

Samuli Lepistö

RUNKOMELUN HUOMIOIMINEN KERROSTALORAKENTAMIS- SESSA

RUNKOMELUN HUOMIOIMINEN KERROSTALORAKENTAMIS- SESSA

Samuli Lepistö
Opinnäytetyö
Kevät 2020
Rakennustekniikan koulutusohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Rakennustekniikan koulutusohjelma, rakennetekniikka

Tekijä(t): Samuli Lepistö
Opinnäytetyön nimi: Runkomelun huomioiminen kerrostalorakentamisessa
Työn ohjaaja(t): Jari Muikku, Ramboll Oy, Sanna Alitalo, Oamk
Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Kevät 2020
Sivumäärä: 36 + 2 liitettä

Kerrostalojen rakentaminen keskittyy yhä enemmän alueille, joissa liikennemäärät ovat isoja ja rautatiet kulkevat rakennusten lähellä, sillä ihmiset haluavat asua yhä enemmän hyvien liikenneyhteyksien varrella. Raideliikenteen lähelle rakentaminen tuo suunnitteluprojektiin uuden huomioitavan osa-alueen: runkomelun ja sen hallitsemisen. Jos runkomelun vaimennusta ei ole tehty väylärakentamisen yhteydessä, se tulee huomioida kerrostalorakentamisessa.

Opinnäytetyön tavoitteena oli Rambollilla suunnitteilla olevan esimerkkikohteen lähtötietojen ja suunnitteluratkaisuiden pohjalta muodostaa yleispätevä ja tuleviin kohteisiin sovellettavissa oleva suunnitteluohje Ramboll Finland Oy:n käyttöön. Esimerkkikohdetta ei nähty tarpeelliseksi esitellä tarkemmin tässä työssä.

Runkomeluun syventymisestä oli tarkoitus tehdä mahdollisimman ymmärrettävää. Tästä johtuen opinnäytetyön aluksi perehdyttiin ääneen yleisesti sekä termistöön, jota siihen liittyy. Eteneminen aiheissa eteenpäin pyrittiin pitämään selaisena, että edellinen aihe tuki aina seuraavaa aihetta.

Työn viimeisessä vaiheessa käytiin läpi suunnitteluohjeen tekemistä. Suunnitteluvaiheet mietittiin järkevän kokoisiksi kokonaisuuksiksi ja ne järjestettiin suunnitteluvaiheen etenemisen mukaan. Opinnäytetyöhön tehtiin otsikointi suunnittelukokonaisuuksien mukaisesti ja näiden otsikoiden alle selvennettiin ja perusteltiin, mitä mikäkin kokonaisuus piti sisällään.

Lopputuloksena saatiin A4-kokoiselle paperille mahtuva ytimekäs suunnitteluohje sekä yleisesti sovellettavissa olevia detaljeja. Suunnitteluohjeen on tarkoitus olla suunnittelijan muistilistana tulevilla kohteilla, joissa vaaditaan runkomelun vaimennusta.

Asiasanat: runkomelu, ääni, kerrostalorakentaminen

ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences
Construction Engineering, Structural Engineering

Author(s): Samuli Lepistö

Title of thesis: Considering Frame Noise in Apartment Building Construction

Supervisor(s): Jari Muikku, Ramboll Finland Ltd, Sanna Alitalo, Oulu University of Applied Sciences

Term and year when the thesis was submitted: spring 2020

Pages: 36 + 2 appendices

This thesis investigated what frame noise is, how it is generated, and how frame noise is taken into account in the design of apartment houses. Design of frame noise insulation is important because the construction of apartment house is increasingly focused on areas with high traffic and railways volumes. This is because people want to live near public transport.

Railroad causes frame noise, which must be taken into account in planning. The attenuation should be done during construction, if the railway is not damped. In any case, the control of frame noise in construction is as important as the sound reduction. Good living comfort includes not having to listen to noise. Home is a place to relax and there must be silence.

The design of plots assesses the level of stress train noise will cause on site. During the planning phase, the vibration levels of plots in the risk areas are mapped and the design decisions made by the designer are based on this information. Good frame noise design will have a major impact on the cost of foundation work.

The purpose of this thesis is to produce a design guide for designers of Ramboll Finland Ltd.

Keywords: frame noise, sound, apartment house construction

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
ABSTRACT	4
SISÄLLYS	5
SANASTO	7
1 JOHDANTO	8
2 ÄÄNI	10
2.1 Taajuus	10
2.2 Ilmaaäni	10
2.3 Runkoääni	10
2.4 Melu	11
2.4.1 Autoliikenteen aiheuttama melu	12
2.4.2 Rautatieliikenteen aiheuttama melu	12
2.4.3 Lentoliikenteen aiheuttama melu	12
3 MAAPERÄINEN RUNKOMELU	13
3.1 Runkomelun arvioiminen	14
3.1.1 Arviointitaso 1	14
3.1.2 Arviointitaso 2	15
3.1.3 Arviointitaso 3	21
3.2 Tärinä	21
3.3 Ohjearvoja	21
3.4 Suositusarvot	22
4 RUNKOMELUN VAIMENTAMINEN	23
4.1 Vaihtoehdot runkomelun vaimennukseen	24
4.2 Runkomelun eristäminen työmaalla	24
5 SUUNNITTELUOHJEEN LAATIMINEN	26
5.1 Kaavamääräykset	26
5.2 Rakennesuunnittelun esisuunnitteluvaihe	28
5.3 Eristys vaihtoehdot	29
5.4 Vaimennusmatolla tehty runkomelun vaimennus	29

5.5 Detaljeja	30
5.6 Huomiot mittapiirustuksiin	32
5.7 Ohjeet työmaalle	32
6 POHDINTA	34
LÄHTEET	35
LIITTEET	
Liite 1 Runkomeluvaimennuksen suunnitteluohje	
Liite 2 Periaatepiirustukset runkomelun vaimentamisesta	

SANASTO

A-painotettu äänenpaine

Äänenpaine mitattuna suotimella A, joka jäljittelee kuulon herkkyyden taajuusriippuvuutta. Äänenpainetason mittaluvuissa käytetään merkintää L_{pA} .

Asuinhuone

Pääasialliseen asumiseen tarkoitettu tila. Eteistä, käytävää, kylpyhuonetta ja muuta vastaavaa huonetilaa ei katsota asuinhuoneeksi.

Desibeli

Äänenvoimakkuutta kuvastava suhdeluku. Lyhennetään dB.

Ilmaääneneristävyyden eristävyyden

Kertoo, kuinka paljon rakenne eristää sen läpi kulkevaa ääntä.

Infraääni

Ääni, jonka taajuus on alle ihmisen kuuloalueen eli alle 20hertsiä. Ihminen voi tuntea infraäänien värinää.

Päiväaika

Tarkoitetaan ajanjaksoa klo 7 – 22.

Rakennuksen ulkovaippa

Erottaa rakennuksen sisätilat ulkoilmasta. Rakennuksen ulkoseinät ja yläpohja ovat ulkovaipan osia.

Taajuus

Vastaa kuultavan äänen korkeutta. Taajuutta mitataan värähtelysyklien määränä sekunnissa, eli hertseinä (Hz).

Yöaika

Tarkoitetaan ajanjaksoa klo 22 – 7.

1 JOHDANTO

Runkomelulla tarkoitetaan ilmiötä, jossa liikenteestä maaperään siirtyvä värähtely kulkeutuu maaperää pitkin läheisiin rakennuksiin. Mitä tiiviimpää esimerkiksi maaperä on, sitä paremmin ääntä aiheuttava värähtely siellä etenee. Jos rakennuksen perustuksissa ei ole huomioitu värähtelyn vaimentamista, se pääsee etenemään sitä kautta rakenteisiin. Värähtelyn taajuudesta riippuen se purkautuu joko korvin kuultavana meluna, fyysisesti aistittavana värinänä tai molempina yhtä aikaan. (Maaliikenteen aiheuttaman runkomelun arviointi. 2009, 14.)

Kallioperäiset alueet, jotka sijaitsevat lähellä rautateitä, ovat otollisimpia alueita runkomelulle. Rautatiet ovat siis suurin runkomelun aiheuttajia johtuen muun muassa junien suuresta painosta, joka voimistaa junan rattaiden ja kiskojen kohtaamisesta syntyvää värähtelyä.

Runkomelutarkastelua tonteille tehdään jo tonttien kaavoitusvaiheessa. Rakennusvalvonta ohjaa omalta osaltaan runkomeluvaimennuksen suunnittelua. Runkomelusta voidaan tehdä asiakkaalle selvitys, joka koskee arvioita tarvittavasta vaimennuksesta ja sen aiheuttamista lisäkustannuksista.

