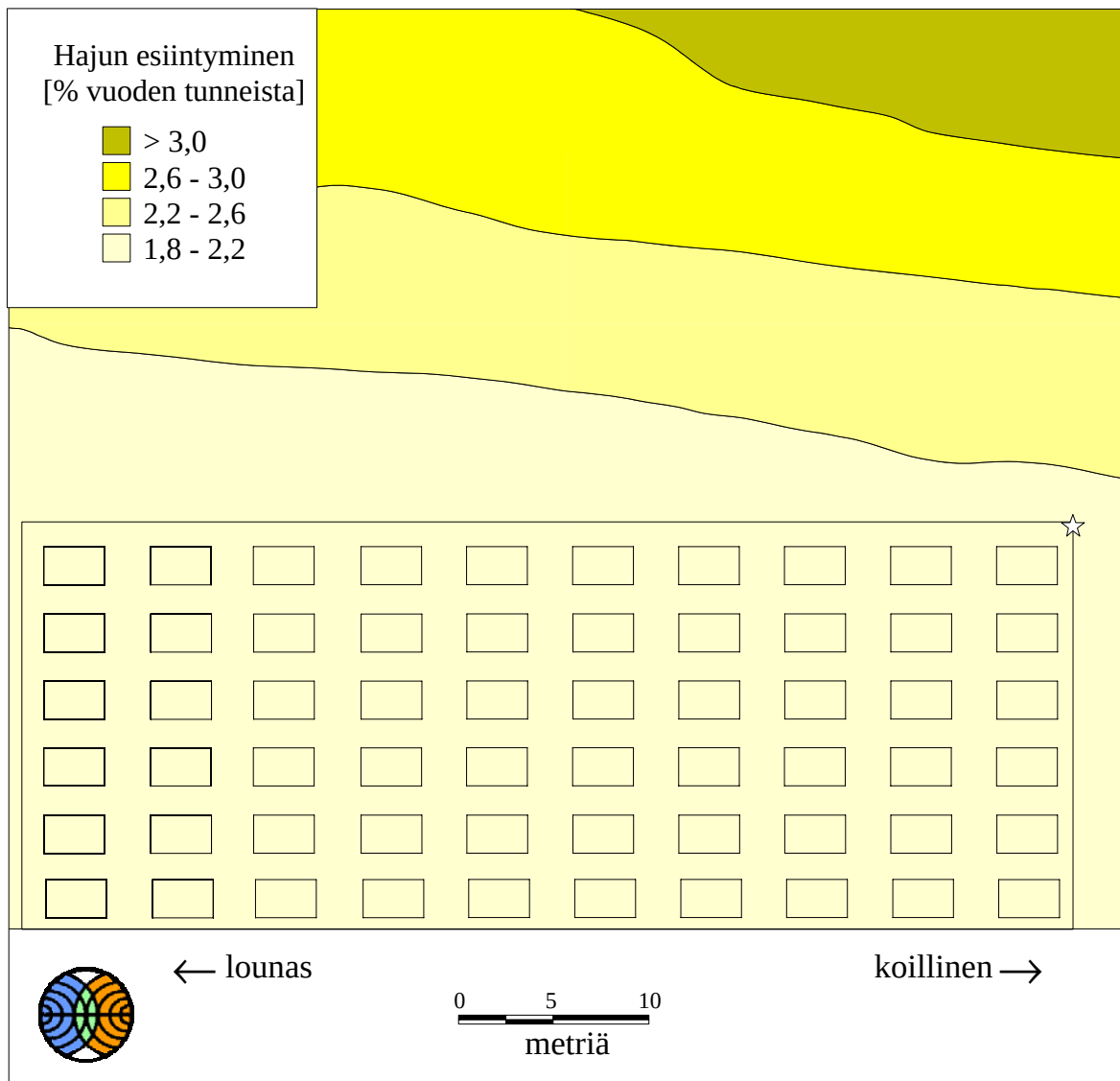
Ilmatieteen laitos 2007

☆ = maksimi = 3 %

● = päästölähde

Kuva 9. Arvio matkustajalaivaliikenteen aiheuttamasta lyhyt-aikaisen hajun (30s) esiintymisestä talvella (marras-huhtikuu). Hajukynnys $3\text{hy}/\text{m}^3$, selkeä tunnistettavissa oleva haju.

LÄNSISATAMA

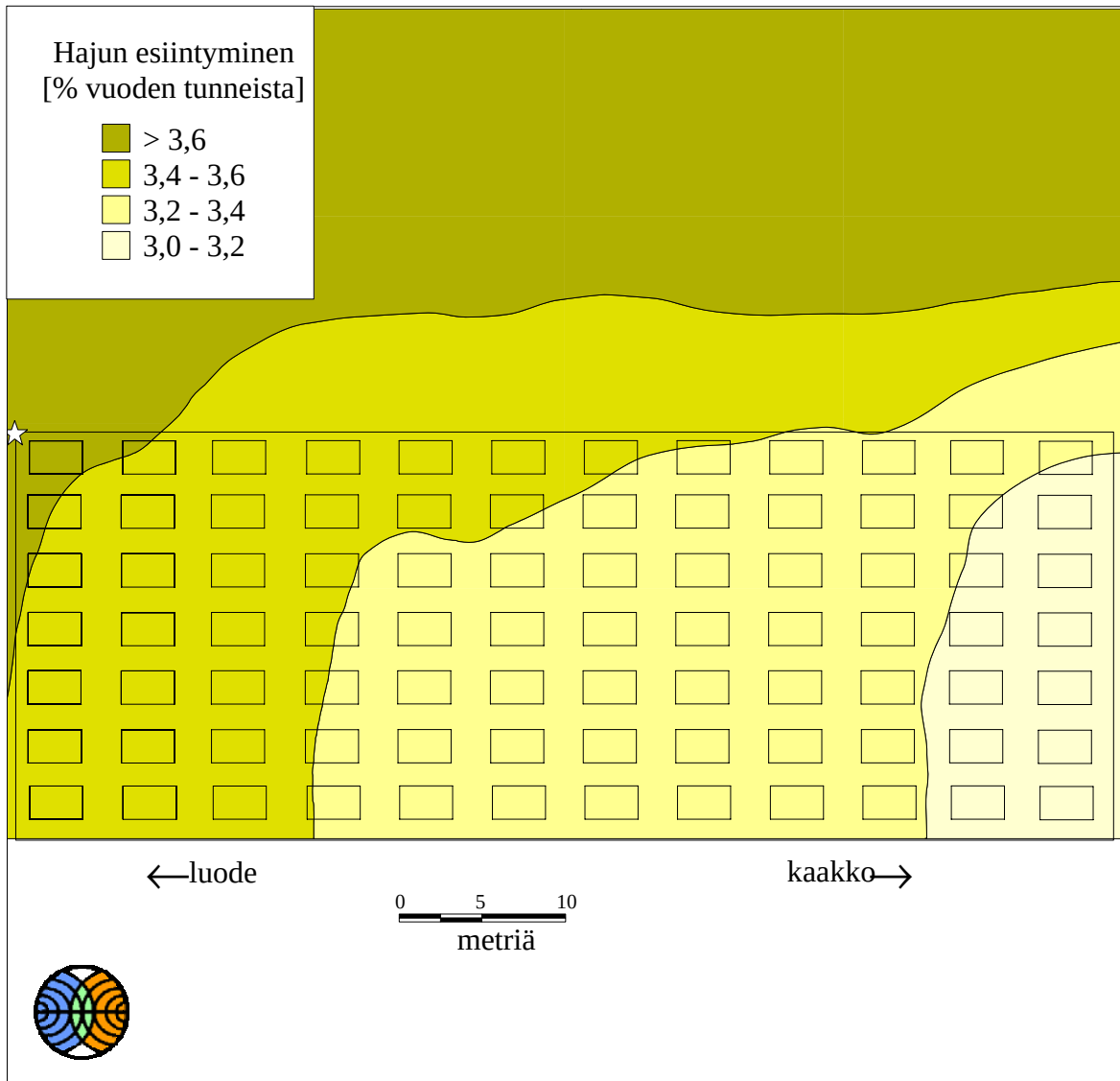


Ilmatieteen laitos 2007

☆ = maksimi = 2,1 % (184 h)

Kuva 10. Arvio laivaliikenteen aiheuttamasta pitkäaikaisen (1h) hajun esiintymisestä julkisivulla A1 (6krs) prosentteina vuoden tunneista vuonna 2030. Hajukynnys 1 hy/m³.

LÄNSISATAMA



Ilmatieteen laitos 2007

☆ = maksimi = 3,6 % (315 h)

Kuva 11. Arvio laivaliikenteen aiheuttamasta pitkäaikaisen (1h) hajun esiintymisestä julkisivulla A3 (7krs) prosentteina vuoden tunneista vuonna 2030. Hajukynnys 1 hy/m³.

Ilmanlaadun asiantuntijapalvelut

PL 503

00101 HELSINKI

puh. (09) 19291

ilmanlaatupalvelut@fmi.fi

Air quality expert services

P.O.Box 503

FIN-000101 HELSINKI

tel. +358 9 19291

airquality.services@fmi.fi

www.fmi.fi



ILMATIETEEN LAITOS
FINNISH METEOROLOGICAL INSTITUTE

**Helsingin kaupunki
kaupunkisuunnitteluvirasto**

JÄTKÄSAAREN MAANKÄYTÖN SUUNNITTELU

**HELSINGIN LÄNSISATAMAN MATKUSTAJALAIVOJEN
PÄÄSTÖVAIKUTUSTEN ARVIOINTI LEVIÄMISLASKELMIN**

**Risto Varjoranta
Tarja Savunen
Harri Pietarila**

**ILMATIETEEN LAITOS – ILMANLAADUN TUTKIMUS
Helsinki 1.10.2002**

SISÄLLYSLUETTELO

1	JOHDANTO	3
2	TUTKIMUSMENETELMÄT	4
2.1	Kaupunkimalli	4
2.1	Typen oksidien ilmakemiamalli	5
2.2	Meteorologiset tiedot.....	5
3	ILMANLAADUN OHJE- JA RAJA-ARVOT	7
4	TUTKIMUKSEN SUORITUS	9
4.1	Päästötiedot	9
4.2	Pitoisuuksien arviointi leviämismallilla	11
5	TULOKSET	13
5.1	Pitoisuudet maanpintatasolla.....	13
5.2	Pitoisuudet kattotasoilla	14
5.3	Pitoisuudet julkisivuilla	15
5.4	Pitoisuudet pitkällä tarkastelujaksolla	17
6	TULOSTEN ARVIOINTI.....	20
6.1	Vertailu ohjearvoihin.....	20
6.2	Vertailu muiden tutkimusten tuloksiin.....	27
7	JOHTOPÄÄTÖKSET	28
	VIITELUETTELO.....	29
	LIITE	
	LIITEKUVAT	

1 JOHDANTO

Helsingin Jätkäsaaren on tarkoitus rakentaa asuinalue. Länsisataman tavarasatamatoiminnot siirtyvät Vuosaaren rakennettavaan suursatamaan, mutta matkustajasatama jää alueelle. Tämän selvityksen tavoitteena oli arvioida leviämismallilaskelmin Länsisataman matkustajalaivaliikenteen päästöjen ilmanlaatuvaikutuksia Jätkäsaaren maankäytön suunnittelua varten. Selvityksessä tarkasteltiin matkustajalaivojen laiturissa olonaikaisia rikkidioksidi-, typenoksidi- ja hiukkaspäästöjä. Mallilaskelmin määritettiin kyseisistä päästöistä suunnittelualueelle maanpintatasolle ja kolmelle eri kattotasolle muodostuvia epäpuhtauspitoisuuksia. Lisäksi määritettiin laituripaikkojen lähituntumaan kaavailtujen rakennuskohteiden julkisivuille muodostuvia epäpuhtauspitoisuuksia. Näitä vertikaalitasotarkasteluja tehtiin seitsemälle julkisivulle, jotka sijaitsisivat viidessä eri rakennuskohteessa.

Selvityksessä tarkasteltujen seitsemän säännöllisessä linjaliikenteessä olevan matkustajalaivan ja kahden risteilijän satamassaolon aikaiset päästöt arvioitiin Helsingin Sataman toimittamien laivojen teknisiä ominaisuuksia, sijaintipaikkaa ja laiturissaoloaikaa koskevien lähtötietojen perusteella. Risteilijäpaikoilta aiheutuvat päästöt mallinnettiin kahdelle eri satamassaoloajalle.

Leviämislaskelmat tehtiin Ilmatieteen laitoksella kehitetyllä kaupunkialueella ilman epäpuhtauspäästöjen leviämisen kuvaamiseen soveltuvaa matemaattis-fysikaalista tietokonemallia, ns. kaupunkimallia (UDM-FMI). Mallilaskelmien meteorologisina tietoina käytettiin Helsingin rannikkoseudun ilmastollisia olosuhteita edustavaa vuosien 1998-2000 havainnoista muodostettua kahden sääaseman etäisyyspainotettua yhdistelmäaineistoa. Päästöjen leviämistä tarkasteltiin kaikissa em. kolmen vuoden tunneittaisissa meteorologisissa tilanteissa.

Leviämismallilaskelmissa huomioitiin paikalliset päästöjen kulkeutumiseen ja sekoitumiseen vaikuttavat tekijät, joita ovat mm. laskenta-alueen maaston, vesistöjen ja asutuksen aiheuttamat leviämisalustan rosoisuuserot sekä päästölähteiden lähiesteiden mittasuhteet. Typen oksidien ilmakemiallinen muutunta päästöjen kulkeutumisen aikana otettiin huomioon laskelmissa.

Selvityksen on tilannut Helsingin kaupunkisuunnitteluvirasto. Tilaajan edustajana on ollut Anna-Maija Pajukallio yleissuunnitteluosaston teknistaloudellisesta toimistosta. Työtä on valvonut lisäksi ohjausryhmä, jossa on ollut edustajat asemakaavaosastolta (Matti Kaijansinkko, Marjut Kivelä), kaupunginkansliasta (Timo Laitinen), Helsingin kaupungin ympäristökeskuksesta (Jari Viinanen, Eeva Pitkänen) ja Helsingin Satamasta (Juha Komsa, Kaarina Vuorivirta). Lähtötiedot on saatu kaupunkisuunnitteluvirastosta ja Helsingin Satamasta.

2 TUTKIMUSMENETELMÄT

2.1 Kaupunkimalli

Tutkimuksessa käytettiin laivojen satamassaoloajan päästöjen aiheuttamien ulkoilman rikkidioksidi-, typpidioksidi- hiukkaspitoisuuksien arviointiin ilman epäpuhtauksien leviämistä kuvaavaa Ilmatieteen laitoksen kaupunkimallia. Malli on kehitetty Gaussin jakaumaa noudattavasta pistemäisen lähteen viuhkamallista, ja siihen sisältyvät laskentamenetelmät piste-, pinta- ja tilavuuslähteille.

Kaupunkimallin leviämisparametrien määrittämisessä on käytetty eräiden ulkomaisten meteorologisten tutkimusten tuloksia (*BUSINGER et al., 1971, CAUGHEY et al., 1979, HANNA, 1985, HOLTSLAG, 1984, WRATT, 1987*). Pistelähteitä käsiteltäessä tarvitaan laskentamenetelmä ns. nousulisälle, joka muodostuu kun poistokaasut päästökohteesta vapautuessaan nousevat liikemäärästään ja lämpösisällöstään johtuen päästölähteen huippua korkeammalle. Tällä päästöjen nousulisällä (plumerise) on huomattava vaikutus keskimääräiseen leviämiskorkeuteen ja muodostuviin epäpuhtauspitoisuuksiin. Kaupunkimallissa nousulisän laskenta perustuu Briggs'in tutkimuksiin (*BRIGGS, 1975 ja 1984*).

Päästöjen leviämiseen saattavat vaikuttaa ilmavirtauksia häiritsevät kohteet, jolloin leviämisessä voi esiintyä systemaattisesti alaspäin suuntautuvaa liikettä. Tästä käytetään nimitystä downwash, jonka suomenkielisenä vastineena esiintyy usein termi savupainuma. Ilmiö voi johtua joko itse päästölähteen ominaisuuksista tai se voi olla päästölähteen lähirakennusten aiheuttama. Tämän ilmiön käsittelymenetelmät pitoisuuksia laskettaessa sisältyvät myös kaupunkimalliin.

Kaupunkimallissa oletetaan, että meteorologinen tilanne ja päästö pysyvät vakioina tunnin ajan. Laskenta etenee tunnin aika-askeleella kunnes koko meteorologisten tietojen aikasarja (esimerkiksi 3 vuotta = yli 26 000 tapausta) ja kunkin lähteen tunneittaiset päästöt on käyty läpi. Pitoisuuksia lasketaan suureen määrään tulostuspisteitä. Kunkin tulostuspisteen pitoisuuksien tunneittaiset aikasarjat muodostavat perusaineiston, josta voidaan laskea tarvittavia tilastoja. Mallin antamat yksittäiset pitoisuusarvot ovat odotusarvoja, mutta niistä laskettujen tilastollisten tunnuslukujen osuvuus on todettu vähintäänkin tyydyttäväksi tarkoitusta varten tehdyissä tutkimuksissa.

Tilastotarkasteluilla laskentapisteittäisistä tuntikeskiarvoista ja niistä edelleen lasketuista vuorokausikeskiarvoista voidaan valita esimerkiksi kotimaisten ohjearvojen tai raja-arvojen määrittelyjen mukaisia pitoisuuksia tai pitoisuuksien maksimiarvoja. Raportin karttakuvissa on esitetty leviämislaskelmien tuloksina samanarvonviivoilla ne alueet, joilla tietyn pitoisuuden ylittyminen on pitkän havaintojakson aikana todennäköistä. Tunti- ja vuorokausikeskiarvojen aluejakaumat eivät esitä ajallisesti yhtenäistä tilannetta, sillä pitoisuuksien suurimmat arvot saattavat esiintyä eri laskentapisteissä eri ajankohtina.

2.2 Typen oksidien ilmakemiamalli

Polttoaineiden palamisessa muodostuvat kiinteiden lähteiden ja liikenteen typenoksidipäästöt ovat pääasiassa typpimonoksidia (NO), kun taas mm. terveysvaikutuksiltaan haitallisempaa typpidioksidia (NO₂) on päästöistä ainoastaan pieni osa. Oksidit hapetuvat ilmassa kaasufaasireaktioissa hapen, otsonin, hydroksyyli- ja peroksyyliradikaalin ja orgaanisten peroksyyliradikaalien toimiessa hapettimina. Reaktionopeudet riippuvat muun muassa vuoden- ja vuorokaudenajasta, auringon säteilyn määrästä ja lämpötilasta. Valokemialliset reaktiot, joissa molekyylit hajoavat, ovat tärkeitä päivänvalossa. Myös päästöjen leviäminen ja niiden sekoittuminen ilmaan vaikuttavat typen oksidien muutunnan tehokkuuteen.

Jotta leviämislaskelmin voitaisiin kuvata erilaisten hapettuneiden typen yhdisteiden pitoisuudet ulkoilmassa, on mallisovellutuksissa otettava huomioon ilmakehässä tapahtuvat kemialliset reaktiot. Pistemäisten päästölähteiden (piippujen) typenoksidipäästöjen muutunnaa käsitellään Ilmatieteen laitoksella tehtävissä leviämiselvityksissä menetelmällä, jossa kaupunkimalliin on yhdistetty erilaisten meteorologisten tilanteiden ja otsonin taustapitoisuuden mukaan parametrisoituja funktioita. Näillä funktioilla kuvataan typen oksidien hapettumista ja NO₂/NO_x-suhteen muuttumista poistokaasuvanassa eri etäisyyksillä päästölähteestä. Kemiallisen muutunnan malli perustuu hollantilaisiin, vuosina 1975–1985 suoritettuihin mittauksiin, joissa selvitettiin typenoksidipäästöjen hapettumista erilaisissa meteorologisissa olosuhteissa (*JANSSEN et al., 1988*).

Tässä tutkimuksessa tehdyissä leviämismallisovellutuksissa auringon säteilytiedot muodostettiin Helsinki-Vantaan lentosääaseman mittaustuloksista vuosilta 1998–2000. Typenoksidipäästöjen ilmakemiamalleissa käytetyt, taustaa edustavat otsonin ja typen oksidien pitoisuustiedot saatiin YTV:n Luukin taustahavaintoaseman tuloksista.

2.3 Meteorologiset tiedot

Ilman epäpuhtauksien leviämisen kannalta keskeisiä meteorologisia muuttujia ovat tuulen suunta ja nopeus, ilmakehän stabiiliutta kuvaava suure ja sekoituskorkeus. Tuulen suunta ja nopeus määräävät epäpuhtauden keskimääräisen kulkeutumisen. Ilmakehän stabiiliutta kuvaavalla suurella arvioidaan ilmavirtauksen pyörteisyyttä, joka tuulen nopeuden ohella vaikuttaa merkittävästi epäpuhtauksien sekoittumiseen ja pitoisuuksien laimenemiseen kulkeutumisen aikana. Sekoituskorkeus ilmaisee sen alimman ilmakerroksen paksuuden, jossa sekoittuminen tapahtuu.

Tässä leviämiselvityksessä on käytetty Ilmatieteen laitoksen ilmanlaatuosastolla kehitettyä meteorologisten tietojen käsittelymallia (*RANTAKRANS, 1990, KARPPINEN et al., 1997*). Tämän ns. ilmakehän rajakerroksen (0 - 2000 m) parametrisointimenetelmän avulla voidaan arvioida normaaleista meteorologisista rutiinihavainnoista ne rajakerroksen tilaan vaikuttavat muuttujat, joita tarvitaan epäpuhtauksien leviämismalleissa. Tarvittavat meteorologiset mittaustiedot saadaan Ilmatieteen laitoksen havaintotietokantaan talletetuista sää-, auringonpaiste- ja radioluotaushavainnoista.

Perinteisissä leviämismallisovellutuksissa on käytetty karkeaa ilmakehän stabiiliusluokitusta (Pasquill-Turner) ja mallien muuttujille on annettu luokittaiset vakioarvot. Rajakerroksen parametrisoinnin avulla on mahdollista ilmaista leviämismalleissa käy-

tetyt muuttujat jatkuvina rajakerroksen tilan funktioina, joissa voidaan ottaa paremmin huomioon myös päästölähteisiin liittyvä fysiikka. Menetelmässä huomioidaan tutkimusalueen paikallisia tekijöitä kuten leviämisalustan rosoisuus ja vuodenaikaiset albedoarvot (maanpinnan kyky heijastaa auringon säteilyä). Sääasemilta saatavat perushavainnot valitaan tutkimusaluetta lähimpänä olevalta asemalta. Tämän lisäksi tuulen suunta- ja nopeustiedot voidaan muodostaa myös usean aseman tilastollisena yhdistelmänä. Luotaushavainnot valitaan lähimmältä luotausasemalta. Lopputuloksena saadaan leviämismalleissa tarvittavien ilmakehän rajakerroksen parametrien ja meteorologisten tietojen tunneittainen aikasarja.

Leviämislaskelmia varten on määritettävä mallin koko sovellutusaluetta mahdollisimman hyvin edustavat ilmakehän rajakerrosta kuvaavat parametrit. Tässä tutkimuksessa on muodostettu pääkaupunkiseudun ilmastollisia olosuhteita kuvaava meteorologinen etäisyyspainotettu yhdistelmäaineisto Helsinki-Vantaan lentosääaseman sekä Helsingin Isosaaren sääasemien synoptisista havainnoista. Auringonpaistetiedot on saatu Helsinki-Vantaan mittauksista. Sekoituskorkeuden määrittämiseen on käytetty Joensuuisten luotaushavaintoja. Leviämismalliin tarvittavat ilmakehän rajakerroksen tilaa kuvaavat muuttujat on muodostettu kolmen vuoden tunneittaiseksi aikasarjaksi vuosille 1998–2000.

Tuulensuuntien ja -nopeuksien suhteellinen jakautuminen kyseisen kolmivuotiskauden tuuliaineistossa on esitetty tuulisuuskuvaan kuvassa 1. Prosenttiarvo ympyrän kehällä kuvaa kunkin tuulensuunnan (suuntasektorin) osuutta koko aineistosta. Nopeusjakauma kunkin suuntasektorin sisällä on esitetty kuuteen nopeusluokkaan luokiteltuna (prosenttiasteikot sektoreiden sisällä 10 %:n välein). Tehdyn tilastollisen tarkastelun mukaan yleisin tuulensuunta pääkaupunkiseudulla on ollut lounas (noin 22 % ko. jakson kaikista tuulista). Vähiten esiintyy tässä aineistossa pohjois-, koillis- ja luoteistuulia (8–10 % kutakin). Tuulten nopeusjakaumassa heikkotuulisimpaan (alle 2 m/s) luokkaan sijoittuvien tuulten osuus on noin 11 % kaikista tuulista. Suhteellisesti eniten heikkotuulisia tilanteita esiintyy koillis- ja luoteistuulilla (noin 15 % kaikista ko. sektoreiden tuulista). Edellä kuvatut tuulen nopeustiedot koskevat 10 metrin korkeuteen redusoituja tuulennopeusarvoja.

Käytetyn meteorologisen aineiston sekoitusvoimakkuuden ja sekoituskorkeuden kausittainen esiintymistiheys on esitetty kuvassa 2. Sekoitusvoimakkuudet on luokiteltu karkeasti kolmeen luokkaan (voimakas, kohtalainen, heikko). Voimakasta sekoitumista esiintyy lähinnä kesäisin, jolloin päiväaikaan auringonpaisteen aiheuttama maanpinnan lämpeneminen labiloi alinta ilmakehää ja lisää ilman epäpuhtauksien sekoittumista edesauttavaa turbulenttista pyörteisyttä. Käytetyssä aineistossa labiilien tilanteiden suhteellinen osuus kesäkuukausina on noin 15–20 %. Rannikon tuntumassa ilmakehän alin kerros on pääosin neutraalissa tilassa, jolloin sekoittuminen luokitellaan kohtalaiseksi. Heikkoa sekoittumista edustavien stabiilien tilanteiden suhteellinen osuus 20 % luokkaa. Labiileissa tilanteissa esiintyvät epäpuhtauspitoisuudet ovat pääsääntöisesti pieniä, mutta joissain tapauksissa voi esiintyä korkeiden päästölähteiden lähistöllä ohimenevästi kohonneita pitoisuuksia. Stabiileissa tilanteissa maanpinnan tuntumassa esiintyvät ilman epäpuhtauspitoisuudet voivat kohota voimakkaastikin varsinkin matalalta lähtevien päästöjen vaikutuksesta.

Sekoituskerroksen korkeus määrää pystysuunnassa päästöjen laimenemistilavuuden rajan. Matalat sekoituskorkeudet liittyvät pinnan tuntumassa oleviin inversioihin, jol-

loin maanpinnan lähellä oleva kylmempi ilmakerros jää sitä ylempänä olevan lämpimämmän ilman alle. Tällöin sekoittuminen korkeussuunnassa tiettyä rajaa korkeammalle estyy ja maanpintapitoisuudet voivat kohota voimakkaasti matalien lähteiden vaikutuksesta. Matalia, alle 100 ja alle 200 metrin sekoituskorkeuksia esiintyy tässä tutkimuksessa käytetyssä meteorologisessa aineistossa eniten syyskuussa, jolloin niiden suhteellinen osuus on ollut yli 40 %. Toisaalta korkeista piipuista ilmaan vapautuvat päästöt voivat purkautua matalien pintainverisoiden yläpuolelle, jolloin ne eivät juurikaan vaikuta pitoisuuksiin lähellä maanpintaa lähialueellaan. Yli 500 metrin sekoituskorkeus ei enää vaikuta merkittävästi pitoisuuksien kohoamiseen lähileviämisen mitta-kaavassa. Alkukesällä tehokas sekoittuminen ylittää yli 40 prosentissa kaikista tapauksista vähintään 500 metriin saakka. Keskitalvella yli 500 metrin sekoituskorkeuksia esiintyy melko harvoin.

3 ILMANLAADUN OHJE- JA RAJA-ARVOT

Mittauksilla tai leviämismallilaskelmilla saatuja ilman epäpuhtauspitoisuuksia voidaan arvioida vertaamalla niitä ilmanlaadun ohje-, raja- ja suositusarvoihin. Ohjearvot on otettava huomioon suunnittelussa ja niitä sovelletaan mm. alueiden käytön, kaavoituksen, rakentamisen ja liikenteen suunnittelussa ja ympäristölupaharkinnassa. Ohjearvojen soveltamisen avulla pyritään ehkäisemään epäpuhtauksien aiheuttamia terveys- ja luontovaikutuksia.

Taulukossa 1 on esitetty maassamme nykyisin voimassa olevat rikkidioksidi-, typpidioksidi- ja hiukkaspitoisuuden ohjearvot (*Vnp 480/96*). Ilman rikkidioksidi- ja typpidioksidipitoisuuden vuorokausikeskiarvo sekä hengitettävien hiukkasten (PM_{10}) vuorokausikeskiarvo voi ohjearvomäärittelyjen mukaan ylittää yhden kerran kuukaudessa taulukossa 1 esitetyn vuorokausiohjearvon. Ilman rikkidioksidi- ja typpidioksidipitoisuuden tuntikeskiarvoista voi yksi prosentti kuukauden jaksolla olla suurempia kuin taulukon tuntiohjearvo. Hiukkasten kokonaisleijuman (TSP) vuorokausikeskiarvoista voi 2 prosenttia vuoden jaksolla olla suurempia kuin taulukon vuorokausiohjearvo. Ohjearvomäärittelyjen mukaan ohjearvoihin verrattavat pitoisuudet ilmoitetaan lämpötilassa 20 °C.

Taulukko 1. Ulkoilman rikkidioksidi-, typpidioksidi- ja hiukkaspitoisuuden ohjearvot (*Vnp 480/96*).

Ilman epäpuhtaus	Ohjearvo ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Tilastollinen määrittely
Rikkidioksidi	80 250	kuukauden toiseksi suurin vuorokausiarvo kuukauden tuntiarvojen 99. prosenttipiste
Typpidioksidi	70 150	kuukauden toiseksi suurin vuorokausiarvo kuukauden tuntiarvojen 99. prosenttipiste
Hiukkaset, kokonaisleijuma (TSP)	50 120	aritmeettinen vuosikeskiarvo vuoden vuorokausiarvojen 98. prosenttipiste
Hengitettävät hiukkaset (PM_{10})	70	kuukauden toiseksi suurin vuorokausiarvo

Kokonaisleijumalla (TSP, Total Suspended Particles) tarkoitetaan hiukkasia, johon saattaa sisältyä kooltaan varsin suuriakin halkaisijaltaan jopa kymmenien mikrometrien hiukkasia. Tällaisten hiukkasten korkeat pitoisuudet vaikuttavat merkittävimmin viihtyvyyteen ja aiheuttavat likaantumista mm. keväisin, kun hiekoitusmateriaalista peräisin oleva katupöly nousee ilmaan. Suurin osa kokonaisleijuman hiukkasista on niin isoja, että ne jäävät ihmisen ylähengitysteihin ja poistuvat terveillä henkilöillä elimistöstä melko tehokkaasti. Terveysvaikutuksiltaan haitallisempia ovat pienet hiukkaset, jotka kykenevät tunkeutumaan syvälle ihmisten hengitysteihin. Näistä ns. hengitettävälle hiukkasille (PM₁₀, PM=Particulate Matter), joiden aerodynaaminen halkaisija on alle 10 mikrometriä, on annettu ohjearvo, joka on sopiva vertailukohde tässä tutkimuksessa mallilaskelmin saaduille pitoisuuksille.

Ilman epäpuhtauspitoisuudet aiheutuvat yleensä usean lähteen päästöistä, jotka voivat olla paikallisia tai kauempaa kulkeutuneita. Ympäristöministeriön ohjeissa lääninhalitusten ja kuntien ilmansuojelutehtävistä (*YMPÄRISTÖMINISTERIÖ, 1987*) otettiin kantaa yksittäiselle päästölähteelle sallittuun osuuteen tietyn epäpuhtauden pitoisuusvaikutuksesta. Ohjeissa todetaan olevan suotavaa, että kukin uusi tai uudistettava laitos saisi aiheuttaa pitoisuuden, joka on taajamassa enintään 40 % ja haja-asutusalueella enintään 60 % tuntiohjearvosta. Tämä kriteeri ei ympäristöministeriöstä saadun tiedon mukaan ole enää voimassa uusien ohjearvojen tultua voimaan, vaan ilmansuojeluviranomaiset määrittelevät harkintansa mukaan tapauskohtaisesti kullekin uudelle ja uudistettavalle laitokselle sallitun osuuden päästöjen aiheuttamasta ilman epäpuhtauspitoisuudesta (*YMPÄRISTÖMINISTERIÖ, 1999*). Ympäristöministeriö ei ole antanut asiasta virallisia ohjeita.

Valtioneuvoksen asetuksessa 9.8.2001 (*Vnp 711/2001*) annetut EU:n ilmanlaadun ensimmäisen tytärdirektiivin (*1999/30/EY*) mukaiset rikkidioksidia, typpidioksidia, typen oksideja ja hengitettäviä hiukkasia (PM₁₀) koskevat raja-arvot on esitetty taulukossa 2. Ensimmäisessä tytärdirektiivissä on lisäksi annettu hengitettäville hiukkasille suuntaa-antavat 2. vaiheen raja-arvot (vuosikeskiarvo 20 µg/m³ ja 24 tunnin keskiarvo 50 µg/m³, enintään 7 ylitystä vuodessa), joita pienempiä pitoisuuksien tulee olla viimeistään 1.1.2010. Rikkidioksidille ja typpidioksidille on annettu lisäksi varoituskynnykset, jotka ovat vastaavasti 500 µg/m³ ja 400 µg/m³ kolmen peräkkäisen tunnin aikana mitattuna. Varoituskynnyksen ylittymisestä on tiedotettava väestölle.

Annetuilla raja-arvoilla pyritään välttämään ja ehkäisemään terveydelle ja ympäristölle haitalliset vaikutukset tai vähentämään niitä. Rikkidioksidin, typpidioksidin ja hengitettävien hiukkasten raja-arvot on annettu ihmisten terveyden suojelemiseksi. Rikkidioksidin vuosi-/talviraja-arvo on annettu ekosysteemien suojelemiseksi ja typen oksidien vuosiraja-arvo kasvillisuuden suojelemiseksi. Kasvillisuuden ja ekosysteemien suojelemiseksi annetut raja-arvot ovat voimassa laajoilla maa- ja metsätalousalueilla ja luonnonsuojelun kannalta merkityksellisillä alueilla. Taulukossa 2 on lisäksi esitetty ajankohdat, jolloin pitoisuuksien viimeistään tulee olla raja-arvoa pienemmät. Kasvillisuuden ja ekosysteemien suojelemiseksi annetut raja-arvot ovat olleet voimassa 15.8.2001 alkaen.

Taulukko 2. Ulkoilman rikkidioksidi-, typpidioksidi- ja typenoksidipitoisuuden sekä hengitettävien hiukkasten pitoisuuden raja-arvot (*Vnp 711/2001*).

