

Vastaanottaja
Arkta Rakennuttajat Oy

Asiakirjatyyppi
Raportti

Päivämäärä
12.3.2018 LUONNOS

RAHOLAN RADANVARSIKORTTELI

TÄRINÄ- JA RUNKOMELUSELVITYS

RAHOLAN RADANVARSIKORTTELI TÄRINÄ- JA RUNKOMELUSELVITYS

Päivämäärä **12.3.2018 LUONNOS**
Laatija **Ville Lehtonen**
Kuvaus **Tärinä- ja runkomeluseelvitys**

Viite 1510040110-4

SISÄLTÖ

1.	Yleistä	1
2.	Lähtökohdat	2
2.1	Yleistä kohteesta	2
2.2	Maaperäolosuhteet	3
2.3	Raideliikenne	4
2.4	Katuliikenne	4
3.	Tärinän arviointiin liittyvä ohjeistus ja menettelytavat	5
3.1	Yleistä	5
3.2	Tärinähaitan arviointiperusteet	5
4.	Tärinätarkastelut	6
4.1	Laskennallinen tarkastelu	6
4.2	Mittaukset	7
4.3	Mitattu rakennusten perustusten värähtely	8
5.	Runkomelutarkastelut	11
5.1	Ohjearvot ja arviointiperusteet	11
5.2	Laskennallinen tarkastelu	12
5.3	Mittaukset ja tunnusluvut	12
6.	Tulosten arviointi ja johtopäätökset	14
6.1	Yleistä	14
6.2	Tärinä	14
6.3	Runkomelu	14
6.4	Yhteenveto	14
7.	Tärinän ja runkomelun arvioinnissa käytetty ohjeistus	15

LIITTEET

Liite 1

Tärinämittaukset

1. YLEISTÄ

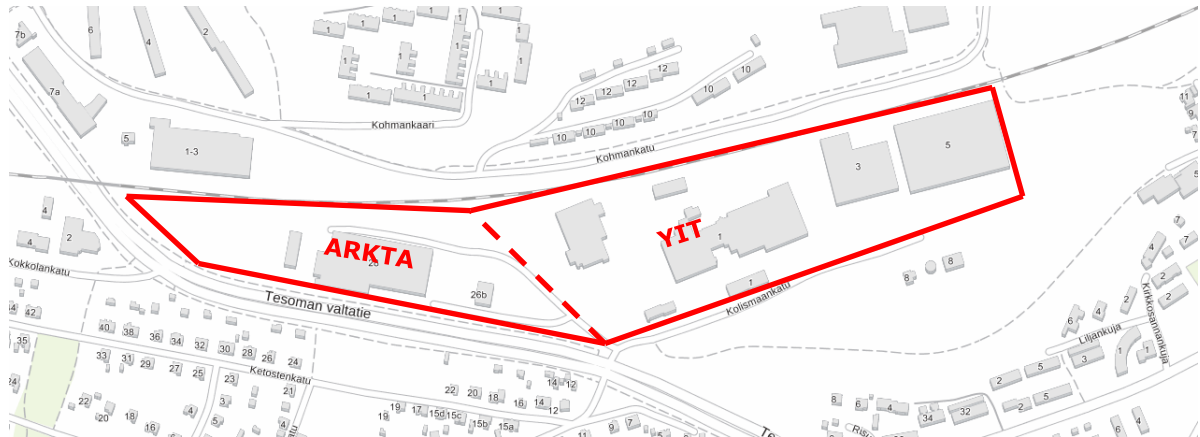
Tampereen kaupungissa on käynnissä kehityshanke koskien Raholan radanvarsikortteliä. Tässä työssä on selvitetty mittausten perusteella raide- ja katuliikenteestä aiheutuvan tärinän ja runkomelun voimakkuus suunnittelualueella yleissuunnitelmatasoisesti. Tässä raportissa kuvattu selvitys on alustava, ja sitä on tarkoitus tarkentaa keliolosuhteiden muuttuessa.

Työn on tilannut Arkta Rakennuttajat Oy (tilaajan yhteyshenkilö hankekehityspäällikkö Anssi Kankaanpää). Ramboll Finland Oy:ssä työn on suorittanut TKT Ville Lehtonen. Mittaukset suoritti alikonsultti Finnrock Oy.

2. LÄHTÖKOHDAT

2.1 Yleistä kohteesta

Suunnittelualueen sijainti on esitetty karttaotteesta (kuva 2.1). Alue sijaitsee Tampereen Raholassa Tesoman valtatie, Kolismaankadun ja Tampere-Pori -radan rajaamalla alueella. Suunnittelualueen pituus radan suunnassa on noin 950 m ja leveys rataa nähden kohtisuorassa suunnassa on suurimmillaan noin 160 m.



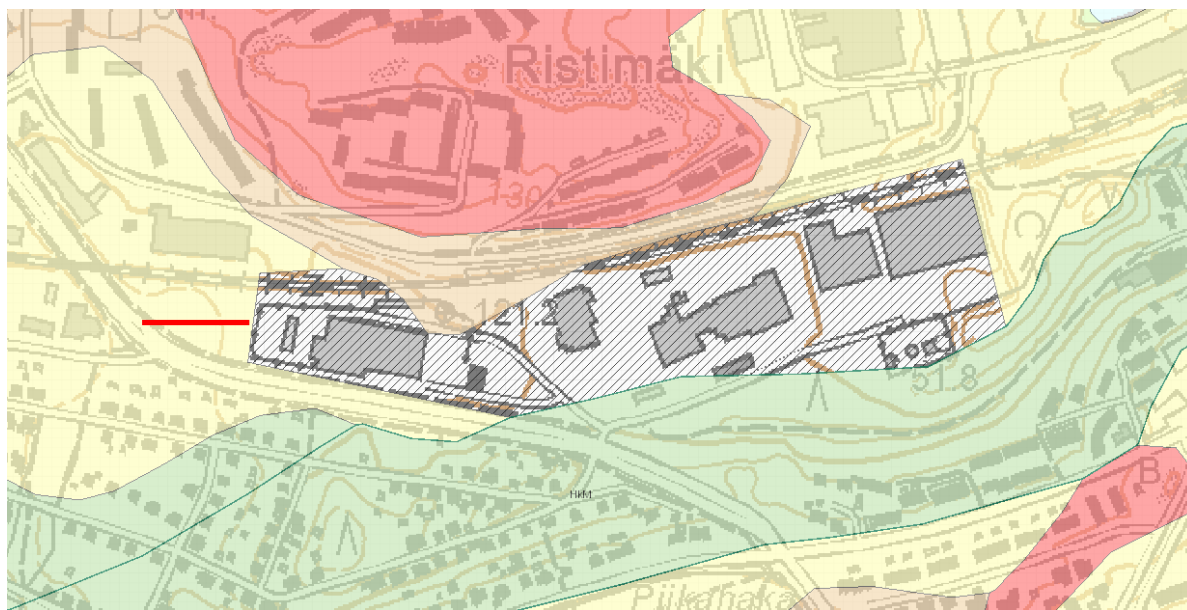
Kuva 2.1. Suunnittelualueen suuntaa-antava rajaus, ei mittakaavassa (Kartta:Maanmittauslaitos)

Selvitys liittyy Raholan radanvarsikorttelin kehityshankkeeseen, jossa selvitetään alueen soveltuvuutta asuin- ja liikerakentamiselle. Selvitys koskee sekä Arkta Rakennuttajat Oy:n että YIT:n hallinnoimia alueita.