Opinnäytetyön päätarkoituksena on tehdä lyhyt suunnitteluohje kohteisiin, joissa runkomelu tulee huomioida osana suunnittelua. Runkomelusta on olemassa VTT:n tekemä esiselvitys, jota käytetään ohjeen laatimisen perustana. Jotta selvitystä ei joka tilanteessa tarvitsisi selata, pyritään suunnitteluohjeeseen keräämään enemmänkin esimerkkikohteen suunnittelun yhteydessä kokeneempien suunnittelijoiden kanssa kerrytettyä perustietoa, jonka päälle on hyvä jatkossa kehittää kuhunkin kohteeseen sopivat suunnitteluratkaisut ja kehitysideat.

Työn tilaajana on Ramboll Finland Oy. Ramboll on johtava kansainvälinen suunnittelu- ja konsultointialan yritys, joka on perustettu Tanskassa 1945. Yrityksessä työskentelee globaalisti 15 500 eri alojen ammattilaista. Suomessa yrityksen palveluksessa on 2 400 asiantuntijaa. Kansainvälisenä yhtiönä Rambollilla on vahva asema Pohjoismaissa, Iso-Britanniassa, Pohjois-Amerikassa,

Lähi-idässä sekä Aasian ja Tyynenmeren alueella. Toimistoja on 35 maassa yhteensä yli 300. Rambollin toimialoja ovat kiinteistö ja rakentaminen, infra ja liikenne, kaupunki- ja vesisuunnittelu, ympäristö ja terveys, energia sekä johdon konsultointi. (Ramboll, linkit Yritys.)

2 ÄÄNI

Ääni on ilmanpaineessa tapahtuvaa vaihtelua. Värähtelyn lähde saa ympäristössään aikaiseksi ilman tihentymiä ja harventumia. Ketjureaktion lailla liike saa seuraavat ilmahiukkaset etenemissuunnan suuntaiseen värähtelevään liikkeeseen ja näin ääni etenee äänilähteestä ympäristöön. (RIL 243-1-2007. 2007, 35.)

2.1 Taajuus

Taajuus vastaa kuulemamme äänen korkeutta. Ilmanpaine saa korvan rumpukalvon värähtelemään eri nopeuksilla. Nopea värähtely koetaan korkeampana äänenä, kun taas vastaavasti hitaampi värähtely koetaan matalina ääninä. Äänen taajuus f [Hz] saadaan jakamalla värähtelyiden määrä n aikajaksolla T [s], jonka kuluessa värähtelyä on havaittu. (RIL 243-1-2007. 2007, 35; Ääniympäristö. 2018, 6.)

Ihmisen kuuloaistin on mahdollista havaita äänen taajuuksia 20 Hz:n ja 20 000 Hz:n väliltä. 20 Hz:n alle menevät taajuuksia sanotaan infraääniksi ja ne aistitaan fyysisesti värinänä. (RIL 243-1-2007. 2007, 35.)

2.2 Ilmaääni

Ääni ei voi edetä tyhjiössä, joten äänen etenemiseen tarvitaan väliaine. Jos väliaineena on ilma, käytetään siinä etenevästä äänestä nimitystä ilmaääni. Ilmaääntä aiheuttavat puhe, äänentoistolaitteet, talotekniikkalaitteet ja erilaiset koneet. (RIL 243-1-2007. 2007, 36.)

2.3 Runkoääni

Myös kiinteä aine voi olla väliaineena äänen etenemiselle. Ilmaääni saa rakenteet värähtelemään ja ääni etenee rakenteita pitkin samoin kuin ilmaa pitkin.

Rakenteessa etenevää ääntä sanotaan runkoääneksi. Runkoääntä voi synnyttää myös rakenteeseen kiinnitetty laite tai rakenteeseen kohdistuva isku. (RIL 243-1-2007. 2007, 36.)

Runkoäänen häiritsemisvaikutusta kerrostaloasunnossa voidaan kuvata esimerkiksi taulukon 1 avulla (Maaliikenteen aiheuttaman runkomelun arviointi. 2009, 16).

TAULUKKO 1. Runkoäänen häiriövaikutuksia asuinrakennuksessa (Maaliikenteen aiheuttaman runkomelun arviointi. 2009, 16)

Äänenpainetaso (dB) ¹	Subjekttiivinen kokemus
alle 25	Ääni ei ole yleensä havaittavaa.
25–35	Pieni häiriövaikutus. Melu voi olla hyväksyttävissä nukkumiseen tarkoitetuissa tiloissa (mm. asunnot, hotellit, sairaalat).
35–45	Kohtalainen häiriövaikutus. Äänet ovat liian voimakkaita nukkumiseen tarkoitettuihin tiloihin.
yli 45	Suuri häiriövaikutus. Melu koetaan häiritseväksi useimmissa häiriöttömyyttä vaativissa tiloissa.

Maaperäinen runkoääni on ilmiönä ilmaaääntä monimutkaisempi. Tämän vuoksi maaperäisestä runkoäänestä tehdyt mallit perustuvat joiltakin osin empiiriseen tietoon. (Maaliikenteen aiheuttaman runkomelun arviointi. 2009, 12.)

2.4 Melu

Melu on ääntä ja värähtelyä, joka koetaan häiritseväksi ja epämiellyttäväksi. Melu voi aiheuttaa pahimmillaan terveyden heikentymistä, jos altistumisajat ovat pitkiä tai ajankohta on huono. Esimerkiksi yöaikana melulle altistuminen huonontaa luonnollisesti yöunia ja laskee sitä kautta vireystilaa. Melua voi syntyä muun muassa liikenteestä, teollisuudesta, eri työmaista ja ulkoilmatapahtumista. (Liikonen 2013, 4; Melu. 2013.)

Suomessa alue määritellään melualueeksi, jos melutaso ylittää ulkona melun ohjearvon. Päivällä ohjearvo on 55 dB ja yöllä 50 dB (Melu. 2019).

2.4.1 Autoliikenteen aiheuttama melu

Tieliikennemelu on useimmissa paikoissa merkittävin melun ympäristömelun aiheuttaja. Liikennemelulle altistutaan erityisesti suurten kaupunkien katujen ja sisääntuloteiden varsilla. (Tieliikenteen melu, 4.)

Tieliikenteen lähtömeluun vaikuttavat muun muassa ajoneuvon nopeus, liikennemäärä, raskaan liikenteen määrä liikenteen seassa, tien muoto, renkaiden laatu sekä tien päällyste. Yleisenä ohjeena voidaan pitää sitä, että liikennevirran melu vaimenee noin 3 dB aina etäisyyden kaksinkertaistuessa väylän ja rakennuksen välillä. (Tieliikenteen melu, 4.)

2.4.2 Rautatieliikenteen aiheuttama melu

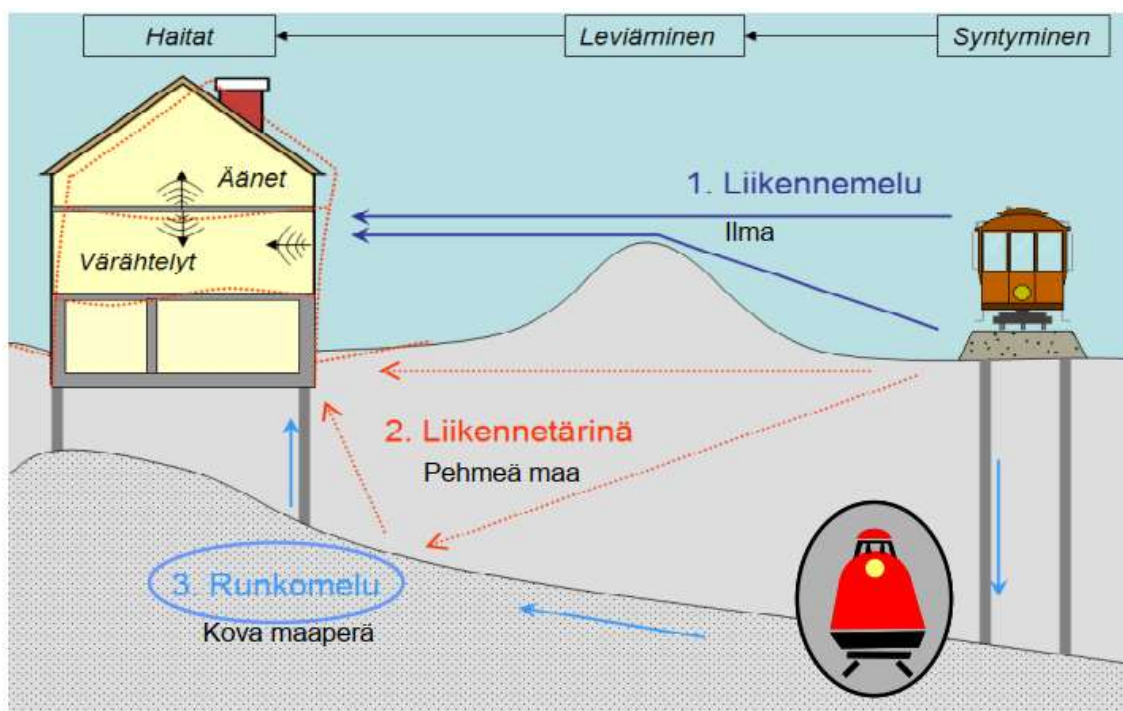
Merkittävin osa rautatieliikenteen melusta syntyy vaunujen pyörien kosketuksessa kiskojen pintaa. Suurilla nopeuksilla liikkuvissa junissa ilmapirtauksen aiheuttama melu alkaa olemaan merkittävää. Myös radan kunnossapitotyöt aiheuttavat satunnaista melua. (Väylä, linkit Liikenneverkko -> Ympäristö -> Melu ja tärinä.)