Ilman epäpuhtaus	Keskiarvon laskenta-aika	Raja-arvo ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) (293 K, 101,3 kPa)	Sallitut ylitykset kalenteri-vuodessa	Ajankohta, jolloin pitoisuuksien viimeistään oltava raja-arvoa pienemmät
Ihmisten terveyden suojelemiseksi annetut raja-arvot:				
Rikkidioksidi	1 tunti	350	24 krt/vuosi	1.1.2005
	24 tuntia	125	3 krt/vuosi	1.1.2005
Typpidioksidi	1 tunti	200	18 krt/vuosi	1.1.2010
	kalenterivuosi	40	–	1.1.2010
Hengitettävät hiukkaset (PM_{10})	24 tuntia	50*	35 krt/vuosi	1.1.2005
	Kalenterivuosi	40*	–	1.1.2005
Ekosysteemien ja kasvillisuuden suojelemiseksi annetut raja-arvot:				
Rikkidioksidi	kalenterivuosi/ talvi (31.10-31.3.)	20	–	15.8.2001
Typen oksidit	kalenterivuosi	30	–	15.8.2001

* tulokset ilmaistaan ulkoilman lämpötilassa ja paineessa

4 TUTKIMUKSEN SUORITUS

4.1 Päästötiedot

Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää Länsisataman uudelleen järjestelyissä jäljelle jäävän matkustajalaivaliikenteen ilmanlaatuvaikutuksia Jätkäsaareen suunnitellun asuinrakentamisen kannalta. Päästötarkastelujen lähtökohtana oli Helsingin Sataman tekemä arvio Länsisatamaa tulevassa tilanteessa käyttävästä matkustajalaivaliikenteestä. Selvityksessä tarkasteltiin seitsemän säännöllisen aikataulun mukaisesti satamassa käyvän matkustajalaivan sekä kahdella laituripaikalla satunnaisemmin vierailevan risteilijän laiturissaoloaikana syntyviä rikkidioksidi-, typenoksidi- ja hiukkaspäästöjä. Laivojen laituripaikat, laiturissaoloajat, keskeisimmät tekniset tiedot ja polttoaineen rikkipitoisuudet on esitetty liitetaulukossa 1. Laiturissa olevien laivojen päästöjä käsiteltiin leviämismallilaskelmissa pistelähteinä, joiden sijaintipaikat on esitetty kuvassa 3.

Typenoksidi- ja hiukkaspäästöt laskettiin konetehoista ominaispäästökertoimien avulla. Satamassa olevan laivan apukoneiden oletettiin käyvän 80 %:n teholla ja boilerien 20 % teholla. Typenoksidipäästöt laskettiin käyttämällä ominaispäästökertoimena 80 % koneteholla 14 g/kWh ja 20 % koneteholla 21 g/kWh. Hiukkaspäästöt laskettiin käyttämällä ominaispäästökertoimena 80 % koneteholla 0,2 g/kWh ja 20 % koneteholla 0,4

g/kWh. Rikkidioksidipäästöt laskettiin polttoaineen rikkipitoisuuden ja kulutuksen perusteella. Polttoaineenkulutus laskettiin käytössä olevista konetehoista ominaiskulutuskertoimella 200 g/kWh. Savukaasujen lämpötilana käytettiin kaikissa tapauksissa 320 °C ja tilavuusvirtaus laskettiin ominaissavukaasumäärästä 6 nm³/kWh. Pakokaasujen virtausnopeutena käytettiin 80 % koneteholla 24 m/s ja 20 % koneteholla 6 m/s. Osalle laivoista virtausnopeutena käytettiin lähtötietojen toimittajan ilmoittamaa painotettua arvoa.

Päästöjen ajallisen vaihtelun mallintaminen on tehty satamaa säännöllisesti käyttävien laivojen osalta liitetaulukosta 1 ilmenevien aikataulutietojen mukaan. Risteilijöiden päästöjen ajoittumisen osalta tarkasteltiin kahta eri vaihtoehtoa. Normaalitilanteessa risteilijäpaikkojen oletettiin olevan täytettynä satunnaisesti toisistaan riippumatta keskimäärin joka toinen päivä kello 8-18 toukokuun puolivälistä syyskuun puoliväliin. Näitä päästöjä on tässä raportissa kutsuttu normaalipäästöiksi. Maksimipäästöiksi on tässä raportissa kutsuttu päästöjä, jotka muodostuisivat, jos molemmat risteilijäpaikat olisivat täytettyinä jokaisena risteilykauden päivänä, mutta aikataulutettu liikenne olisi sama kuin normaalitilanteessa. Maksimipäästöillä tehdyillä mallilaskelmilla voidaan arvioida sitä, miten suuriksi satamassa olevien laivojen päästöistä aiheutuvat ilman epäpuhtauspitoisuuksien maksimit voisivat pitkällä tarkastelujaksolla muodostua. Taulukossa 3 on esitetty laivakohtaisesti komponentteittain eritellyt mallitarkasteluissa huomioitavat laskennalliset kokonaispäästöt.

Taulukko 3. Leviämismallilaskelmissa huomioitavat Länsisataman laituripaikoilla olevien matkustajalaivojen aiheuttamat rikkidioksidin(SO₂), typen oksidien(NO_x), ja hiukkasten(PM) päästöt.

Laiva	Normaalipäästö (t/v)			Maksimipäästö (t/v)		
	SO ₂	NO _x	PM	SO ₂	NO _x	PM
Autoexpress	0,2	3,2	0,1	0,2	3,2	0,1
Vana Tallinn	2,4	49,2	1,4	2,4	49,2	1,4
Nordlandia	10,9	44,7	1,3	10,9	44,7	1,3
Romantika	7,3	25,5	0,7	7,3	25,5	0,7
Meloodia	0,1	2,6	0,1	0,1	2,6	0,1
Alus x	25,0	204,7	5,8	25,0	204,7	5,8
Alus y	5,5	38,3	1,1	5,5	38,3	1,1
Risteilijä c	12,4	32,0	0,9	24,9	64,1	1,8
Risteilijä d	12,4	32,0	0,9	24,9	64,1	1,8
Päästöt yhteensä	76,2	432,2	12,3	101,2	496,4	14,1

Päästölaskelmat on tehty olemassa oleville laivoille tyypillisinä pidettäviä päästöker-toimia ja dieselpolttoaineen rikkipitoisuuksia käyttäen. Tulevaisuudessa päästöt todennäköisesti pienenevät laivojen päästöjen vähennystekniikoiden kehittyessä ja siirryttä-essä käyttämään vähemmän päästöjä aiheuttavia polttoaineita. Tämän kehityksen vai-kutusta päästöihin ei tässä selvityksessä ole otettu huomioon.

4.2 Pitoisuuksien arviointi leviämismallilla

Länsisataman tulevan tilanteen rikkidioksidi-, typenoksidi- ja hiukkaspäästöjen leviämismallilaskelmia tehtiin maanpintatasoon sekä kolmeen horisontaalitasoon, joiden korkeudet olivat +10, +16 ja +22 metriä maanpinnasta vastaten likimain 3-, 5- ja 7-kerroksisten rakennusten kattotasoja. Pitoisuuslaskelmat tehtiin Jätkäsaaren asuin- ja toimistorakentamiseen kaavaillun alueen kattavalle 2 km × 2 km suuruiselle alueelle siten, että kullekin tasolle sijoitettiin 3019 tulostuspistettä. Tiheimmillään pisteet olivat laituripaikkojen tuntumassa 25 metrin etäisyydellä toisistaan, tulostusalueen reunamilla hilaväli oli 50 metriä.

Horisontaalitasotarkastelujen lisäksi pitoisuuksia määritettiin vertikaalisuuntaisille tasolle laituripaikkojen lähituntumaan suunniteltujen rakennuskohteiden julkisivujen sijaintipaikoilla. Näitä tarkasteluja tehtiin seitsemälle julkisivulle, jotka sijaitsevat viidessä eri rakennuskohteessa. Kyseisten julkisivujen sijaintipaikat on esitetty kuvassa 3. Julkisivutarkasteluissa tulostuspisteikön hilavälinä käytettiin 5 metriä ja pisteitä oli tarkastellun julkisivun koosta riippuen 99:stä 616:een.

Leviämismalleilla laskettiin kaikkiin tulostuspisteisiin kappaleessa 4.1 kuvatuilla lähtötiedoilla vuosien 1998–2000 tunneittaisia meteorologisia tilanteita vastaavat rikkidioksidin, typpidioksidin ja hiukkaspitoisuuden tuntikeskiarvojen aikasarjat. Näistä aikasarjoista muodostettiin kuhunkin laskentapisteeseen tuloksina esitetyt, tilastollisten määrittelyjen mukaiset korkeimmat vuosi-, vuorokausi- ja tuntiarvot. Tutkimusraportin kuvissa on esitetty laskentapisteeittäisistä keskiarvoista samanarvonviivoilla kuvattuja pitoisuuksien aluejakaumia ja tulostaulukoissa pitoisuuksien alueelliset maksimiarvot. Kuhunkin laskentapisteeseen määritetyt pitoisuudet on määritetty seuraavasti:

- korkein vuosikeskiarvo on suurin meteorologisen aineiston pohjana olevan kolmen tarkasteluvuoden pitoisuuskeskiarvoista
- korkein vuorokausikeskiarvo on suurin tarkastellun kolmivuotisjakson korkeimmista vuorokausiarvoista
- toiseksi korkein vuorokausikeskiarvo on suurin tarkastellun kolmivuotisjakson vuoden kalenterikuukausien toiseksi korkeimmista vuorokausiarvoista
- korkein vuorokausikeskiarvojen 98 % rajapitoisuus on suurin kalenterivuoden 98 %:n rajapitoisuuksista koko tarkastellulla kolmivuotisjaksolla (98 %:n rajapitoisuus on se pitoisuus, jonka vain 2 % vuoden vuorokausikeskiarvoista ylittää)
- korkein tuntikeskiarvo on suurin tarkastellun kolmivuotisjakson korkeimmista tuntiarvoista
- korkein tuntikeskiarvojen 99 % rajapitoisuus on suurin kalenterikuukauden 99 %:n rajapitoisuuksista koko tarkastellulla kolmivuotisjaksolla (99 %:n rajapitoisuus on se pitoisuus, jonka vain 1 % tarkastelukuukauden tuntikeskiarvoista ylittää, käytännössä siis yleensä pahimman kuukauden kahdeksanneksi korkein tuntikeskiarvo)

Rikkidioksidi- ja typpidioksidipitoisuuden korkeimpien vuorokausi- ja tuntikeskiarvojen jakaumat on muodostettu suurimmista kotimaisiin ohjearvoihin verrannollisista pitoisuuksista (kalenterikuukauden toiseksi korkein vuorokausikeskiarvo ja korkein tuntikeskiarvojen 99 %:n rajapitoisuus). Hiukkaspitoisuuden korkeimmat vuorokausikeskiarvojen jakaumat on muodostettu niin ikään suurimmista kotimaisiin hengitettävälle hiukkasille (PM₁₀) annettuihin ohjearvoihin verrannollisista pitoisuuksista (ka

lenterikuukauden toiseksi korkein vuorokausikeskiarvo). Tutkimusalueen korkeimpien pitoisuuksien sijaintipaikat on merkitty aluejakaumakuviin keltaisilla tai sinisillä tähdillä. Maksimin numeroarvo on luettavissa aluejakaumakuvan alalaidasta. Ohjearvoihin verrannollisten pitoisuuksien aluejakaumakuvissa on lisäksi esitetty vastaava Suomessa voimassa oleva ohjearvo.

Korkeimpien vuorokausi- ja tuntikeskiarvojen aluejakaumat eivät edusta koko tulosalueella yhtä aikaa vallitsevaa pitoisuustilannetta, vaan kuvaavat eri päivinä ja tunteina esiintyvien pitoisuuksien tasoa eri puolilla tutkimusaluetta. Asian voi yksinkertaistaa karkealla esimerkillä: tuulen käydessä päästölähteiden eteläpuolelta päästöt etenevät lähteistä pohjoissuuntaan, jolloin ne eivät vaikuta lähteiden eteläpuolisiin pitoisuuksiin.

Tutkimuksessa tarkastellaan laskennallisia, tutkimusalueen tulostuspisteisiin saatuja suurimpia rikkidioksidi-, typpidioksidi- ja hiukkaspitoisuuksia. On huomattava, että suurimman osan ajasta vuorokausi- ja tuntipitoisuudet ovat kaikissa laskentapisteissä em. korkeimpia arvoja selvästi pienempiä, ja suurimmassa osassa tutkimusaluetta pitoisuustilanne on koko ajan merkittävästi parempi kuin niissä kohteissa, joissa esiintyy maksimi-arvoja. Leviämislaskelmien tuloksina esitettyjä pitoisuuksien aluejakaumakuvia on tulkittava niin, että ne kuvaavat pitkän ajanjakson aikana tutkimusalueen eri osissa todennäköisesti esiintyviä suurimpia pitoisuuksia.

Etenkin pistelähteiden päästöjen aiheuttamien pitoisuuksien aluejakaumissa (esim. satamassa seisova laiva) voi esiintyä mm. alueellisesta tuulen suuntajakaumasta, paikallisesta topografiasta ja leviämismallin tilastollisesta luonteesta johtuen ympäristön arvoja pienempien tai suurempien pitoisuuksien kielekkeitä ja erillisiä suppeita maksimi- ja minimialueita.

Etenkin korkean päästölähteen välittömään läheisyyteen muodostuu usein ns. katvealue, jolla pitoisuudet ovat minimissään ja kasvavat lyhyellä etäisyydellä nopeasti. Tällaisten aivan päästökohteen ympärille muodostuvien, muita arvoja matalampien pitoisuuksien alueiden laajuuteen vaikuttavat piipun korkeuden lisäksi poistokaasujen nousunopeus piipussa sekä ulkolämpötilan ja poistokaasujen lämpötilan ero, jotka antavat päästöille nousulisää leviämisen alkuvaiheissa. Pieniä maksimialueita muodostuu usein päästölähteen laitosten ympäristöön matalasta piipusta ja poistokaasujen vähäisestä nousunopeudesta johtuen.

Myös typen oksidien kemiallinen muutunta päästöjen leviämisen aikana vaikuttaa katvealueen laajuuteen. Typenoksidipäästöt ovat leviämisen alkuvaiheessa pääosin typpi-monoksidia, mistä johtuen typpidioksidipitoisuuksien aluejakaumakuvissa päästölähteen ympäristössä esiintyy yleensä melko laaja matalien pitoisuuksien alue. Typpi-monoksidi on ehtinyt muuntua merkittävämmässä määrin typpidioksidiksi vasta päästöjen kulkeuduttua kauemmas päästölähteestä.

5 TULOKSET

5.1 Pitoisuudet maanpintatasolla

Leviämislaskelmien tuloksena saadut Länsisataman laituripaikoilla normaalisti olevien matkustajalaivojen päästöjen maanpintatasoon aiheuttamat korkeimmat rikkidioksidi-, typpidioksidi- ja hiukkaspitoisuudet on koottu taulukkoon 4. Taulukossa on esitetty kotimaisiin ilmanlaadun ohjearvoihin verrannollisten tunnuslukujen lisäksi myös muita mallilaskelmin saatuja korkeimpia pitoisuusarvoja.

Taulukko 4. Tutkimusalueelle maanpintatasoon leviämislaskelmin saadut Länsisataman laituripaikoilla normaalisti olevien matkustajalaivojen päästöjen aiheuttamat korkeimmat rikkidioksidi-, typpidioksidi- ja hiukkaspitoisuuksien vuosi-, vuorokausi- ja tuntikeskiarvot.

Pitoisuus ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	SO ₂	NO ₂	PM
vuosikeskiarvo	0,6	0,3	0,1*
korkein vuorokausikeskiarvo	11,6	4,2	1,1
toiseksi korkein vuorokausikeskiarvo	7,5*	2,2*	0,8*
korkein tuntikeskiarvo	42,3	20,9	6,8
korkein tuntikeskiarvojen 99 %:n rajapitoisuus	24,8*	10,6*	3,0
korkein vuorokausikeskiarvojen 98 %:n rajapitoisuus	-	-	0,6*

*) korkeimmat terveysvaikutusperusteiseen ohjearvoon verrannolliset pitoisuudet

Laskelmissa huomioon otettujen päästöjen aiheuttamaksi tutkimusalueen (2×2 km) korkeimmaksi rikkidioksidipitoisuuden ohjearvoon verrannolliseksi vuorokausikeskiarvoksi saatiin $7,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (ohjearvo $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$) ja tuntikeskiarvoksi $24,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (ohjearvo $250 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Vastaavasti typpidioksidipitoisuuden korkein ohjearvoon verrannollinen vuorokausikeskiarvo oli $2,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (ohjearvo $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$) ja tuntikeskiarvo $10,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (ohjearvo $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Korkeimmaksi hengitettävien hiukkasten vuorokausiohjearvoon ($70 \mu\text{g}/\text{m}^3$) verrannolliseksi hiukkaspitoisuudeksi saatiin $0,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Hiukkasten kokonaisleijumalle annettuun vuorokausiohjearvoon ($120 \mu\text{g}/\text{m}^3$) verrannolliseksi pitoisuudeksi saatiin $0,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ja vuosikeskiarvoksi (ohjearvo $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$) $0,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Leviämislaskelmin maanpintatasoon määritetty matkustajalaivojen päästöjen aiheuttama laskennallisten rikkidioksidi-, typpidioksidi- ja hiukkaspitoisuuksien alueellinen vaihtelu käy ilmi liitekuvista 4–8. Kohonneita satamassa olevien laivojen päästöjen aiheuttamia rikkidioksidipitoisuuksia muodostui lähinnä satama-alueen eteläosassa olevien laituripaikkojen välittömään läheisyyteen (liite kuvat 4–5). Rikkidioksidipitoisuuden maksimit (tuntikeskiarvo $24,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$, vuorokausikeskiarvo $7,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$) saatiin noin 200–300 metriä laituripaikan LJ8 länsipuolelle. Suurimassa osassa Jätkäsaaren suunnittelualuetta rikkidioksidipitoisuuden tuntikeskiarvot olivat korkeintaan 5–15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ja vuorokausikeskiarvot korkeintaan 2–4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Suurimmat matkustajalaivojen päästöjen maanpintatasoon aiheuttamat typpidioksidipitoisuudet saatiin Hernesaaren alueelle ja sieltä itään (liite kuvat 6–8). Jätkäsaaren alu

eella ko. päästöistä aiheutuvat typpidioksidipitoisuuden tuntikeskiarvot olisivat korkeintaan 3–5 µg/m³ ja vuorokausikeskiarvot korkeintaan luokkaa 0,5–1,5 µg/m³.

Matkustajalaivojen päästöjen maanpintatasoon aiheuttaman hiukkaspitoisuuden suurimmat arvot muodostuivat laituripaikkojen lähituntumaan (liitekuva 8). Hiukkaspitoisuudet jäivät kuitenkin kauttaaltaan varsin pieniksi verrattuna esimerkiksi ohjearvoihin.

5.2 Pitoisuudet kattotasoilla

Länsisatamassa olevien matkustajalaivojen päästöistä Jätkäsaaren alueelle suunniteltujen eri korkuisten rakennusten kattotasoille aiheutuvien pitoisuuksien arvioimiseksi tehtiin leviämismallitarkasteluja kolmelle korkeustasolle. Leviämismallilla laskettiin pitoisuuksia +10, +16 ja +22 metrin korkeudella maanpinnasta oleville horisontaalisille tasolle 2 × 2 km alueelle. Kyseiset korkeustasot vastaavat likimain 3-, 5- ja 7-kerroksisten asuinrakennusten kattotasojen korkeutta.

Taulukko 5. Tutkimusalueelle kolmelle kattotasokorkeudelle leviämislaskelmin saadut Länsisataman laituripaikoilla normaalisti olevien matkustajalaivojen päästöjen aiheuttamat korkeimmat rikkidioksidi-, typpidioksidi- ja hiukkaspitoisuuksien vuosi-, vuorokausi- ja tuntikeskiarvot.

Pitoisuus (µg/m ³)	10m	16m	22m
Rikkidioksidi:			
vuosikeskiarvo	0,7	0,7	0,9
korkein vuorokausikeskiarvo	12,4	14,6	20,8
toiseksi korkein vuorokausikeskiarvo	7,7*	8,5*	14,5*
korkein tuntikeskiarvo	42,3	44,1	71,5
korkein tuntikeskiarvojen 99 %:n rajapitoisuus	25,8*	29,6*	51,6*
Typpidioksidi:			
vuosikeskiarvo	0,3	0,3	0,4
korkein vuorokausikeskiarvo	4,2	4,3	4,2
toiseksi korkein vuorokausikeskiarvo	2,3*	2,3*	3,3*
korkein tuntikeskiarvo	21,0	21,0	21,0
korkein tuntikeskiarvojen 99 %:n rajapitoisuus	10,6*	10,6*	11,0*
Hiukkaset:			
vuosikeskiarvo	0,1*	0,1*	0,2*
korkein vuorokausikeskiarvo	1,4	1,9	2,4
toiseksi korkein vuorokausikeskiarvo	0,7*	1,0*	1,7*
korkein tuntikeskiarvo	7,3	8,2	10,2
korkein tuntikeskiarvojen 99 %:n rajapitoisuus	4,2	5,1	5,4
korkein vuorokausikeskiarvojen 98 %:n rajapitoisuus	0,7*	0,8	1,2*

*) korkeimmat terveysvaikutusperusteiseen ohjearvoon verrannolliset pitoisuudet

Taulukkoon 5 on koottu kyseisille kolmelle kattotasolle saadut korkeimmat rikkidioksidi-, typpidioksidi- ja hiukkaspitoisuudet. Myös tässä taulukossa on esitetty kotimai

siin ilmanlaadun ohjearvoihin verrannollisten tunnuslukujen lisäksi myös muita mallilaskelmin saatuja korkeimpia pitoisuusarvoja.

Tarkastelluista kolmesta korkeustasosta suurimmat pitoisuudet muodostuivat ylimmälle +22 metrin tasolle. Tällä tasolla laskelmissa huomioon otettujen päästöjen aiheuttamaksi tutkimusalueen (2×2 km) korkeimmaksi rikkidioksidipitoisuuden ohjearvoon verrannolliseksi vuorokausikeskiarvoksi saatiin $14,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (ohjearvo $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$) ja tuntikeskiarvoksi $51,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (ohjearvo $250 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Vastaavasti typpidioksidipitoisuuden korkein ohjearvoon verrannollinen vuorokausikeskiarvo oli $3,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (ohjearvo $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$) ja tuntikeskiarvo $11,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (ohjearvo $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Korkeimmaksi hengitettävien hiukkasten vuorokausiohjearvoon ($70 \mu\text{g}/\text{m}^3$) verrannolliseksi hiukkaspitoisuudeksi saatiin $1,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Korkeimmaksi hiukkasten kokonaisleijumalle annettuun vuorokausiohjearvoon ($120 \mu\text{g}/\text{m}^3$) verrannolliseksi pitoisuudeksi saatiin $1,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ja vuosikeskiarvoksi (ohjearvo $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$) $0,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Rikkidioksidipitoisuuden alueellinen vaihtelu +10 metrin tasolla on esitetty liitekuvin 9–10, +16 metrin tasolla liitekuvin 11–12 ja +22 metrin tasolla liitekuvin 13–14. Kuvin esitetyistä aluejakaumista voi mm. todeta, että kohonneita pitoisuusarvoja muodostuu etenkin eteläisimpien laituripaikkojen (LJ6, LJ7, LJ8 ja LHC) lähituntumaan. Kyseisiä laituripaikkoja käyttäisivät suhteellisesti suurimmat rikkidioksidipäästöt aiheuttavat laivat: alus x, alus y, risteilijä c ja risteilijä d (vrt luku 4.1). Pitoisuusjakauksista voi todeta myös sen, että kauempana päästölähteistä, esimerkiksi Jätkäsaaren suunnittelualueen pohjois- ja luoteisosissa eri korkeustasoille saadut rikkidioksidipitoisuudet eroavat jokseenkin vähän toisistaan.

Liitekuvin 15–16 on esitetty typpidioksidin ohjearvomäärittelyjä vastaavien korkeimpien tunti- ja vuorokausikeskiarvojen alueellinen jakauma +22 metrin korkeudella ja liitekuvin 17 on esitetty ko. korkeustasolle saatu hengitettävien hiukkasten ohjearvomäärittelyä vastaava hiukkaspitoisuusjakauma.

5.3 Pitoisuudet julkisivuilla

Selvityksessä arvioitiin myös Länsisatamaan matkustajalaivaliikenteen päästöjen pitoisuusvaikutuksia laituripaikkojen tuntumaan suunniteltujen rakennusten julkisivuille. Näitä tarkasteluja tehtiin seitsemälle eri julkisivukohteelle. Taulukossa 6 on esitetty tiedot tarkastelluista rakennuskohteista ja liitekuvin 3 on nähtävissä ko. kohteiden sijainti.

Taulukkoon 7 on koottu leviämismallilaskelmin määritetyt Länsisataman laituripaikoilla olevien matkustajalaivojen päästöjen julkisivukohteisiin aiheuttamat korkeimmat tunti- ja vuorokausiohjearvoihin verrannolliset rikkidioksidi-, typpidioksidi- ja hiukkaspitoisuudet. Kyseiset pitoisuudet ovat suurimmat kunkin julkisivukohteen kattotason ja maanpintatason välille saaduista pitoisuuksista.

Taulukko 6. Jätkäsaareen rakennussuunnittelualueelta vertikaalitasotarkasteluihin valitut julkisivukohteet.

Julkisivukohde	Käyttötarkoitus	Kerroksia	Kattotaso (m)	Pituus (m)
A	Asuinrakennus	12	37	85
B	Asuinrakennus	7	22	42
C1	Asuinrakennus	7	22	89
C2	Asuinrakennus	7	22	94
D1	Toimisto/asuinrakennus	8	29	274
D2	Toimistorakennus	8	29	45
E	Toimistorakennus	7	25,5	222

Taulukko 7. Julkisivuille leviämislaskelmin saadut Länsisataman laituripaikoilla normaalisti olevien matkustajalaivojen päästöjen aiheuttamat korkeimmat tunti- ja vuorokausiohjearvoihin verrannolliset rikkidioksidi-, typpidioksidi- ja hiukkaspitoisuudet.

Pitoisuus (µg/m³)	Julkisivukohde						
	A	B	C1	C2	D1	D2	E
Rikkidioksidi :							
toiseksi korkein vuorokausikeskiarvo	6,1	2,8	3,7	3,6	16,8	16,8	9,3
korkein tuntikeskiarvojen 99 %:n rajapitoisuus	21,9	11,1	10,1	9,6	48,0	48,0	34,8
Typpidioksidi :							
toiseksi korkein vuorokausikeskiarvo	1,4	1,1	1,4	1,4	2,5	2,5	2,7
korkein tuntikeskiarvojen 99 %:n rajapitoisuus	4,2	4,1	3,8	4,8	8,1	7,9	9,7
Hiukkaset:							
toiseksi korkein vuorokausikeskiarvo	0,5	0,4	0,5	0,5	1,2	1,2	1,9
korkein vuorokausikeskiarvojen 98 %:n rajapitoisuus	0,5	0,3	0,4	0,4	0,9	0,9	1,2

Suurimmat rikkidioksidipitoisuudet muodostuivat julkisivuille D1 ja D2. Niillä korkeimmaksi ohjearvoon verrannolliseksi vuorokausikeskiarvoksi saatiin $16,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (ohjearvo $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$) ja tuntikeskiarvoksi $48,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (ohjearvo $250 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Liitekuvis-
sa 18-25 on esitetty korkeimpien rikkidioksidin tunti- ja vuorokausiohjearvoon verrannollisen pitoisuuksien alueelliset jakaumat julkisivutasolla A, D1, D2 ja E. Liitekuvis-
sa on esitetty pitoisuusjakaumat tulostusalueille, joka vertikaalisuunnassa ulottuivat julkisivukohteiden kattotasa korkeammalle. Pitoisuusjakaumakuviin on merkitty itse julkisivulle muodostuvan maksimin lisäksi myös koko tulostustason maksimin arvo ja sijainti, mikäli se eroaa julkisivulle saadusta maksimista.

Pitoisuusjakaumista voidaan mm. todeta, että lähes poikkeuksetta pitoisuudet kasvavat korkeuden kasvaessa. Niinpä julkisivujen maksimit muodostuivat useimmiten kattotason korkeudelle ja koko tulostustason maksimit tulostustason yläreunaan. Julkisivun D1 maksimiarvot saatiin ko. julkisivun etelälounaispäähän kattotason (29 m) korkeudelle (kts. liitekuvat 20 ja 21). Julkisivun D2 maksimiarvot saatiin samalle korkeudelle ko. julkisivun itäkaakkoispäähän (kts. liitekuvat 22 ja 23). Kyseiset julkisivut ovat saman rakennuksen toisiinsa nähden lähes kohtisuorassa olevia seinustoja (vrt liitekuva 3). Pitoisuusmaksimit muodostuivat rakennuksen kaakkoiskulmaukseen pisteeseen, joka oli mukana kummankin julkisivutason tulostuspisteiköissä.

Vertikaalitasotarkastelujen suurimmat typpidioksidipitoisuudet saatiin julkisivulle E, jossa typpidioksidipitoisuuden korkein ohjearvoon verrannollinen vuorokausikeskiarvo oli $2,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (ohjearvo $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$) ja tuntikeskiarvo $9,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (ohjearvo $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Julkisivuille D1 ja D2 saadut suurimmat typpidioksidipitoisuudet olivat miltei yhtä suuria kuin julkisivulle E saatiin. Muilla julkisivuilla pitoisuudet jäivät pienemmiksi. Liitekuviissa 26 ja 27 nähdään julkisivulle E saadut typpidioksidipitoisuuden alueelliset jakaumat. Kuvista voidaan todeta, että myös typpidioksidipitoisuudet kasvavat selvästi ylöspäin mentäessä ja maksimit muodostuvat tarkastelutasojen yläreunaan.

Suurimmat hiukkaspitoisuudet saatiin julkisivulle E. Tällä julkisivulla korkeimmaksi hengitettävien hiukkasten vuorokausiohjearvoon ($70 \mu\text{g}/\text{m}^3$) verrannolliseksi hiukkaspitoisuudeksi saatiin $1,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ja korkeimmaksi hiukkasten kokonaisleijumalle annettuun vuorokausiohjearvoon ($120 \mu\text{g}/\text{m}^3$) verrannolliseksi pitoisuudeksi saatiin $1,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Liitekuvasa 28 on esitetty hengitettävien hiukkasten vuorokausiohjearvoon verrannollisen hiukkaspitoisuuden alueellinen jakauma julkisivulla E.

5.4 Pitoisuudet pitkällä tarkastelujaksolla

Selvityksessä pyrittiin arvioimaan myös sitä, miten suuriksi pitoisuudet voisivat korkeimmillaan muodostua kolmea vuotta pitemmällä tarkastelujaksolla. Tällöin mielenkiintoisia ovat etenkin ne tilanteet, jolloin päästöt ovat suurimmat eli tilanteet, jolloin molemmat risteilijäpaikat ovat täytettyinä. Sataman normaalitoiminnan kuvaukseen nähden suurempi otos näitä tilanteita saatiin mukaan tarkasteluihin olettamalla, että molemmat risteilijäpaikat olisivatkin täytettyinä jokaisena risteilykauden (16.5.–15.9.) päivänä, mutta muuten matkustajalaivaliikenteestä aiheutuvat päästöt olisivat samat kuin normaalitilanteessa. Tällaista sataman toimintaa edustavia päästöjä kutsutaan tässä raportissa maksimipäästöiksi. Maksimipäästöillä tehtiin vastaavat leviämismallilaskelmat kuin sataman normaalia toimintaa kuvanneilla päästöillä.

Taulukkoon 8 on koottu leviämislaskelmien tuloksena saadut tarkastelluista maksimipäästöistä aiheutuvat tutkimusalueen suurimmat vuorokausi- ja tuntiohjearvoihin verrannolliset rikkidioksidi-, typpidioksidi- ja hiukkaspitoisuudet maanpintatasolla ja kolmella horisontaalitasolla, jotka vastaavat likimain 3-, 5- ja 7-kerroksisten asuinrakennusten kattotasojen korkeutta.

Tarkastelluilla korkeustasoilla suurimmat pitoisuudet muodostuivat ylimmälle +22 metrin tasolle. Tällä tasolla laskelmissa käytettyjen maksimipäästöjen aiheuttamaksi tutkimusalueen ($2 \text{ km} \times 2 \text{ km}$) korkeimmaksi rikkidioksidipitoisuuden ohjearvoon ver-

rannolliseksi vuorokausikeskiarvoksi saatiin 17,8 µg/m³ (ohjearvo 80 µg/m³) ja tuntikeskiarvoksi 53,6 µg/m³ (ohjearvo 250 µg/m³). Vastaavalle tasolle saatu typpidioksidipitoisuuden korkein ohjearvoon verrannollinen vuorokausikeskiarvo oli 3,5 µg/m³ (ohjearvo 70 µg/m³) ja tuntikeskiarvo 11,4 µg/m³ (ohjearvo 150 µg/m³). Korkeimmaksi hengitettävien hiukkasten vuorokausiohjearvoon (70 µg/m³) verrannolliseksi hiukkaspitoisuudeksi saatiin 1,7 µg/m³. Korkeimmaksi hiukkasten kokonaisleijumalle annettu vuorokausiohjearvoon (120 µg/m³) verrannolliseksi pitoisuudeksi saatiin 1,2 µg/m³.

Taulukko 8. Tutkimusalueelle neljälle eri korkeustasolle leviämislaskelmin saadut Länsisataman maksimipäästöjen aiheuttamat korkeimmat tunti- ja vuorokausiohjearvoihin verrannolliset rikkidioksidi-, typpidioksidi- ja hiukkaspitoisuudet.

Pitoisuus (µg/m ³)	Korkeustaso			
	Maanpinta	+10 m	+16 m	+ 22 m
Rikkidioksidi :				
toiseksi korkein vuorokausikeskiarvo	10,1	11,0	13,1	17,8
korkein tuntikeskiarvojen 99 %:n rajapitoisuus	27,9	30,1	36,3	53,6
Typpidioksidi :				
toiseksi korkein vuorokausikeskiarvo	3,0	3,0	3,0	3,5
korkein tuntikeskiarvojen 99 %:n rajapitoisuus	10,6	10,6	10,6	11,4
Hiukkaset:				
toiseksi korkein vuorokausikeskiarvo	0,8	0,9	1,1	1,7
korkein vuorokausikeskiarvojen 98 %:n rajapitoisuus	0,7	0,7	0,8	1,2

Maksimipäästövaihtoehdolla saadut korkeimmat pitoisuusarvot ovat useimmiten vain hieman suurempia kuin vastaaville korkeustasoille normaalitoiminnan päästöillä saadut vastaavat korkeimmat pitoisuusarvot (vrt taulukkoa 10 taulukoihin 4 ja 5). Etenkin typpidioksidin ja hiukkasten osalta näillä kahdella päästövaihtoehdolla saatujen korkeimpien pitoisuuksien erot ovat jokseenkin vähäiset. Rikkidioksidin osalta pitoisuus-erot olivat hieman suuremmat, koska näiden kahden päästövaihtoehdon rikkidioksidipäästöt erosivat selvimmin toisistaan kuin typenoksidin- tai hiukkaspäästöt (risteilijöiden oletettiin käyttävän rikkipitoisempaa polttoainetta kuin muut laivat). Maanpintatason korkeimmaksi ohjearvoon verrannolliseksi rikkidioksidipitoisuuden vuorokausikeskiarvoksi saatiin normaalipäästöillä 7,7 µg/m³ ja maksimipäästöillä 10,1 µg/m³. Maanpintatason korkeimmaksi ohjearvoon verrannolliseksi tuntikeskiarvoksi saatiin normaalipäästöillä 24,8 µg/m³ ja maksimipäästöillä 27,9 µg/m³. Tulos kuvastaa sitä, että pitkällä tarkastelujaksolla pitoisuuksien lyhytaikaiskeskiarvot voivat muodostua hieman korkeammiksi kuin mitä normaalitoiminnan päästöillä saataisiin.

Maksimipäästöillä maanpintatasoon ja +22 metrin tasoon saadut rikkidioksidipitoisuuden korkeimpien tunti- ja vuorokausikeskiarvojen alueelliset jakaumat on esitetty liitekuvin 29–32. Kyseiset pitoisuusjakaumat muistuttavat muodoltaan varsin paljon

normaalipäästöillä saatuja pitoisuusjakaumia (vrt esim liitekuvia 4 ja 29 tai 5 ja 30 keskenään).