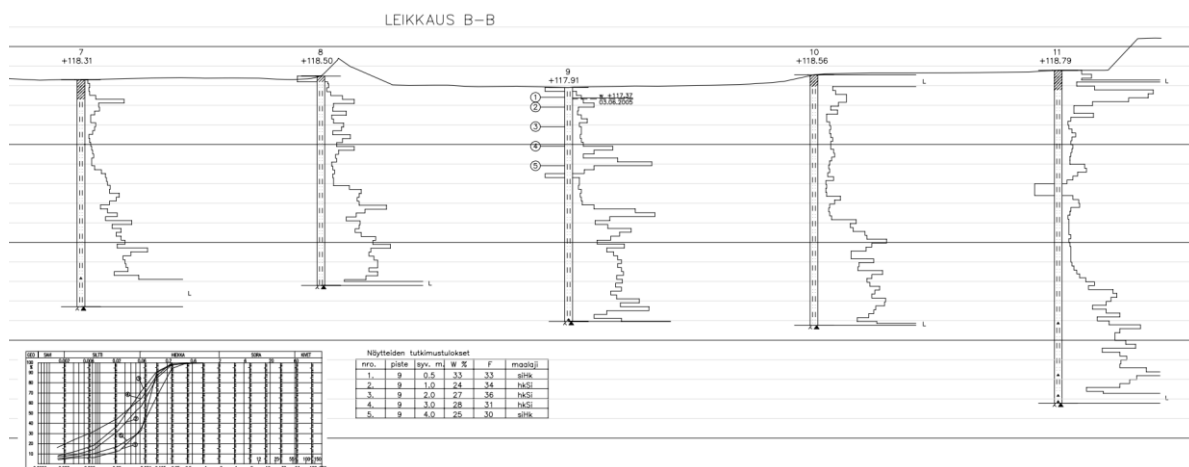
Kehityshankkeiden suunnittelualueet jakaantuvat edelleen useisiin kiinteistöihin, joilla on eri omistajia ja käyttäjiä. Alueella sijaitsee nyt useita toiminnassa olevia teollisuus- ja liikekiinteistöjä.

2.2 Maaperäolosuhteet

Maaperä suunnittelualueella on GTK:n maaperäkartan (kuva 2.2) ja alueen länsiosasta tehtyjen pohjatutkimusten (kuva 2.3) perusteella pääosin silttiä tai hiekkaa. Alueen rakennettujen osien maaperä on osittain vaihdettu karkeampirakeisiin täyttöihin, mutta kirjoitusvaiheessa pohjasuhteet ovat tarkasti tiedossa vain alueen suhteellisen luonnontilaisesta länsiosasta. Luonnollinen pohjamaa voidaan kuitenkin olettaa pääosin siltiksi tai hiekaksi. Alueen länsiosassa löyhät siltti- tai hiekkakerrokset ovat paksuudeltaan noin 5-10 m, minkä alla on noin 5 m paksu, keskitiivis kittkamaakerros.



Kuva 2.1. Maaperäkartan tuloste suunnittelualueelta. Kuvan 2.2 pohjatutkimusleikkaus on merkitty kuvaan punaisella viivalla. Keltainen = aedgsdfgdf (Kartta:Maanmittauslaitos)



2.3 Raideliikenne

Suunnittelualueen pohjoispuolella sijaitsee Tampere-Pori -rata, joka on selvästi suurin liikennetärinän lähde. Radan junaliikennetiedot on esitetty taulukossa 2.1.

Taulukko 2.1. Junaliikenteen nykytila ja ennuste vuodelle 2035. (VR Track Oy 2018)

Junatiedot, Tampere

Arkivuorokausi

NYKYTILANNE

Tyyppi	Selitys	Päivä klo. 7-22 [kpl]	Yö klo. 22-7 [kpl]	Pituus [m]	Suosittelu nopeus/ nopeusrajoitus [km/h]	Todellinen nopeus [km/h]
Sr	Sr1- tai Sr2-veturin vetämät henkilöliikenteen junat (punaiset, siniset tai yksikerroksiset IC-vaunut)	-	-			
IC2	Sr2-veturin vetämät kaksikerroksisista IC-vaunuista koostuvat junat	13	3	120	140	120
F-TaJu	suomalaisista tavaravaunuista koostuvat tavarajunat	10	6	425	100	70

ENNUSTETILANNE 2035

Tyyppi	Selitys	Päivä klo. 7-22 [kpl]	Yö klo. 22-7 [kpl]	Pituus [m]	Suosittelu nopeus/ nopeusrajoitus [km/h]	Todellinen nopeus [km/h]
Sr	Sr1- tai Sr2-veturin vetämät henkilöliikenteen junat (punaiset, siniset tai yksikerroksiset IC-vaunut)	-	-			
IC2	Sr2-veturin vetämät kaksikerroksisista IC-vaunuista koostuvat junat	15	3	120	140	120
F-TaJu	suomalaisista tavaravaunuista koostuvat tavarajunat	12	10	425	100	70

Lähteet:

Liikennevirasto, Liikenneolosuhteet 2035 (32/2011)

Liikennevirasto, Rataverkon tavaraliikenne-ennuste 2035 (39/2014)

Liikennevirasto, Tulevaisuuden henkilöliikenneselvitys, päivitys 2014 (2015)

2.4 Katuliikenne

Tesoman valtatie on suhteellisen vilkasliikenteinen (kvl n. 8000 ajon/vrk). Periaatteessa tieliikenne voi aiheuttaa paikallista liikennetärinää. Rakennetussa ympäristössä tieliikenne ei käytännössä aiheuta liikennetärinä- tai runkomeluongelmia paitsi siinä tapauksessa, että rakennusmassa sijaitsee aivan tien/kadun välittömässä yhteydessä, tai jos tien päällysteessä on merkittäviä epätaisuuksia.