2.4.3 Lentoliikenteen aiheuttama melu

Lentokoneista tuleva melu on joko moottorimelua tai aerodynaamista melua. Moottorimelun määrään vaikuttavat moottorin teho ja tyyppi. Aerodynaamiseen meluun vaikuttavat laskutelineiden ja siipien asento sekä lentonopeus. Nousussa moottorimelun merkitys on suuri, mutta laskussa myös aerodynaamisen melun merkitys kasvaa moottorimelun ohella. (Lentokoneiden melu.)

3 MAAPERÄINEN RUNKOMELU

Runkomelulla tarkoitetaan maaperää pitkin rakennukseen kulkeutuvaa värähtelyä, joka muuttuu runkoa pitkin kerroksiin siirtyessä korvilla kuultavaksi ääneksi. Runkomelu syntyy esimerkiksi kiskon ja junan pyörien kosketuksesta aiheutusta värähtelystä. Värähtely siirtyy maaperää pitkin rakennuksen perustuksiin, jota pitkin ääni etenee rakennuksen runkorakenteissa huoneistosta toiseen. (Kuva 1.) Rakennusosien värähtely synnyttää äänen säteilyä, joka etenee ilma-ääninä aistittavaksi ääneksi. (Maaliikenteen aiheuttaman runkomelun arviointi. 2009, 14.)



KUVA 1. Eri melumuotojen kulkeutuminen rakennukseen (Maaliikenteen aiheuttaman runkomelun arviointi. 2009, 15)

Maaliikenne aiheuttaa runkomelua yleensä taajusalueilla 16-250 Hz. Runkomelua aiheuttava värähtely voi samanaikaisesti aiheuttaa myös liikennetärinää. Melun kannalta merkittävimmät värähtelyn taajuudet ovat yleensä alle 100 Hz:n

johtuen rakennusosien vasteesta värähtelyn aiheuttamalle herätteelle. Myös yli 250 Hz:n taajuuksilla voi esiintyä häiritseviä äänitasoja, jos rakennus on kiinteässä yhteydessä kallioon tai hyvin lähellä sitä. Suurin runkomeluhaitta on silloin, kun sekä rakennuksen että väylän perustukset ulottuvat suoraan peruskallioon tai hyvin kiinteään kitkamaahan. (Maaliikenteen aiheuttaman runkomelun arviointi. 2009, 15.)

3.1 Runkomelun arvioiminen

Runkomelun arvioinnissa on runsaasti eri epävarmuustekijöitä. Epävarmuudet johtuvat maaperäolosuhteiden eroavaisuuksista, liikennevälineiden ja väylän eri ominaisuuksista sekä rakennuksen tyypistä ja sen perustamistavasta. Lopullinen runkomeluarviointi tulisi tehdä asemakaavavaiheessa, jolloin arvioinnissa tulee käyttää pääasiallisesti vain maaperään tehtyjen värinämittausten avulla saatuja tuloksia. (Maaliikenteen aiheuttaman runkomelun arviointi. 2009, 24.)

3.1.1 Arviointitaso 1

Arviointitasolla 1 selvitetään, onko tarkempi värähtelytarkastelu tarpeen. Tarkempi arviointi on tarpeen silloin, kun etäisyys väylästä rakennukseen on pienempi kuin taulukossa 2 on esitetty, raja-arvo poikkeaa käytetystä tai rata ei ole vertailutapausta vastaava. (Maaliikenteen aiheuttaman runkomelun arviointi. 2009, 24.)

TAULUKKO 2. Väylän ja rakennuksen väliset etäisyydet, joita kauempana tarkempi värähtelytarkastelu ei ole tarpeen (Maaliikenteen aiheuttaman runkomelun arviointi. 2009, 25)

Liikennetyyppi	Maapohja, väylän sijainti ja runkomelutason raja			
	pehmeä maa, pintaväylä, 35 dB	kova maa, pintaväylä, 35 dB	kallio, tunneli, 30 dB	kallio, pintaväylä, 35 dB
Tieliikenne, 50 km/h	< 5 m	< 5 m	< 5 m	< 5 m
Tieliikenne, 100 km/h	< 5 m	< 5 m	< 5 m	5 m
Raitiovaunu, 40 km/h	< 5 m	15 m	50 m	120 m
Metro tai lähijuna, 80 km/h	< 5 m	30 m	90 m	160 m
Lähijuna, 160 km/h	10 m	60 m	130 m	200 m
Sähkömoottorijuna, 220 km/h	15 m	70 m	150 m	>200 m
IC-juna, 160 km/h	40 m	130 m	200 m	>200 m
Tavarajuna, 100 km/h	60 m	160 m	>200 m	>200 m

Taulukon 2 perusteella tieliikenteestä ei yleensä aiheudu merkittävää asumista häiritsevää runkoääntä.

3.1.2 Arviointitaso 2

Arviointitaso 2 on värähtelyn siirtotiehen perustuvaa arviointia. Arvioinnin avulla voidaan ottaa tarkemmin huomioon runkomelutasoon vaikuttavat tekijät. Menetelmän avulla saadaan käsitys runkomeluun vaikuttavien eri tekijöiden merkityksestä. (Maaliikenteen aiheuttaman runkomelun arviointi. 2019, 25.)

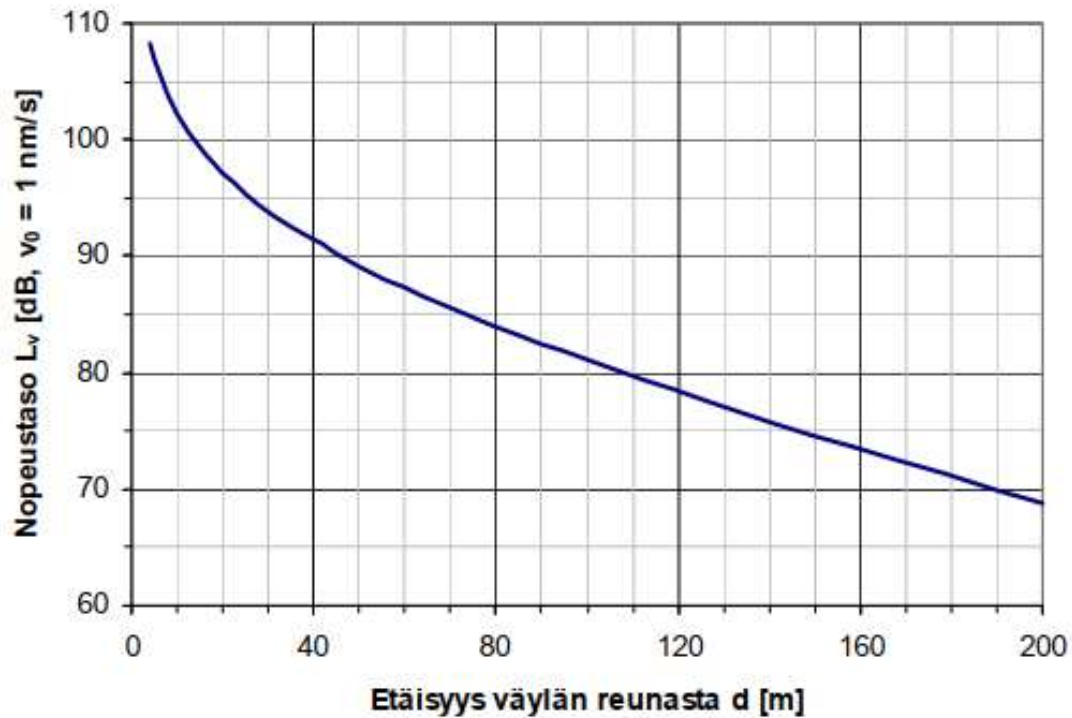
Runkomelun arvioinnin lähtökohtana on kuvan 2 mukaisesti maaperän värähtelyn nopeustaso, jota korjataan värähtelyn aiheuttajasta, siirtotiestä ja rakennuksesta riippuvilla nopeustason korjaustekijöillä. Lopputuloksena saadaan runkomelua kuvaava sisätilan äänitaso L_{pA} kaavan 1 mukaisesti. (Maaliikenteen aiheuttaman runkomelun arviointi. 2019, 26.)