Taulukkoon 9 on koottu leviämismallilla saadut poikkeustilanteen päästöistä julkisivuille aiheutuvat suurimmat vuorokausi- ja tuntiohjearvoihin verrannolliset rikkidioksidi-, typpidioksidi- ja hiukkaspitoisuudet.

Taulukko 9. Julkisivukohteille leviämismallilla lasketut Länsisataman maksimipäästöistä aiheuttavat korkeimmat tunti- ja vuorokausiohjearvoihin verrannolliset rikkidioksidi-, typpidioksidi- ja hiukkaspitoisuudet.

Pitoisuus ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Julkisivukohde						
	A	B	C1	C2	D1	D2	E
Rikkidioksidi :							
toiseksi korkein vuorokausikeskiarvo	6,6	3,9	4,4	4,1	18,5	18,5	11,4
korkein tuntikeskiarvojen 99 %:n rajapitoisuus	23,9	11,7	11,8	11,8	72,0	72,0	36,2
Typpidioksidi :							
toiseksi korkein vuorokausikeskiarvo	1,5	1,4	1,7	1,8	2,9	2,9	2,7
korkein tuntikeskiarvojen 99 %:n rajapitoisuus	4,4	4,5	5,3	5,4	11,1	11,1	9,7
Hiukkaset:							
toiseksi korkein vuorokausikeskiarvo	0,6	0,5	0,6	0,7	1,3	1,3	1,9
korkein vuorokausikeskiarvojen 98 %:n rajapitoisuus	0,5	0,4	0,4	0,4	1,1	1,1	1,2

Suurimmat pitoisuudet saatiin julkisivuille D1, D2 ja E. Julkisivuille D1 ja D2 muodostuvaksi korkeimmaksi rikkidioksidipitoisuuden ohjearvoon verrannolliseksi vuorokausikeskiarvoksi saatiin $18,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (ohjearvo $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$) ja tuntikeskiarvoksi $72,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (ohjearvo $250 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Korkeimmat typpidioksidipitoisuudet saatiin niin ikään julkisivuille D1 ja D2 siten, että korkein typpidioksidipitoisuuden ohjearvoon verrannollinen vuorokausikeskiarvo oli $2,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (ohjearvo $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$) ja tuntiarvo $11,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (ohjearvo $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Suurimmat hiukkaspitoisuudet saatiin julkisivulle E. Korkeimmaksi hengitettävien hiukkasten vuorokausiohjearvoon ($70 \mu\text{g}/\text{m}^3$) verrannolliseksi hiukkaspitoisuudeksi saatiin $1,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ja hiukkasten kokonaisleijumalle annettuun vuorokausiohjearvoon ($120 \mu\text{g}/\text{m}^3$) verrannolliseksi pitoisuudeksi saatiin $1,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Kuten horisontaalitasoilla myös vertikaalisille julkisivutasoille maksimipäästöväihtoehdolla saadut korkeimmat pitoisuusarvot olivat useimmiten vain hieman suurempia kuin vastaaviin kohteisiin normaalitoiminnan päästöillä saadut korkeimmat pitoisuusarvot. Selvimmin erosivat rikkidioksidipitoisuudet. Esimerkiksi julkisivujen D1 ja D2 korkeimmaksi ohjearvoon verrannolliseksi rikkidioksidipitoisuuden tuntikeskiarvoksi saatiin normaalipäästöillä $48 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ja maksimipäästöillä $72 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Rikkidioksidipitoi-

suuden alueellista vaihtelua julkisivulle D2 esittävistä liitekuvista nähdään, että sekä normaali- että maksimipäästöillä suurimmat rikkidioksidipitoisuuden tunti- ja vuorokausikeskiarvot muodostuivat samaan pisteeseen julkisivun D2 itäkaakkoispään yläkulmaan (vrt kuvia 22 ja 23 sekä 33 ja 34 keskenään). Kuten aiemmin jo todettiin, kyseinen piste on rakennuksen D kulmapiste, joka on mukana myös julkisivulle D1 tehdyissä tarkasteluissa (luku 5.3). Kuviissa 35–37 on esitetty julkisivuille A, D1 ja E maksimipäästöillä leviämismallilaskelmin saadut ohjearvoon verrannollisten korkeimpien rikkidioksidipitoisuuden vuorokausikeskiarvojen alueelliset jakaumat.

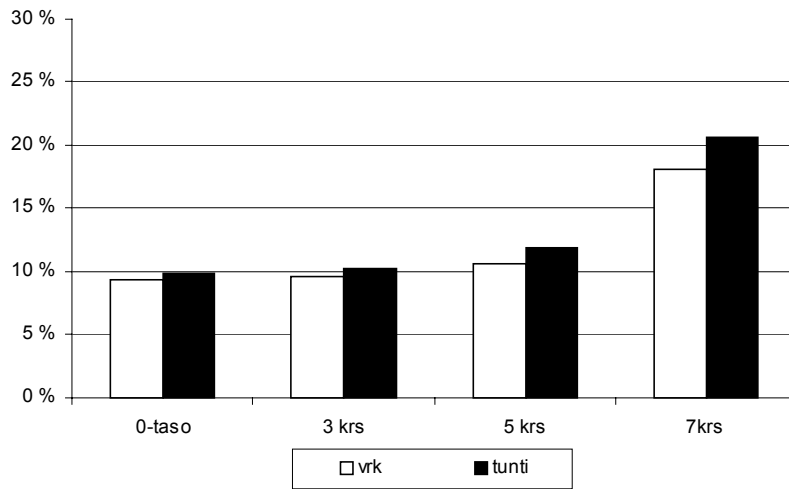
6 TULOSTEN ARVIOINTI

6.1 Vertailu ohjearvoihin

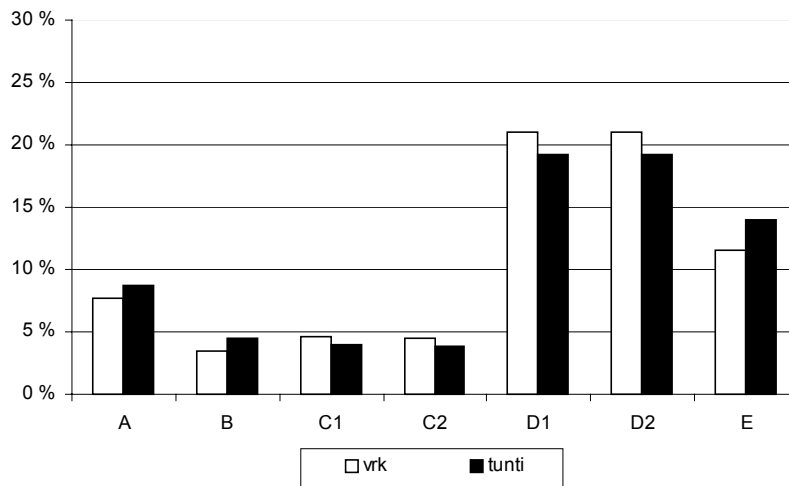
Kuviissa A–L on esitetty molemmilla tarkasteluissa käytetyillä päästövaihtoehtoilla leviämismallilaskelmin horisontaalitasoille ja julkisivukohteisiin saatujen suurimpien ohjearvoihin verrannollisten rikkidioksidi-, typpidioksidi- ja hiukkaspitoisuuksien suhde ohjearvoihin. Tarkasteltuja päästövaihtoehtoja nimitetään normaalipäästöiksi ja maksimipäästöiksi. Kummallakin päästövaihtoehdolla Jätkäsaaren suunnittelualueelle maanpintatasoon, kattotasojen vastaaville korkeuksille horisontaalitasoon ja tarkastelluille julkisivuille vertikaalitasoon saadut rikkidioksidi-, typpidioksidi- ja hiukkaspitoisuudet alittavat vuorokausi- ja tuntiohjearvot mallilaskelmien tulosten mukaan kaikilla tutkimusalueella.

Maanpintatasoon normaalipäästöistä aiheutuva tutkimusalueen korkein vuorokausikeskiarvo oli n. 9 % ja tuntikeskiarvo n. 10 % vastaavista ohjearvoista (kuva A). Ylimmälle tarkastellulle kattotasolle (+22 metriä maanpintatasosta, mikä vastaa likimain 7-kerroksisen asuintalon kattokorkeutta) normaalitoiminnan päästöillä saatu korkein rikkidioksidipitoisuuden vuorokausikeskiarvo oli n. 18 % ja tuntikeskiarvo n. 21 % vastaavista ohjearvoista. Maksimipäästöillä kyseiselle korkeustasolle saadut korkeimmat rikkidioksidipitoisuudet olivat n. 22 % vastaavista vuorokausi- ja tuntiohjearvoista. Suurimmat rikkidioksidipitoisuudet muodostuivat sataman eteläosaan. Suuressa osassa Jätkäsaaren suunnittelualueella rikkidioksidipitoisuudet jäisivät kaikilla tarkastelluilla korkeustasoilla korkeimmillaankin alle 5 % ohjearvoista.

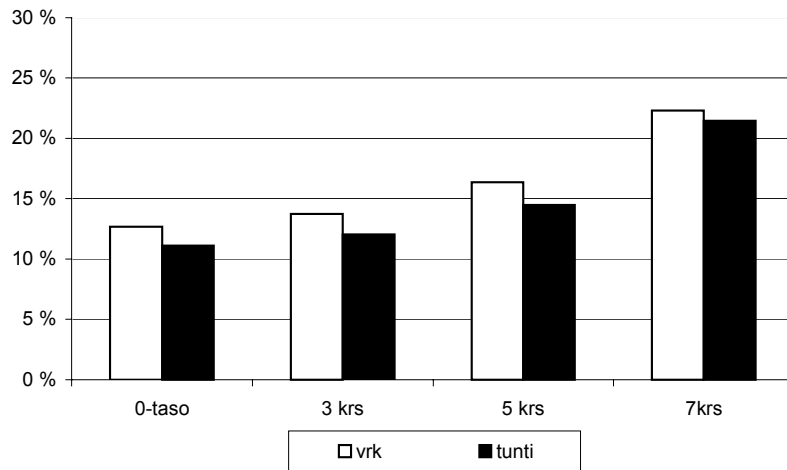
Vertikaalitasotarkastelujen mukaan suurimmat rikkidioksidipitoisuudet muodostuivat julkisivukohteisiin D1 ja D2. Normaalitoiminnan päästöillä ko. kohteisiin saatu rikkidioksidipitoisuuden korkein vuorokausikeskiarvo oli n. 21 % ja tuntikeskiarvo n. 18 % vastaavista ohjearvoista (kuva B). Maksimipäästöillä ko. julkisivuille saatu korkein rikkidioksidipitoisuuden vuorokausikeskiarvo oli n. 23 % ja tuntikeskiarvo n. 28 % vastaavista ohjearvoista. Kyseiset suurimmat pitoisuusarvot muodostuivat molemmilla päästövaihtoehtoilla samaan pisteeseen, joka sijaitsi rakennuksen kulmauksessa kattotason (+29 m) korkeudella. Tarkastellut julkisivut D1 ja D2 olivat ko. rakennuksen toisiinsa nähden kohtisuorassa olevia seinustoja. Muille julkisivuille saadut rikkidioksidipitoisuudet olivat korkeimmillaankin alle 15 % ohjearvoista.



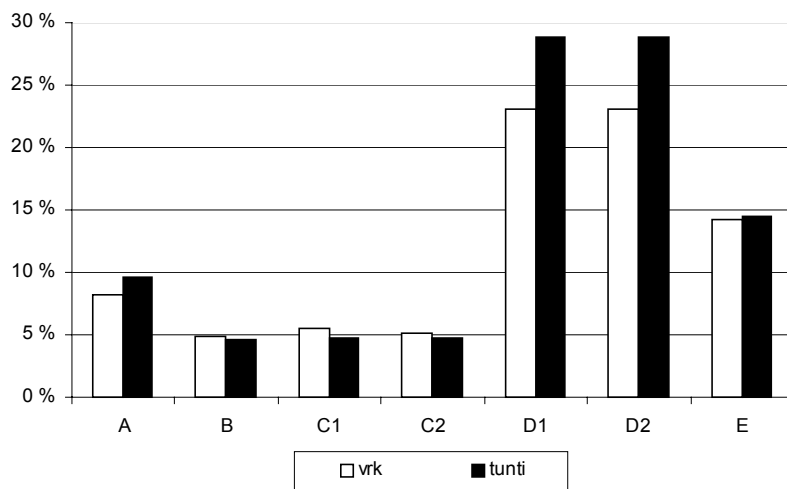
Kuva A. Länsisataman normaalipäästöillä leviämismallilaskelmin eri korkeustasoille saatujen rikki-dioksidipitoisuuden suurimpien vuorokausi- ja tuntikeskiarvojen suhde ohjearvoihin.



Kuva B. Länsisataman normaalipäästöillä leviämismallilaskelmin julkisivukohteisiin saatujen rikki-dioksidipitoisuuden suurimpien vuorokausi- ja tuntikeskiarvojen suhde ohjearvoihin.



Kuva C. Länsisataman maksimipäästöillä leviämismallilaskelmin eri korkeustasoille saatujen rikki-dioksidipitoisuuden suurimpien vuorokausi- ja tuntikeskiarvojen suhde ohjearvoihin.

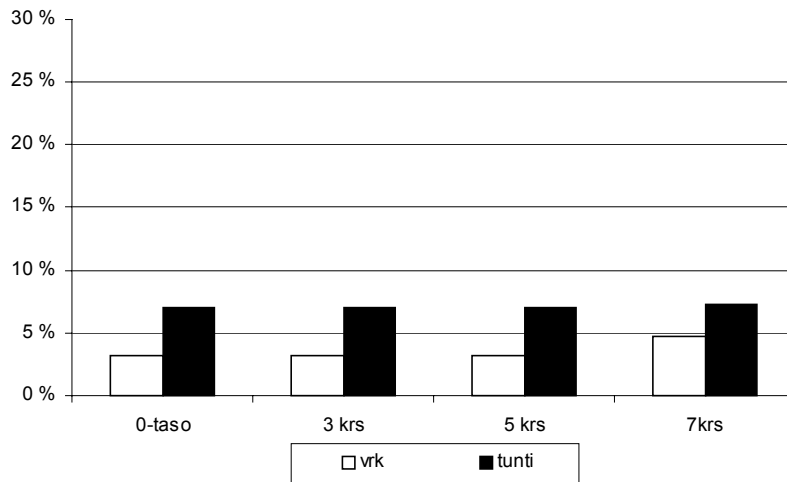


Kuva D. Länsisataman maksimipäästöillä leviämismallilaskelmin julkisivukohteisiin saatujen rikki-dioksidipitoisuuden suurimpien vuorokausi- ja tuntikeskiarvojen suhde ohjearvoihin.

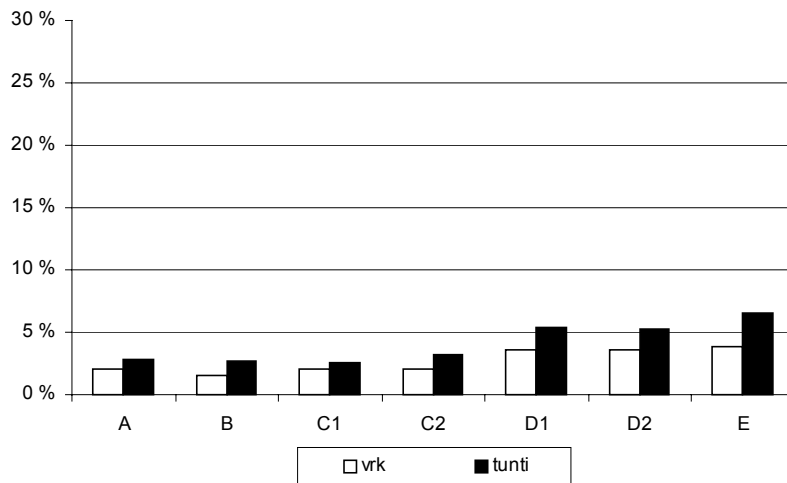
Suurin normaalipäästöillä maanpintatasoon saatu typpidioksidipitoisuuden tuntikeskiarvo oli noin 7 % ja vuorokausikeskiarvo noin 3 % ohjearvoista (kuva E). Korkeimmalle tarkastellulle kattotasoiille (+22 m) saadut typpidioksidipitoisuudet olivat vastavasti noin 7,5 % ja 4,5 % ohjearvosta. Suurin julkisivuille normaalitoiminnan päästöillä saatu tuntikeskiarvo oli noin 6 % ja vuorokausikeskiarvo noin 4 % ohjearvosta (kuva F). Nämä pitoisuudet saatiin julkisivulle E.

Maksimipäästöillä saadut korkeimmat typpidioksidipitoisuudet olivat vain hieman suurempia normaalipäästöillä saatuihin korkeimpiin arvoihin verrattuna (kuvat H ja I).

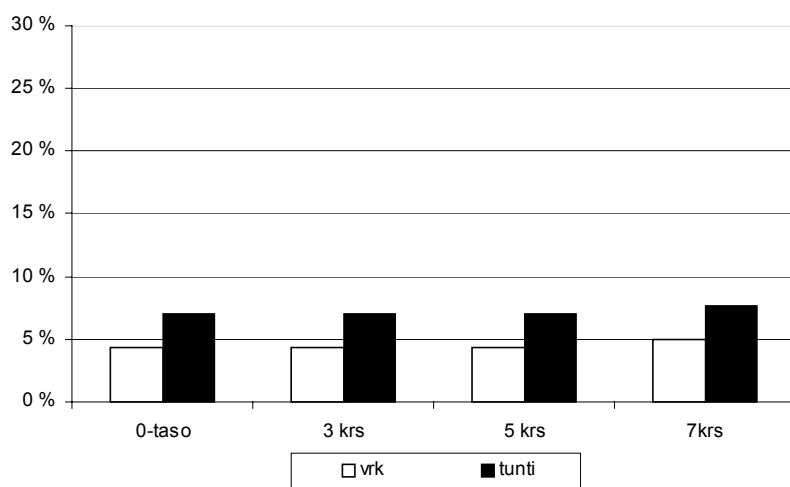
Selvin ero syntyi julkisivuille D1 ja D2 saatuihin typpidioksidipitoisuuden korkeimpiin tuntikeskiarvoihin, jotka maksimipäästöillä olivat noin 7 %, normaalipäästöillä noin 5 % ohjearvosta.



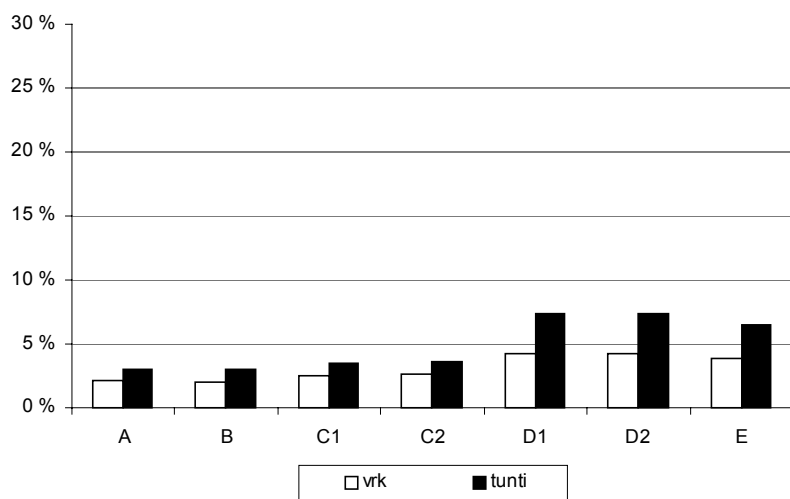
Kuva E. Länsisataman normaalipäästöillä leviämismallilaskelmin eri korkeustasoille saatujen typpidioksidipitoisuuden suurimpien vuorokausi- ja tuntikeskiarvojen suhde ohjearvoihin.



Kuva F. Länsisataman normaalipäästöillä leviämismallilaskelmin julkisivukohteisiin saatujen typpidioksidipitoisuuden suurimpien vuorokausi- ja tuntikeskiarvojen suhde ohjearvoihin

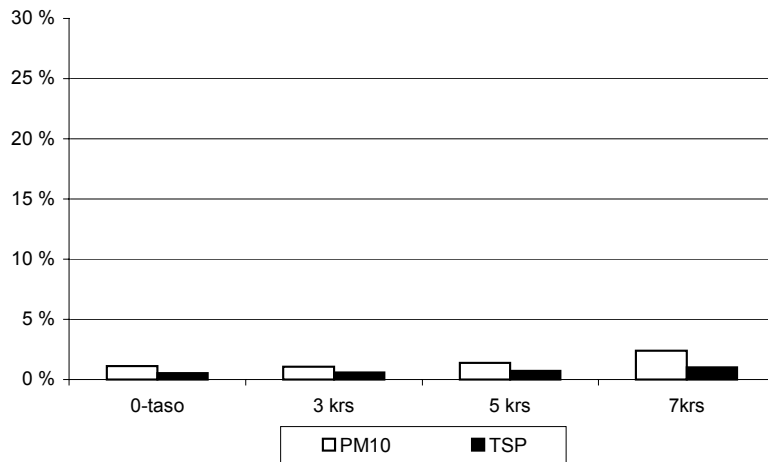


Kuva G. Länssataman maksimipäästöillä leviämismallilaskelmin eri korkeustasoille saatujen typpi-dioksidipitoisuuden suurimpien vuorokausi- ja tuntikeskiarvojen suhde ohjearvoihin.

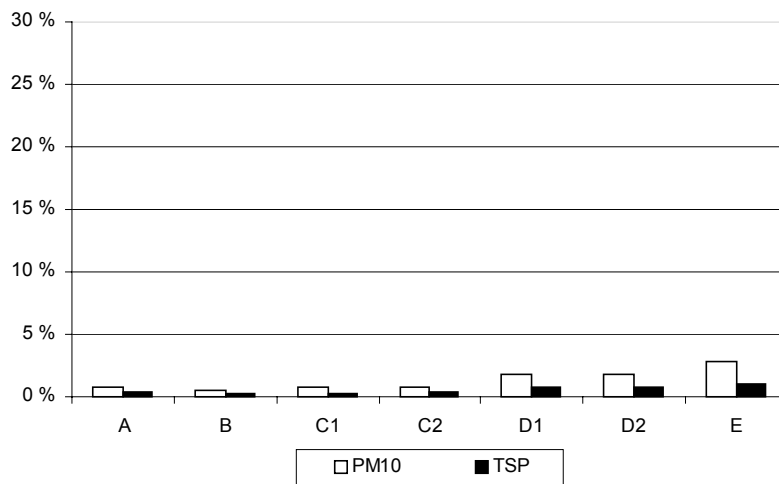


Kuva H. Länssataman maksimipäästöillä leviämismallilaskelmin julkisivukohteisiin saatujen typpi-dioksidipitoisuuden suurimpien vuorokausi- ja tuntikeskiarvojen suhde ohjearvoihin.

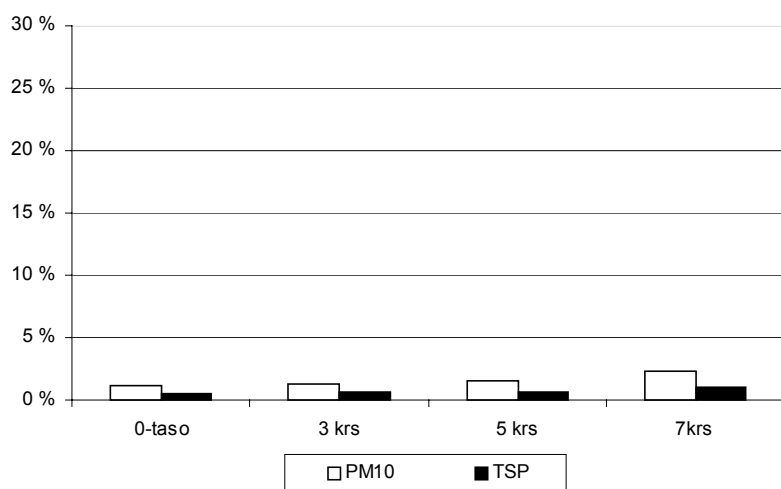
Hiukkaspitoisuudet jäivät kaikilla tarkastelutasoilla varsin pieniksi. Korkeimmillaankin hiukkaspitoisuudet olivat vajaat 3 % hengitettävien hiukkasten (PM₁₀) ja noin 1 % konaisleijuman (TSP) vuorokausiohjearvosta (kuvat J, K, L ja M)



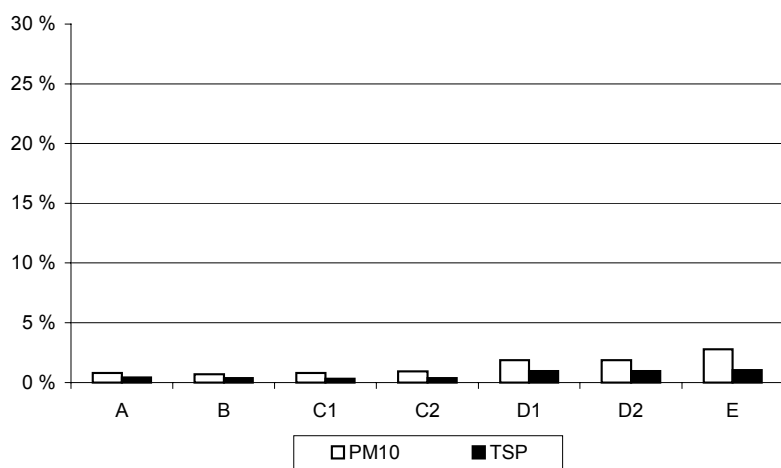
Kuva I. Länsisataman normaalipäästöillä leviämismallilaskelmin eri korkeustasoille saatujen hiukkaspitoisuuden suurimpien vuorokausikeskiarvojen suhde ohjearvoihin.



Kuva J. Länsisataman normaalipäästöillä leviämismallilaskelmin julkisivukohteisiin saatujen hiukkaspitoisuuden suurimpien vuorokausikeskiarvojen suhde ohjearvoihin.



Kuva K. Länsisataman maksimipäästöillä leviämismallilaskelmin eri korkeustasoille saatujen hiukkas-
pitoisuuden suurimpien vuorokausikeskiarvojen suhde ohjearvoihin.



Kuva L. Länsisataman maksimipäästöillä leviämismallilaskelmin julkisivukohteisiin saatujen hiukkas-
pitoisuuden suurimpien vuorokausikeskiarvojen suhde ohjearvoihin.

6.2 Vertailu muiden tutkimusten tuloksiin

Tässä selvityksessä arvioitiin Länsisatamaa käyttävien matkustajalaivojen satamassa-oloaikana syntyvistä päästöistä lähialueelle aiheutuvia rikkidioksidi- typenoksidi- ja hiukkaspitoisuuksia. Alueen pitoisuuksiin vaikuttavat myös muut tutkimusalueella syntyvät ja tutkimusalueen ulkopuolelta sinne kulkeutuneet päästöt. Ilmatieteen laitoksella äskettäin valmistuneessa laajemmassa tutkimuksessa arvioitiin koko pääkaupunkiseudun energiatuotannon ja satamatoiminnan rikkidioksidi- typenoksidi- ja hiukkaspäästöistä aiheutuvia pitoisuuksia ja arvioitiin myös niiden merkitystä kokonaispitoisuuksien kannalta eripuolilla pääkaupunkiseutua (*RASILA et al., 2002*). Satamatoiminnan päästöinä ko. tutkimuksessa huomioitiin Helsingin Eteläsataman, Länsisataman ja Sörnäisten sataman laivaliikenteen satama- ja väyläpäästöt sekä satama-alueiden työ-koneiden ja autoliikenteen päästöt vuonna 2000.

Em. tutkimuksessa todettiin satamatoiminnan päästöjen kohottavat etenkin rikkidioksidi-pitoisuuksia lähinnä satama-alueilla ja niiden lähistöllä. Pääkaupunkiseudun satamatoiminnan päästöjen maanpintatasoon aiheuttamat tutkimusalueen korkeimmat rikkidioksidi-pitoisuudet olivat noin 50 % ohjearvoista. Korkeimmat typpidioksidi-pitoisuudet olivat alle 20 % vuorokausiohjearvosta ja alle 30 % tuntiohjearvosta. Satamatoiminnan päästöjen aiheuttamat korkeimmat hiukkaspitoisuudet olivat alle 4 % ohjearvoista. Tässä selvityksessä tarkastelluista Länsisataman matkustajalaivojen päästöistä maanpintatasoon aiheutuviksi korkeimmiksi rikkidioksidi-pitoisuuksiksi saatiin noin 10 % ohjearvoista. Korkeimmat maanpintatasoon saadut typpidioksidi-pitoisuudet olivat noin 4 % vuorokausiohjearvosta ja noin 7 % tuntiohjearvosta. Maanpintatasoon tässä selvityksessä saadut hiukkaspitoisuudet olivat korkeintaan 1 % ohjearvoista. Maanpintatasoon yläpuolelle muodostuvia pitoisuuksia koko pääkaupunkiseudun kattavassa selvityksessä ei ole arvioitu.

Huomattavaa vaikutusta kokonaispitoisuuksiin satamatoiminnan päästöillä voi olla lähinnä satama-alueilla ja niiden välittömässä lähiympäristössä. Koko pääkaupunkiseudun kattaneessa tutkimuksessa tehtyjen vertailujen mukaan satamatoiminnan päästöt vastaisivatkin valtaosasta satamien lähialueiden rikkidioksidi-pitoisuuksista. Valtaosassa pääkaupunkiseutua satamatoiminnan päästöt vastaisivat alle 10 % kokonaisrikkidioksidi-pitoisuuksista. Toisaalta pääkaupunkiseudun rikkidioksidi-pitoisuudet ovat kuitenkin suhteellisen pieniä esim. verrattuna ilmanlaadun ohjearvoihin ja raja-arvoihin. Satamien lähellä satamatoiminnan päästöt voivat vastata em. tutkimuksen tulosten mukaan lähes 13 % typpidioksidi-pitoisuuksista, mutta yleisesti pääkaupunkiseudulla satamatoiminnan päästöjen osuus kokonaistyppidioksidi-pitoisuuksista on vain muutaman prosentin. Pääkaupunkiseudun kokonaishiukkaspitoisuuksiin satamatoiminnan päästöillä on hyvin vähäinen vaikutus. Lähinnä autoliikenteen vaikutuksesta sekä typpidioksidi- että hiukkaspitoisuudet voivat aika ajoin ylittää pääkaupunkiseudulla esim. ilmanlaadun ohjearvot.

7 JOHTOPÄÄTÖKSET

Tutkimuksen tavoitteena oli arvioida ilman epäpuhtauksien leviämistä jäljittelevällä leviämismallilla Länsisatamaan jäävän matkustajalaivaliikenteen aiheuttamien päästöjen ilmanlaatuvaikutuksia Jätkäsaaren maankäytön suunnitellun kannalta. Tarkastelujen kohteena olivat matkustajalaivojen laiturissaolonaikaiset rikkidioksidi-, typenoksidi- ja hiukkaspäästöt. Päästöjen mallinnus perustui Helsingin Sataman tekemään arvioon Länsisatamaa tulevassa tilanteessa käyttävästä matkustajalaivoista ja niiden ominaisuuksista. Leviämismallilaskelmin määritettiin kyseisten laivojen päästöistä suunnittelualueelle maanpintatasolle ja kolmelle eri kattotasolle muodostuvien epäpuhtauspitoisuuksien alueelliset jakaumat. Lisäksi määritettiin laituripaikkojen lähituntumaan kaavailtujen rakennuskohteiden julkisivuille muodostuvia epäpuhtauspitoisuuksia. Näitä vertikaalitasotarkasteluja tehtiin seitsemälle julkisivulle.

Saatujen tulosten mukaan satamassa olevien matkustajalaivojen päästöistä Jätkäsaaren suunnittelualueelle aiheutuvat rikkidioksidi-, typpidioksidi- ja hiukkaspitoisuudet jäävät kaikilla tarkastelluilla horisontaali- ja vertikaalitasoilla selvästi alle voimassaolevien ohjearvojen. Muodostuvien pitoisuuksien kannalta merkityksellisimpiä näyttäisivät olevan laivojen rikkidioksidipäästöt. Niistä aiheutuvat rikkidioksidipitoisuudet olisivat tarkasteluissa julkisivukohteissa pahimmillaan vajaat 30 %, seitsemänkerroksisen asuintalon kattokorkeutta vastaavalle horisontaalitasolle vajaat 25 % ja maanpintatasolla alle 15 % rikkidioksidin ohjearvoista. Suurimmat pitoisuudet saatiin sataman eteläosassa sijaitsevien mm. risteilijöiden käyttämien laitureiden lähituntumaan. Suuressa osassa Jätkäsaaren suunnittelualuetta laivojen päästöistä aiheutuvat rikkidioksidi-pitoisuudet olisivat korkeimmillaankin selvästi edellä mainittua pienempiä.

Satamassa olevien matkustajalaivojen päästöistä Jätkäsaaren alueelle aiheutuvat typpidioksidi- ja hiukkaspitoisuudet jäävät mallilaskelmien tulosten mukaan rikkidioksidipitoisuuksia vähäisemmiksi. Laivojen typenoksidipäästöistä aiheutuvat typpidioksidipitoisuudet jäisivät tutkimusalueella kaikilla tarkastelluilla horisontaali- ja vertikaalitasoilla korkeimmillaankin selvästi alle 10 % ohjearvoista. Laivojen päästöistä aiheutuvat hiukkaspitoisuudet jäisivät kaikilla tarkastelutasoilla korkeimmillaankin alle 3 % ohjearvoista.

Tässä selvityksessä tarkasteltujen Länsisataman laivaliikenteen päästöistä Jätkäsaaren suunnittelualueelle aiheutuvat pitoisuusvaikutukset jäisivät kaikilla tarkastelutasoilla selvästi alle voimassaolevien ohje- ja raja-arvojen. Eniten sataman päästöt kohottaisivat alueen rikkidioksidipitoisuuksia. Tätä selvitystä laajemmissa pääkaupunkiseudulle tehdyissä tutkimuksissa on todettu, että satamatoiminnan päästöt vastaisivat valtaosasta satamien lähialueiden rikkidioksidipitoisuuksista. Toisaalta pääkaupunkiseudun kokonaisrikkidioksidipitoisuudet ovat kuitenkin suhteellisen pieniä esim. verrattuna ilmanlaadun ohjearvoihin ja raja-arvoihin. Sen sijaan lähinnä autoliikenteen vaikutuksesta sekä typpidioksidi- että hiukkaspitoisuudet voivat aika ajoin ylittää pääkaupunkiseudulla esim. ilmanlaadun ohjearvot. Typpidioksidi- ja hiukkaspitoisuuksiin Länsisataman matkustajalaivojen päästöillä on jokseenkin pieni vaikutus.