3. TÄRINÄN ARVIOINTIIN LIITTYVÄ OHJEISTUS JA MENNETELYTAVAT

3.1 Yleistä

VTT:n julkaisua "Suositus liikennetärinän arvioimiseksi maankäytön suunnittelussa" (VTT Working Papers 50, Espoo 2006) käytetään Suomessa yleisesti liikennetärinän arvioinnissa. Julkaisussa esitetään tärinän arviointimenettely kolmella eri tarkkuustasolla. Liikennetärinän siirtymistä rakennuksiin voidaan arvioida VTT:n julkaisuilla "Rakennukseen siirtyvän liikennetärinän arviointi" (VTT Tiedotteita 2425, Espoo 2008) ja "Ohjeita liikennetärinän arviointiin" (VTT Tiedotteita 2569, Espoo 2011).

Arviointitasolla 1 tarkastelu perustuu kokemusperäisiin turvaetäisyyksiin, jossa huomioidaan maaperän ominaisuudet ja liikenteen tyyppi. Tarkastelulla selvitetään, onko varsinainen värähtelytarkastelu lainkaan tarpeen. Arviointitaso 2 perustuu laskennallisiin arvoihin tai tarkistusluonteisiin tärinämittauksiin, jolloin liikenteen ja maaperän ominaisuudet voidaan ottaa tarkemmin huomioon. Arviointitasoa 2 suositellaan käytettäväksi, kun yleiskaavassa tai asemakaavassa rakentamista ohjataan yksityiskohtaisesti määrättyllä alueella ja arviointitason 1 perusteella alue on riskialuetta. Arviointitason 3 tarkastelu perustuu aina riittävän pitkäaikaisiin tärinämittauksiin. Tason 3 käyttöä tarvitaan, mikäli arviointitason 2 laskennallisella tarkastelulla ei saada riittävän luotettavaa kuvaa maaperän pystyvärähtelyn suuruudesta, tai halutaan rakentaa alueelle, jolla arviointitason 2 mukaan tärinä voi ylittää suositusarvon.

3.2 Tärinähaitan arviointiperusteet

Tärinän aiheuttamaa mahdollista haittaa asuinmukavuudelle maankäytön suunnittelussa arvioidaan tunnusluvun $v_{w,95}$ perusteella. Tunnusluku perustuu yksittäisten liikennetapahtumien suurimpiin värähtelyyn tehollisarvoihin ja niiden perusteella laskettuun keskiarvoon ja hajontaan seuraavasti:

Määritelmältään $v_{w,95} = (15 \text{ suurimman yksittäisen tapahtuman keskiarvo}) + (1,8 \times 15 \text{ suurimman yksittäisen tapahtuman hajonta})$. Tilastollisesta luonteestaan johtuen se voidaan tarkasti määrittää vain pitkäaikaisten mittausten avulla.

Tunnusluvun perusteella rakennuksille on annettu suositus rakennusten värähtelyluokitukselta, joka esitetään taulukossa 3.1.

Taulukko 3.1 Rakennusten värähtelyluokitus häiritsevyyden arvioinnissa

Värähtelyluokka	Kuvaus värähtelyolosuhteista	$v_{w,95}$ (mm/s)
A	Hyvät asuinolosuhteet (Ihmiset eivät yleensä havaitse värähtelyitä)	$\leq 0,10$
B	Suhteellisen hyvät asuinolosuhteet (Ihmiset voivat havaita värähtelyt, mutta ne eivät ole häiritseviä)	$\leq 0,15$
C	Suositus uusien rakennusten ja väylien suunnittelussa (Keskimäärin 15 % asukkaista pitää värähtelyitä häiritsevinä ja voi valittaa häiriöistä)	$\leq 0,30$
D	Olosuhteet, joihin pyritään vanhoilla asuinalueilla (Keskimäärin 25 % asukkaista pitää värähtelyitä häiritsevinä ja voi valittaa häiriöistä)	$\leq 0,60$

Luokkaan C pyritään uusien asuinrakennusten suunnittelussa. Muussa käytössä (mm. uudet liike- ja toimistorakennukset) sekä olevilla rakennuksilla pyritään tyyppillisesti luokkaan D.

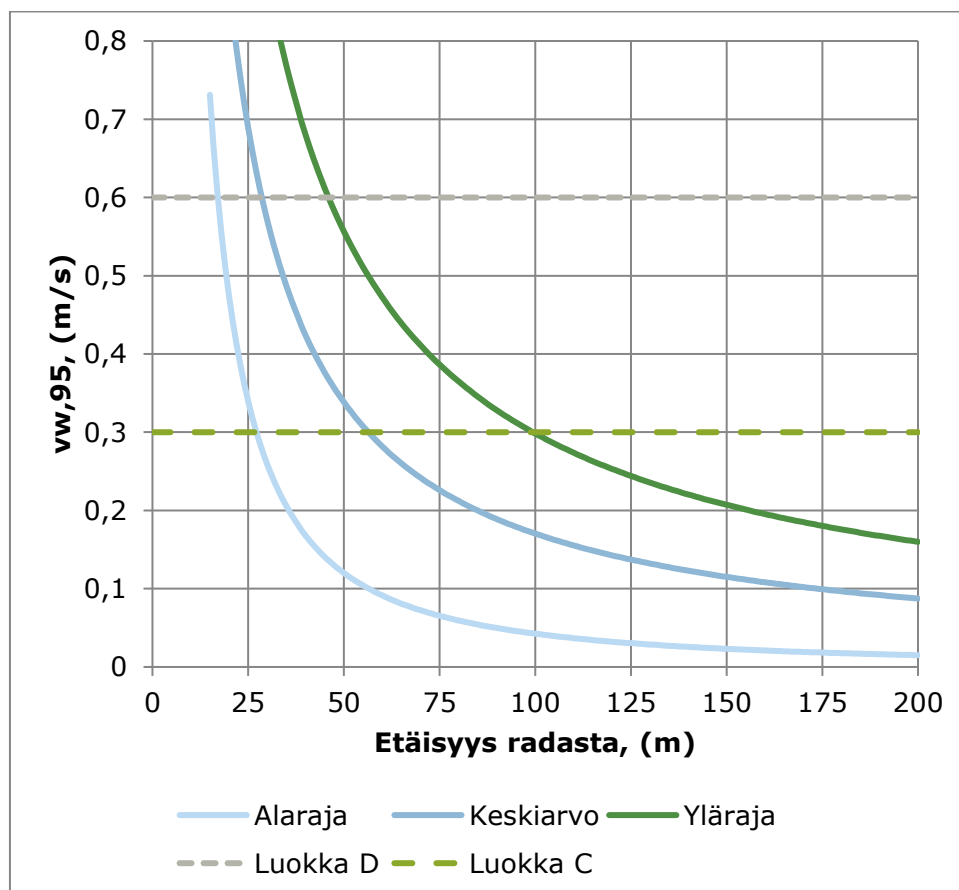
4. TÄRINÄTARKASTELUT

4.1 Laskennallinen tarkastelu

Julkaisun Suositus liikennetärinän arvioimiseksi maankäytön suunnittelussa (VTT W50, Espoo 2006) mukainen laskennallinen tarkastelu voidaan tehdä seuraavilla oletuksilla:

- pohjamaa koostuu välimaalajeista (karkea Si – hieno Hk)
- junan nopeus 70 km/h (tavarajunat); 120 km/h (matkustajajunat)
- junan massa 2500t (tavarajunat); 300t (matkustajajunat)
- radan kunnosta johtuva kerroin 1,3
- muunnos värähtelyn maksimiarvosta tehollisarvoksi, kerroin 0,5
- muunnos maaperän värähtelystä asuintilojen värähtelyksi, kerroin 1,5
- varmuuskerroin 1,5

Laskentamallissa oletetaan junien massan ja nopeuden vaikuttavan tärinän suuruuteen lineaarisesti, jolloin mitoittavaksi tärinäherätteeksi nousee tavarajunan ohitus. Kuvassa 4.1 esitetään tärinän laskennallinen vaihteluväli suunnittelualueella etäisyyden funktiona.



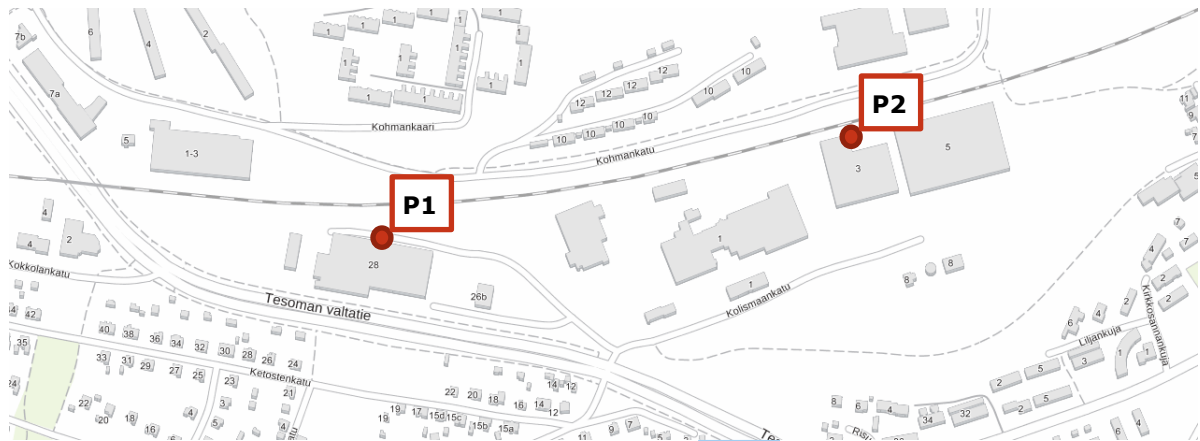
Kuva 4.1. Laskennallinen asuintilojen tärinä suunnittelualueella.

Laskennallisen tarkastelun perusteella tärinän tunnusluku alittaa asuintiloilta vaadittavan raja-arvon 0,3 mm/s noin 60 m etäisyydellä radasta (keskiarvo). Laskennallisessa tarkastelussa oletetaan kuitenkin luonnontilainen, silttinen pohjamaa, mikä saattaa poiketa todellisesta. Laskennallista tarkastelua voidaan päivittää laajempien pohjatutkimustietojen myötä.

4.2 Mittaukset

Suunnittelualueella tehtiin tärinämittauksia aikavälillä 21.2.2018 - 28.2.2018. Mittarit olivat kolmiakσιαalisia, automaattisesti tallentavia, etäluettavia tärinäinstrumentteja. Mittareiden perusasetus oli asumismukavuutta kuvaava 1 s tehollisarvo, yksittäisen mittauksen pituus 40 s. Mittarit asennettiin maapiikeillä pintamaahan.

Mittareita asennettiin 2 kpl alueella sijaitsevien rakennusten perustuksiin. Mittauspiste P1 sijaitsi Tammermatic Oy:n kiinteistössä alueen länsipuoliskossa, ja piste P2 Nokian NPT:n kiinteistössä alueen itäosassa (kuva 4.2). Pisteen P1 etäisyys radasta oli 40 m ja pisteen P2 12 m.



Kuva 4.2. Mittauspisteiden sijainti suunnittelualueella.

Mittauspisteiden koordinaatit (ETRS-TM35FIN):

P1 N=6823411, E=321183

P2: N=6823524, E=321683

Mittaukset tehtiin keskellä ankaraa pakkasjaksoa, jolloin pintamaa oli paksult jäässä. Jäätynyt pintamaa vaikuttaa mittaustuloksiin siten, että pintamaan jäykkyys ja ominaistaajuus ovat normaalitilannetta suurempia, ja pinta-aaltoina etenevä värähtely oletettavasti vaimenee normaalitilannetta lyhyemmällä matkalla. Tästä syystä tärinää ei mitattu pintamaasta, vaan pelkästään rakennusten perustuksista. Maaperä rakennusten perustamistason alapuolella oli oletettavasti sula, jolloin syvemmällä maassa levinneen tärinän vaikutus voitiin mitata.