$$L_{pA}[dB] = L_v + \sum \Delta L_{v,1}$$

KAAVA 1

L_v = Peruskäyrältä saatu maaperän värähtelyn nopeustaso

ΔL_v = Siirtotiestä ja rakennuksesta riippuva nopeustason korjaustekijä



KUVA 2. Maaperän värähtelyn nopeustason peruskäyrä

Kuvan 2 peruskäyrä voidaan esittää myös kaavamuodossa kaavan 2 mukaisella lausekkeella.

$$L_v[dB] = A - B * \log_{10} \left(\frac{d}{d_0} \right) - C * \left(\frac{d}{d_0} \right)$$

KAAVA 2

$$A = 103 \text{ dB}$$

$$B = 14 \text{ dB}$$

$$C = 0,8 \text{ dB}$$

$$d_0 = 10 \text{ m}$$

d = Tarkastettavan kohteen etäisyys väylän reunasta

Peruskäyrä kuvaa seuraavanlaista tilannetta:

- hyväkuntoinen sähkömoottorijuna, jonka nopeus on 100 km/h
- väylä on hyväkuntoinen eikä sisällä vaihteita tai muita kiskon jatkoksia
- kiskojen alle ei ole laitettu erillistä tärinäeriste kerrosta
- kyseessä on maanpinnalla kulkeva avorata (Maaliikenteen aiheuttaman runkomelun arviointi. 2019, 26).

Arvio sisätilan äänentasosta saadaan, kun kuvan 2 käyrältä saatuun värähtelyn nopeustasoon lisätään liikenteestä, väylän kunnosta, radan eristämiskorjauksista, väylän sijainnista, rakennuksesta riippuvia korjaustekijöitä (Maaliikenteen aiheuttaman runkomelun arviointi. 2019, 26). Taulukossa 3 on havainnollistettu korjaustekijät, jotka ovat riippuvaisia liikenteestä.

TAULUKKO 3. Liikenteestä riippuvat korjaustekijät (Maaliikenteen aiheuttaman runkomelun arviointi. 2019, 30)

Liikennetyyppi		
Sähkömoottorijunat	0 dB	Koskee sekä lähijunia, kaukojunia, metroa että raitiovaunua (akselipaino 9–15 tonnia).
Suurnopeusjunat	0 dB	Koskee Pendolinoa (akselipaino 13 tonnia).
Veturivetoiset junat	+ 11 dB	Koskee sekä henkilö- että tavarajuna-liikennettä. Koskee sekä sähkö- että dieselveitureita (akselipaino 15–22,5 tonnia).
Kumipyöräliikenne	- 6 dB	Koskee kaikkea maantieliikennettä.
Ajonopeuden vaikutus		
Ajonopeus $v_z = v_{z,0} = 100 \text{ km/h}$	0 dB	Esitetty korjaus: $\Delta L_v = 20 \log_{10}(v_z/v_{z,0})$. Korjaus voi olla pienempikin, joskus vain $(10..15) \log_{10}(v_z/v_{z,0})$.
$v_z = 50 \text{ km/h}$	- 6 dB	
$v_z = 200 \text{ km/h}$	+ 6 dB	
Ajoneuvon ominaisuuksista riippuvat tekijät (valitaan suurin seuraavista tekijöistä)		
Normaali jousitus	0 dB	Pääjousituksen ominaistaajuus on alle 15 Hz.
Jäykkä jousitus	+8 dB	Pääjousituksen ominaistaajuus on yli 15 Hz.
Kuluneet pyörät tai lovipyörät	+10 dB	Ongelmaa voidaan poistaa pintojen oikaisulla tai estämällä liukuminen lukkiutumattomilla jarruilla.

Taulukosta 4 käy ilmi, miten väylän kunto ja väylällä olevat jatkuvuuskohdat vaikuttavat korjaustekijän suuruuteen.

TAULUKKO 4. Väylästä riippuva korjaustekijä (Maaliikenteen aiheuttaman runkomelun arviointi. 2019, 30)

Väylän kunto (valitaan suurin seuraavista tekijöistä)		
Hyväkuntoinen rata	0 dB	Kiskot ovat sileät eikä radassa ole epäjatkuvuuskohtia.
Kuluneet tai aaltomaiset kiskot	+10 dB	Jos sekä pyörät (taulukko 6) että kiskot ovat kuluneet, kerrointa käytetään vain kerran. Kuluminen vaikutusta voidaan vähentää kiskojen hiomisella. Myös uudet kiskot voivat ennen tasoittumistaan lisätä värähtelyä.
Radan epäjatkuvuuskohtat	+10 dB	Pyörien osuminen radan erityiskohtiin (mm. ratavaihteet ja huonot mekaaniset kiskonjatkokset) kasvattavat värähtelyä. Vaihdetyyypeillä on eroja.
Kiskonjatkokset	+5 dB	Mekaanisin kiinnittimin tehty kiskonjatkos aiheuttaa hitsattua jatkosta suuremmat värähtelyt.

Taulukossa 5 on esitetty, miten radan eristämisestä riippuva korjaustekijä pienentää lopullista värähtelyn nopeustasoa.

TAULUKKO 5. Radan eristämiskorjaustekijä (Maaliikenteen aiheuttaman runkomelun arviointi. 2019, 30)

Radan eristämistapa (valitaan merkittävin seuraavista tekijöistä)		
Ei eristystä	0 dB	Kiskot pölkyillä 300–400 mm sepelikerroksen päällä.
Kiskojen eristäminen	-5 dB	Pehmeät kiskonaluslevyt kiskon ja ratapölkyn välissä vaimentavat yleensä yli 50 Hz:n värähtelyä.
Pölkkyjen eristäminen	-10 dB	Ratapölkkyjen alle asetetut eristelevyt vaimentavat yleensä yli 40 Hz:n värähtelyä.
Sepelikerroksen eristäminen	-10 dB	Sepelipatjan ja kovan pohjan väliin asennettujen vaimennusmattojen tai eristelevyjen vaikutus on erilainen eri värähtelytaajuuksilla. Yleensä vaimennusmatto vaimentaa yli 30 Hz:n värähtelyä.
Kelluva laattarakenne	-15 dB	Radan alla olevan kelluvan betonilaatan vaikutus on erilainen eri värähtelytaajuuksilla. Laatalla voidaan vaimentaa tehokkaasti kaikkia äänitaajuuksia.

Radan sijainnilla on myös merkitystä, kuten taulukosta 6 käy ilmi.

TAULUKKO 6. Väylän sijainnista riippuva korjaustekijä (Maaliikenteen aiheuttaman runkomelun arviointi. 2019, 31)

Väylän sijainti (valitaan merkittävin seuraavista tekijöistä)		
Avorata	0 dB	Maanpäällinen rata välittää värähtelyä tehokkaammin kuin tunneliin tehty rata. Ilmaradan korjaustekijään vaikuttaa sekä itse rakenne, sen perustamistapa että siirtotien pituuden lisääntyminen.
Maatunneli	- 3 dB	
Kalliotunneli	-15 dB	
Ilmarata	-10 dB	

Taulukossa 7 on esitetty korjaustekijät, jotka koskevat rakennusta, johon runkomelutarkastelua ollaan tekemässä.

TAULUKKO 7. Rakennuksesta riippuvia korjaustekijöitä (Maaliikenteen aiheuttaman runkomelun arviointi. 2019, 31)

Rakennuksen tyyppi		
Perustus kalliolle	0 dB	Korjauskertoimia voidaan käyttää, kun perustuksen ja kallion välissä on maa-ainesta vähintään 3 m.
Puutalo 1–2 krs	-5 dB	
Betonitalo 1–2 krs	-7 dB	
Kerrostalo	-10 dB	
Tarkasteltava asuinkerros		
Kerrokset 1–5	-2 dB/kerros	Korjaustekijää tarvitaan, mikäli kaikkien kerrosten käyttötarkoitus ei ole sama.
Ylemmät kerrokset	-1 dB/kerros	
Rakenneosien resonanssin vaikutus		
Lattiat, seinät, katto	+6 dB	Todellinen värähtelyn vahvistuminen riippuu paljon materiaaleista ja rakenneratkaisuista.