VIITELUETTELO

- BRIGGS, G.A., 1975. Plume rise predictions. In HAUGEN, D.A. (ed.), *Lectures on air pollution and environmental impact analysis*. American Meteorological Society, p. 59 - 111.
- BRIGGS, G.A., 1984. Plume rise and buoyancy effects. In: SANDERSON, D. (ed.), *Atmospheric Science and Power Production*. US Dept. of Energy DOE/TIC-27601, p. 327 - 366.
- BUSINGER, J.A., WYNGAARD, J.C. IZUMI, Y. & BRADLEY, E.F., 1971. Flux-profile relations in the atmospheric surface layer. *J. Atmos. Sci.* 28, p. 181 - 189.
- CAUGHEY, S.J., WYNGAARD, J.C. & KAIMAL, J.C., 1979. Turbulence in the evolving stable boundary layer. *J. Atmos. Sci.*, 36, p. 1041 - 1052.
- HANNA, S.R., 1985. Air quality modeling over short distances. In: HOUGHTON, D.D. (ed.), *Handbook of Applied Meteorology*, University of Wisconsin.
- HOLTSLAG, A.A.M., 1984. Estimates of diabatic wind speed profiles from near surface weather observations. *Bound.-Layer Meteorol.* 29, p. 225 - 250.
- JANSSEN, L.H.J.M., van WAKEREN, J.H.A., van DUUREN, H. & ELSHOUT, A.J., 1988. A classification of NO oxidation rates in power plant plumes based on atmospheric conditions. *Atmos. Environ.* 22:1, p. 43-53.
- KARPPINEN, A., JOFFRE, S & VAAJAMA, P., 1997. Boundary layer parametrization for Finnish regulatory dispersion models. *Int. J. Environ. Pollut.*, Vol. 8, Nos. 3 - 6, p. 557 - 564.
- RANTAKRANS, E., 1990. Uusi menetelmä meteorologisten tietojen soveltamiseksi ilman epäpuhtauksien leviämismalleissa. *Ilmansuojelu-uutiset* 1/90, s. 18 - 20.
- RASILA, T., PIETARILA, H., SAVUNEN, T., 2002. Pääkaupunkiseuden energiatuotannon ja satamatoiminnan rikkidioksidi-, typenoksidi- ja hiukkaspäästöjen leviämislaskelmat. Ilmatieteen laitos, ilmanlaadun tutkimus, Helsinki.
- Vnp 480/96. Päätös ilmanlaadun ohjearvoista ja rikkilaskeuman tavoitearvosta. Annettu Helsingissä 19.6.1996.
- Vnp 711/2001. Valtioneuvoston asetus ilmanlaadusta. Annettu Helsingissä 9.8.2001.
- WRATT, D.S., 1987. An experimental investigation of some methods of estimating turbulence parameters for use in dispersion models. *Atmos. Environ.* 21:12, p. 2599 - 2608.
- YMPÄRISTÖMINISTERIÖ, 1987. Ohjeet lääninhallitusten ja kuntien ilmansuojelutehtävistä. *Ympäristön- ja luonnonsuojeluosaston julkaisu B:9*, Helsinki.

YMPÄRISTÖMINISTERIÖ, 1999. Suullinen tiedonanto, Ylitarkastaja Tarja Lahtinen. Toukokuu 1999.

YTV, 2001. Ilmanlaatu pääkaupunkiseudulla vuonna 2000. Toimittajat Päivi Aarnio, Maria Myllynen ja Tarja Koskentalo. Helsinki.

1999/30/EY. Neuvoston direktiivi ilmassa olevien rikkidioksidin, typpidioksidin ja typen oksidien, hiukkasten ja lyijyn pitoisuuksien raja-arvoista. Annettu 22.4.1999.

LIITE

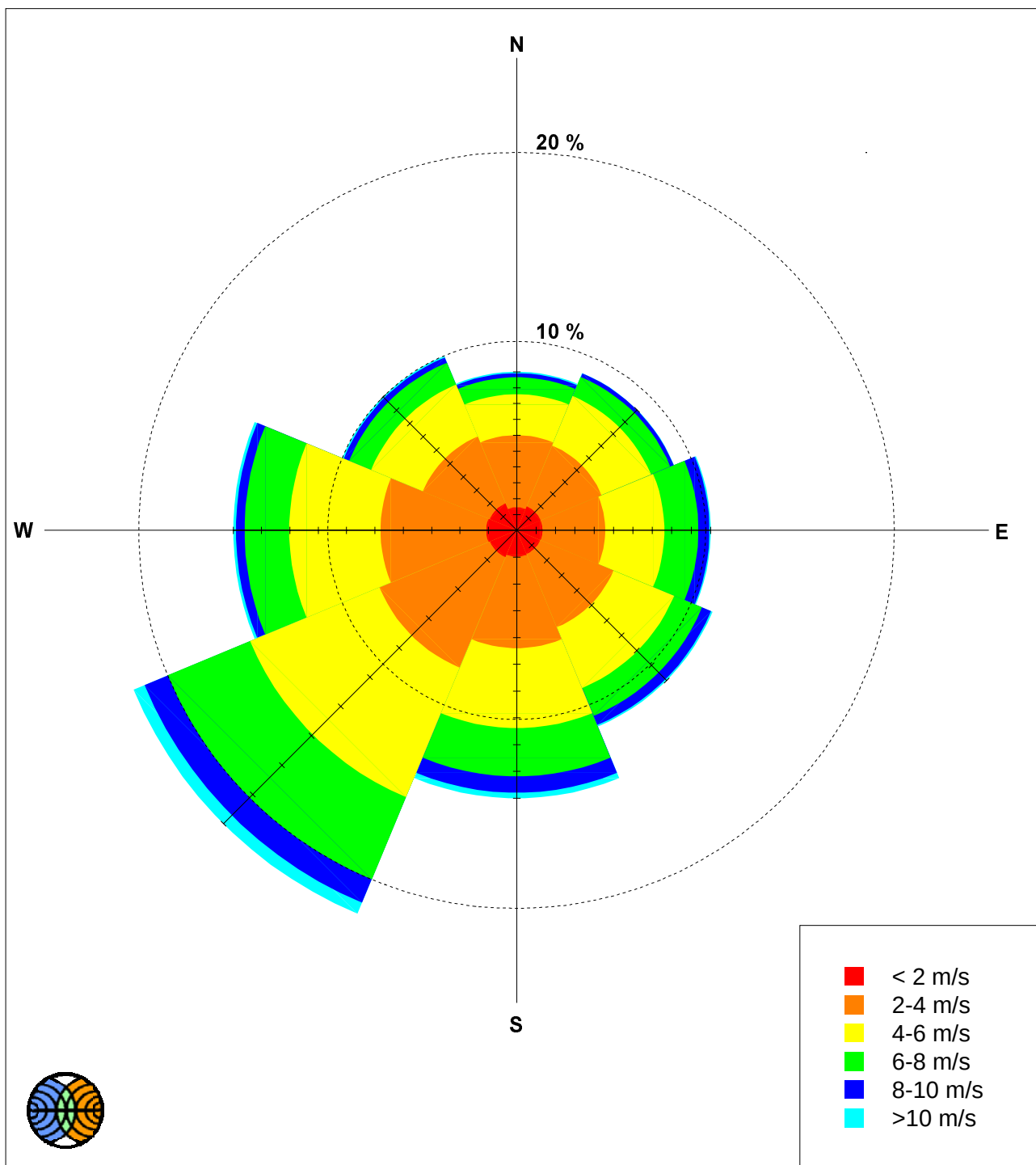
Laiva	Laiva- paikka	Laiturissa		Piipun korkeus	Laivan pituus	Laivan leveys	Kannen korkeus	Pakokaasujen lämpöt.	Pakokaasujen nousunop	Ulosotetut tehot		Poltto- aineen
		kesällä 1.5.-31.10.	talvella 1.11.-1.5	(m)	(m)	(m)	(m mpy)	(°C)	(m/s)	Apukone (kW)	Boileri (kW)	S %
Autoexpress	LJ3	klo 22-8 + 6×0,5 h	-	3	80	23	18	320	<1*	100	0	0,2
Vana Tallinn	LJ3	-	klo 22-9	33	150	23	22	320	18	500	250	0,2
Nordlandia	LJ4	klo 22-8	klo 22-8	36	136	24	24	320	18	500	250	1,0
Romantika	LJ4	klo 17-19	klo 17-19	40	175	29	29	320	24	2500	0	1,0
Meloodia	LJ4	klo 19-20	klo 19-20	33	135	24	21	320	24	500	0	0,2
Vana Tallinn	LJ5	klo 22-9	-	33	150	23	22	320	18	500	250	0,2
Alus x	LJ6	klo 9-18	klo 9-18	40	175	30	29	320	18	2500	1300	0,5
Alus y	LJ7	klo 17-20	klo 17-20	40	175	30	29	320	24	2500	0	0,5
		vain 15.5-15.9 joka toinen pvä										
Risteilijä c	LJ8	klo 8-18	-	40	175	30	29	320	18	2700	700	1,5
Risteilijä d	LHC	klo 8-18	-	45	210	35	32	320	18	2700	700	1,5

*) Autoexpressin (katamaraanilaiva) teknisen rakenteen johdosta pakokaasujen nousunopeus on mallitarkasteluissa asetettu hyvin pieneksi

Liite 1. Leviämismallilaskelmien lähtötietoina käytettyjä laivojen laiturissaoloa, teknisiä ominaisuuksia ja polttoainetta koskevia tietoja

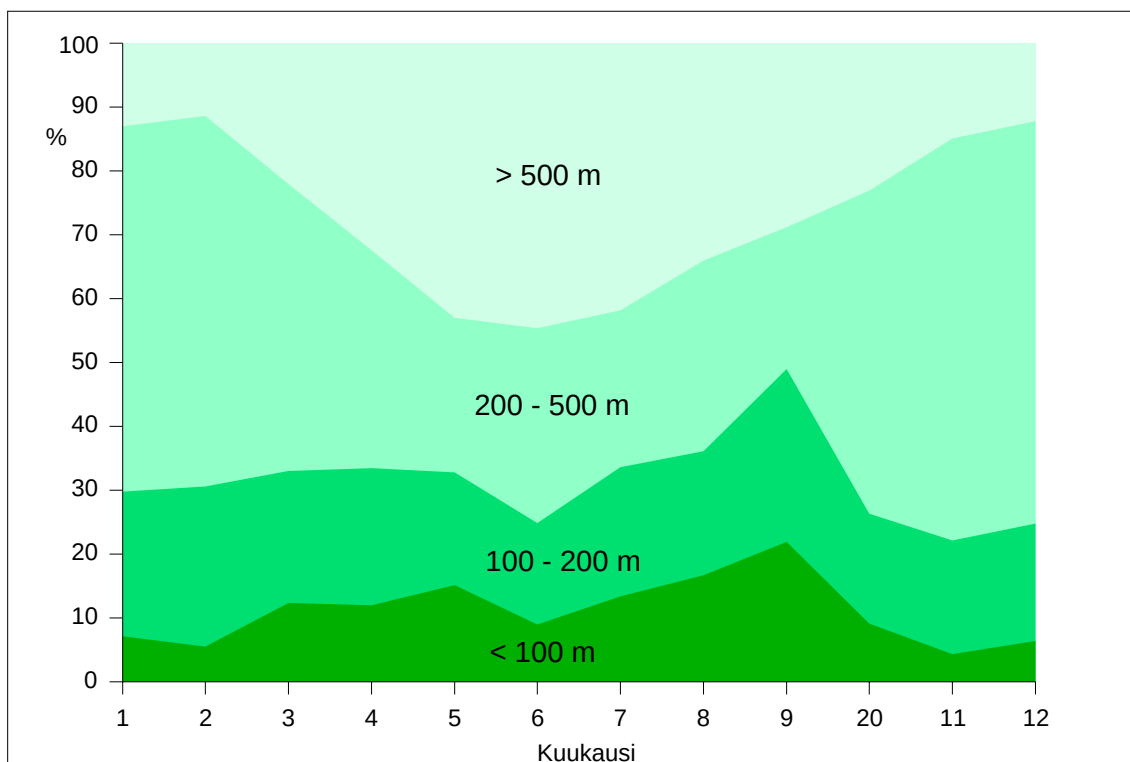
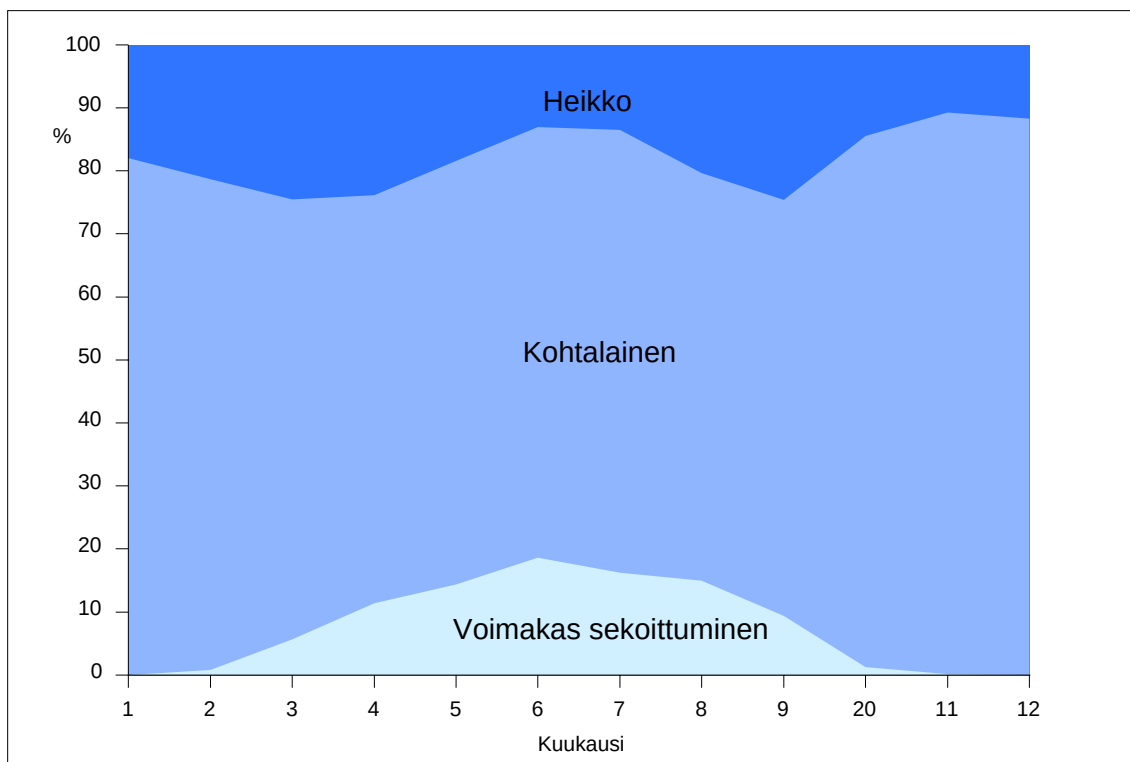
LIITEKUVAT

Huomautus: Pitoisuuksien vuorokausi- ja tuntikeskiarvojen aluejakaumat eivät edusta koko tulostusalueella samanaikaisesti vallitsevaa tilannetta, vaan pitoisuuksien suurimmat arvot saattavat esiintyä eri laskentapisteissä tai tulostusalueen eri osissa eri ajankohtina (eri päivinä ja eri tunteina).



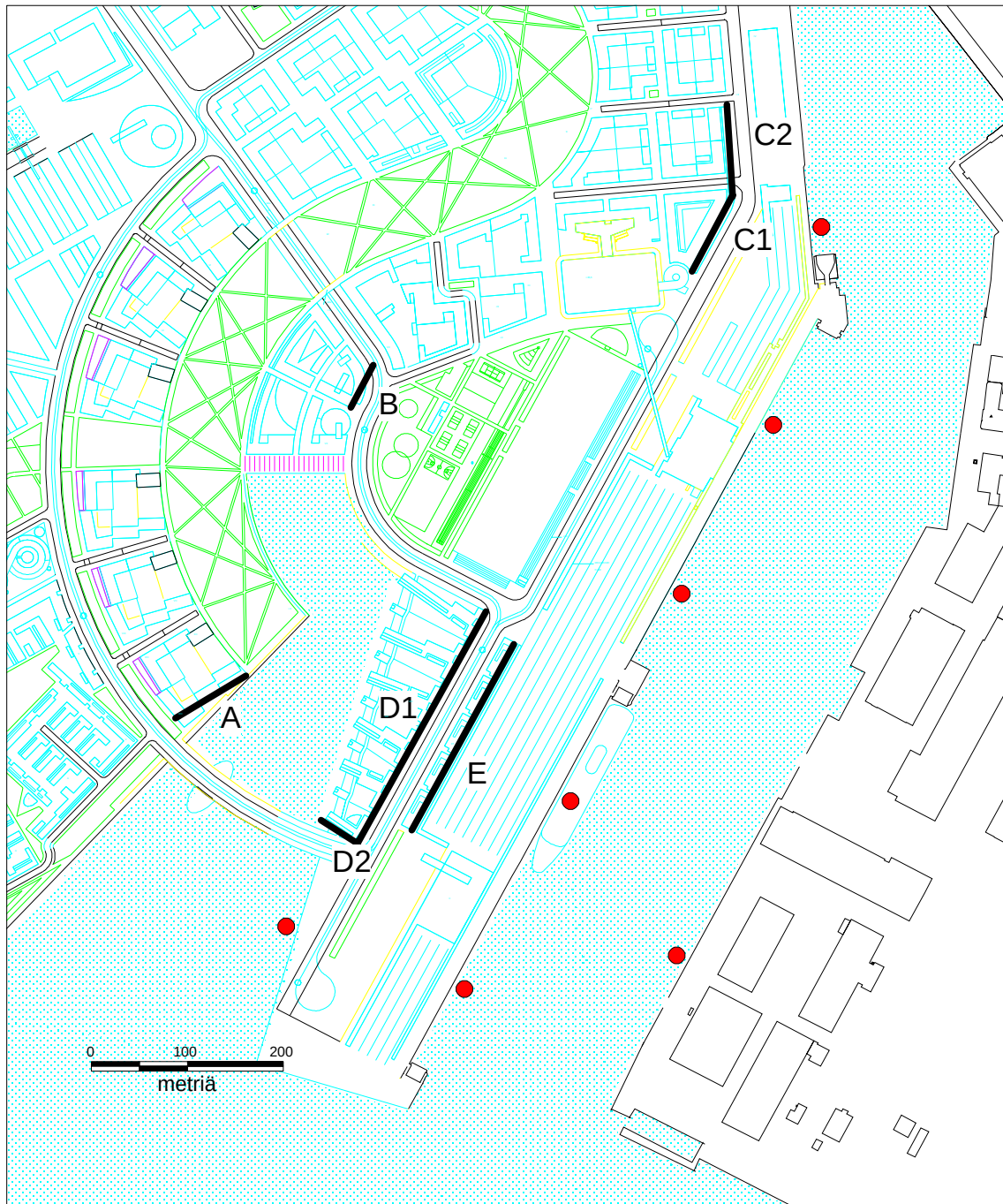
Ilmatieteen laitos

Kuva 1. Tuulen suunta- ja nopeusjakauma
pääkaupunkiseudulla vuosina 1998-2000.



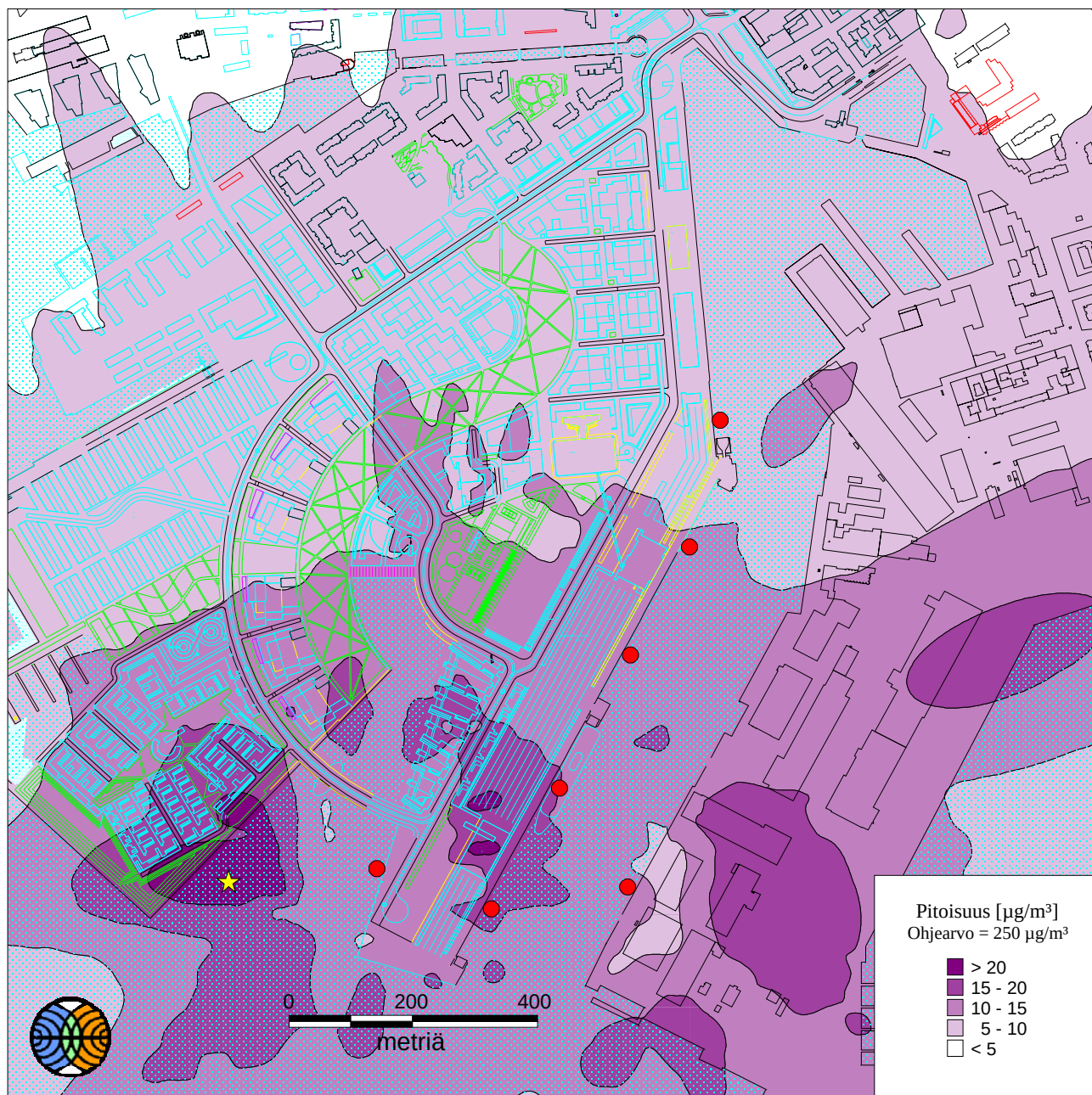
Kuva 2. Sekoitusvoimakkuuden ja sekoituskorkeuden esiintymistäajuus kuukausittain pääkaupunki-seudulla vuosina 1998-2000.

LÄNSISATAMA



Kuva 3. Päästölähteiden (laituripaikkojen) ja julkisivukohteiden sijainti.

LÄNSISATAMA



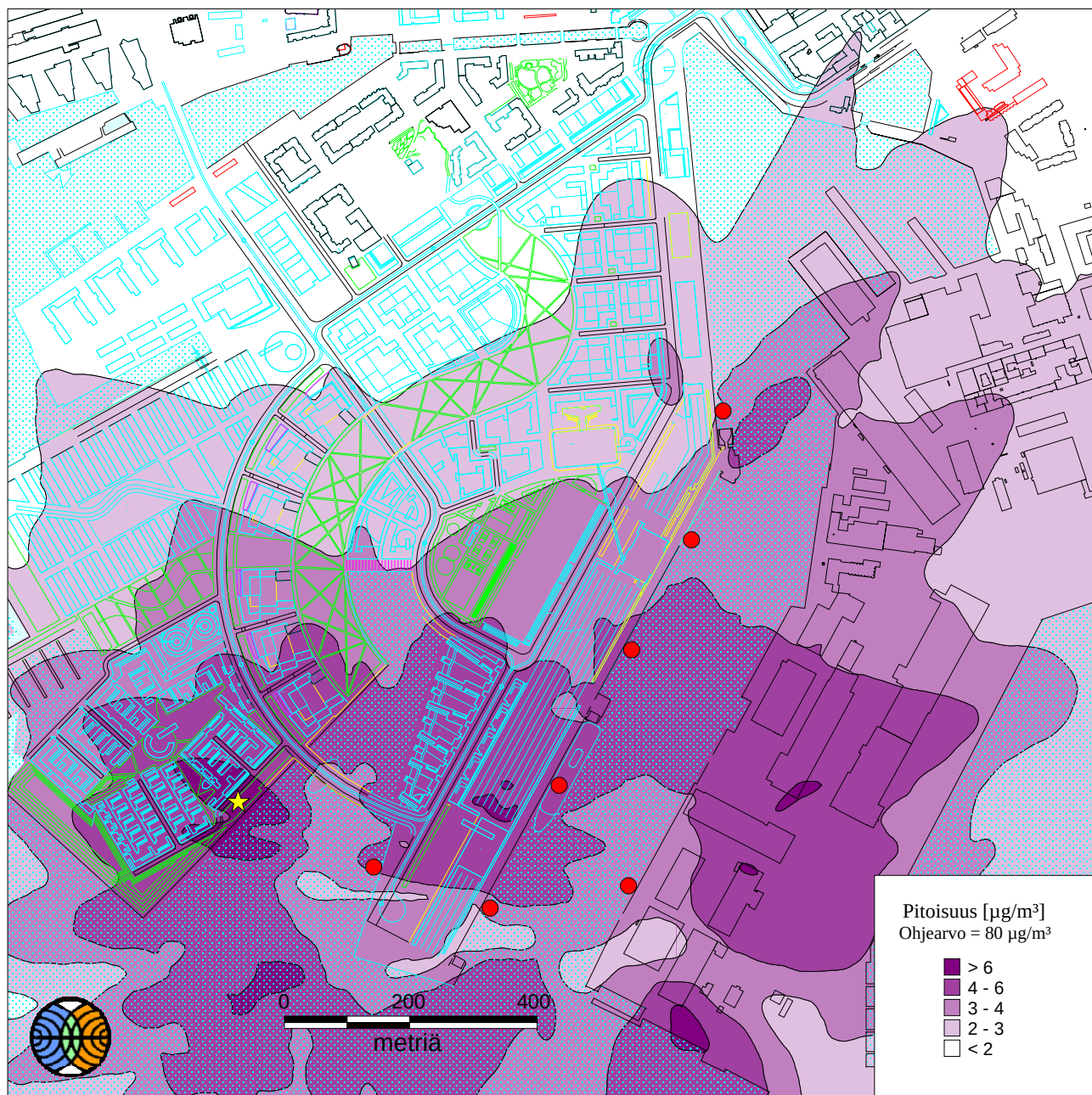
Ilmatieteen laitos 2002

● = päästölähde

★ = maksimi = $24,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Kuva 4. Rikkidioksidin korkein tuntiohjearvoon verrannollinen pitoisuus maanpintatasossa. Normaalipäästöt.

LÄNSISATAMA



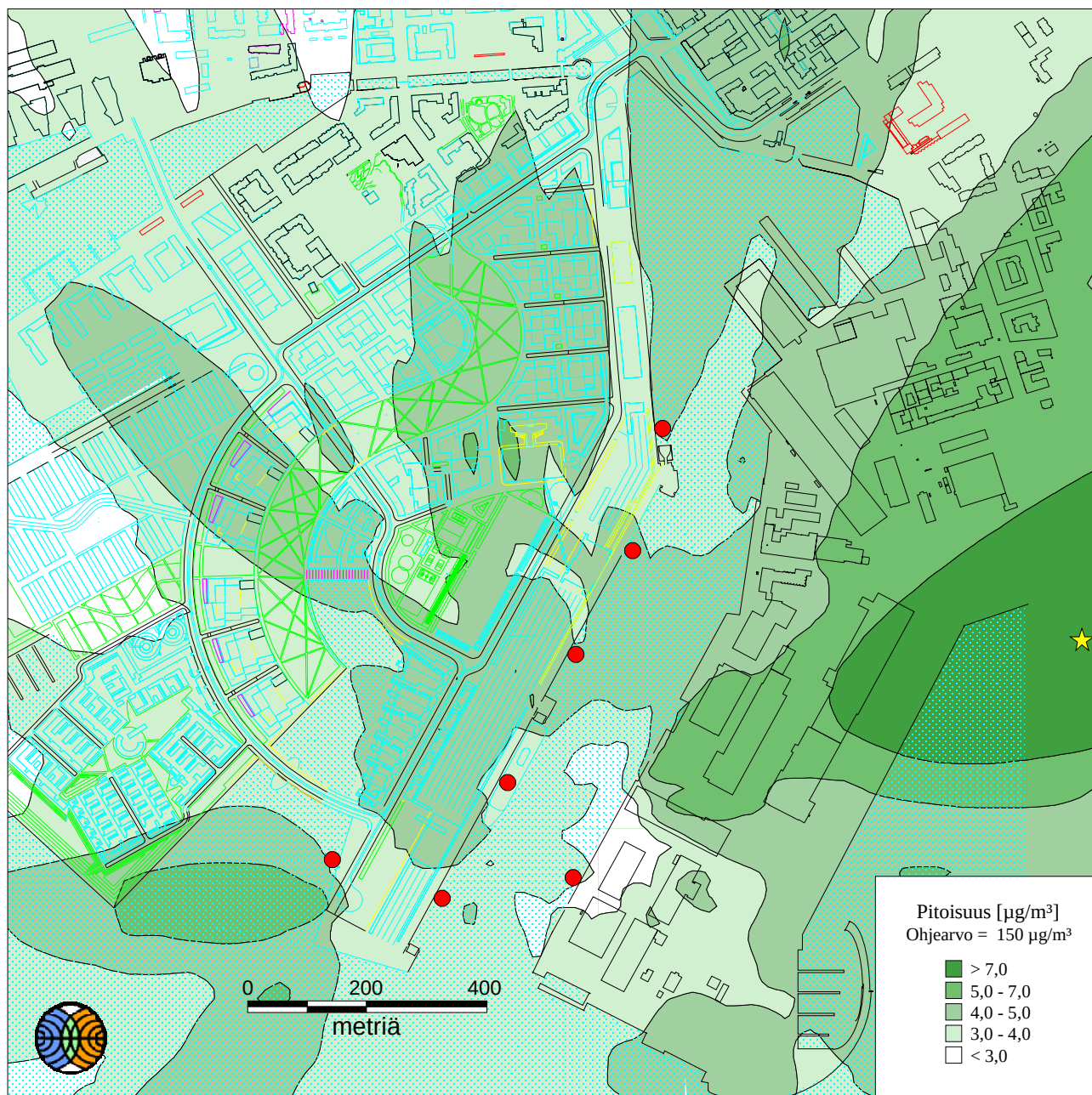
Ilmatieteen laitos 2002

● = päästölähde

★ = maksimi = $7,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Kuva 5. Rikkidioksidin korkein vuorokausiohjearvoon verrannollinen pitoisuus maanpintatasossa. Normaalipäästöt.

LÄNSISATAMA



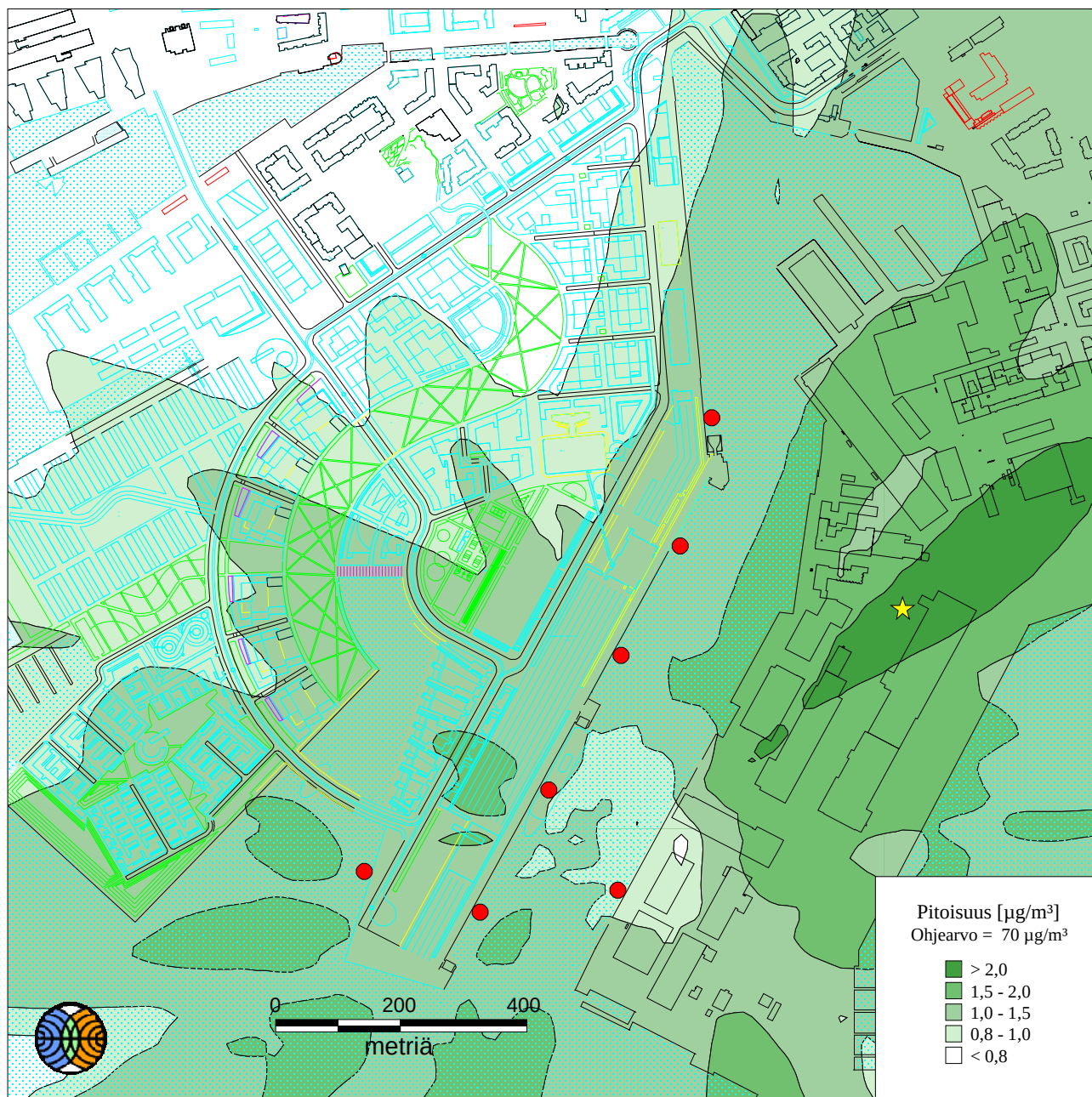
Ilmatieteen laitos 2002

● = päästölähte

★ = maksimi = $10.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Kuva 6. Typpidioksidin korkein tuntiohjearvoon verrannollinen pitoisuus maanpintatasossa. Normaalipäästöt.