4.3 Mitattu rakennusten perustusten värähtely

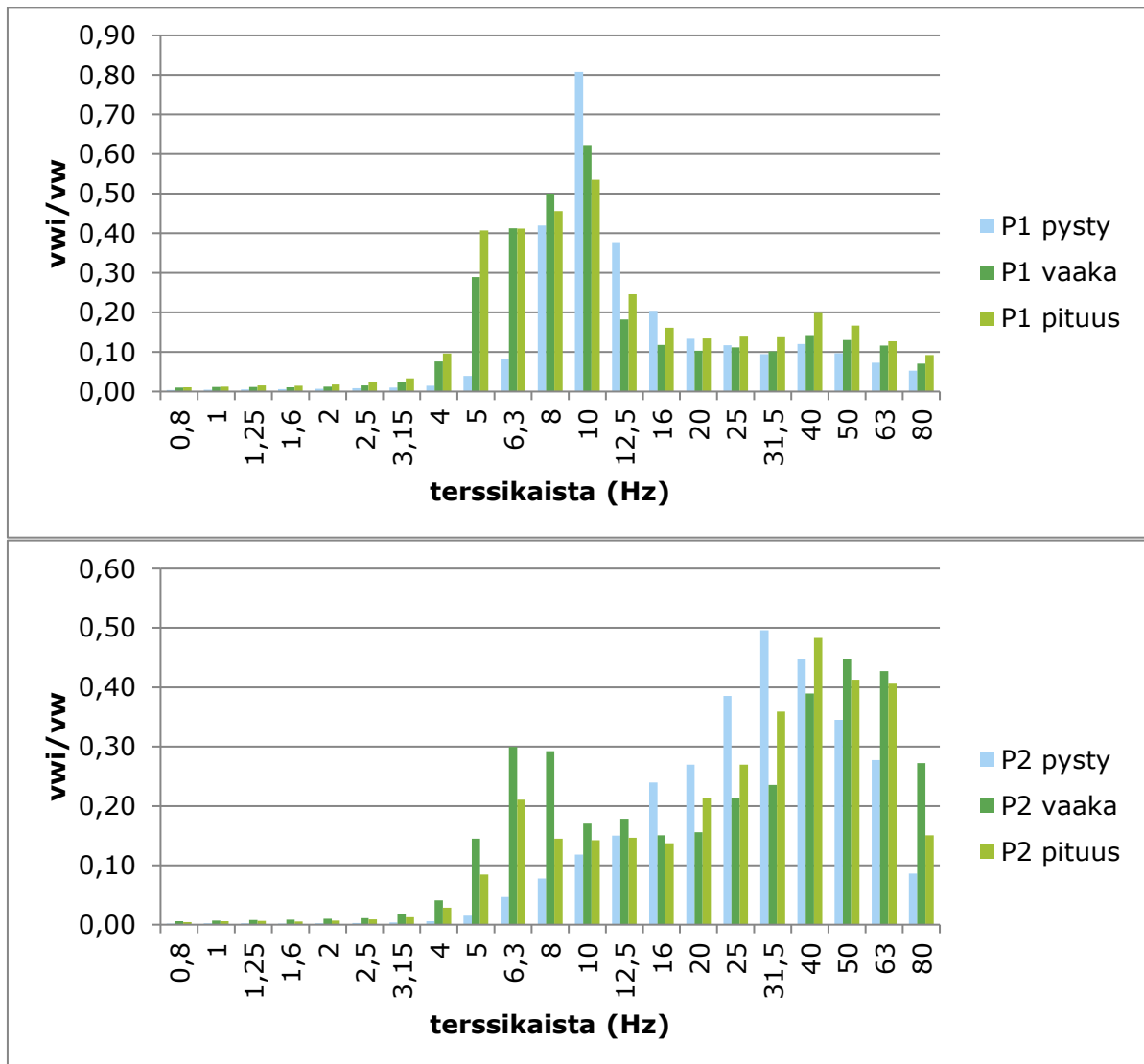
Mittaukset onnistuivat hyvin, ja käsiteltyä dataa voidaan pitää luotettavana ja mittaustilannetta edustavana. Datasta poistettiin manuaalisesti iskumaiset ja muut tyyppillisestä liikennetärinästä poikkeavat tapahtumat.

Pisteistä P1 ja P2 saatiin mittausjakson ajalta määritettyä noin 50 liikennetärinätapahtumaa. Tärinän tunnusluvut määritettiin VTT:n ohjeiden mukaisesti kummankin pisteen 15 suurimmasta tapahtumasta. Mittaukset järjestettiin pystyvärähtelyn suuruuden perusteella, sillä pystysuuntainen värähtely oli huomattavasti suurempaa kuin vaakasuuntainen. On mahdollista, että jäänyt pintamaa vaimensi perustusten vaakavärähtelyä normaalitilanteeseen verrattuna. Lisäksi on huomioitava, että olevien rakennusten perustukset ovat maanvaraisia, kun taas tulevat rakennukset perustetaan todennäköisesti paaluille.

Taulukko 4.1 Mittaustulokset ja maaperän värähtelyn tunnusluvut 15 suurimmasta tärinätapahtumasta

Mittari	keskiarvo $v_{w,avg}^{maa}$ (mm/s)	keskihajonta σ (mm/s)	perustusten värähtelyn tunnusluku $v_{w,95}^{maa}$ (mm/s)
P1 - pysty	0,218	0,047	0,302 (luokka D)
P1 - vaaka	0,067	0,037	0,134 (luokka B)
P1 - pituus	0,067	0,047	0,152 (luokka C)
P2 - pysty	0,221	0,077	0,360 (luokka D)
P2 - vaaka	0,043	0,010	0,062 (luokka A)
P2 - pituus	0,088	0,023	0,129 (luokka B)

Kuvassa 4.3 on esitetty perustusten värähtelyn suhteelliset värähtelyspektrit.



Kuva 4.3. Suhteelliset perustusten värähtelyn taajuusspektrit 0,8-80 Hz, pisteet P1 ja P2.

Perustuksen värähtelyn siirtymistä rakennuksen runkoon kuvataan joko tasaisen voimistumisen periaatteella (tunnusluku v_{w1}^{runko}), tai rungon ominaistajuudella tapahtuvan resonanssin avulla (tunnusluku v_{w2}^{runko}). Tässä tapauksessa rakennus oletetaan 8-kerroksiseksi asuinrakennukseksi, jonka rungon ominaistajuus voi tyypillisesti vaihdella noin 1,6-2,5 Hz taajuusalueella. Näillä taajuuksilla mitattu värähtely on hyvin pientä, joten rungon resonanssi on hyvin epätodennäköinen tilanne.

Tasaisen vahvistumisen periaatteella laskettu rakennuksen rungon värähtely saadaan seuraavasti:

$$v_{w1}^{runko} = k_1^{runko} \cdot \max(v_{w,95}^{per,x}, v_{w,95}^{per,y}, v_{w,95}^{per,z})$$

missä $k_1^{runko} = 1,5$ kaikille kaksi- tai useampikerroksisille rakennuksille ja yksikerroksisille paaluille perustetuille rakennuksille.

Lattian värähtelyä arvioidaan samoin joko tasaisen voimistumisen periaatteella (tunnusluku v_{w1}^{lattia}), tai lattian ominaistajuudella tapahtuvan resonanssin avulla (tunnusluku v_{w2}^{lattia}).

$$v_{w1}^{lattia} = k_1^{lattia} \cdot v_{w,95}^{per,z}$$

missä $k_1^{lattia} = 1,5$.

$$v_{w2}^{lattia} = k_2^{lattia} \cdot v_{w,j}^{per,z}$$

missä $k_2^{lattia} = 6,0$. Värähtely $v_{w,j}^{per,z}$ on perustuksen pystyvärähtely sillä taajuuskaistalla, jolle lattian ominaistajuuden ajatellaan sattuvan. Tässä tapauksessa ei lattian ominaistajuutta tiedetä varmaksi, sillä se riippuu mm. lattian jänneväleistä ja rakenneratkaisuista. Arvio lattian värähtelystä tehdään tässä värähtelyltään suurimman yksittäisen taajuuskaistan mukaisesti, jolloin saadaan pahin mahdollinen tilanne.