3.1.3 Arviointitaso 3

Värähtelyn syntymiseen sekä leviämiseen vaikuttavat monet epävarmuustekijät ja siksi esitettyä arviointia voidaan pitää vain suuntaa-antavia. Arviointitasolla 3 mittauksien avulla arvioinnista saadaan tarkempi ja luotettavampi. Mittauksia voidaan käyttää myös, mikäli arviointitaso 2 on johtanut epätyydyttävään tulokseen ja halutaan luotettavampia arvioita. (Maaliikenteen aiheuttaman runkomelun arviointi. 2019, 36.)

Referenssikohteen tuloksia hyödynnettäessä tulee varmistua siitä, että olosuhteet ovat mahdollisimman identtiset (Maaliikenteen aiheuttaman runkomelun arviointi. 2019, 37).

3.2 Tärinä

Liikennetärinä on juna- tai tieliikenteen aiheuttamaa värähtelyä, joka maan kautta välittyy rakennukseen. Ihminen aistii sen joko suoraan kehossaan rakennuksen värähtelynä tai välillisesti esineiden helinällä. (Rakennukseen siirtyvän liikennetärinän arviointi. 2008, 9.)

Alati kasvava tonttipula luo painetta rakentaa myös sellaisille alueille, joilla tärinähaitat korostuvat. Tärinälle alttiita paikkoja ovat esimerkiksi pehmeät savimaat. Lisäksi akselipainojen kasvaminen ja raskaan liikenteen lisääntyminen lisää liikenteen aiheuttamia tärinähaittoja. (Rakennukseen siirtyvän liikennetärinän arviointi. 2008, 9.)

3.3 Ohjearvoja

Suomessa ei monen muun maan ohella ole annettu ohje- tai raja-arvoja maa- ja tunneliliikenteen runkoäänille. Suosituksia ja linjauksia on kuitenkin tehty useissa maissa. Tosin näille suositusarvoille ei ole annettu ohjeistusta ja näin ollen raja-arvo voi tarkoittaa meluisinta ohiajoa tai ohiajojen keskiarvoa. (Maaliikenteen aiheuttaman runkomelun arviointi. 2019, 17.)

3.4 Suositusarvot

Taulukossa 8 on esitetty suositus Suomessa käytettävistä runkomelutasojen raja-arvoista. Raja-arvoja asetettaessa tavoitteena on ollut häiriövaikutuksien rajoittaminen mahdollisimman minimiin. Häiriövaikutuksia on katsottu syntyvän, kun $L_{pA,Sm} \geq 35dB$, joten raja-arvot on asetettu asunnoissa tätä pienemmäksi. (Maaliikenteen aiheuttaman runkomelun arviointi. 2019, 17.)

TAULUKKO 8. Runkomelutasojen suositellut raja-arvot (Maaliikenteen aiheuttaman runkomelun arviointi. 2019, 18)

Rakennustyyppi	Runkomelutaso L_{prm} [dB]
Radio-, tv- ja äänitysstudiot, konserttitalit	25–30
Asuinhuoneistot	30/35 ²
Hoito- ja sosiaalihuollon laitokset, majoitustilat - potilashuoneet, majoitustilat - päiväkodit, lasten ja henkilökunnan oleskeluun tarkoitetut huoneet	30/35 ²
Kokoontumis- ja opetustilat - 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 = Mikäli avorata-alueilla kaavamääräykseen on julkisivulle annettu ohje ilma-ääneneristävyydestä, on suositeltavaa käyttää runkomelun raja-arvoista tiukempaa.

Raja-arvot = ”Hyvä”/”riittävä”

4 RUNKOMELUN VAIMENTAMINEN

Joustavien kerrosten käyttö värähtelyn eristämisessä perustuu rakenteen dynaamisten ominaisuuksien muuttamiseen. Usein eristyksen vaikutusta voidaan arvioida yksinkertaisillakin laskentamalleilla. Kaikista yksinkertaisimmillaan rakenne voi olla jousi-massasysteemi, jossa jousen jäykkyyttä muuttamalla saadaan säädettyä tuloksia. Jousella kuvataan rakennuksen alla olevan maaperän ja eristeen dynaamista jäykkyyttä. Massalla taas kuvataan eristeen päälle rakennetun rakennuksen massaa. (Maaliikenteen aiheuttaman runkomelun arviointi. 2019, 40.)

Silloin kun herätteen taajuus on alkuperäisen rakenteen ominaistaajuutta f_0 suurempi, alustan pehmentäminen vaimentaa kaikkia sitä suurempia värähtelytaajuuksia. Vaimennus on kuitenkin vähintään kaavan 3 mukainen. (Maaliikenteen aiheuttaman runkomelun arviointi. 2019, 40.)

$$\Delta L = 20 \lg \left(\frac{f_0}{f_1} \right)^2 = 20 \lg \left(\frac{k_0}{k_1} \right) \quad \text{KAAVA 3}$$

f_0 = Alkuperäisen alustan taajuus

k_0 = Alkuperäisen alusta jäykkyys

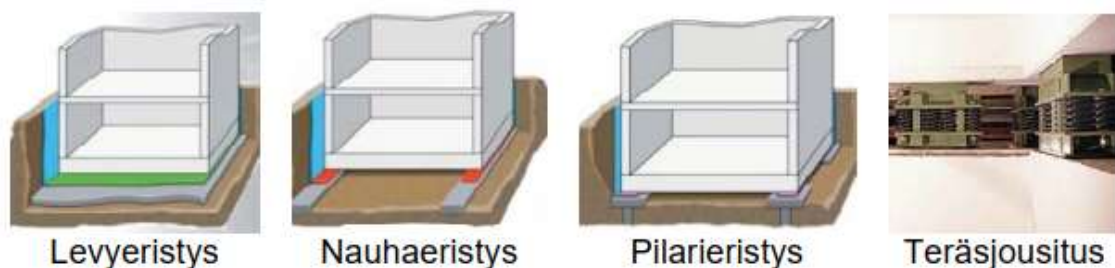
f_1 = Eristetyn alustan taajuus

k_1 = Eristetyn alustan jäykkyys

Yleisesti ottaen rakennuksen alle asennettavilla eristeillä voidaan käytännössä saavuttaa maksimissaan noin 20 – 30 dB:n vaimennus, sillä sen jälkeen rakennuksen perustuksesta saattaa tulla liian joustava rakenteiden toimivuuden kannalta. 20 dB:n vaimennus edellyttäisi, että eristeen päällä olevan rakenteen omasta painosta johtuva painuma olisi 10-kertainen eristämättömään rakenteeseen nähden. (Maaliikenteen aiheuttaman runkomelun arviointi. 2019, 41.)

4.1 Vaihtoehdot runkomelun vaimennukseen

Runkomelua aiheuttavaa pystysuuntaista värähtelyä maasta rakennukseen voidaan pienentää tehokkaasti katkaisemalla värähtelyn siirtyminen tarpeeksi joustavalla perustuksella. Jousto toteutetaan yleensä levyeristyksellä tai erillisillä kumi- tai teräsjousivaimentimilla kuvan 3 mukaisesti. Rakennuksen perustuksiin sijoitetut teräsjousitukset voidaan tehdä joustavammiksi kuin radan alla ja sen vaimennusteho voi olla jopa yli 30 dB. (Maaliikenteen aiheuttaman runkomelun arviointi. 2019, 46.)



KUVA 3. Periaateratkaisuja joustavista eristysratkaisuista

4.2 Runkomelun eristäminen työmaalla

Pinnan, jonka päälle vaimennusmatto asennetaan, tulee olla puhdas ja kuiva eikä lämpötila saa olla pakkasen puolella. Lisäksi asennuspinnan tulee olla siileä, eikä siinä saa olla minkäänlaisia teräviä ulkonemia (kuva 4). Myös sementtiliima, laastit, öljy ja muut vastaavat liat tulee poistaa. (Installation instructions for full surface bearings. 2016.)



KUVA 4. Esimerkkikuvat oikein ja väärin valmistetusta asennuspinnasta (Installation instructions for full surface bearings. 2016)

Matot on asennettava niin tiiviisti yhteen kuin mahdollista. Lisäksi saumakohdat teipataan minimissään 50 mm leveällä teipillä. Mikäli mattojen saumasta pääsee pursuamaan märkää betonia, voi se muodostaa äänisiltoja ja vähentää huomattavasti vaimennusta. Useampia kerroksia asennettaessa tulee seuraavien kerrosten sauma olla minimissään 100 mm sivussa alempaan saumaan nähden. (Installation instructions for full surface bearings. 2016.)