LÄNSISATAMA



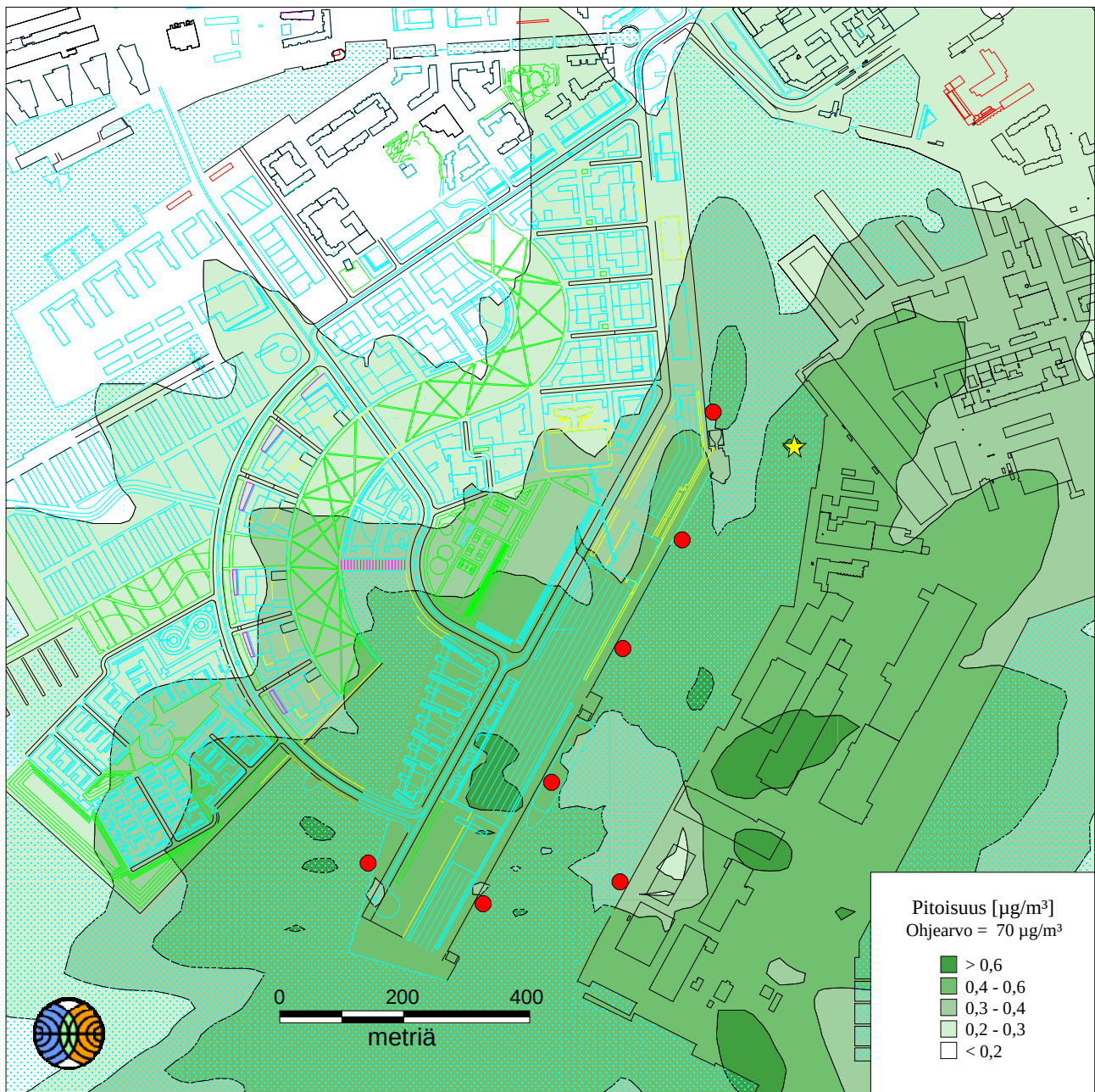
Ilmatieteen laitos 2002

● = päästölähde

★ = maksimi = $2.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Kuva 7. Typpidioksidin korkein vuorokausiohjearvoon verrannollinen pitoisuus maanpintatasossa. Normaalipäästöt.

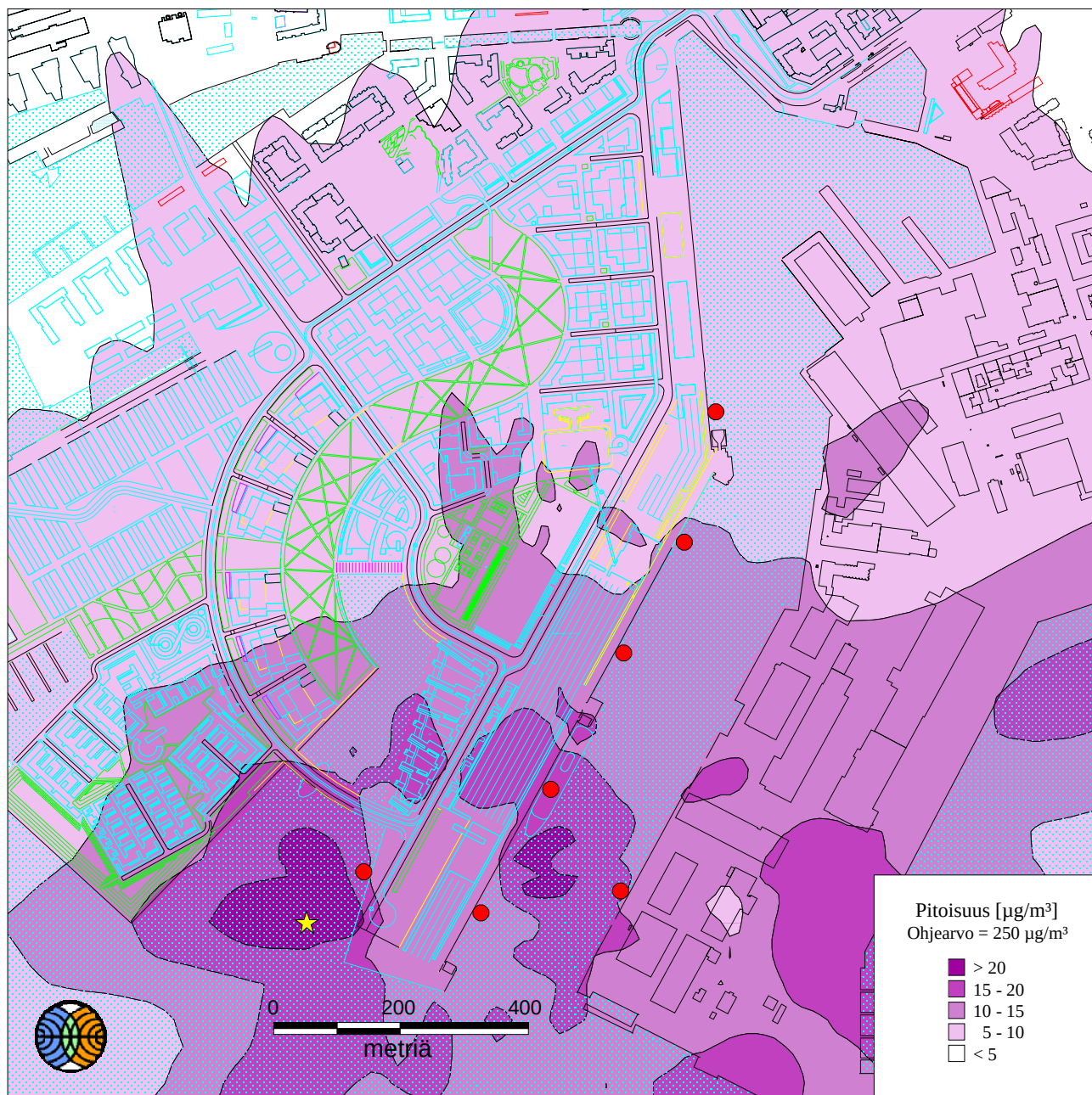
LÄNSISATAMA



Ilmatieteen laitos 2002

Kuva 8. Hiukkaspitoisuuden toiseksi korkein vuorokausikeskiarvo maanpintatasossa. Normaalipäästöt.

LÄNSISATAMA



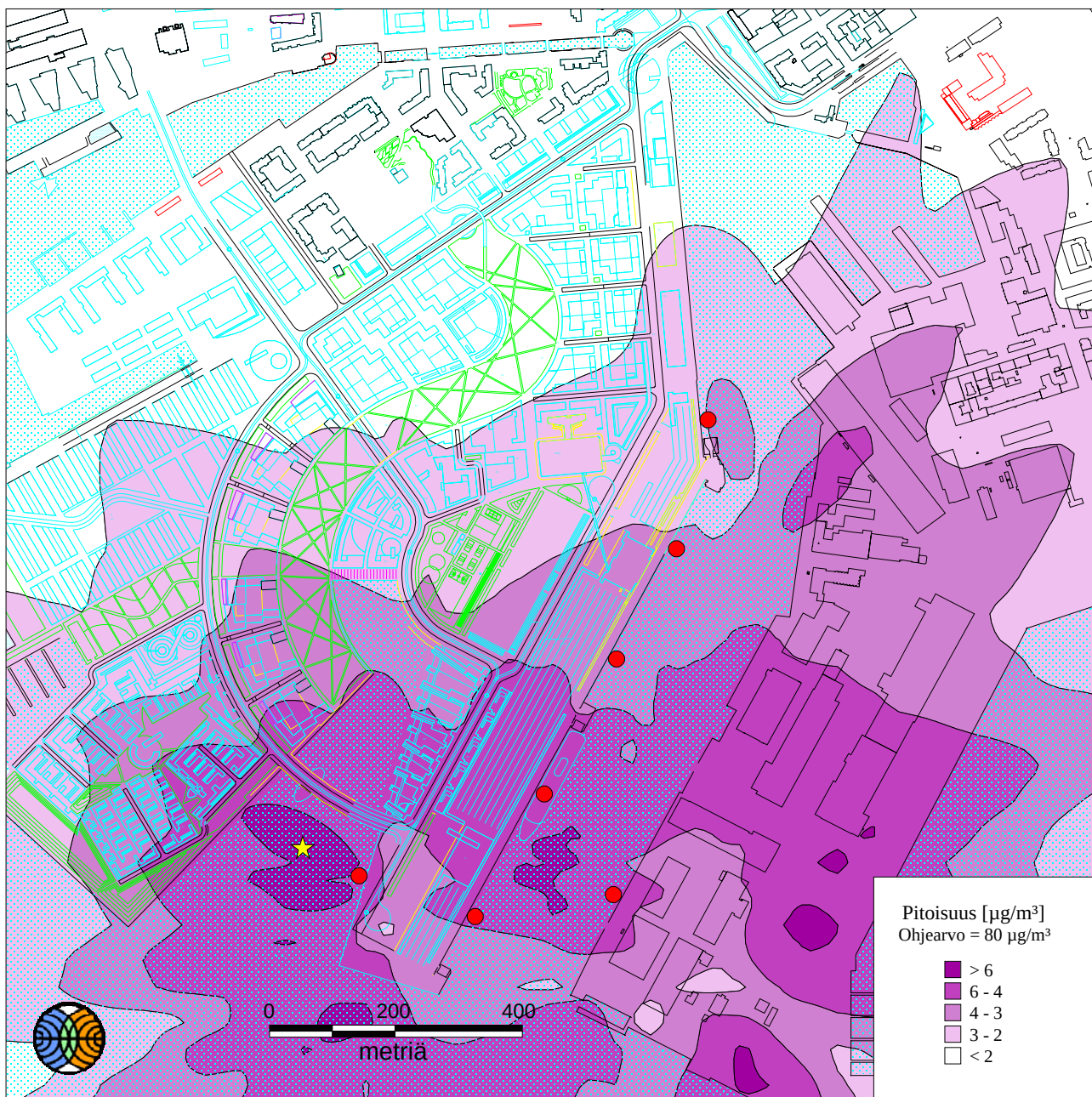
Ilmatieteen laitos 2002

● = päästölähte

★ = maksimi = $25.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Kuva 9. Rikkidioksidin korkein tuntiohjearvoon verrannollinen pitoisuus +10 metrin tasolla. Normaalipäästöt.

LÄNSISATAMA



Ilmatieteen laitos 2002

● = päästölähde

★ = maksimi = $7.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Kuva 10. Rikkidioksidin korkein vuorokausiohjearvoon verrannollinen pitoisuus +10 metrin tasolla. Normaalipäästöt.

LÄNSISATAMA



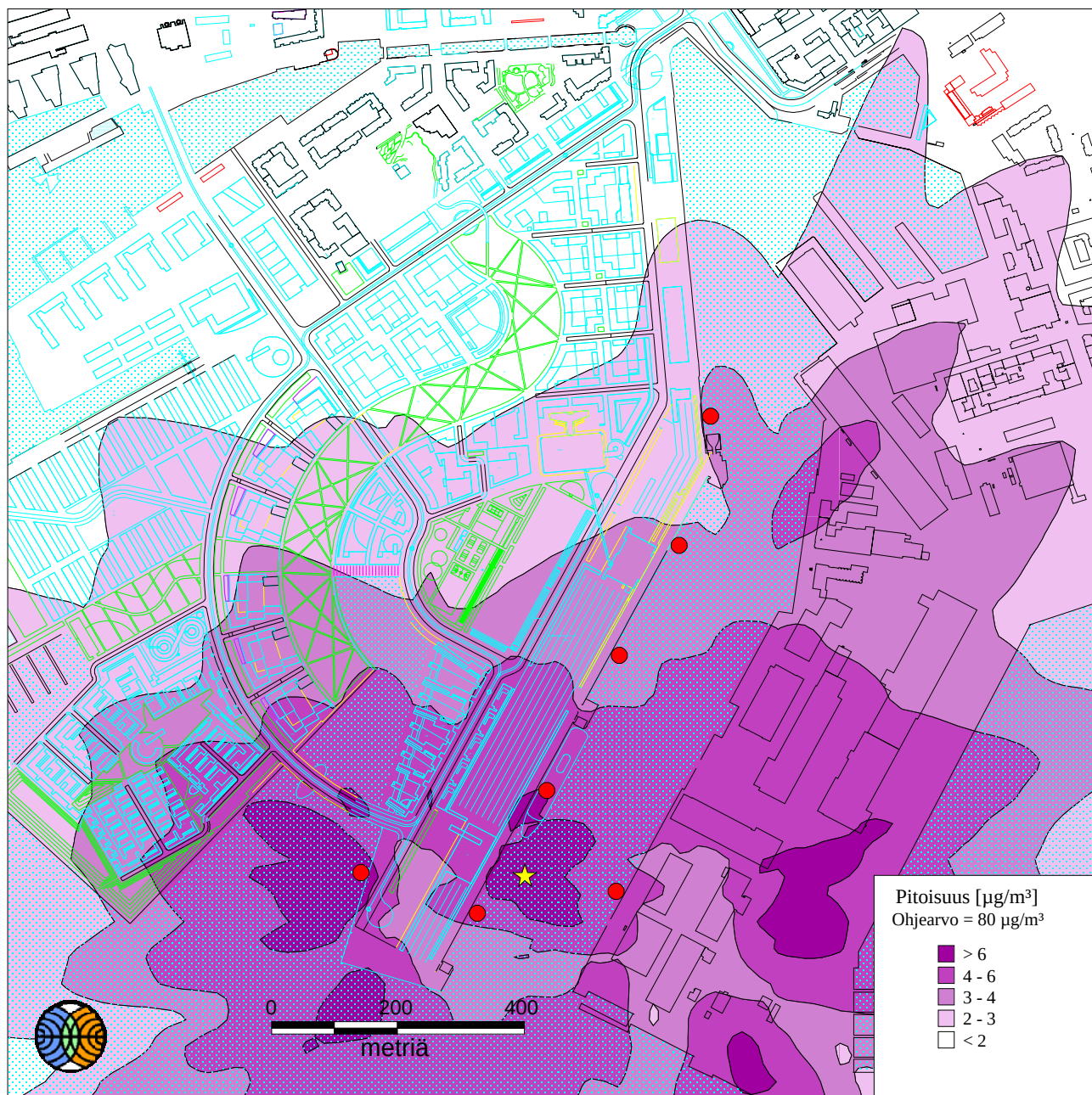
Ilmatieteen laitos 2002

● = päästölähde

★ = maksimi = $29.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Kuva 11. Rikkidioksidin korkein tuntiohjearvoon verrannollinen pitoisuus +16 metrin tasolla. Normaalipäästöt.

LÄNSISATAMA



Ilmatieteen laitos 2002

● = päästölähde

★ = maksimi = $8.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Kuva 12. Rikkidioksidin korkein vuorokausiohjearvoon verrannollinen pitoisuus +16 metrin tasolla. Normaalipäästöt.

LÄNSISATAMA



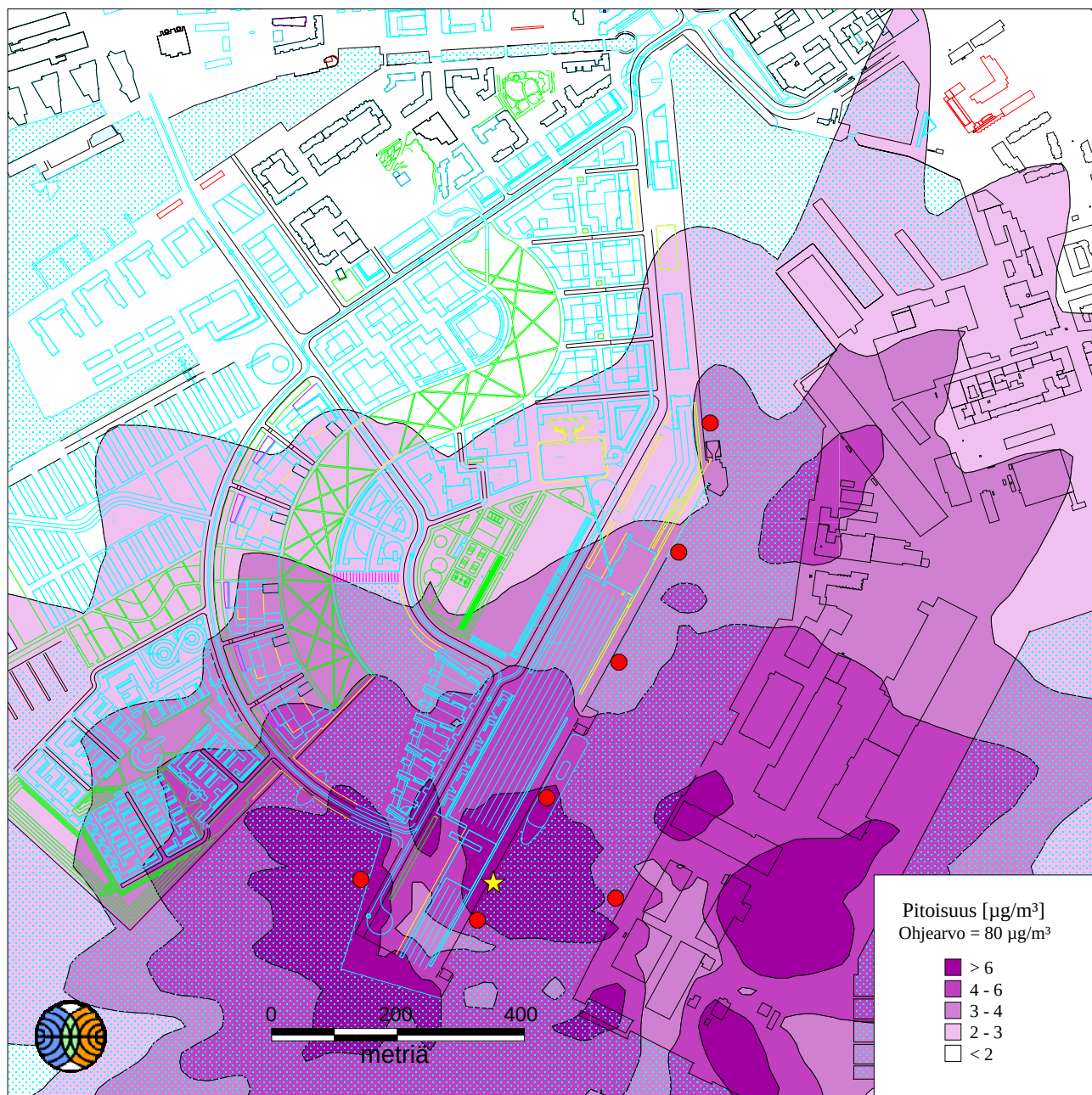
Ilmatieteen laitos 2002

● = päästölähte

★ = maksimi = $51.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Kuva 13. Rikkidioksidin korkein tuntiohjearvoon verrannollinen pitoisuus +22 metrin tasolla. Normaalipäästöt.

LÄNSISATAMA



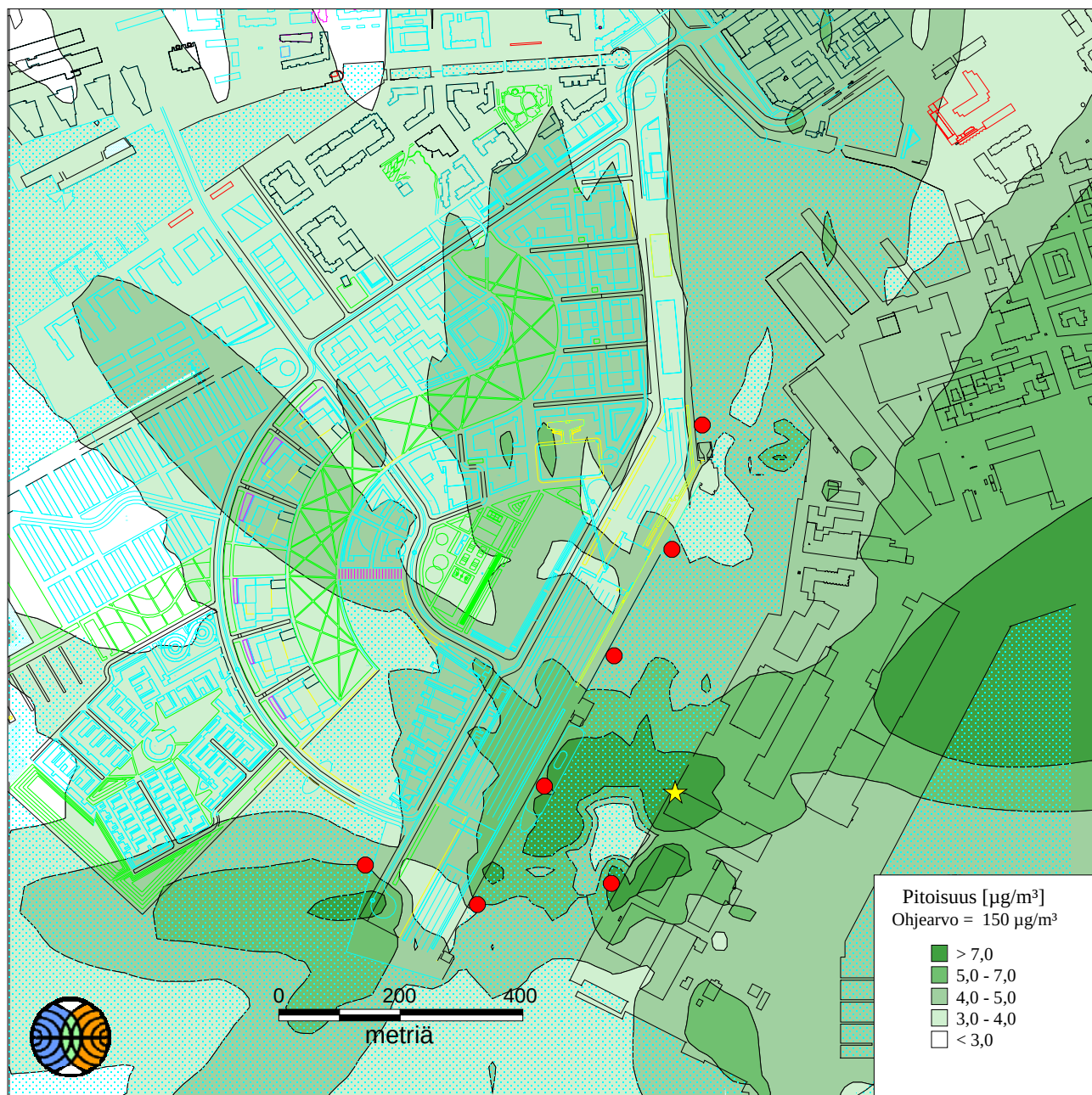
Ilmatieteen laitos 2002

● = päästölähte

★ = maksimi = $14.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Kuva 14. Rikkidioksidin korkein vuorokausiohjearvoon verrannollinen pitoisuus +22 metrin tasolla. Normaalipäästöt.

LÄNSISATAMA



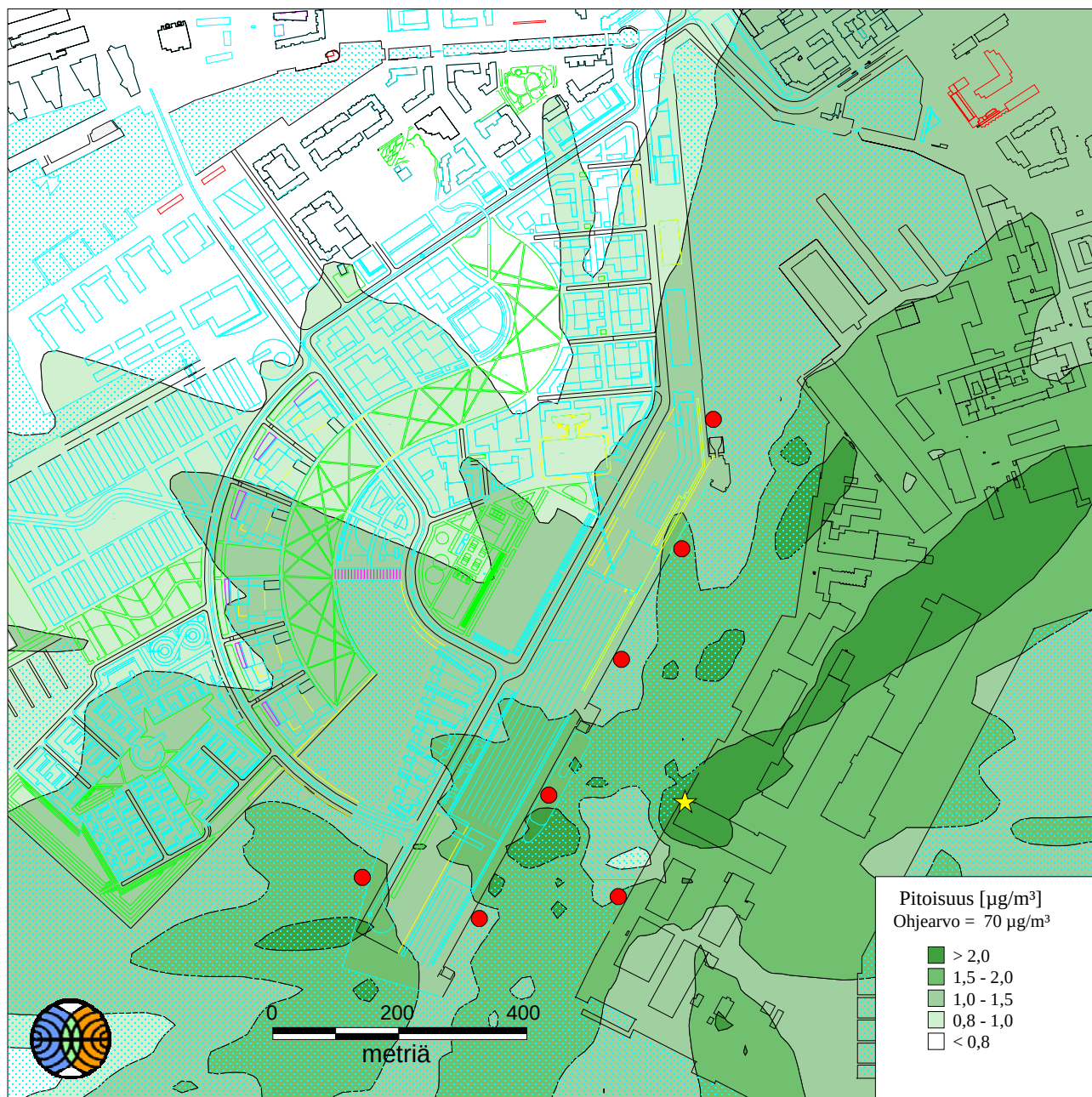
Ilmatieteen laitos 2002

● = päästölähte

★ = maksimi = $11.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Kuva 15. Typpidioksidin korkein tuntiohjearvoon verrannollinen pitoisuus +22 metrin korkeudella. Normaalipäästöt.

LÄNSISATAMA



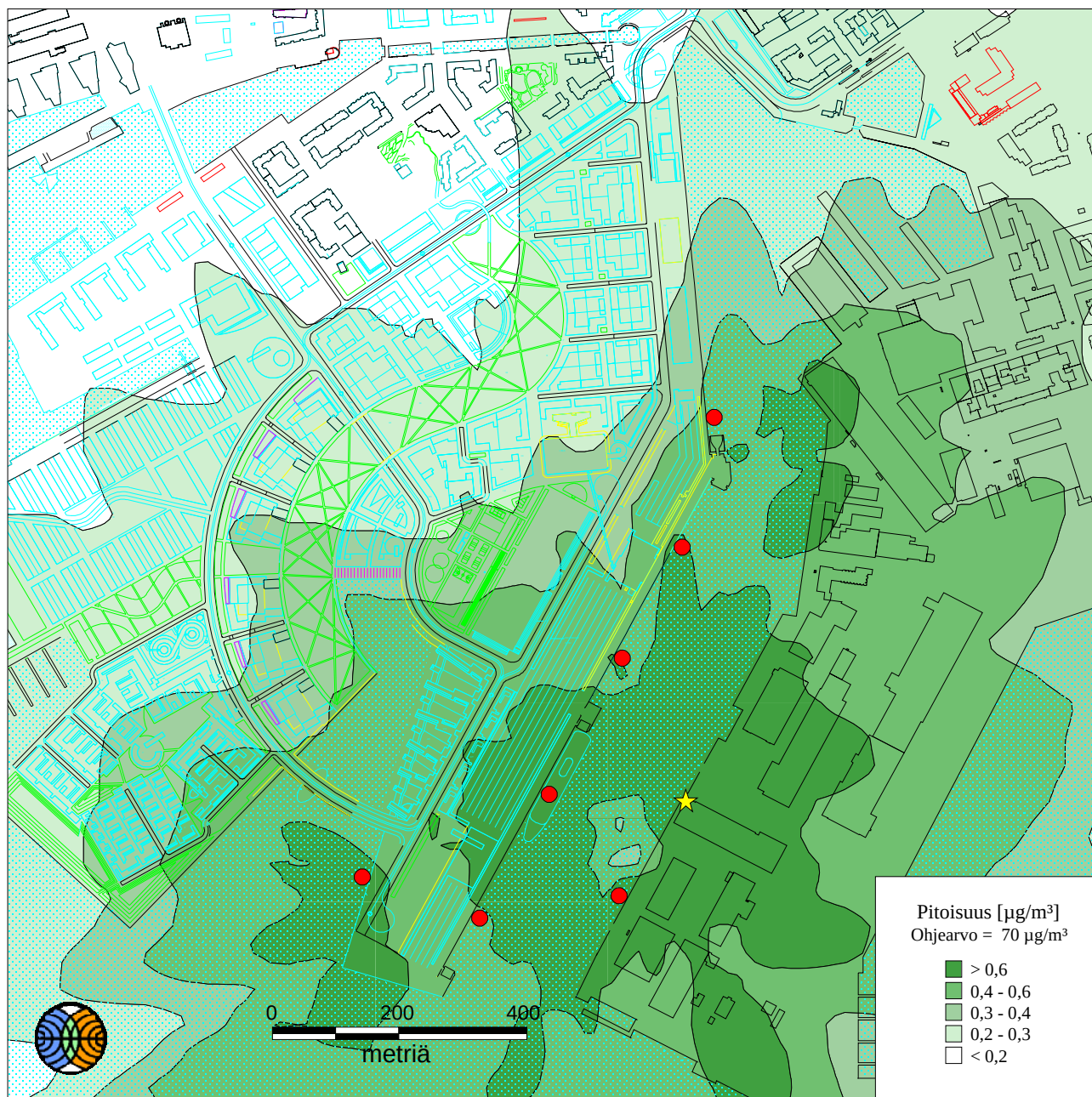
Ilmatieteen laitos 2002

● = päästölähte

★ = maksimi = 3.3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Kuva 16. Tyypidioksidin korkein vuorokausiohjeearvoon verrannollinen pitoisuus +22 metrin korkeudella. Normaalipäästöt.

LÄNSISATAMA



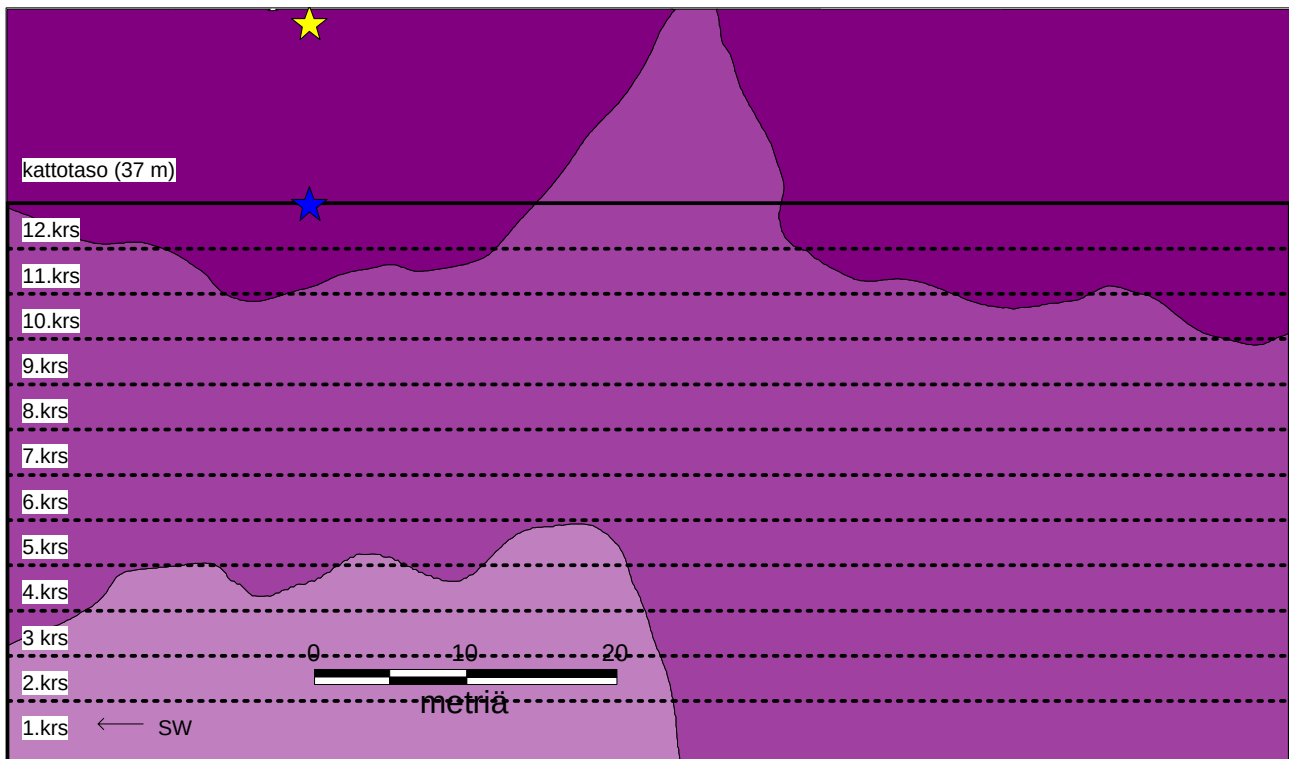
Ilmatieteen laitos 2002

● = päästölähte

★ = maksimi = $1.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Kuva 17. Hiukkaspitoisuuden toiseksi korkein vuorokausikeskiarvo +22 metrin tasolla. Normaalipäästöt.