Taulukossa 4.4 on esitetty rakennuksen rungon ja lattian arvioidut värähtelyn tunnusluvut.

Taulukko 4.4. Mittausten perusteella määritetyt rakennuksen värähtelyn tunnusluvut.

Mittari	perustuksen värähtelyn tunnusluku $v_{w,95}^{per}$ (mm/s)	rungon värähtelyn tunnusluku $v_{w,1}^{runko}$ (mm/s)	lattian värähtelyn tunnusluku $v_{w,1}^{lattia}$ (mm/s)	lattian värähtelyn tunnusluku $v_{w,2}^{lattia}$ (mm/s)
P1 pysty	0,302		0,453	1,465 (@10 Hz)
P1 vaaka	0,134			
P1 pituus	0,152	0,229		
P2 pysty	0,360		0,540	1,072 (@31,5 Hz)
P2 vaaka	0,062			
P2 pituus	0,129	0,194		

Mitattu maanvaraisten perustusten värähtely ja siitä laskettu rakenteiden värähtely asettuu molemmissa pisteissä luokkaan D. Tulos ei täytä asuinrakennuksilta vaadittua luokan C raja-arvoa ($v_{w,95} < 0,3$ mm/s). Lattian resonanssin tapauksessa laskennallinen värähtely ylittää luokan D raja-arvon ($v_{w,95} < 0,6$ mm/s), joskin lattian resonanssin voi välttää suunnittelemalla lattiat niin, ettei niiden ominaistajuus vastaa värähtelyn hallitsevia taajuusalueita.

Lisäksi on huomioitava se, että paaluille perustamisella erityisesti pystyvärähtelyjen siirtyminen rakenteisiin luultavasti pienenee huomattavasti nyt mitattuihin maanvaraisiin perustuksiin verrattuna. Nykyisten, suhteellisten kevyiden teollisuusrakennusten ominaistajuudet poikkeavat myös tulevista rakenteista.

On kuitenkin luultavaa, että uusien rakennusten perustuksiin tulee rakentaa värähtelyeristys, tai vähentää liikennetärinää alueella muilla keinoilla.

5. RUNKOMELUTARKASTELUT

5.1 Ohjearvot ja arviointiperusteet

Runkomelun esiintymistä rakenteissa voidaan arvioida julkaisun Talja & Saarinen (2009): "Maa-liikenteen aiheuttaman runkomelun arviointi" (VTT T2468).

Runkomelu on ulkoisen värinäherätteen aiheuttamaa rakennuksen rungon värähtelyä, joka on kuultavissa äänenä. Runkomelun aiheuttava värähtely siirtyy rakenteisiin maaperän kautta, erityisesti kallion ja kovien maakerrosten välityksellä. Liikennetärinään verrattuna runkomelun värähtely on selvästi korkeampitaajuuksista. Merkittävin runkomelun aiheuttaja on raideliikenne.

Suomessa ei ole annettu varsinaisia ohjearvoja rakennusten runkomelulle. VTT:n julkaisussa on kuitenkin esitetty suositukset runkomelun ohjearvoista, jotka mukailevat yleisiä melutasosta annettuja ohjearvoja. Suositukset runkomelun ohjearvoista on annettu taulukossa 5.1.

Taulukko 5.1. Suositukset runkomelun raja-arvoista. (Talja & Saarinen 2009, VTT T2468)

Rakennustyyppi	Runkomelutaso L_{prm} [dB]
Radio-, tv- ja äänitysstudiot, konserttitalit	25–30
Asuinhuoneistot	30/35 ²
Hoito- ja sosiaalihuollon laitokset, majoitustilat <ul style="list-style-type: none"> • potilashuoneet, majoitustilat • päiväkodit, lasten ja henkilökunnan oleskeluun tarkoitettut huoneet 	30/35 ²
Kokoontumis- ja opetustilat <ul style="list-style-type: none"> • luokkahuoneet, luentosalit, kirkot ja muut huonetilat, joissa edellytetään yleisön saavan hyvin puheesta selvän ilman äänentoistolaitteiden käyttöä • muut kokoontumistilat kuten teatterit ja kirjastot 	35
Toimistot, kaupat, näyttelytilat, museot	40/45 ²

² Avoradat. Mikäli kaavamääräyksessä on annettu ohje julkisivun ilmaääneneristävyydestä, on suositeltavaa käyttää runkomelutason tiukempaa raja-arvoa.

Tässä oletetaan, että suunnittelualueella sovelletaan 35 dBA ohjearvosuosituksista.

Kuten liikennetärinälle, myös runkomelulle on esitetty kolme eri arviointitasoa. Arviointitaso 1 perustuu turvaetäisyyden käyttöön. Kokemusperäisesti on voitu määrittää etäisyys, jota kauempana tarkempi runkomelutarkastelu ei enää ole tarpeen.

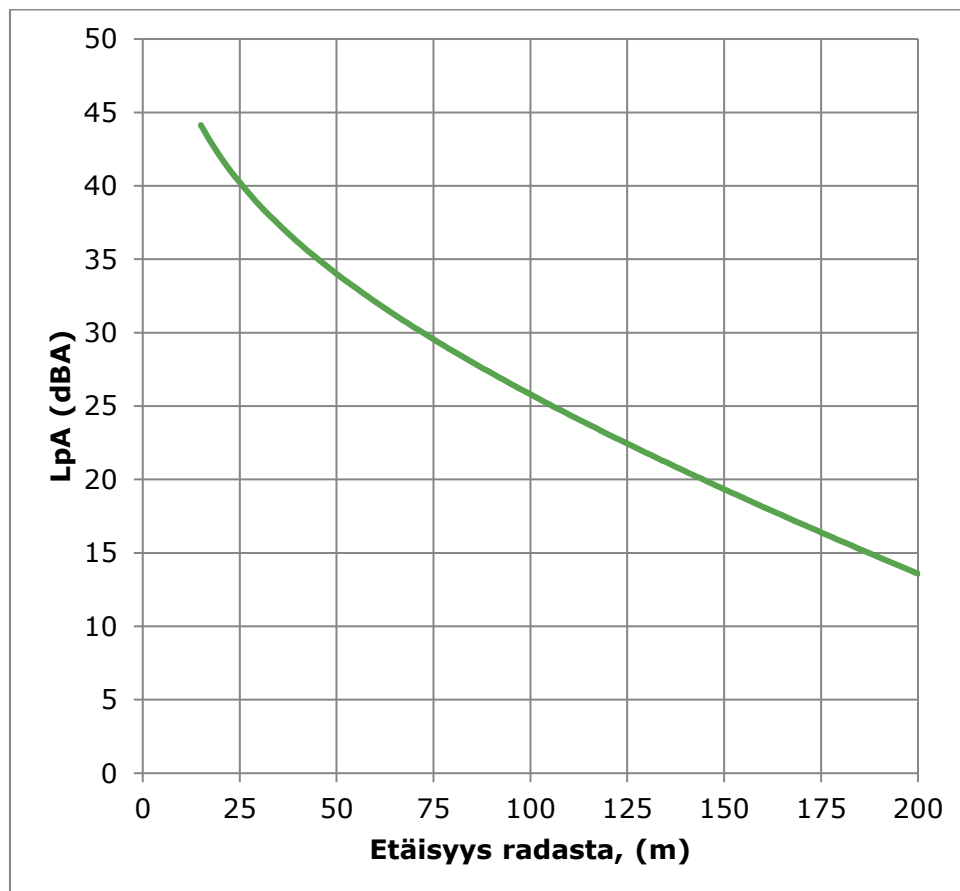
Arviointitasossa 2 tehdään värähtelyn siirtotiehen perustuva laskennallinen arviointi. Laskelma on hyvin empiirinen ja perustuu kokemuksiin tyyppillisistä mittaustuloksista.