5 SUUNNITTELUOHJEEN LAATIMINEN

Opinnäytetyön tilaajana toimivan Rambollin toive oli saada yksinkertaistettu suunnitteluohje runkomelualueelle rakennettavien kerrostalojen suunnitteluun. Suunnitteluohjeesta haluttiin tehdä johdonmukainen muistilistan tapainen ohjeistus Rambollin suunnittelijoiden käyttöön. Suunnitteluohjeesta tehtiin yhdelle A4-paperille mahtuva kokonaisuus, jonka liitteeksi lisättiin detaljiikkaa perustapauksista.

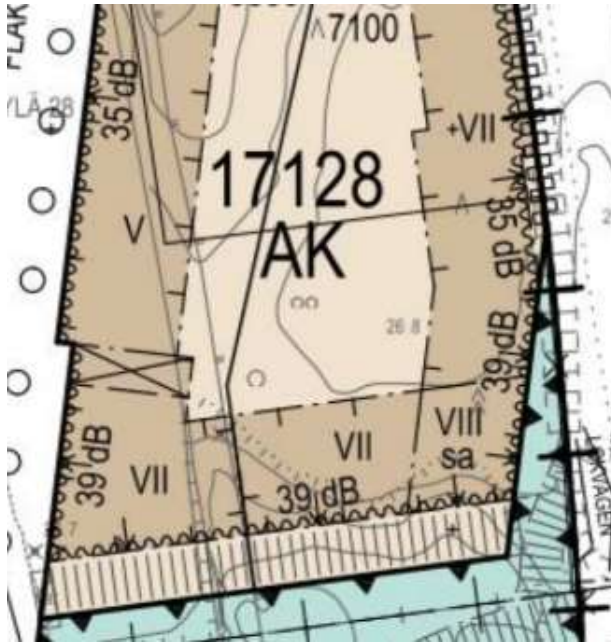
Suunnitteluohjeen laatimisen pohjana ja esimerkkinä käytettiin muun muassa parhaillaan Rambollin suunnitteilla olevia esimerkkikohteita, joita ei ole yksilöity sen tarkemmin. Esimerkkikohteista tarvittiin lähinnä mittaustuloksia, runkomelu- ja tärinäraportit analysointia varten sekä valmiiksi mietittyjä ratkaisuja detaljeihin. Myös esimerkkikohteessa olevat kokeneemmat suunnittelijat ovat olleet mukana suunnitteluratkaisuiden luomisessa.

Suunnitteluohje pohjautui suurimmilta osin VTT:n esiselvitykseen maaliikenteen aiheuttaman runkomelun arvioinnista. VTT:n julkaisu on ainoa virallinen suomenkielinen ohjeistus runkomeluun liittyen, ja esiselvityksen perustana on mm. norjalaisten tekemä selvitys runkomelusta ja -tärinästä.

Suunnitteluohjeen laatiminen aloitettiin miettimällä suunnitteluprosessin etenemistä otsikkotasolla johdonmukaisessa järjestyksessä. Ohjeeseen päätettiin lisätä viittaus tähän opinnäytetyöhön. Suunnitteluohjeen otsikot esitellään tarkemmin luvuissa 5.1 - 5.7. Otsikoiden alle kerättiin esimerkkikohteen avulla perusteita ja selityksiä selkeyttämään ohjeen tulkitsemista.

5.1 Kaavamääräykset

Radan varressa oleville rakentamiskohteille on yleensä olemassa jonkun tahon tekemä runkomelu- ja tärinäselvitys, joka ohjeistaa runkomelun ja tärinän huomioimisesta. Selvityksen perusteena olevien mittausten perusteella saadaan tonttia rasittavat desibelimäärät kuvan 5 mukaisesti.



KUVA 5. Ote esimerkkikohteen asemakaavasta

Suunnittelijan ensimmäisenä tehtävänä on siis perehtyä asemakaavaan, runkomelu- ja tärinäraporttiin ja selvitykseen sekä niiden lisäksi rakentamistapaohjeisiin. Näiden lähtötietojen perusteella ratkaistaan, miten suunnittelua lähdetään viemään eteenpäin vaimennuksen osalta.

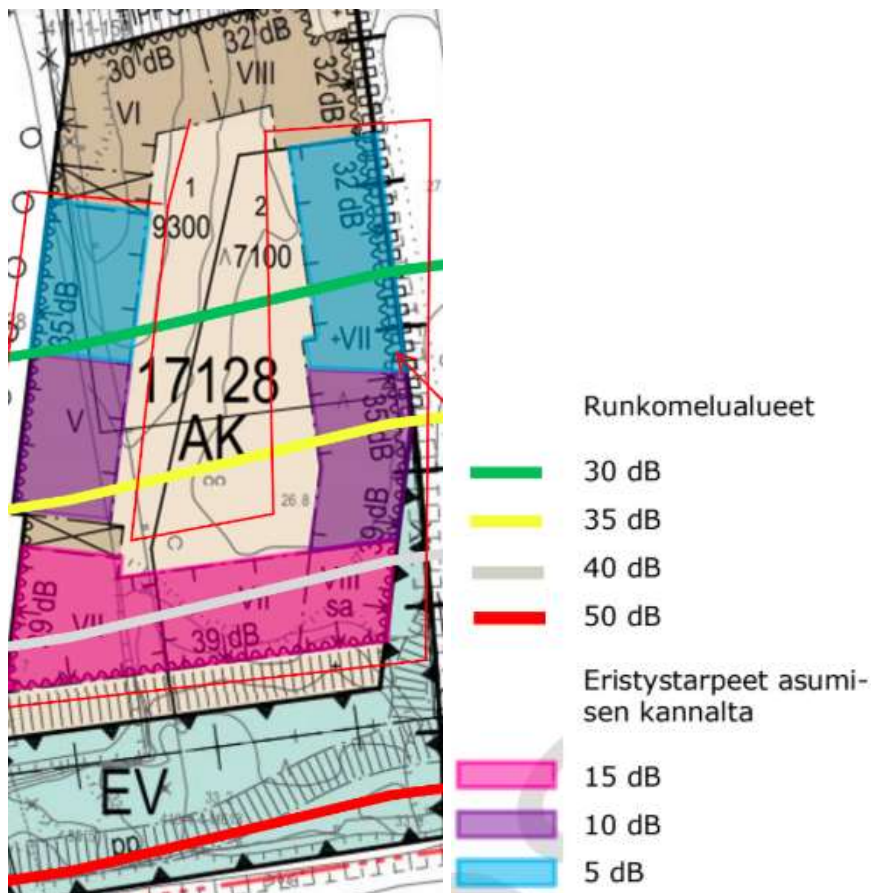
Myös rakennusvalvontaan tulee olla yhteydessä ennen suunnittelun aloittamista. Jos jostakin syystä eri kaupunkien rakennusvalvonnoilla on hieman eriäviä näkemyksiä runkomelusta, saadaan yhteydenpidon avulla lopputuloksesta halutunlainen.

Kaavamääräysten, raporttien ja rakennusvalvonnan antamilla lähtötiedoilla on asiakkaalle hyvä koota selvitys runkomelun aiheuttamista lisäkustannuksista verrattuna kohteeseen, jossa runkomelu ei ole rasitteena. Lisäkustannukset koostuvat suunnittelun aikaisesta lisätyöstä, vaimennukseen tarvittavasta materiaalista ja lisärakenteista sekä asennustyöstä. Kustannuksiin ei tässä opinnäytetyössä otettu tämän enempää kantaa.

5.2 Rakennesuunnittelun esisuunnitteluvaihe

Asemakaavan ja runkomelu- ja tärinäselvityksestä poimittuja dB- ja värähtelyarvoja verrattiin suositeltuihin raja-arvoihin. Tämän vertailun perusteella saatiin suuntaa antavasti selville, kuinka paljon runkomelua tulee saada vaimennettua runkomelueristeiden avulla.

Esimerkkikohteessa tontti jakautui kuvan 6 mukaisesti eri osioihin. Osa rakennuksista, jotka sijaitsivat lähimpänä rataa, tarvitsivat enemmän vaimennusta kuin tontin perällä, kauimpana olevat rakennukset. Näin ollen koko tontille ei suunniteltu yhtenäistä vaimennusta, vaan vaimennusta vähennettiin portaittain tontin perälle päin melun tulosuunnasta katsottuna.