LÄNSISATAMA



Ilmatieteen laitos 2002

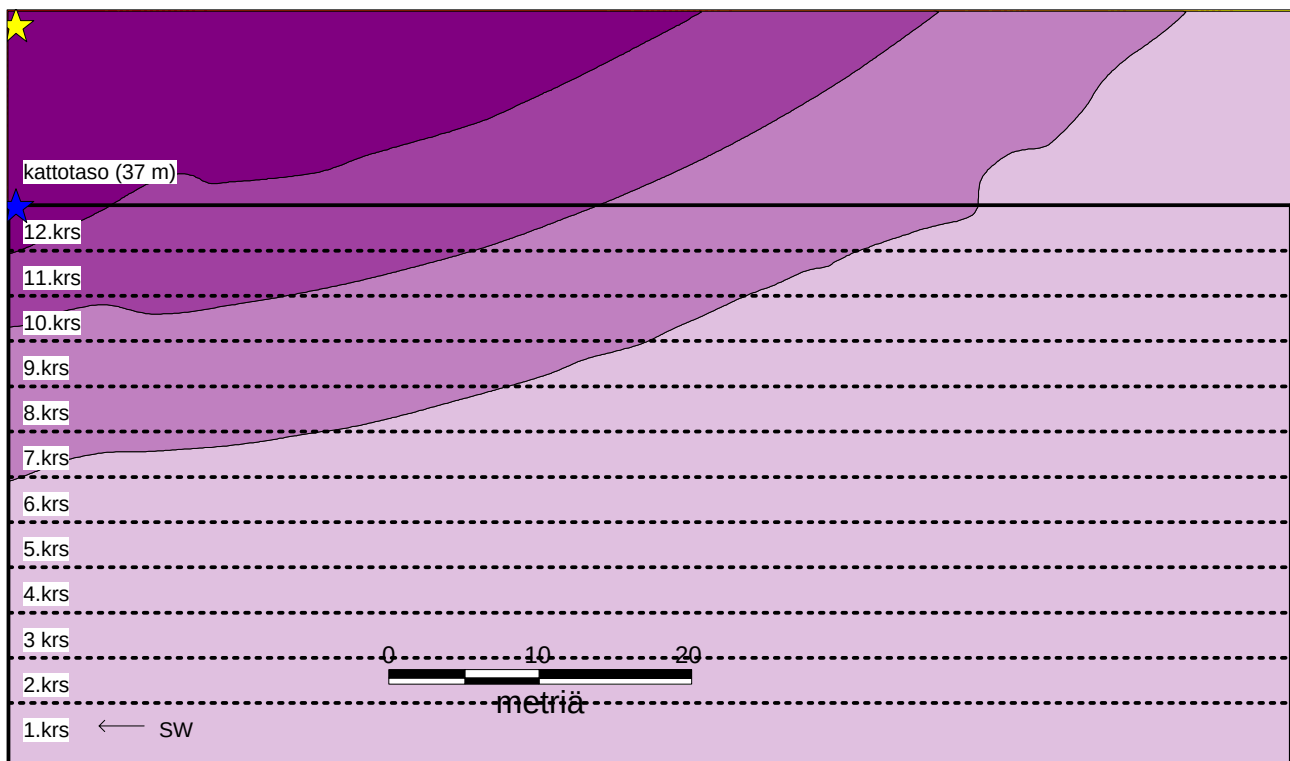
★ = julkisivun maksimi = $21,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$
 ★ = tulostustason maksimi = $24,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Pitoisuus [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
 Ohjearvo = $250 \mu\text{g}/\text{m}^3$

■ > 20
 ■ 15 - 20
 ■ 10 - 15

Kuva 18. Rikkidioksidin korkein tuntiohjearvoon verrannollinen pitoisuus julkisivutasolla A. Normaalipäästöt.

LÄNSISATAMA



Ilmatieteen laitos 2002

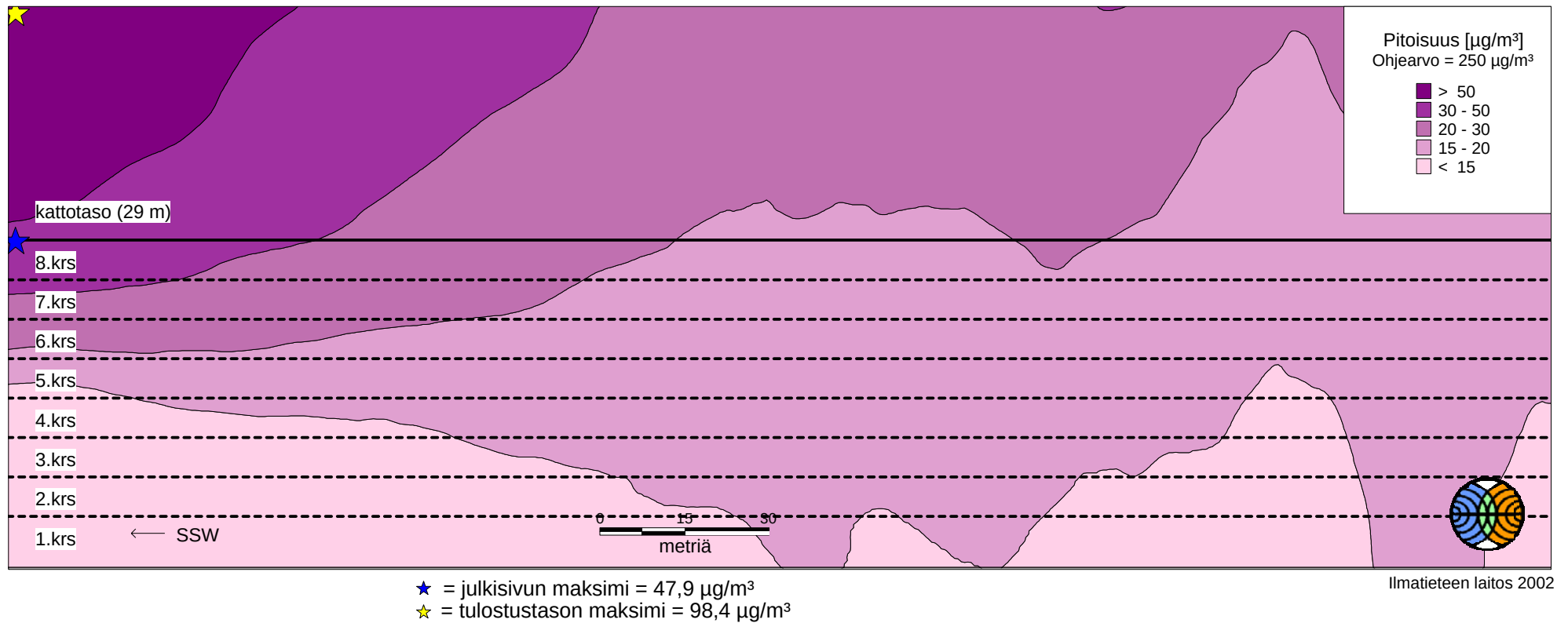
★ = julkisivun maksimi = $6,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$
 ★ = tulostustason maksimi = $7,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Pitoisuus [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
 Ohjearvo = $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$

■ > 6,0
 ■ 5,5 - 6,0
 ■ 5,0 - 5,5
 ■ < 5,0

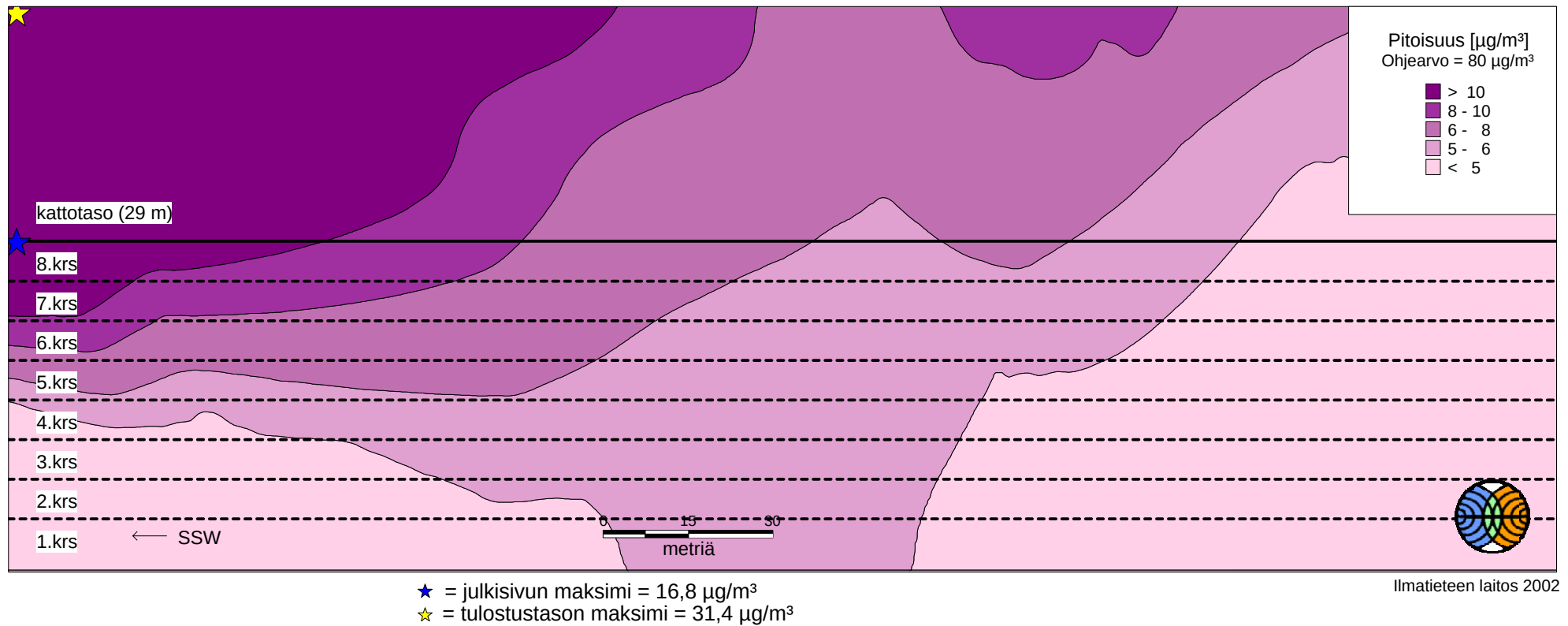
Kuva 19. Rikkidioksidin korkein vuorokausiohjearvoon verrannollinen pitoisuus julkisivutasolla A. Normaalipäästöt.

LÄNSISATAMA



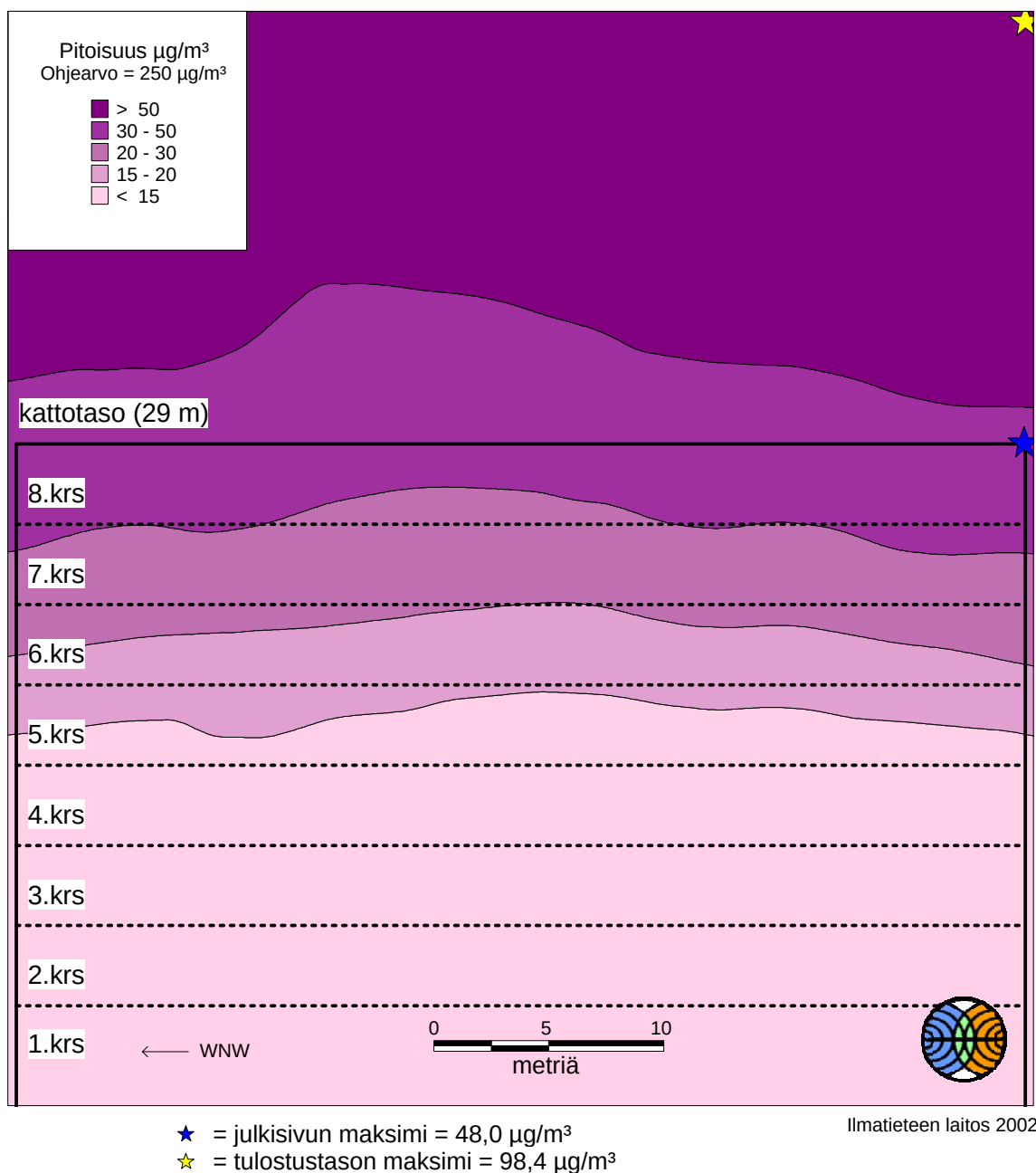
Kuva 20. Rikkidioksidin korkein tuntiohjearvoon verrannollinen pitoisuus julkisivutasolla D1. Normaalipäästöt. Vertikaalisuunta esitetty eri mittakaavassa kuin horisontaalisuunta.

LÄNSISATAMA



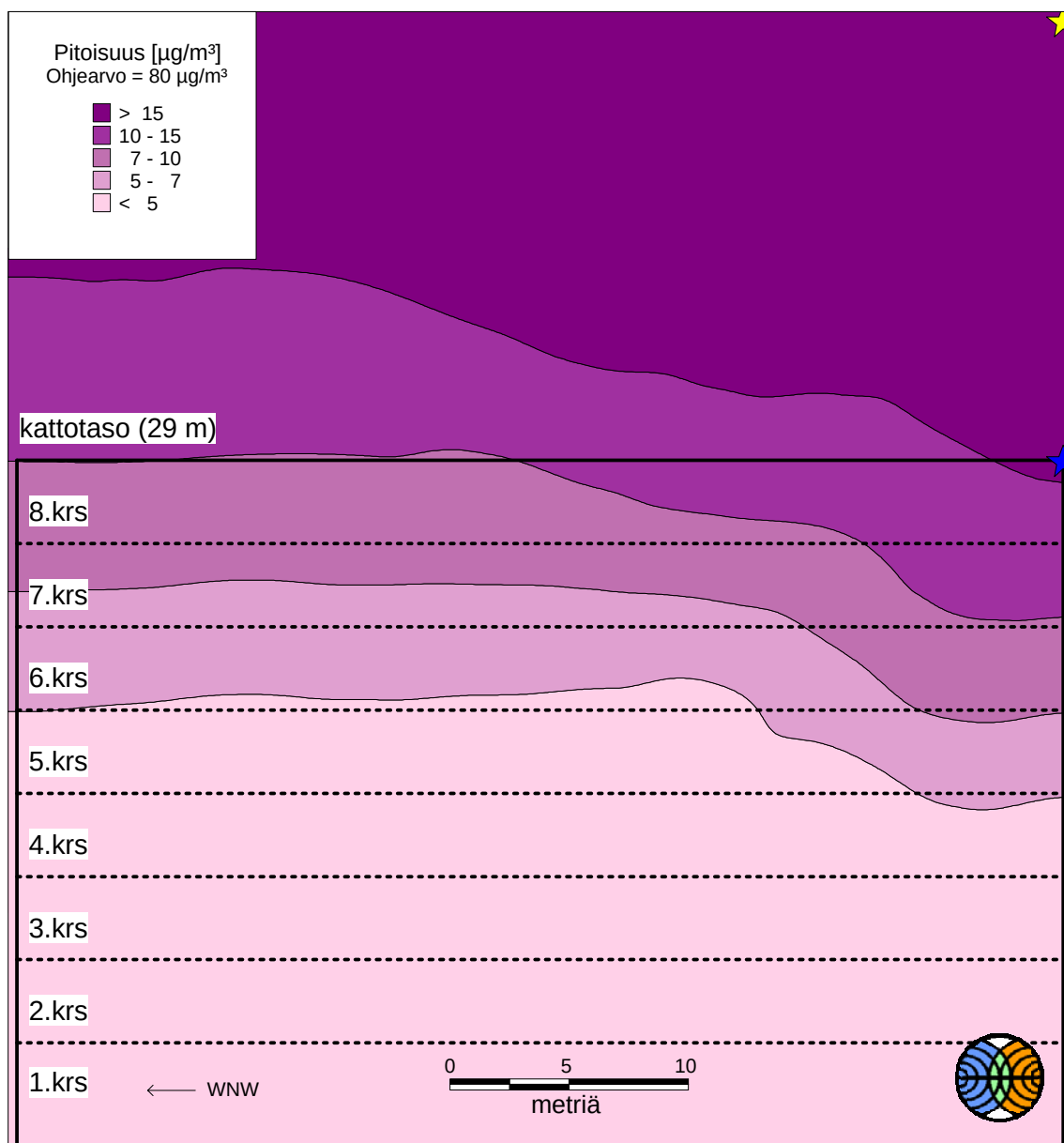
Kuva 21. Rikkidioksidin korkein vuorokausiohjearvoon verrannollinen pitoisuus julkisivutasolla D1. Normaalipäästöt. Vertikaalisuunta esitetty eri mittakaavassa kuin horisontaalisuunta.

LÄNSISATAMA



Kuva 22. Rikkidioksidin korkein tuntiohjearvoon verrannollinen pitoisuus julkisivutasolla D2. Normaalipäästöt.

LÄNSISATAMA

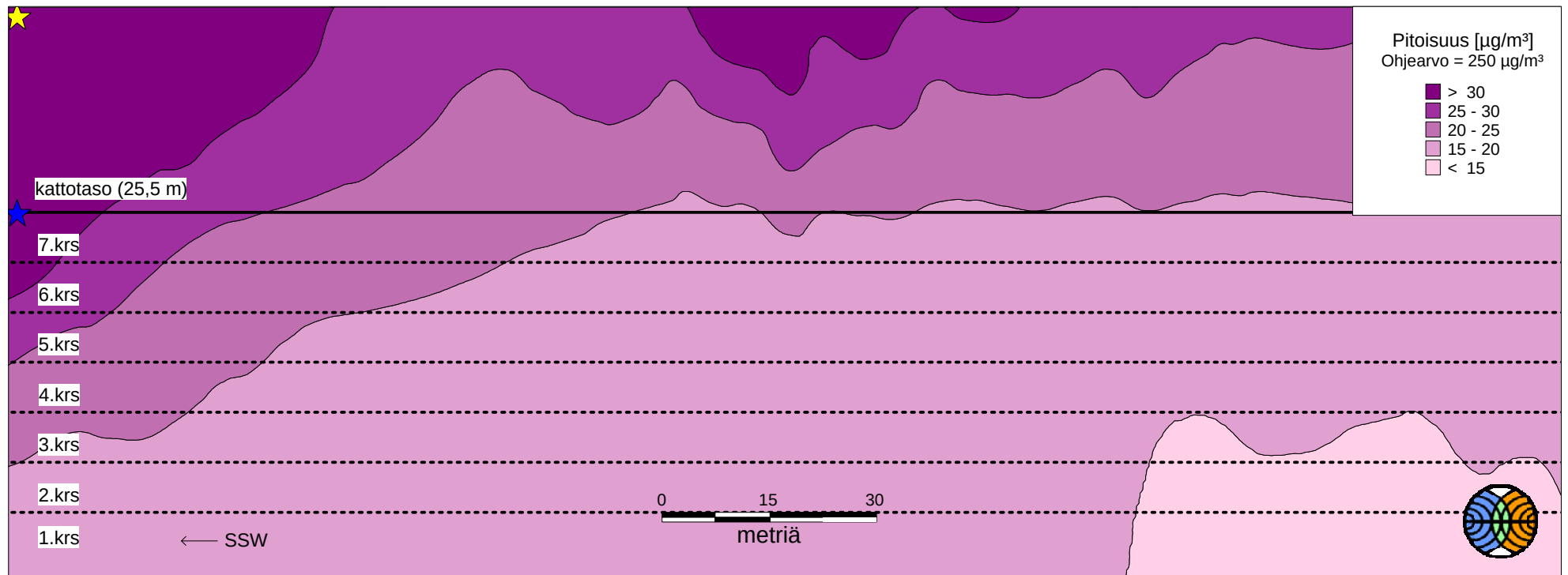


★ = julkisivun maksimi = $16,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$
 ★ = tulostustason maksimi = $31,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Ilmatieteen laitos 2002

Kuva 23. Rikkidioksidin korkein vuorokausiohjearvoon verrannollinen pitoisuus julkisivutasolla D2. Normaalipäästöt.

LÄNSISATAMA

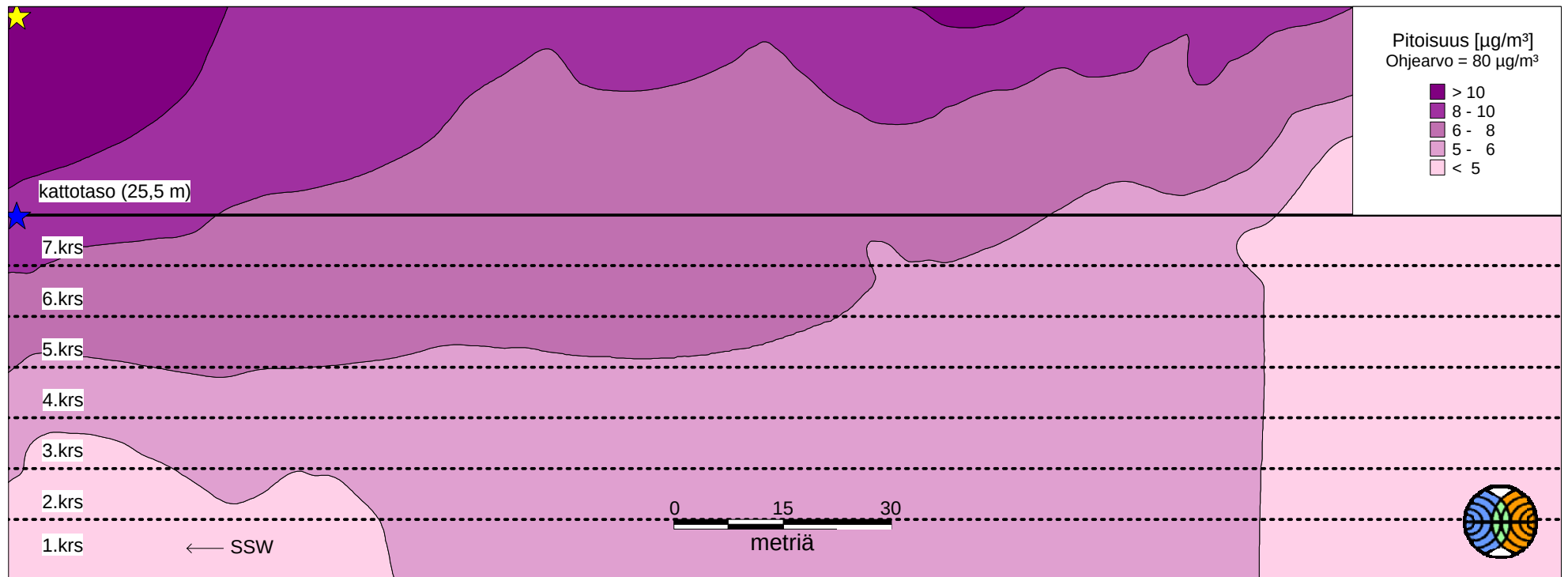


★ = julkisivun maksimi = 34,8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
★ = tulostustason maksimi = 43,8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Ilmatieteen laitos 2002

Kuva 24. Rikkidioksidin korkein tuntiohjearvoon verrannollinen pitoisuus julkisivutasolla E. Normaalipäästöt. Vertikaalisuunta esitetty eri mittakaavassa kuin horisontaalisuunta.

LÄNSISATAMA

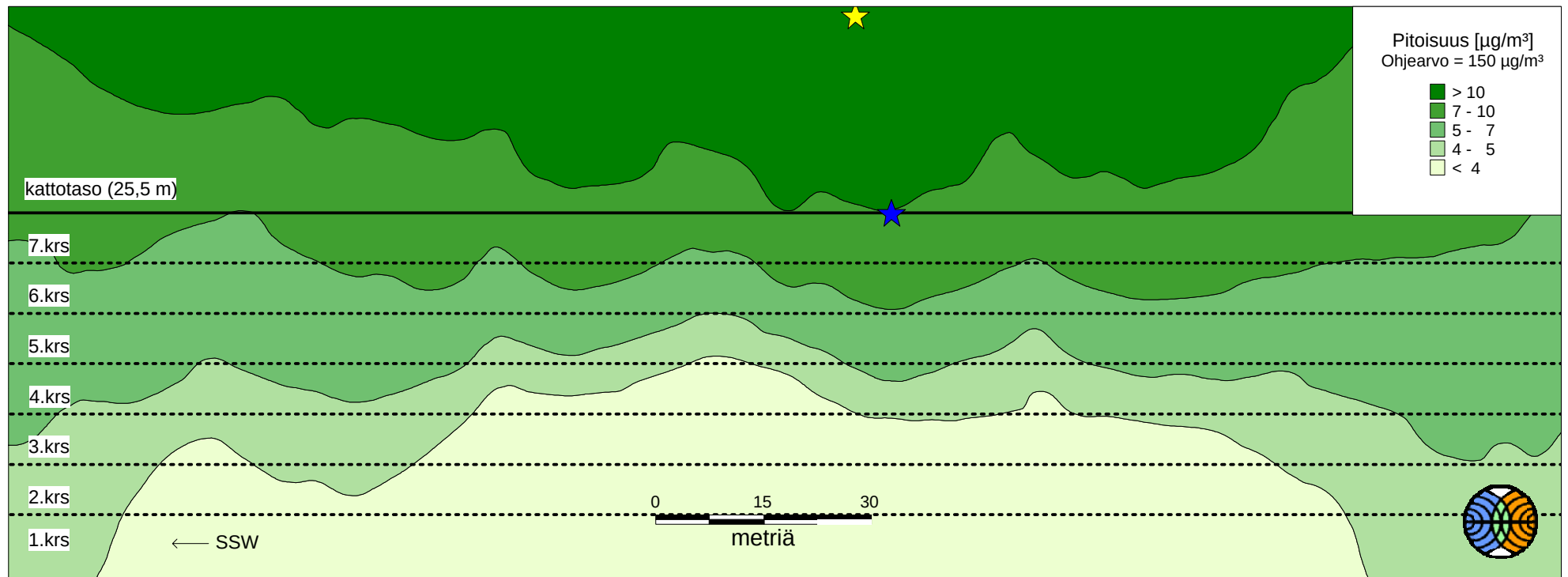


★ = julkisivun maksimi = 9,3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
★ = tulostustason maksimi = 14,1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Ilmatieteen laitos 2002

Kuva 25. Rikkidioksidin korkein vuorokausiohjearvoon verrannollinen pitoisuus julkisivutasolla E. Normaalipäästöt.
Vertikaalisuunta esitetty eri mittakaavassa kuin horisontaalisuunta.

LÄNSISATAMA

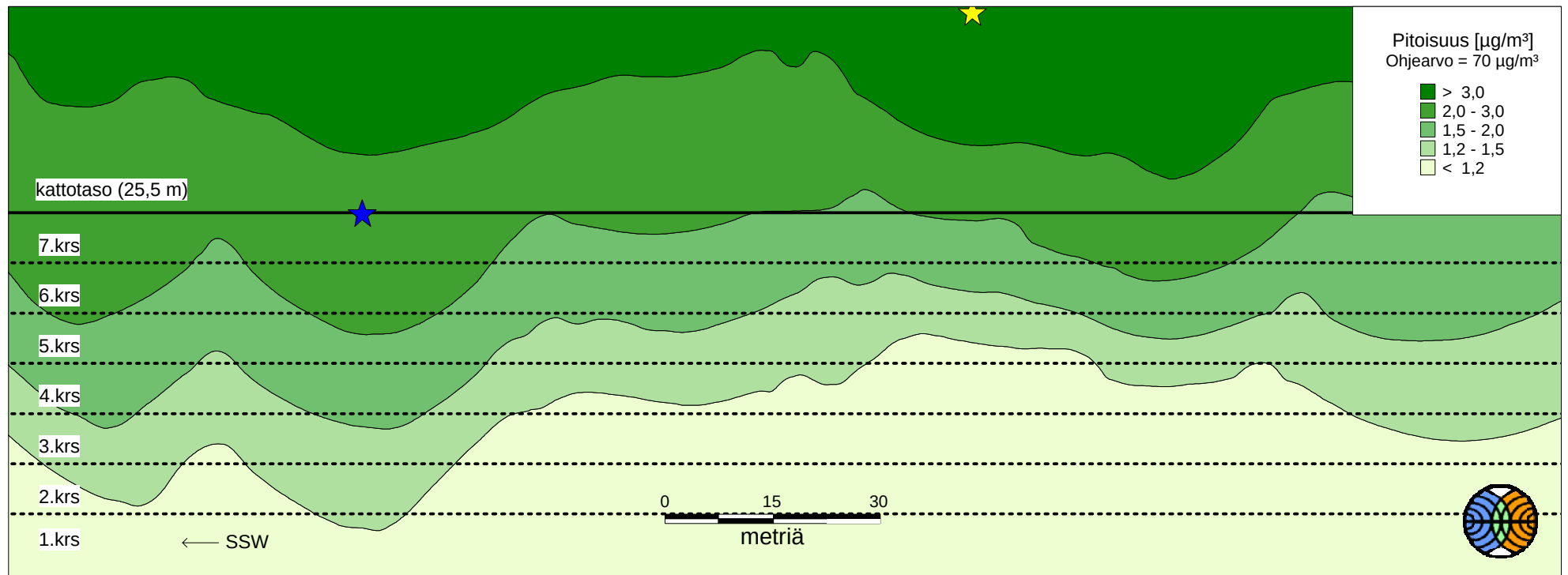


★ = julkisivun maksimi = $9,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$
★ = tulostustason maksimi = $16,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Ilmatieteen laitos 2002

Kuva 26. Typpidioksidin korkein tuntiohjearvoon verrannollinen pitoisuus julkisivutasolla E. Normaalipäästöt.
Vertikaalisuunta esitetty eri mittakaavassa kuin horisontaalisuunta.

LÄNSISATAMA

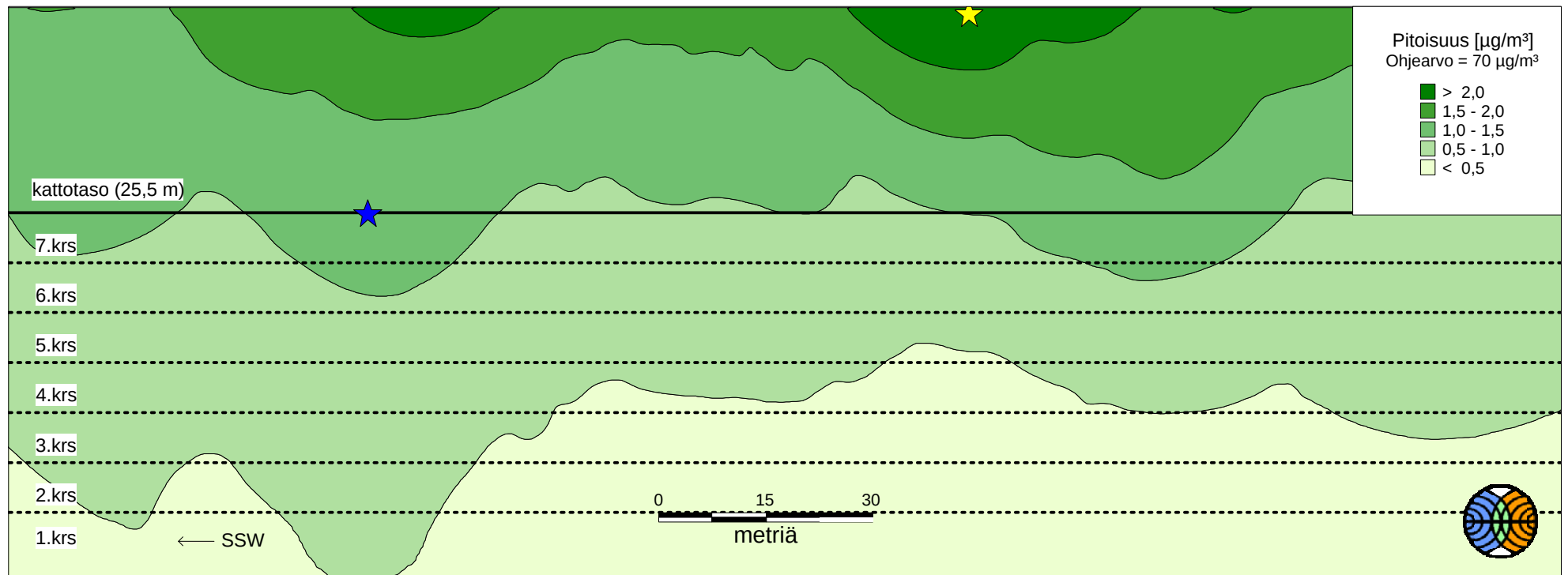


★ = julkisivun maksimi = $2,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$
★ = tulostustason maksimi = $5,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Ilmatieteen laitos 2002

Kuva 27. Typpidioksidin korkein vuorokausiohjearvoon verrannollinen pitoisuus julkisivutasolla E. Normaalipäästöt.
Vertikaalisuunta esitetty eri mittakaavassa kuin horisontaalisuunta.