Arviointitasossa 3 runkomelu todennetaan mittaamalla.

Tässä yhteydessä runkomelua arvioidaan sekä laskennallisesti että mittaustulosten perusteella.

5.2 Laskennallinen tarkastelu

Julkaisun "Maaliikenteen aiheuttaman runkomelun arviointi" (VTT T2468) mukaisessa laskennallisessa tarkastelussa tehtiin seuraavat oletukset: veturivetoinen juna +11 dB, ajonopeus 70 km/h -3dB, kerrostalo -10 dB, tarkasteltava asuinkerros 1. -2 dB, resonanssi +6dB, muunto äänenpainesatasoksi -28,1 dB, A-painotus keskitaajuuksalue -35 dB, varmuusmarginaali +6 dB. Näin saatu laskennallinen runkomelutaso etäisyyden funktiona on esitetty kuvassa 5.1.



Kuva 5.1. Laskennallinen runkomelutaso etäisyyden funktiona

Laskennallisessa tarkastelussa 35 dBA suositus ohjearvoksi alitetaan noin 45 m etäisyydellä radasta.

5.3 Mittaukset ja tunnusluvut

Runkomelun tunnusluku L_{prm} kuvaa mitattujen junan ohitusten aiheuttaman runkomelun keskiarvoa (A-painotettu arvo slow-aikapainotuksella), johon on lisätty 1,65-kertainen standardihajonta:

$$L_{prm} = L_{pA, Smax, mean} + 1,65 \cdot s$$

Tämä tunnusluku kuvaa runkomelun voimakkuutta, jonka alle jää 95% liikenteen aiheuttamista tärinä tapahtumista.

Tässä tapauksessa runkomelun tunnusluvut laskettiin samoista tärinä tapahtumista kuin mitä värähtelyn tunnuslukujen laskentaan käytettiin.

Mitattu perustusten värähtelytaso ($v_{ref} = 10^{-9}$ m/s) muutettiin runkomelutasoksi seuraavilla VTT T2468 mukaisilla korjaustekijöillä:

- A-painotus taajuuskaistoittain (≥ 16 Hz)

- Muunnos värähtelytasosta äänenpainetasoksi -28,1 dB
- Rakennustyyppi kerrostalo, -10 dB
- Kerroskorjaus -2 dB
- Rakennneosien resonanssin mahdollisuus +6 dB (ei sovelleta tässä vaakavärähtelyihin, sillä rakennuksen rungon ominaistajuus jää luultavimmin alle 10 Hz tasolle)
- Varmuusmarginaali +6 dB

Taulukko 5.2. Perustusten värähtelyn perusteella määritetyt runkomelun tunnusluvut

Mittari	keskimääräinen runkomelutaso L _{pASmax,mean} (dBA)	standardihajonta s (dBA)	runkomelun tunnusluku L _{prm} (dBA)
P1 - pysty	39,0	3,60	44,9
P1 - vaaka	32,2	4,81	40,1
P1 - pituus	27,4	6,54	38,2
P2 - pysty	45,6	2,04	48,9
P2 - vaaka	30,1	2,41	34,1
P2 - pituus	34,5	2,53	38,7

Värähtelymittauksista laskettu runkomelu ylittää suosituksen ohjeavosta 35dBA.

Piste P1 etäisyys radasta on noin 40 m ja pisteen P2 noin 12 m. Mittaustuloksista laskettu runkomelutaso vastaa melko hyvin kohdassa 5.2 laskettua runkomelun vaimenemista kuvaavaa käyrää.

Todellinen runkomelutaso on kuitenkin riippuvainen kohdekohtaisista perustus- ja rakenneratkaisuista (värähtelyn välittyminen ja vaimeneminen, rakenteiden ominaistajuudet). Sopivilla varotoimilla voidaan välttää runkomelun esiintymistä rakenteissa. Tällaisia ovat perustusten eristäminen maaperästä ominaistajuudeltaan alhaisella materiaalilla (esimerkiksi EPS-eriste) ja lattioiden suunnittelu siten, että niiden alhaisin ominaistajuus on riittävän alhainen.

6. TULOSTEN ARVIOINTI JA JOHTOPÄÄTÖKSET

6.1 Yleistä

Ramboll Finland Oy on Arkta Rakennuttajat Oy:n toimeksiannosta tehnyt liikennetärinä- ja runkomeluseelvityksen Raholan radanvarsikorttelin kehityshankkeeseen liittyen. Selvitys perustuu kahden suunnittelualueella sijaitsevan rakennuksen perustuksista mitattuun tärinäan. Lisäksi tehtiin laskennalliset tarkastelut. Liikennetärinä ja runkomelua arvioitiin yleisesti käytössä olevien VTT:n julkaisujen mukaisesti.

Mittaukset suoritettiin 21.2.2018 – 28.2.2018. Mittaukset onnistuivat hyvin ja käsitelty data on luotettavaa. Mittaukset edustavat kuitenkin vain talvitilannetta, sillä maaperä radan ja mittauspisteiden välillä oli mittaushetkellä routaantunut.

6.2 Tärinä

Uudisrakentamiselle sovellettavat raja-arvot ovat asuinrakennuksille luokan C ($< 0,3$ mm/s) ja liike- ym. rakennuksille luokan D ($< 0,6$ mm/s) mukaiset. Mitattu liikennetärinä rakennuksissa (etäisyydet 40 m ja 12 m radasta) asettuu luokkaan D. Erillisessä laskennallisessa tarkastelussa luokan C raja-arvo alitetaan noin 60 m etäisyydellä radasta ja sitä kauempana. Mittaukset ja laskentatarkastelun tulokset ovat keskenään yhdenmukaiset.