KUVA 6. Runkomelun leviäminen ja alustavat lähtötiedot rakennuksen vaimennustarpeille

Lisäksi suuremmissa kohteissa voi tontille tulla rakennuksia tai rakenteita, jotka eivät tarvitse eristystä runkomelua vastaan. Tällaisia rakennuksia ovat esimerkiksi autohallit, joita tehdään useasti kerrostalojen yhteyteen. On kuitenkin tärkeää muistaa, että eristämättömät ja eristetyt rakennusosat eivät missään vaiheessa saa olla yhteydessä toisiinsa. Runkomelun vaimennusalueiden suunnittelu kannattaa aloittaa jakamalla ne rakennuksen liikuntasaua-alueiden mukaan.

5.3 Eristysvaihtoehdot

Vaikka erilaisia vaimennusvaihtoehtoja on olemassa, tässä esimerkikohteessa päätettiin käyttää anturan alle asennettavan vaimennusmaton avulla tehtyä vaimennusta. Suunnitteluohjeeseen listattiin myös muut mahdolliset vaimennusvaihtoehdot.

Koska vaimennusmatto on kallista, tontille tehtyt värinämittaukset ja raportit tarkasteltiin hyvinkin tarkasti, jotta vaimennusta ei ylimitoitettu ja kustannukset eivät turhaan nousseet sen takia korkeammiksi.

5.4 Vaimennusmatolla tehty runkomelun vaimennus

Vaimennusmatolla anturan yhteyteen tehty värinäeristys päätettiin esimerkikohteessa suunnitella niin, että varsinaisen anturan alle valettiin matalampi sivumitoiltaan ylemmän anturan kanssa yhtenevä antura, jonka päälle vaimennusmatto levitetään.

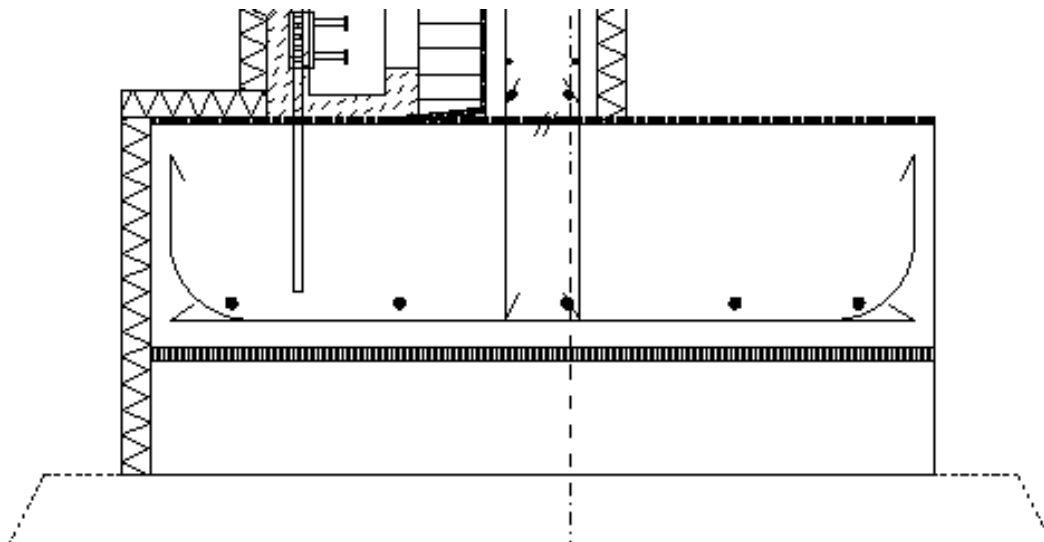
Koska tällä tavalla tehtynä rakennus ns. kelluu vaimennusmaton päällä, tulee anturan liukuminen tarkastella erikseen. Esimerkkikohteessa tarkasteltiin koko rakennuksen massan sivusiirtyminen tuulikuorman vaikutuksesta. Toinen käytökelpoinen malli olisi tarkastella rakennuksen osat liikuntasaua-alueittain. Tarkastelu tehtiin myös anturametriä kohti työnaikaisia täyttöjä silmällä pitäen. Kitkakertoimena esimerkikohteessa käytettiin runkomelun vaimennusmattotomittajan antamaa kerrointa $\mu=0,3$.

Jos matolle annettu kitka ei riitä pitämään maton päällä olevaa rakennetta paikallaan, tulee sivusiirtymä estää. Vaimennusmaton läpi ei kuitenkaan saa viedä mitään tartuntoja läpi runkomeluvaimennuksen heikentymisen takia. Esimerkkitilanteessa tätä ongelmaa ei ilmentynyt. Liitteessä oleviin detaljeihin lisättiin esimerkkiratkaisu myös tällaisesta tilanteesta.

Tärinäeristysuunnittelijalle lähetettiin lähtötietoina rakennuksesta tulevat kuormat anturametriä kohden ominaisarvoina. Kuormat saatiin Robot-mallista. Kuormat eriteltiin omiin painoihin sekä muuttuviin kuormiin. Tuuli- ja lumikuormat huomioon ottaen valittiin määräävin tilanne. Koko rakennuksen osalta tehtiin pohjakuva, josta näkyi ulkoseinien sekä väliseinien kohdalle tulevat anturat. Kuormat osoitettiin anturalle mittaviivan avulla.

5.5 Detaljeja

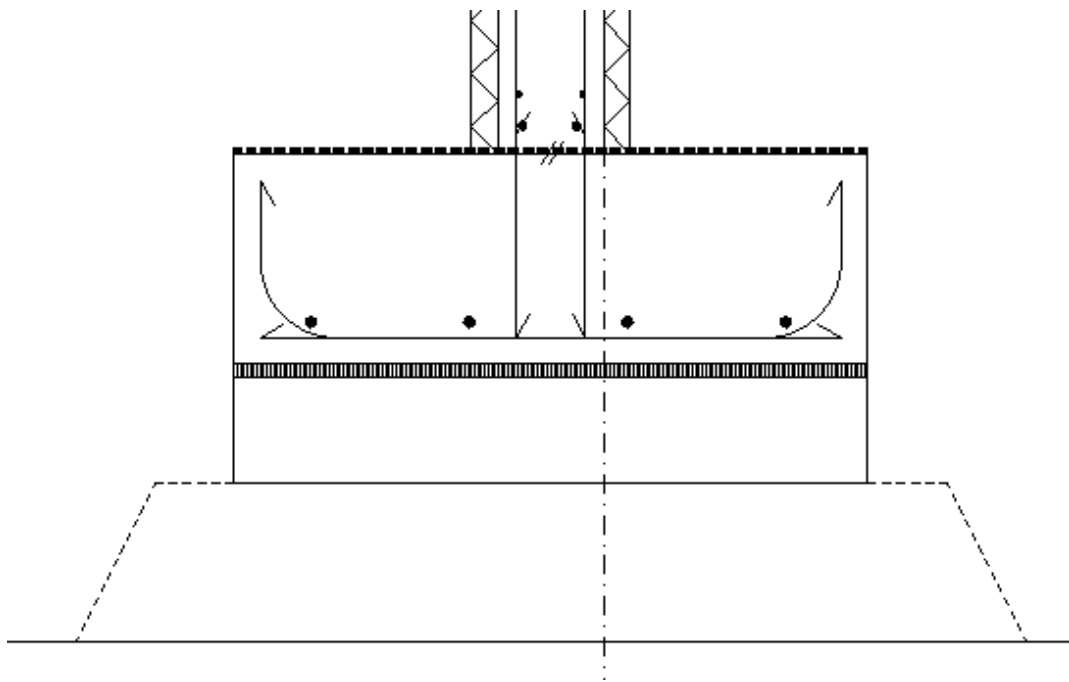
Esimerkkikohteen monimuotoisuuden vuoksi erilaisia detaljeja kertyi hyvinkin runsaasti. Detaljeja suunniteltaessa lähtökohtana oli ensisijaisesti estää pystysuunnassa kulkeutuvaa runkomelua ns. primäärivaimennukseen tarkoitetulla erillisellä matalalla anturalla sekä tärinävaimennusmatolla kuvan 7 mukaisesti.