LÄNSISATAMA

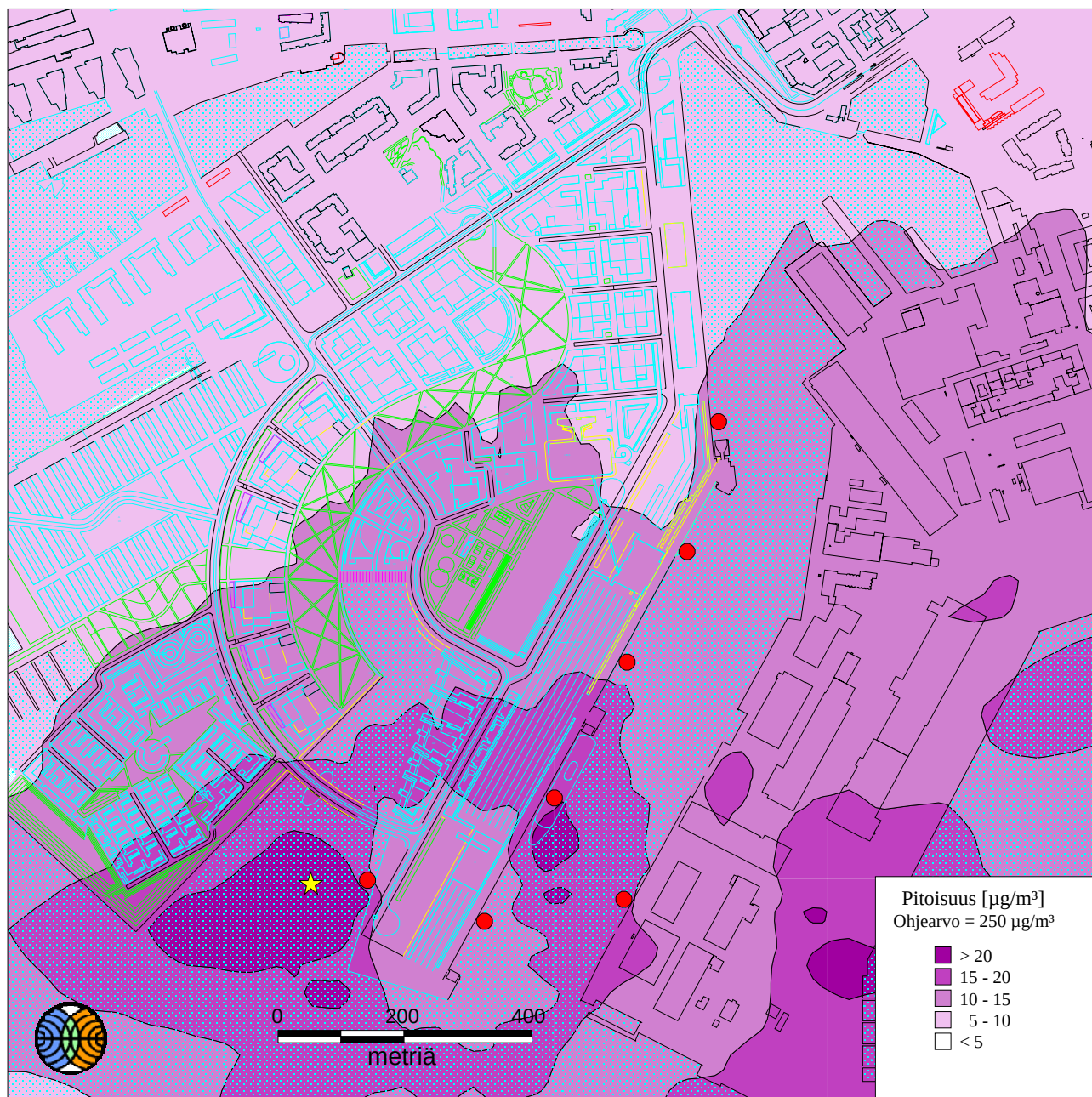


★ = julkisivun maksimi = $1,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$
★ = tulostustason maksimi = $2,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Ilmatieteen laitos 2002

Kuva 28. Hiukkaspitoisuuden toiseksi korkein vuorokausikeskiarvo julkisivutasolla E. Normaalipäästöt. Vertikaalisuunta esitetty eri mittakaavassa kuin horisontaalisuunta.

LÄNSISATAMA



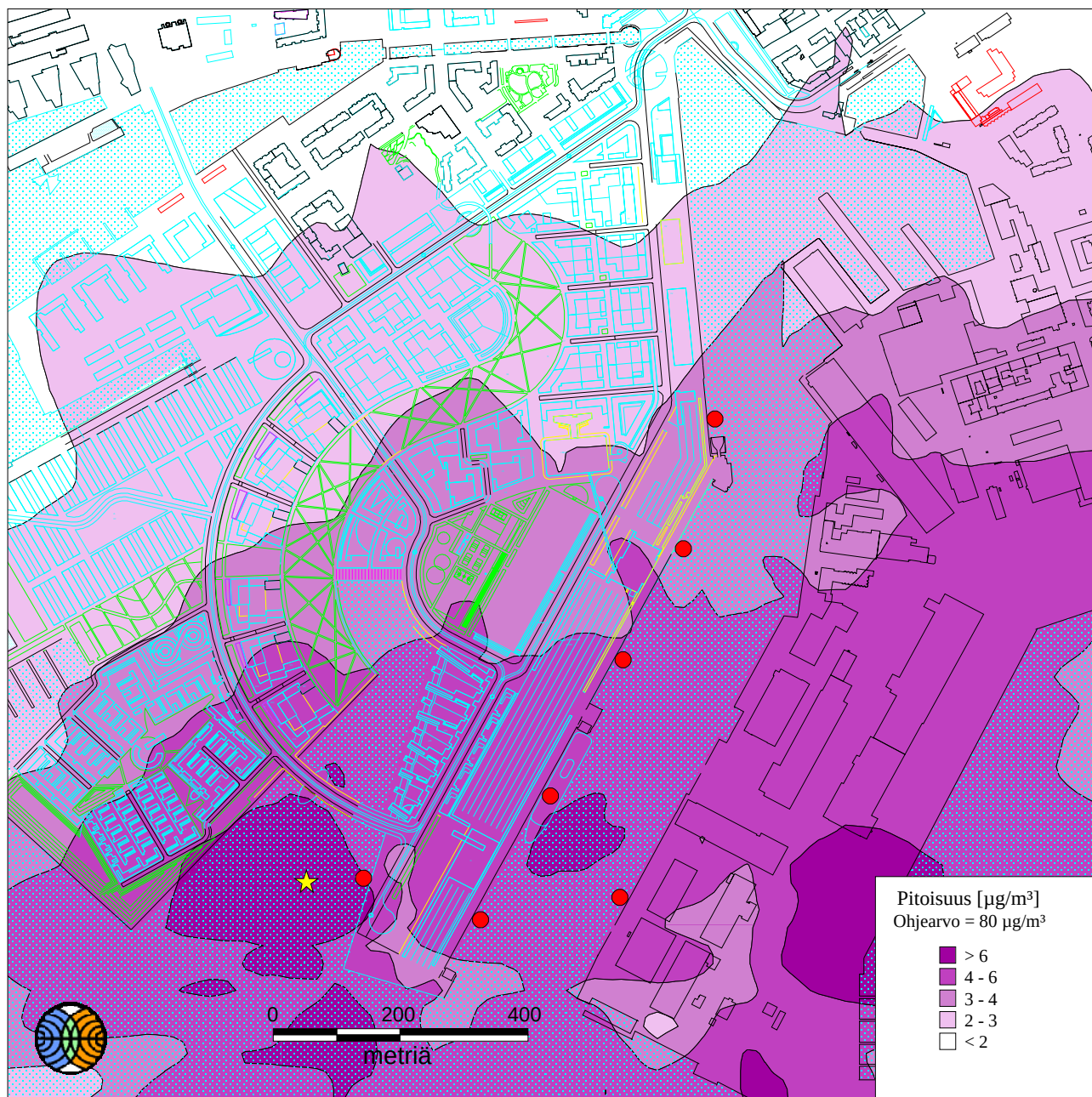
Ilmatieteen laitos 2002

● = päästölähde

★ = maksimi = $27.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Kuva 29. Rikkidioksidin korkein tuntiohjearvoon verrannollinen pitoisuus maanpintatasossa. Maksimipäästöt.

LÄNSISATAMA



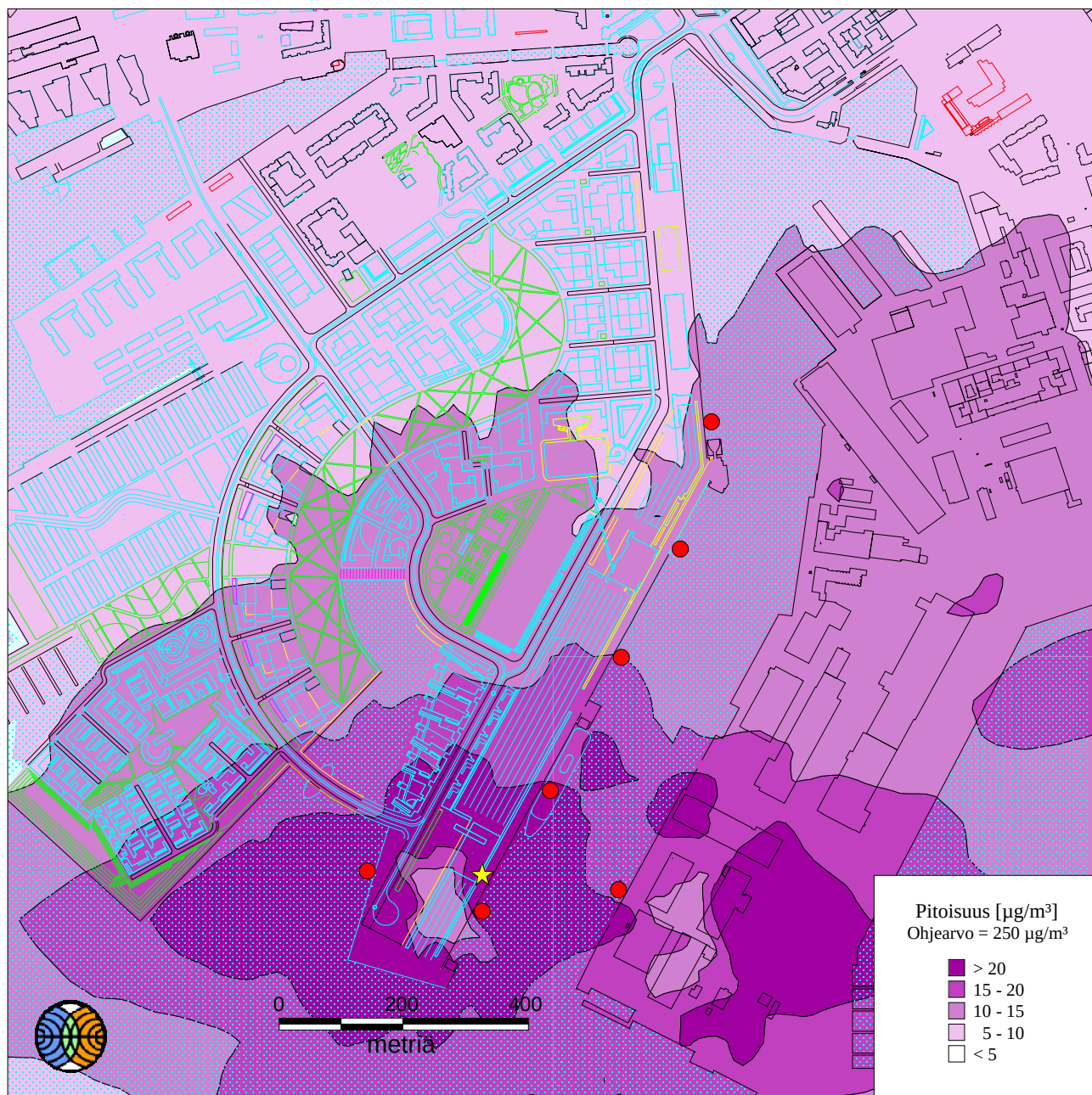
Ilmatieteen laitos 2002

● = päästölähde

★ = maksimi = $10.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Kuva 30. Rikkidioksidin korkein vuorokausiohjearvoon verrannollinen pitoisuus maanpintatasossa. Maksimipäästöt.

LÄNSISATAMA



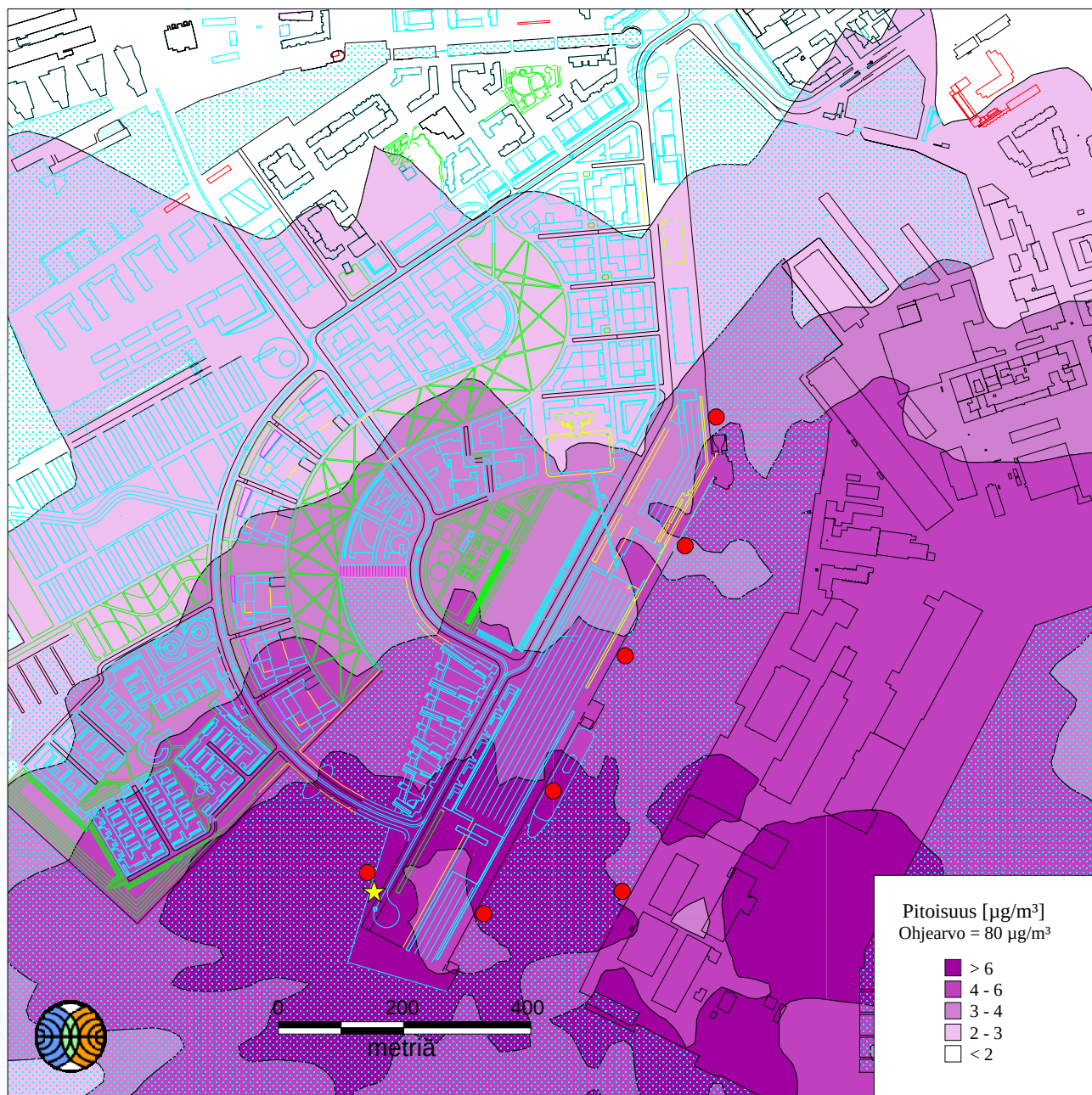
Ilmatieteen laitos 2002

● = päästölähte

★ = maksimi = $53.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Kuva 31. Rikkidioksidin korkein tuntiohjearvoon verrannollinen pitoisuus +22 metrin tasolla. Maksimipäästöt.

LÄNSISATAMA



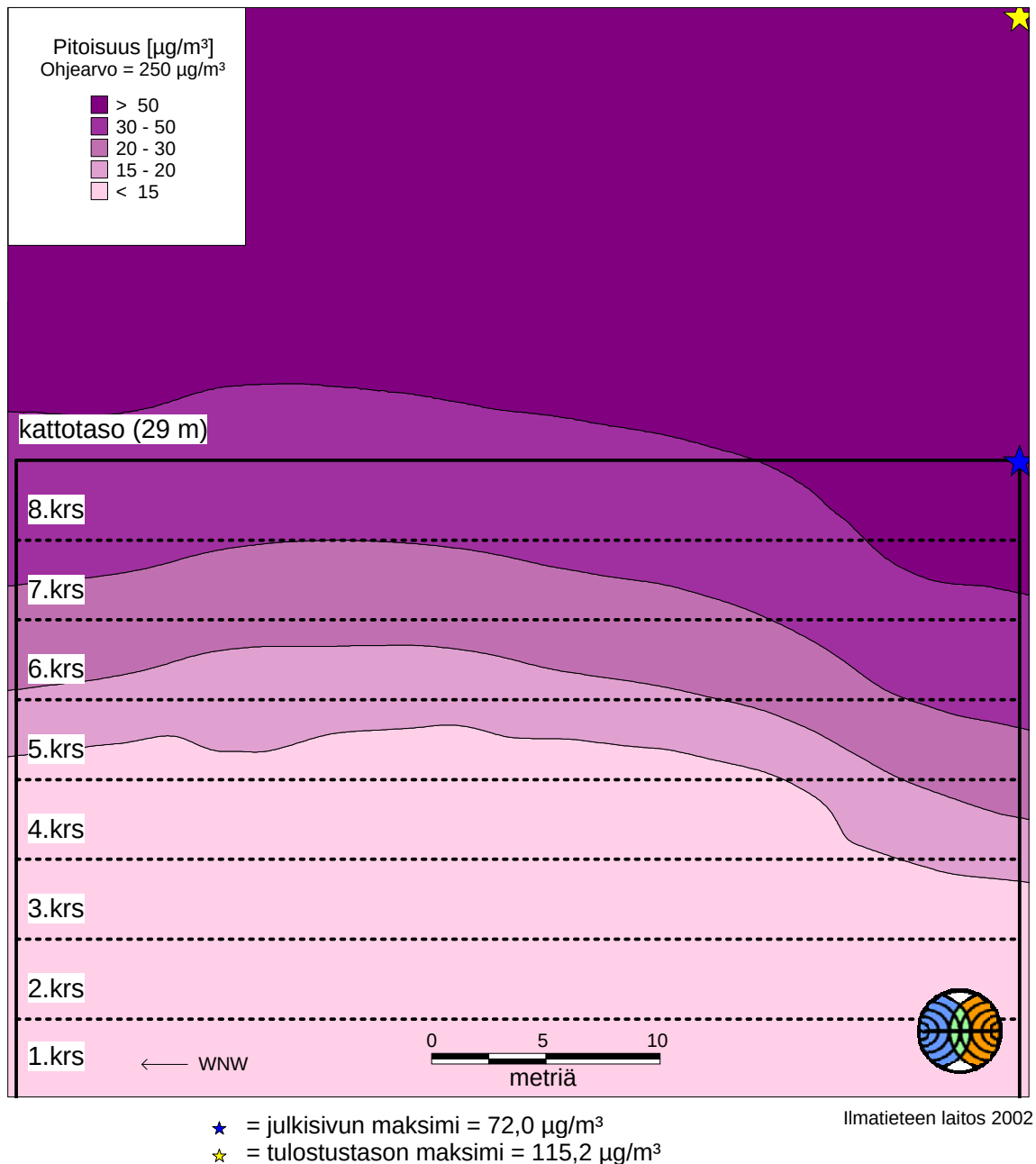
Ilmatieteen laitos 2002

● = päästölähte

★ = maksimi = $17.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$

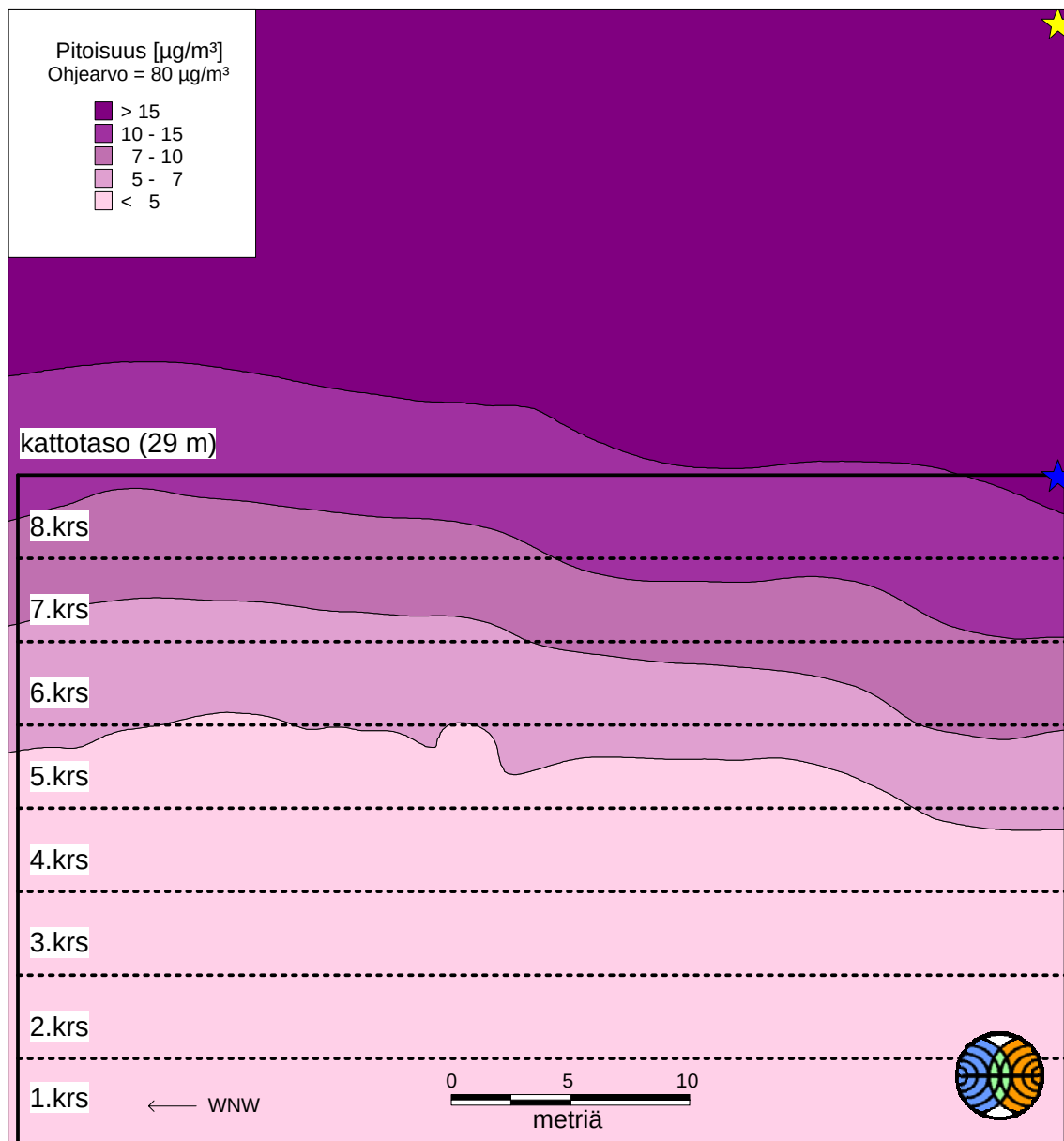
Kuva 32. Rikkidioksidin korkein vuorokausiohjearvoon verrannollinen pitoisuus +22 metrin tasolla. Maksimipäästöt.

LÄNSISATAMA



Kuva 33. Rikkidioksidin korkein tuntiohjearvoon verrannollinen pitoisuus julkisivutasolla D2. Maksimipäästöt.

LÄNSISATAMA

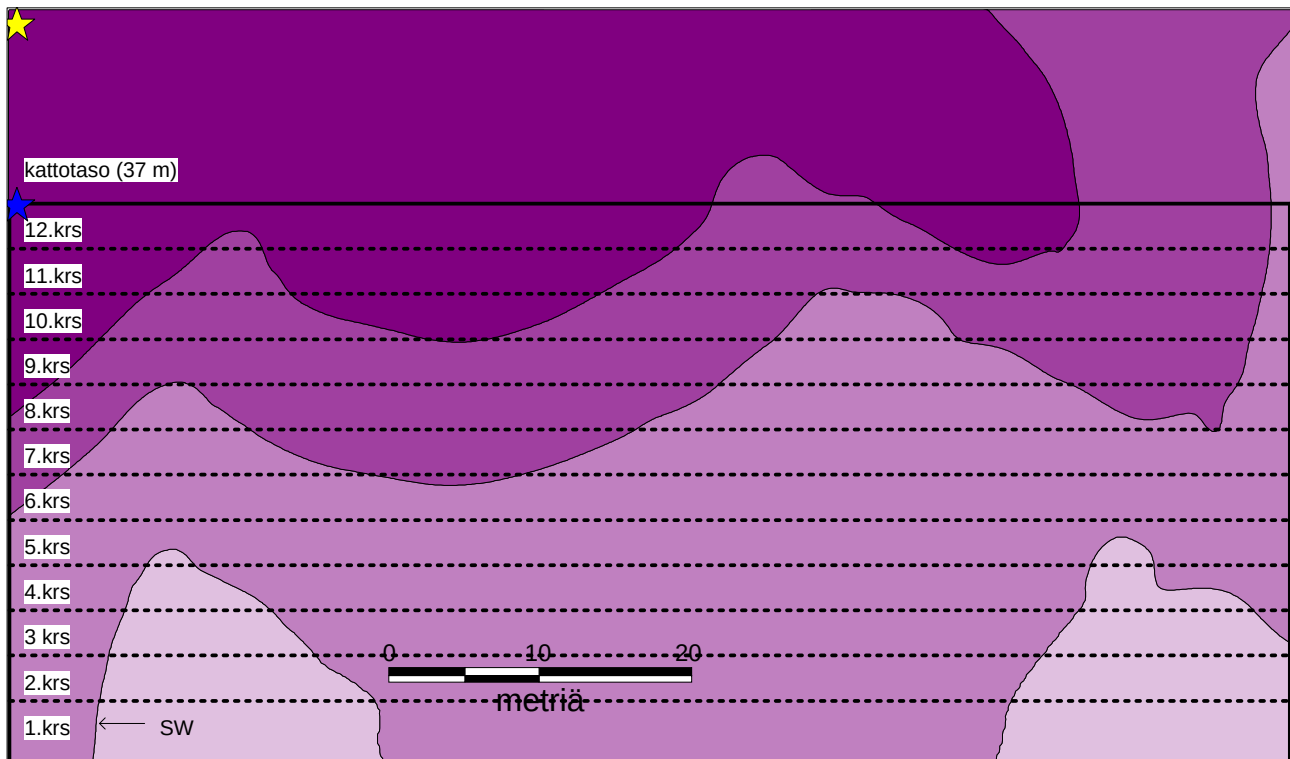


★ = julkisivun maksimi = $18,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$
 ★ = tulostustason maksimi = $33,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Ilmatieteen laitos 2002

Kuva 34. Rikkidioksidin korkein vuorokausiohjearvoon verrannollinen pitoisuus julkisivutasolla D2. Maksimipäästöt.

LÄNSISATAMA



Ilmatieteen laitos 2002

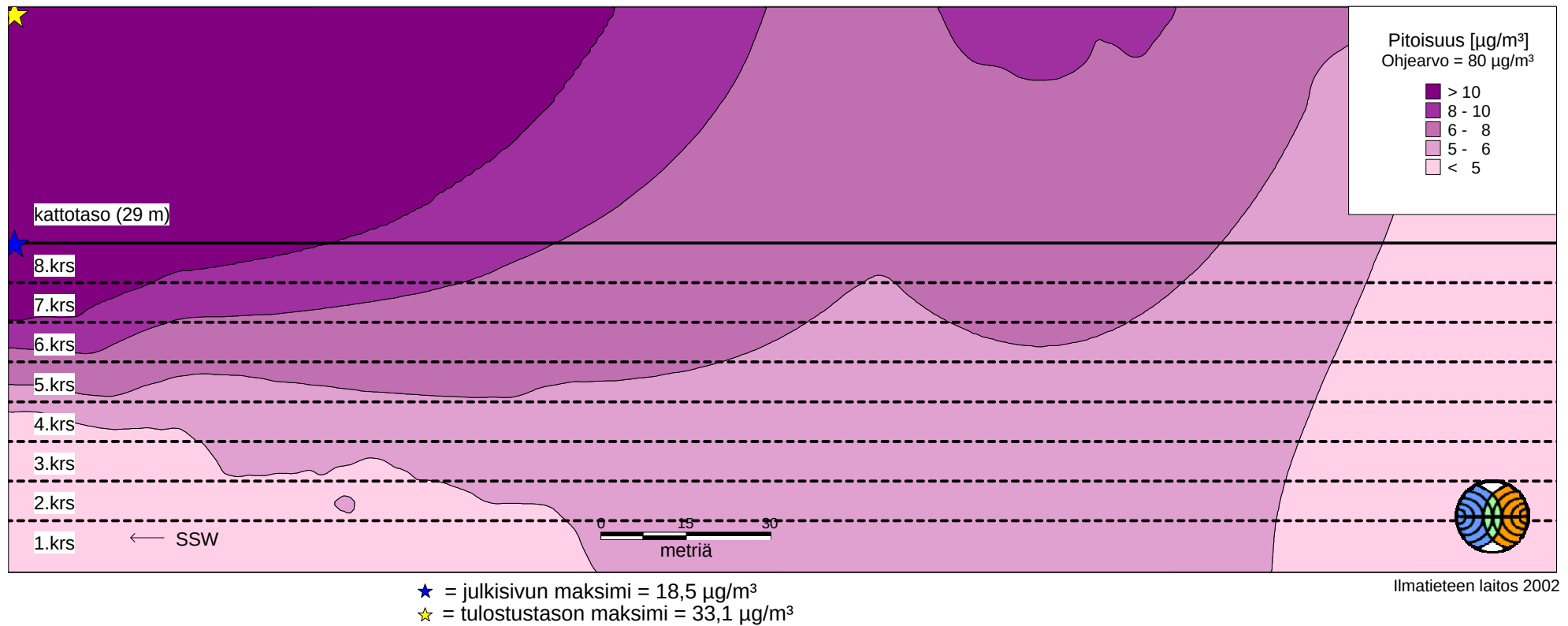
★ = julkisivun maksimi = $6,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$
 ★ = tulostustason maksimi = $7,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Pitoisuus [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
 Ohjearvo = $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$

■ > 6,0
 ■ 5,5 - 6,0
 ■ 5,0 - 5,5
 ■ < 5,0

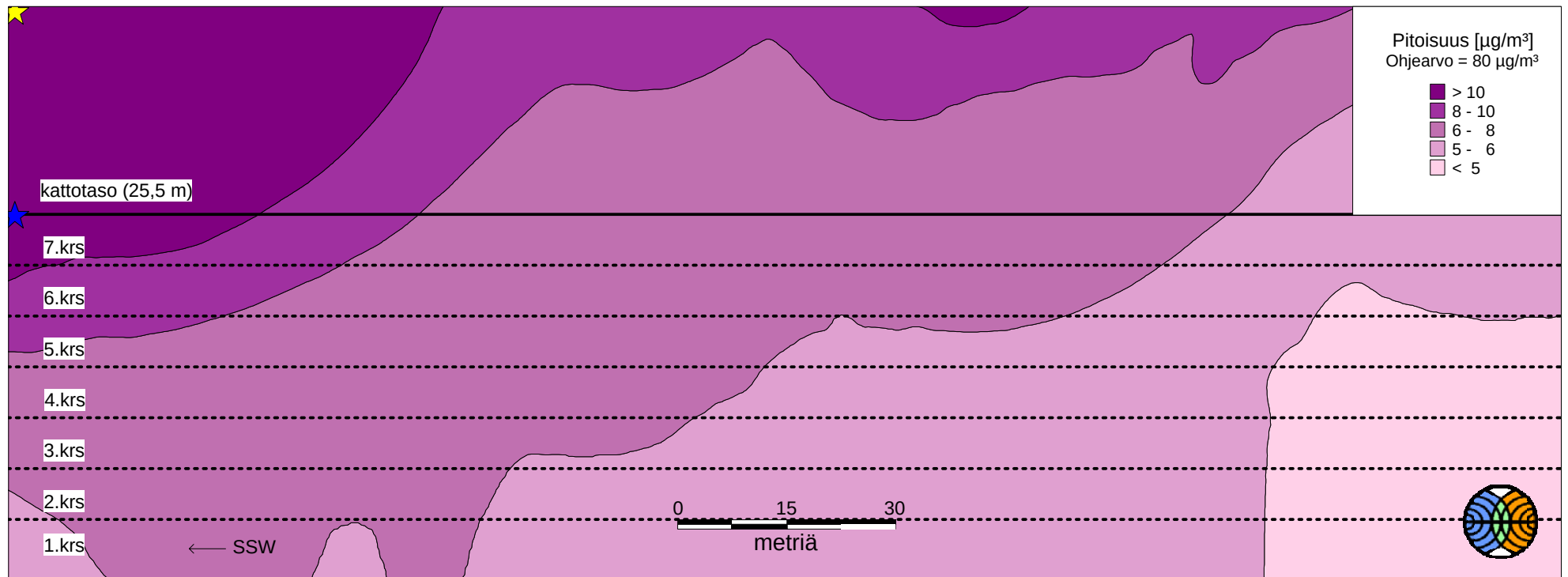
Kuva 35 . Rikkidioksidin korkein vuorokausiohjearvoon verrannollinen pitoisuus julkisivutasolla A. Maksimipäästöt.

LÄNSISATAMA



Kuva 36. Rikkidioksidin korkein vuorokausiohjearvoon verrannollinen pitoisuus julkisivutasolla D1. Maksimipäästöt. Vertikaalisuunta esitetty eri mittakaavassa kuin horisontaalisuunta.

LÄNSISATAMA



★ = julkisivun maksimi = $11,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$
★ = tulostustason maksimi = $19,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Ilmatieteen laitos 2002

Kuva 37. Rikkidioksidin korkein vuorokausiohjearvoon verrannollinen pitoisuus julkisivutasolla E. Maksimipäästöt.
Vertikaalisuunta esitetty eri mittakaavassa kuin horisontaalisuunta.



Foto: Erling Bassen Edle

UNITED
BY OUR
DIFFERENCE



Jätkäsaaren liikuntapuiston pohjoisosa ja koulun piha-alue

Lausunto tuulisuuden vaikutuksista

Toukokuu 2011

Laadunhallinta

Versio/muutokset	Versio 1	Muutos 1	Muutos 2	Muutos 3
Huomautukset		lopullinen		
Päiväys	11.4.2011	23.5.2011		
Laatija	Risto Kiviluoma	Risto Kiviluoma		
Allekirjoitus				
Tarkastanut				
Allekirjoitus				
Hyväksynyt				
Allekirjoitus				
Projektinumero				
Tiedosto				

KONSULTTI

WSP Finland Oy
Heikkiläntie 7D
00210 HELSINKI
Puh. +358 207 864 11
Faksi +358 207 864 800
www.wspgroup.fi

Yhdyshenkilö
Risto Kiviluoma

TILAAJA

Helsingin Kaupunki, Kaupunki-
suunnitteluvirasto

PL 2100
00099 HELSINGIN KAUPUNKI
puh. +358 9 310 1673
faksi +358 9 310 37409

www.hel.fi/ksv

Yhdyshenkilö
Jukka Tarkkala

Sisällys

1 Johdanto	4
2 Tuulisuus	8
2.1 Bunkkerin katon asuinhuoneistot ja kattopiha	8
2.2 Rakennuksen korkeuden vaikutus	9
2.3 Koulun piha	10
2.4 Asuinrakennusten kattoterassit	12
3 Tuulen ja pakkasen yhteisvaikutus	13
3.1 Pakkasindeksin raja-arvojen kestot	13
3.2 Rakennusten energiankulutus	13
4 Yhteenveto ja suositukset	14
Lähdeluettelo	15
Liite 1 Tuulennopeuden korkeusprofiilit	16

1 Johdanto

Jätkäsaaren liikuntapuiston pohjoisosan ja koulun alueelle (tämän lausunnon kohdealue) on vireillä asemakaavan muutos (kuva 1). Aluetta hallitsee olemassa oleva ja säilytettävä varistorakennus "bunkkeri". Bunkkeriin on suunniteltu mm. opetus- ja liikuntatiloja sekä katolle rakennettavia asuinhuoneistoja. Bunkkerin eteläpuolelle on suunniteltu korotettu koulun piha-alue, jonka alla on pysäköinti- ja huoltotila. Asemakaavan muutoksen alueeseen kuuluu myös kortteleita asuin- ja toimitilarakennuksille. Asuinrakennusten katoille on suunniteltu kattoterasseja.

Aikaisemman tuulisuusselvityksen [1] mukaan Jätkäsaari on Helsingin oloissa tuulinen alue johtuen sen sijainnista meren rannikolla. Alue on pääosin täyttömaata, ja siinä ei ole luonnollisia tuulensuojaa antavia elementtejä kuten metsää, pensaita tai maastonmuotoja.