Tulosten perusteella 60 m lähemmäs rataa rakennettavat asuinrakennukset vaativat tärinäeristyksen joko rakennusten perustuksiin tai radan ja rakennusten väliin. Mittauksissa on kuitenkin epävarmuustekijöitä, kuten mittausajankohta. Koska pintamaa rakennusten ja radan välillä oli mittausaikana jäässä, pinta-aaltoina etenevä liikennetärinä luultavasti erosi sulan maan aikana (normaalitilanteessa) mitattavasta. Lisäksi nykyiset rakennukset on perustettu maanvaraisesti, kun taas tulevat rakennukset perustettaneen pääosin paaluille. Paaluille perustamisen voi olettaa muuttavan rakennukseen siirtyvää värähtelyä maanvaraiseen perustamiseen verrattuna. Lopullisiin tuloksiin vaikuttaa lisäksi pohja- ja pintamaan ominaisuuksien vaihtelu alueella.

6.3 Runkomelu

Tyypillinen suositus runkomelun ohjearovasta on 35 dBA. Perustuksen värähtelymittauksista arvioidut runkomelutasot (etäisyydet 40 m ja 12 m radasta) ylittävät tämän ohjearovosuosituksen. Laskennallisen tarkastelun perusteella 35 dBA raja alitetaan noin 45 m etäisyydellä radasta ja sitä kauempana. Mittaukset ja laskentatarkastelun tulokset ovat keskenään yhdenmukaiset.

Samat johtopäätökset ja epävarmuustekijät kuin tärinän osalta tehtiin pätevä myös runkomeluun.

6.4 Yhteenveto

Selvityksen perusteella liikennetärinä- ja runkomelueristys tarvittaisiin noin 45-60 m ja sitä lähempänä radasta sijaitseville asuinrakennuksille.

Mittausolosuhteista ja aikataulusta johtuen nyt määritettyjä tuloksia ei kuitenkaan voi yleistää koskemaan kaikkia olosuhteita ja tilanteita. On suositeltavaa, että roudan sulamisen jälkeen alueella suoritetaan tarkistusmittaukset sekä pintamaasta että olevien rakennusten perustuksista tai koerakenteista, jolloin tärinä- ja runkomelueristyksen tarvetta voidaan arvioida tarkemmin.

7. TÄRINÄN JA RUNKOMELUN ARVIOINNISSA KÄYTETTY OHJEISTUS

Talja, A. 2011: Ohjeita liikennetärinän arviointiin, VTT T2569, Espoo.

Talja, A. & Saarinen, A. 2009: Maaliikenteen aiheuttaman runkomelun arviointi, VTT T2468, Espoo

Talja, A, Vepsä, A, Kurkela, J & Halonen, M. 2008: Rakennukseen siirtyvän liikennetärinän arviointi, VTT T2425

Törnqvist, J & Talja, A. 2006: Suositus liikennetärinän arvioimiseksi maankäytön suunnittelussa, VTT W50, Espoo

LIITE 1 TÄRINÄMITTAUKSET

Alla on esitetty 15 suurinta liikennetärinätahtumaa kustakin mittauspisteestä.

P1: Tammermaticin rakennus, etäisyys radasta 40 m

P2: Nokian NPT:n rakennus, etäisyys radasta 12 m

Aika	P1 pysty v _w (mm/s)	Aika	P1 vaaka v _w (mm/s)	Aika	P1 pituus v _w (mm/s)
27.2.2018 9:00	0,311	27.2.2018 9:00	0,169	27.2.2018 9:00	0,124
24.2.2018 3:52	0,271	24.2.2018 3:52	0,063	24.2.2018 3:52	0,035
26.2.2018 17:06	0,25	26.2.2018 17:06	0,065	26.2.2018 17:06	0,034
27.2.2018 16:21	0,244	27.2.2018 16:21	0,045	27.2.2018 16:21	0,038
23.2.2018 7:59	0,247	23.2.2018 7:59	0,079	23.2.2018 7:59	0,136
24.2.2018 8:53	0,236	24.2.2018 8:53	0,115	24.2.2018 8:53	0,115
24.2.2018 0:03	0,235	24.2.2018 0:03	0,043	24.2.2018 0:03	0,071
21.2.2018 19:48	0,235	21.2.2018 19:48	0,072	21.2.2018 19:48	0,17
28.2.2018 3:39	0,227	28.2.2018 3:39	0,055	28.2.2018 3:39	0,084
27.2.2018 21:18	0,18	27.2.2018 21:18	0,102	27.2.2018 21:18	0,047
23.2.2018 14:51	0,18	23.2.2018 14:51	0,033	23.2.2018 14:51	0,033
25.2.2018 15:00	0,18	25.2.2018 15:00	0,041	25.2.2018 15:00	0,019
22.2.2018 23:16	0,167	22.2.2018 23:16	0,047	22.2.2018 23:16	0,039
24.2.2018 15:49	0,152	24.2.2018 15:49	0,03	24.2.2018 15:49	0,032

Aika	P2 pysty v _w (mm/s)	Aika	P2 vaaka v _w (mm/s)	Aika	P2 pituus v _w (mm/s)
23.2.2018 23:23	0,385	23.2.2018 23:23	0,046	23.2.2018 23:23	0,110
28.2.2018 0:18	0,363	28.2.2018 0:18	0,052	28.2.2018 0:18	0,122
26.2.2018 21:57	0,343	26.2.2018 21:57	0,052	26.2.2018 21:57	0,123
23.2.2018 8:51	0,233	23.2.2018 8:51	0,047	23.2.2018 8:51	0,111
23.2.2018 16:57	0,221	23.2.2018 16:57	0,032	23.2.2018 16:57	0,084
27.2.2018 9:00	0,206	27.2.2018 9:00	0,063	27.2.2018 9:00	0,104
22.2.2018 21:01	0,194	22.2.2018 21:01	0,047	22.2.2018 21:01	0,075
22.2.2018 9:05	0,190	22.2.2018 9:05	0,048	22.2.2018 9:05	0,091
26.2.2018 8:56	0,184	26.2.2018 8:56	0,056	26.2.2018 8:56	0,104
23.2.2018 21:04	0,178	23.2.2018 21:04	0,026	23.2.2018 21:04	0,051
24.2.2018 15:50	0,172	24.2.2018 15:50	0,035	24.2.2018 15:50	0,069
27.2.2018 21:19	0,172	27.2.2018 21:19	0,036	27.2.2018 21:19	0,065
28.2.2018 3:38	0,167	28.2.2018 3:38	0,039	28.2.2018 3:38	0,078
28.2.2018 1:45	0,162	28.2.2018 1:45	0,032	28.2.2018 1:45	0,067