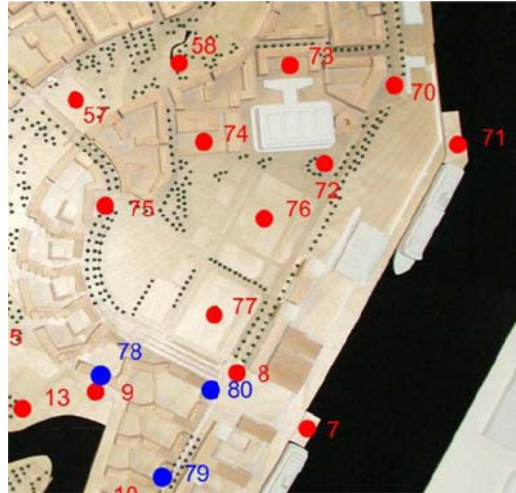
Kohdealueella Jätkäsaaren kaavoituksen viitesuunnitelmien mukaiset muut rakennukset antavat tuulensuojaa luoteis- ja pohjoistuulille.

Kohdealueella on tuulisuuskartoituksessa [1] ollut 5-7 määrittämisspistettä (kuva 2). Tulosten mukaan bunkkerin edessä keskituuli katutasossa $> 5 \text{ m/s}$ $P_E = 0,7 \%$ ajasta, eli keskimäärin 5 h/kk. Tuulen ja pakkasen yhteisvaikutusta kuvaavan pakkasindeksin esiintyminen on raja-arvolla $\leq -25^\circ\text{C}$ keskimäärin 25 tuntia vuodessa. Suojaisimmissa pisteissä Jätkäsaarella vastaava arvo on n. 1 h. Pakkasindeksiä $\leq -25^\circ\text{C}$ on käytetty raja-arvona olosuhteelle, jossa on olemassa selvästi kohonnut naaman paleltumisriski yli 30 min altistumisajalla.

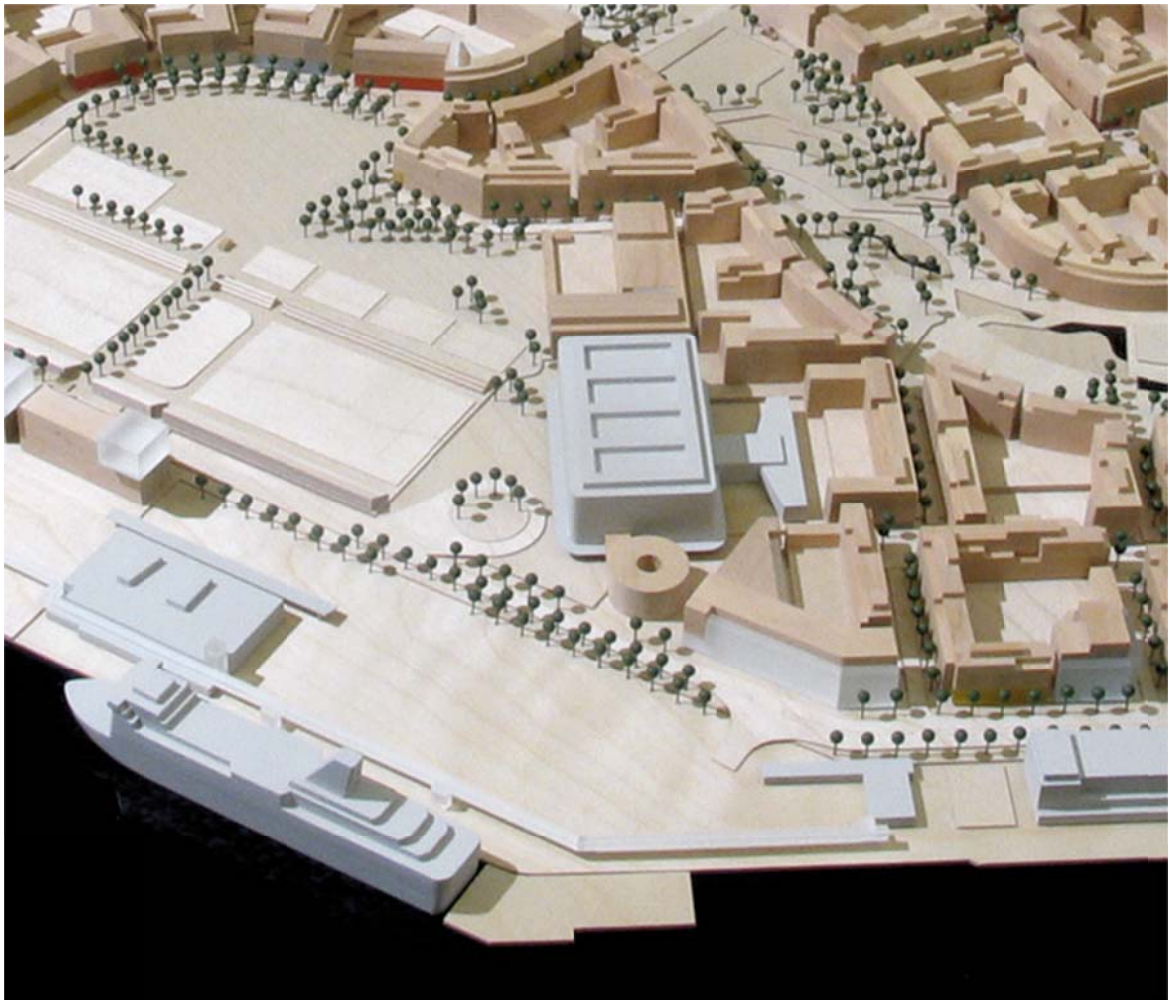


Kuva 1: Kohdealue osayleiskaavavaiheen kaupunkirakennemallissa.

a)



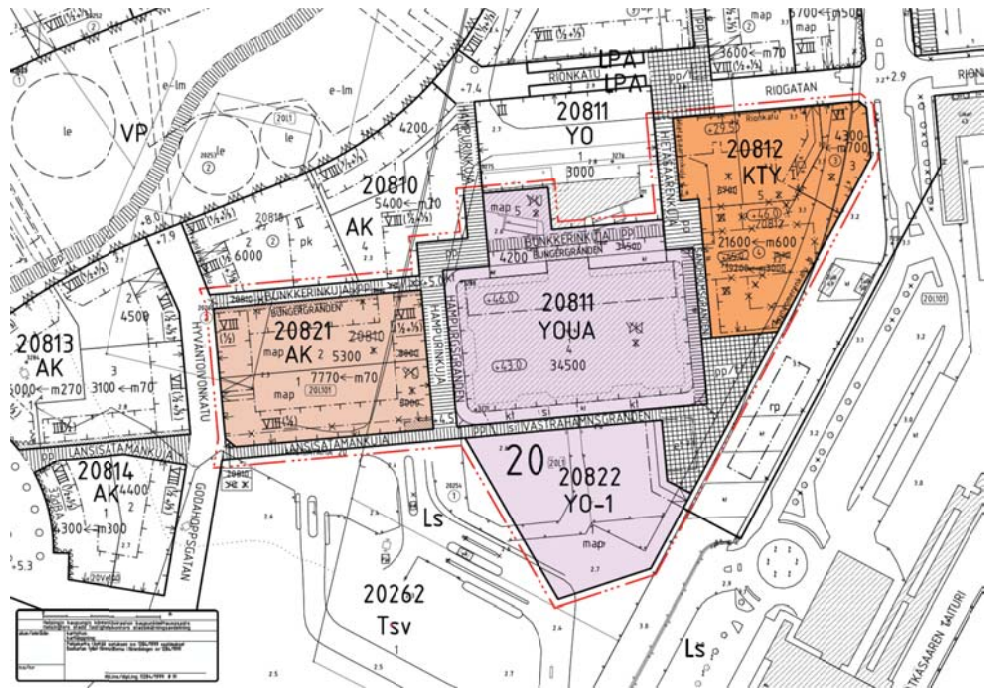
b)



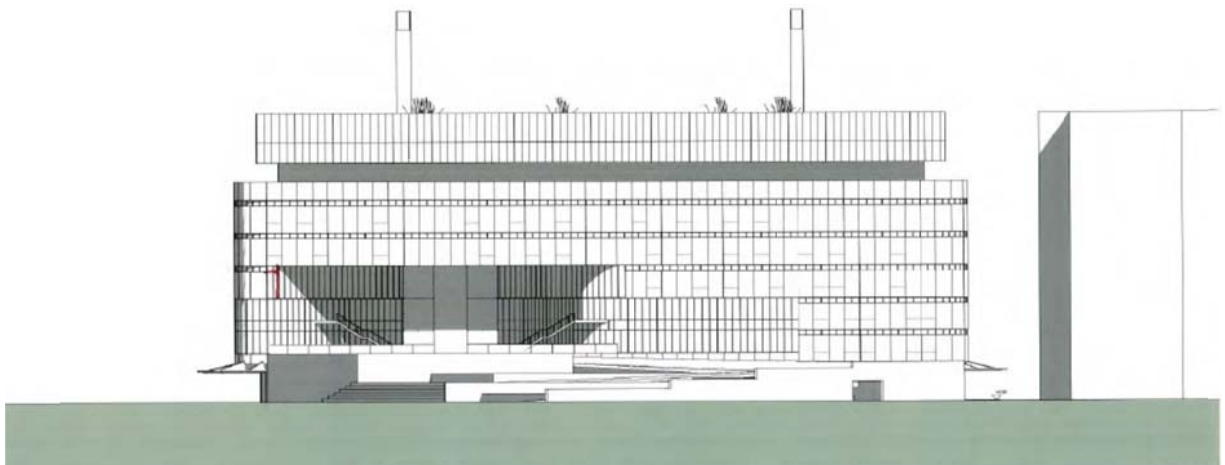
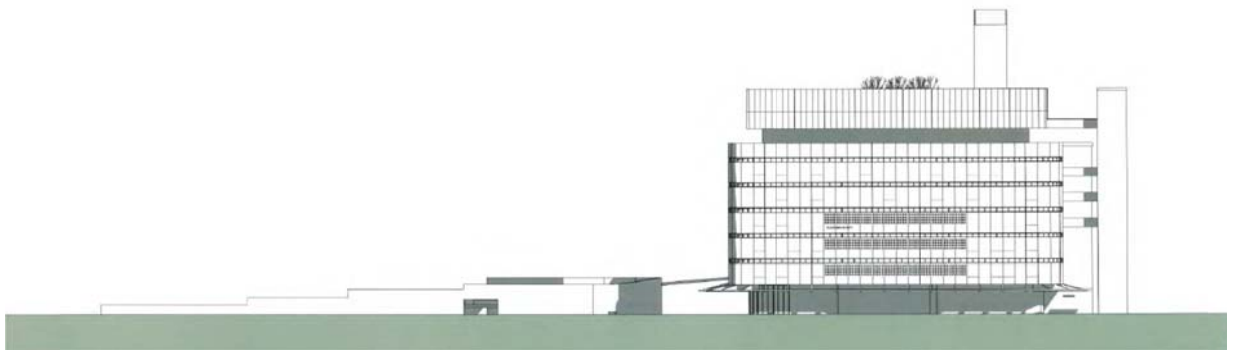
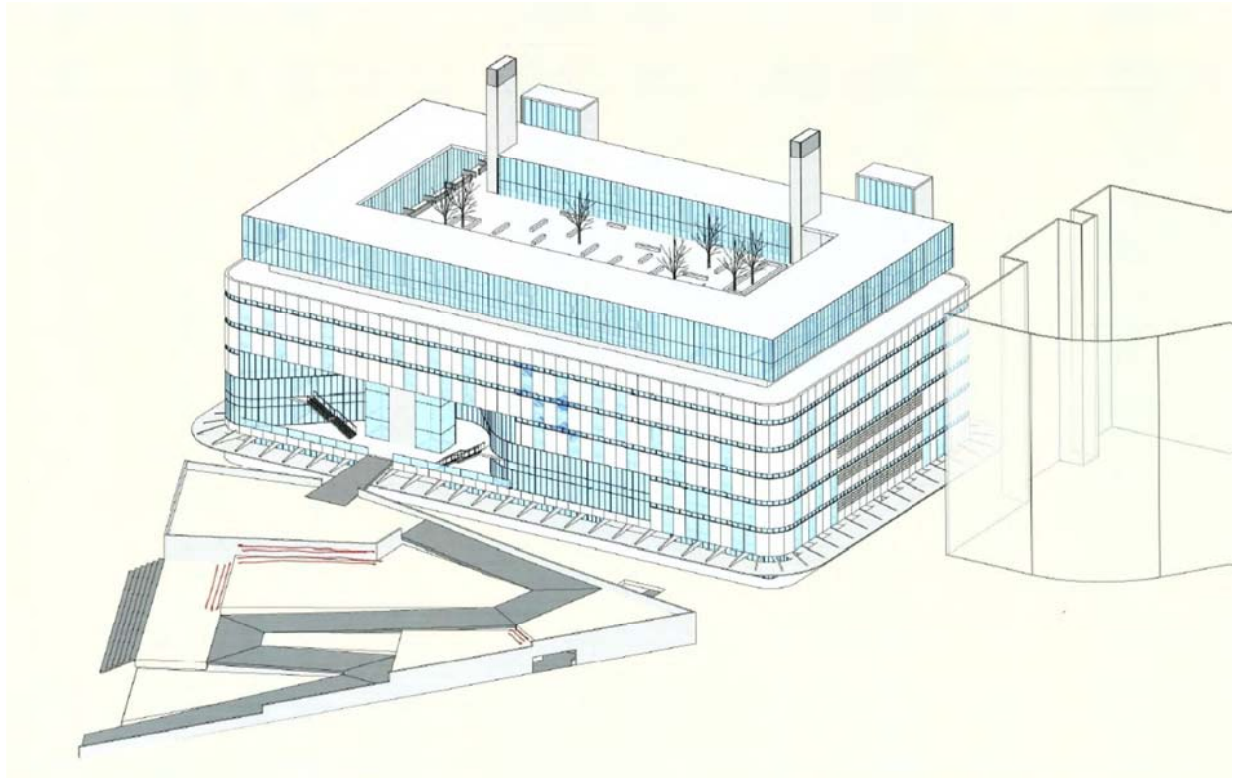
Kuva 2: a) Kaupunkirakennemallin tuulisuuskartoituksen mittauspisteitä [1] ja b) mittauksissa käytetty pienoismalli kohdealueella (kuva Kaupunkisuunnitteluvirasto).

Tämä lausunto koskee tuulisuuskysymystä kohdealueen asemakaavan muutoksen ja sen viitesuunnitelman luonnoksiin liittyen. Luonnoksia on havainnollistettu kuvissa 3 ja 4. Lausunto perustuu pääosin Jätkäsaaren osayleiskaavavaiheen kaupunkirakennemallin ja viitesuunnitelman erojen vaikutusten analysointiin, käyttäen apuna lähteen [1] tutkimuksessa saatuja tuloksia. Bunkkerin ja pihan suunnitelmana on käytetty PES-Arkkitehdit Oy:n suunnitelmaluonnosta 9.3.2011

Lausunnon tavoitteena on esittää viitesuunnitelmaluonnokseen liittyvät tuulisuuskysymykset kaavoituskäsittelyn ja jatkosuunnittelun tueksi.



Kuva 3: Kohdealueen kaavakarttaluonnos.



Kuva 4: Kohdealueen viitesuunnitelmaluonnos (kuva: PES-Arkkitehdit Oy).

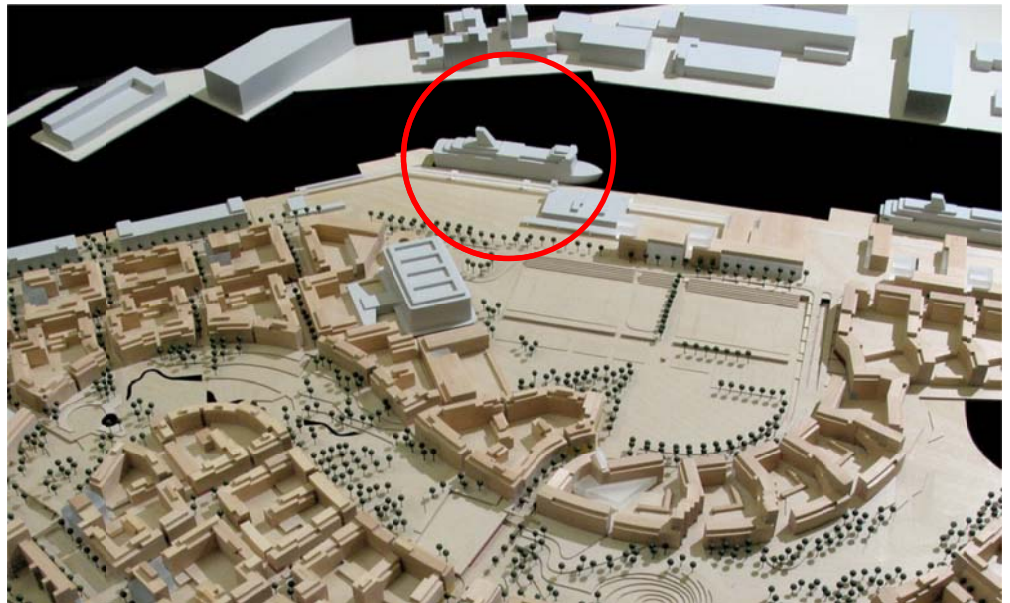
2 Tuulisuus

Kohdealueen tarkasteltava viitesuunnitelmaluonnos poikkeaa Jätkäsaaren osayleiskaavavaiheen kaupunkirakennemallin yhteydessä [1] tutkitusta erityisesti seuraavien tekijöiden osalta:

- bunkkerin katolle on suunniteltu asuinhuoneistoja ja kattopiha
- bunkkerin korkeus on kasvanut kahden kerroksen verran em. huoneistojen johdosta
- koulun piha-alue on korkeimmasta kohdastaan n. 4,5 m ympäröivää maanpintaa korkeammalla
- asuinrakennusten katoille on kaavailtu yleisesti terassikäyttöä.

Näitä, sekä muita tuulisuuden kanalta merkittäviä tekijöitä, on arvioitu tarkemmin ohessa.

Kuvan 5 mukaisesti osayleiskaavavaiheen tuulisuuskartoituksessa [1] on pienoismallissa mukana laiva, joka voi aiheuttaa tuulensuojaa tuulen suuntakulmalla 120°. Tätä lausuntoa varten em. tuulensuoja on otettu huomioon analysoimalla lähteen [1] data uudestaan käyttäen 120° arvolle 90° tulosta.



Kuva 5: Osayleiskaavavaiheen tuulitunnelikokeen pienoismalli [1]: laivan (ympyröity) mahdollisesti aiheuttama katve on otettu laskennallisesti huomioon tämän lausunnon tuloksissa.

2.1 Bunkkerin katon asuinhuoneistot ja kattopiha

Aikaisemman tutkimuksen [1] mukaan rakennusten katoilla (pisteet 78-80, kuva 2) voi esiintyä vaarallisen kovia tuulia. Ilman suojaavia rakenteita nämä kuuluisivat tuulisuuden suhteen luokkaan ”ei hyväksyttävä”.

Keski-Pasilan tutkimuksen [2,3] mukaisesti tuulisuus itse kattoterassissa on pienempää ja puuskaisempaa kuin talon katon päällä, ja riippuu rakennerkaisista (suojaavista seinistä, kaiteista yms.).

Katolle suunniteltujen huoneistojen ulkovaippa antaa tuulensuojaa ja tekee korkeutensa johdosta kattopihan tuulisuudesta hyväksyttävissä olevan. Tämän varmistamiseksi asuinhuoneistojen väliset 4 aukkoa tulisi poistaa (tai suojata asuinhuoneistojen korkeutta vastaavalla aidalla), koska nämä voivat aiheuttaa paikallisia virtauksia.

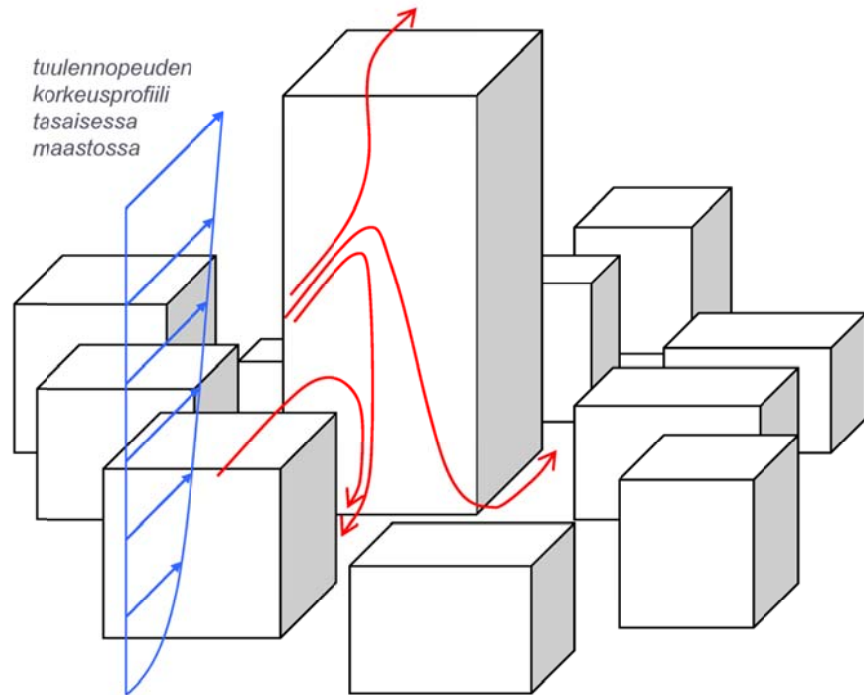
2.2 Rakennuksen korkeuden vaikutus

Ympäristöään selvästi korkeammat rakennukset lisäävät tuulisuutta ohjaamalla korkealla esiintyvät kovat tuulet osittain katutasoon (kuva 6). Tuulisuuden kannalta ympäristöään selvästi korkeampana rakennuksen pidetään rakennusta, jonka korkeus on vähintään kaksinkertainen ympäröivien rakennusten kattojen tasoon nähden.

Bunkkerin kerrosluvun kasvu kahdella ei tee bunkkerista tuulisuuden kannalta selvästi ympäristöään korkeampaa. Etelätuulten osalta tuulisuus bunkkerin ympärillä lisääntyy verrannollisena tuulennopeuden korkeusprofiiliin (liite 1).

Kerrosluvun kasvun johdosta tuulen puuskanopeus kasvaa katutasossa n. 2 %. Tuulisuudessa tämä vastaa n. 10 % lisäystä, jolla ei merkittävää vaikutusta aikaisemman tutkimuksen [1] tulintoihin.

Ottaen huomioon bunkkerin käyttö uudessa tarkoituksessa, bunkkerin alaosaa kiertävä olemassa oleva lastauslaiturin katos parantaa viihtyvyyttä tuulisuuden suhteen bunkkerin ympärillä. Uusille tuulisuutta korjaaville rakenteilla ei ole ilmeistä tarvetta.



Kuva 6: Periaatekuva ympäristöään korkeamman rakennuksen vaikutuksesta ilmvirtaukseen [4].

2.3 Koulun piha

Koulun pihan korotettu taso lisää tuulisuutta. Pihan korko kasvaa asteittain, mikä vaikuttaa tuulennopeuksien kasvuun lounaistuulien osalta (kuva 7).

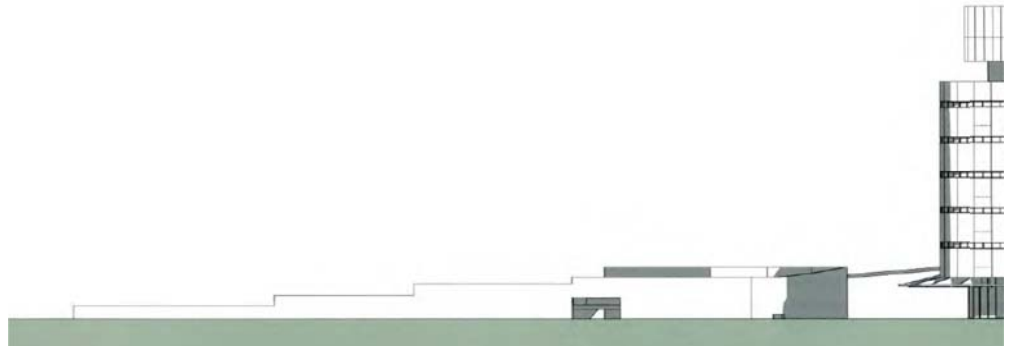
Suurimmillaan piha on n. 4,5 m ympäröivää maanpintaa korkeammalla. Liitteen 1 mukaisten tuulen korkeusprofiilien perusteella arvioituna katutason tuulien tarkastelussa tuulen keskinopeus on maksimissaan n. 1,5-kertainen. Vastaavasti tuulen puuskanopeus on n. 1,2-kertainen. Arvot riippuvat tuulen suunnasta ja tarkastelupisteestä pihalla.

Luoteen ja koillisen välisille tuulille (tuulen suuntakulmat 300° , 330° , 0° , 30° ja 60°) koulun piha jää bunkkerin suojaan, ja katutason tuulennopeudet eivät merkittävästi riipu pihan korosta.

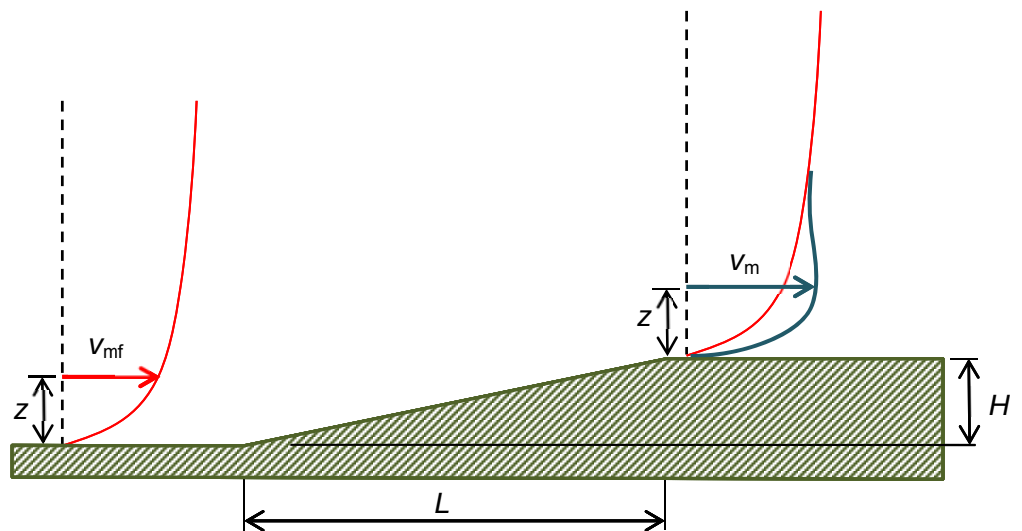
SFS-EN 1991-1-4:2005 [3] mukaan kuvan 5b otaksumilla saadaan, että lounaistuulten osalta tuulen keskinopeus on 1,09-kertainen ja puuskanopeus 1,06-kertainen.

Edellä mainitut arvot huomioon ottaen saadaan lähteen [1] mukaisen datan uudelleenanalysoinnilla koulun pihan (piste 72 kuva 2) tuulisuudelle arviot:

a)



b)



Kuva 7: a) Koulun pihan sivukuva viitesuunnitelmaluonnoksessa (kuva: kaupunkisuunnitteluvirasto) ja b) periaatekuva tuulennopeuden korkeusprofiilin muutoksesta maanpinnan korkeustason muuttuessa kiilamaisesti.

A-kriteeri (puuskatuuli > 10 m/s, kesäkausi): $P_E = 16$ h/kk (9 h/kk)

B-kriteeri (puuskatuuli > 13 m/s, kesäkausi): $P_E = 2,8$ h/kk (0,9 h/kk)

C-kriteeri (puuskatuuli > 16 m/s): $P_E = 8,9$ h/v (2,0 h/v)

D-kriteeri (puuskatuuli > 23 m/s): $P_E = 0,33$ h/v (0,02 h/v)

missä suluissa on esitetty P_E :n arvo osayleiskaavavaiheen mallissa ja

A-kriteeri: pitkäaikainen paikoillaan olo epäviihtyisää kun $P_E > 0,4$ h/kk

B-kriteeri: lyhytaikainen paikoillaan olo epäviihtyisää kun $P_E > 0,4$ h/kk

C-kriteeri: kävely epäviihtyisää kun $P_E > 2,2$ h/v

D-kriteeri: tuulisuus vaarallisen voimakasta, korjaavat toimenpiteet välttämättömiä kun $P_E > 2,2$ h/v.

Tuulen keskinopeudelle > 5 m/s saadaan $P_E = 26$ h/v (6 h/v). Prosenteissa ilmaistuna, vastaavasti, $P_E = 3,7$ % (0,8 %).

2.4 Asuinrakennusten kattoterassit

Asuinrakennusten kattoterasseille pätevät kohdan 2.1 mukaiset huomiot. Ilman suojaavia rakenteita on todennäköistä, että kattoterassit kuuluisivat tuulisuuden suhteen luokkaan "ei hyväksyttävä". Terassien aidoilla tai suojaavilla seinillä voidaan parantaa viihtyvyyttä tuulisuuden suhteen.

3 Tuulen ja pakkasen yhteisvaikutus

3.1 Pakkasindeksin raja-arvojen kestot

Koulun pihan viereisen urheilukentän osalta osayleiskaavavaiheen viite-suunnitelman mukaisten arvojen [1] voidaan olettaa pätevän myös tarkasteltavalle viitesuunnitelmaluonnokselle. Nämä ovat:

$P < -5^{\circ}\text{C}$; 68 vrk/v

$P < -15^{\circ}\text{C}$; 11 vrk/v

$P < -25^{\circ}\text{C}$; 28 h/v

$P < -35^{\circ}\text{C}$; 0 min/v

missä P on pakkasindeksi, joka on laskettu tarkastelupisteen keskituulten perusteella.

Koulun pihan alueella korotetun piha-alueen aiheuttama tuulen keskinopeuden kasvu lisää myös pakkasindeksin raja-arvojen mukaisia kestoja. Piha-alue on kuitenkin suojassa kylmiltä pohjoistuulilta. Lisällä ei lähteen [1] mukaisten tulosten uudelleenanalysoinnin perusteella ole oleellista merkitystä, ja koulun pihalle pätevät aikaisemmat tulokset:

$P < -5^{\circ}\text{C}$; 70 vrk/v

$P < -15^{\circ}\text{C}$; 12 vrk/v

$P < -25^{\circ}\text{C}$; 25 h/v

$P < -35^{\circ}\text{C}$; 0 min/v.

3.2 Rakennusten energiankulutus

Tuulisuus vaikuttaa rakennusten energiankuluksiin mm. rakennusvaipan aukkojen (vuotokohtien) viilennysvaikutuksen johdosta. Esim. bunkkerin katon huoneistojen julkisivut ovat alttiita viilennysvaikutukselle.

4 Yhteenveto ja suositukset

- Bunkkerin katolla, ilman tuulen-suojaan antavia rakenteita, voi esiintyä vaarallisen kovia tuulia ja katto kuuluisi tuulisuuden suhteen luokkaan ”ei hyväksyttävä”. Katolle suunnitellut rakenteet antavat tuulensuojaa ja tekevät korkeutensa johdosta kattopihan tuulisuudesta hyväksyttävissä olevan. Tämän varmistamiseksi huoneistojen väliset 4 aukkoa tulisi poistaa (tai suojata seinän korkeutta vastaavalla aidalla), koska nämä voivat aiheuttaa paikallisia virtauksia
- koulun piha on yhteyksien ja alla sijaitsevan pysäköintirakennuksen takia suurimmillaan n. 4,5 m ympäröivää maanpintaa korkeammalla, mikä lisää tuulisuutta. Suoritetun analyysin perusteella koulun pihan tuulisuus on noin puolet Jätkäsaaren tuulisimmasta pisteestä saaren lounaisnurkassa
- koulun pihan katutason keskituulennopeuden > 5 m/s kestoille on saatu arvio $P_E = 3,7$ %. Toisinaan käytetty nyrkkisääntö on, että jos $P_E > 5$ % tuulisuutta ja korjaavia rakenteita tulisi tutkia tarkemmin. Tämä, samoin kuin vaarallisen kovan puuskatuulen (> 23 m/s) kriteerikään ei osoita, että tuulisuutta korjaavat rakenteet olisivat välttämättömiä
- koulun pihan pakkasen purevuuden tarkastelussa tuulisuuden kasvu ei tarkoita pakkasindeksin kestojen merkittävää kasvua. Tähän vaikuttaa se, että kohdealue jää rakennusten suojaan kylmimpien pakkaspäivien pohjoistuulissa
- koulun pihan korjaavien toimenpiteiden (puoliläpäisevät aidat, pensasistutukset yms.) suunnittelu on suunnitelman laatutasoon liittyvä arvostuskysymys: onko viihtyvyyteen vaikuttavien yli 5 m/s katutason keskituulien muutos arvosta 6 h/v arvoon 26 h/v merkittävä. Koska kävelyä koskevan kriteerin (puuskatuuli > 16 m/s) kestot ovat kasvaneet kriteerin niukasti täyttävästä arvosta $P_E = 2,0$ h/v arvoon $P_E = 8,9$ h/v voitaisiin tuulisuutta parantavia toimenpiteitä pitää jatkosuunnittelussa mukana tarkasteluissa. Esim. mikäli piha suojataan meluaidalla, voisi aidan yläosaan sijoittaa puoliläpäisevän osan pyörteiden hajottamiseksi
- kohdealueella asuinrakennusten kattoterasseilla voi esiintyä vaarallisen kovia tuulia, erityisesti niiden terassien osalta, jotka ovat ympäröivien kattojen tasolla. Kovat tuulet tulisi ottaa huomioon terassien kaiteiden tai suojaavien seinien suunnittelussa sekä muissa rakenteissa
- yhteenvetona viitesuunnitelman luonnoksessa ei ole tuulisuuden suhteen kaavoitusmielessä huomautettavaa, lukuun ottamatta em. bunkkerin katon asuinrakennusten välisten aukkojen suojaamista.

Lähdeluettelo

1. Helsingin kaupunki, kaupunkisuunnitteluvirasto: Jätkäsaaren kaavoitus, tuulisuuden sekä pakkasen ja tuulen yhteisvaikutuksen kartoitus, tutkimusraportti versio C, WSP Finland Oy, 2007, s. 79.
2. Helsingin kaupunki, kaupunkisuunnitteluvirasto: Keski-Pasilan asema-kaavoitus, tuulisuuskartoitus, WSP Finland Oy, 2010, s. 53.
3. Helsingin kaupunki, kaupunkisuunnitteluvirasto: Keski-Pasilan asema-kaavoitus, täydentävät tuulitunnelikokeet, WSP Finland Oy, 2010, s. 30.
4. Helsingin kaupunki, kaupunkisuunnitteluvirasto: Saukonlaiturin asema-kaava, lausunto tuulisuuden vaikutuksesta. WSP Finland Oy, 2010, s. 20.
5. SFS-EN 1991-1-4:2005 Eurocode1: Rakenteiden kuormat. Yleiset kuormat. Osa 1-4: tuulikuormat. 255 s.

Liite 1 Tuulennopeuden korkeusprofiilit

Tuulennopeuksien korkeusprofiilit standardi-maastoluokissa on esitetty oheisessa kuvassa. Arvot on skaalattu tuulennopeuksien laskennallisella suhteella 10 m korkeudella (avoin maasto keskituuli 20 m/s). Profiilit pätevät ns. nollatason yläpuolella, joka kaupunkien keskustan tapauksessa on hieman kattojen keskimääräistä tasoa alempana.