KUVA 7. Periaatepiirustus runkomelua vaimentavasta perustuksesta melua päin olevan ulkoseinän kohdalla

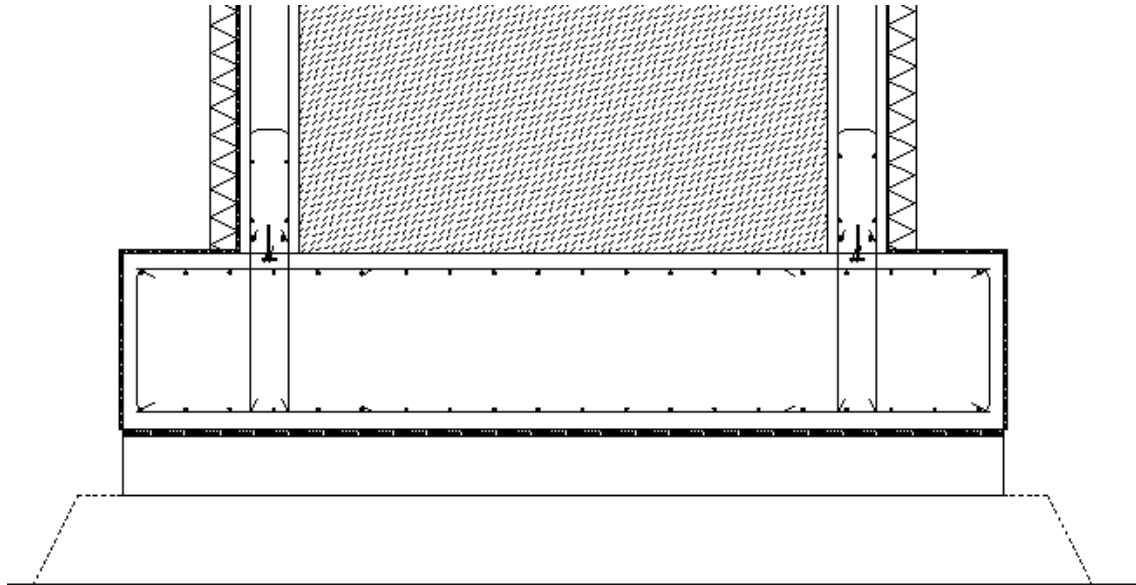
Runkomelun vaimennukseen tarkoitetun eristeen paksuus ja tyyppi ovat riippuvaisia rakennuksen painosta sekä vaimennustarpeesta. Paksuuden määritteli tärinäeristys suunnittelija hänelle annettujen lähtötietojen perusteella. Jotta perustamissyvyys saatiin pidettyä koko rakennuksen alueella samana riippumatta vaimennusmaton paksuudesta, säädettiin alemman anturan paksuutta tarpeen mukaan. Alemman anturan paksuudeksi oletettiin alustavasti 200 mm.

Runkomeluraportin mukaan junarataan päin olevalle sivulle oli määriteltä suurin vaimentamisen tarve. Tälle sivulle lisättiin niin sanottu sekundäärinen runkome-lueriste pystyyn ulkoseinä anturan ja perusmuurin junaradanpuoleiselle sivulle. Tällä varmistetaan vaakasuuntaisesti radalta rakennukseen päin etenevän värinän pysähtyminen. Eristeeksi katsottiin riittävän 50 mm paksuinen routaeriste. Kauempana junarataa oleviin väliseiniin ja poispäin junaradasta olevien perusmuurien sivuille ei katsottu tarpeelliseksi laittaa lisäeristettä pystyyn, koska äänen sivusuuntainen eteneminen oletettiin pysähtyvän ulkoseinälinjoilla oleviin pystyeristeisiin. (Kuva 8.)



KUVA 8. Perustapaus väliseinän kohdalla olevasta vaimentavasta anturasta

Hissikuilun kohdalla käytettiin soveltaen samaa vaimennustapaa, kuin väliseinienkin kohdalla (kuva 9).



KUVA 9. Perustapaus hissikuilun kohdalla

5.6 Huomiot mittapiirustuksiin

Mittapiirustuksen reunalle kerättiin eri levyset lisäanturat raudoituksineen normaali-anturoiden raudoituskuviin lisäksi. Lisäksi mittapiirustuksen reunaan piirrettiin karkea periaatekuva käytettävästä perustustyyppistä, jossa näkyivät antura, vaimennusmatto sekä alin matala antura. Itse mittapiirustukseen alempien anturoiden tiedot merkattiin samalla kohdalla olevien varsinaisten anturoiden tietojen yhteyteen.

5.7 Ohjeet työmaalle

Ohjeet työmaalle -kohtaan lisättiin tekstiä, jota sovellettuna on mahdollista käyttää esim. työpiirustusten täydentämiseen. Ohjeet työmaalle kirjattiin hyvin yleisluontoisesti, koska yksityiskohtaisempia ohjeita vaimennusmatolle ei löytynyt eikä sellaiselle ollut tarvetta.

Tärinävaimennusmaton asennus tulee tehdä hyvin huolellisesti. Valupinnan tulee olla tasainen. Kaikki valuroiskeet anturan sivuilta pitää puhdistaa huolellisesti, jotta maaperästä tulevalle värinälle ei ole suoraa reittiä rakennuksen anturaa ylempiin rakenteisiin ohi vaimennusmaton. Tärinävaimennusanturan ja anturan välille ei saa tehdä minkäänlaisia kiinnityksiä ja tartuntoja, tai muuten vaimennus menettää merkityksensä. Tarvittaessa laitettava pystyeriste anturan ja perusmuurin kylkeen on asennettava niin tiiviisti, että maa aines ei pääse olemaan yhteydessä rakenteisiin saumojen kautta.

6 POHDINTA

Opinnäytetyön tarkoituksena oli tuottaa suunnitteluohje helpottamaan ja nopeuttamaan tulevaisuudessa runkomelualueelle rakennettavien kerrostalojen suunnittelua. Työssä perehdyttiin runkomelualueelle rakennettavan rakennuksen suunnitteluun esimerkkikohteen suunnittelussa tulevien huomioiden pohjalta.

Opinnäytetyön raporttiosuuteen on koostettu perustietoa äänestä ja melusta, joka on pohjana aiheen siirtyessä kohti runkomelua ja lopulta itse suunnitteluohjeen tekoa. Tavoitteena olikin koota opinnäytetyö niin, että aikaisempi aihe tukee aina seuraavaksi esiteltävää aihetta.

Opinnäytetyössä ei perehdytty pehmeillä mailla ongelmana olevaan värinään sen tarkemmin. On kuitenkin hyvä tunnistaa, että runkomelusta ja -värinästä puhuttaessa puhutaan kahdesta hieman erityyppisestä asiasta, jotka kuitenkin molemmat ovat värinää, tosin eri taajuuksista.

Opinnäytetyön tuloksena saatiin tehtyä pohja suunnitteluohjeelle, jota vielä jalostamalla lopullinen suunnitteluohje saadaan tehtyä. Esimerkkikohteen avulla mietitylle pohjalle on helpompi jatkossa lähteä kehittämään uusia ja vieläkin parempia ratkaisuja, koska perusteet on nyt saatavilla eikä kaikkea tarvitse keksiä alusta asti uudestaan. Liitteenä 1 oleva suunnitteluohje tulee Ramboll Finland Oy:n yleiseen käyttöön.

Opinnäytetyön yhteydessä havaittiin se, että yleisesti jaossa olevaa tietoa värinävimennuksista ei ihan hirveästi ole saatavilla. Tulevaisuudessa suunnitteluohjetta onkin hyvä päivittää aina, kun uutta tutkimustietoa runkomelusta on saatavilla. Näin ollen ohjeen pohjalta tehdyt suunnitteluratkaisut saadaan myös tehtyä parhaalla mahdollisella tavalla.

LÄHTEET

Halonen, Matti – Kurkela, Juha – Talja, Asko – Vepsä, Ari 2008 Rakennukseen siirtyvän liikennetärinän arviointi. Saatavissa: <https://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2008/T2425.pdf>. Hakupäivä 26.9.2019.

Halonen, Matti – Kurkela, Juha - Talja, Asko – Vepsä, Ari 2009. Maaliikenteen aiheuttaman runkomelun arviointi. Saatavissa: <https://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2009/T2468.pdf>. Hakupäivä 20.9.2019.

Installation instructions for full surface bearings. 2016. Asennusohje. Saksa: Getzner.

Lentokoneiden melu. Finavia. Saatavissa: <https://www.finavia.fi/fi/tietoa-finavia-asta/vastuullisuus/ymparistovastuu/melu>. Hakupäivä 27.9.2019.

Melu. 2013. Ympäristöhallinto. Saatavissa: https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Elinym-paristo_ja_kaavoitus/Elinymparisto/Melu. Hakupäivä 19.9.2019.

Melu. 2019. Ympäristöterveys. Saatavissa: <https://thl.fi/fi/web/ymparistoterveys/melu>. Hakupäivä 20.9.2019.

Ramboll. Saatavissa: <https://fi.ramboll.com/>. Hakupäivä 5.10.2019.

RIL 243-1-2007. 2007. Rakennusten akustinen suunnittelu. Suunnitteluohjeet. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörienliitto RIL.

RT38488. 2014. Sylömer- ja Sylodyn-tärinäeristeet Christian Berner Oy. Rakennustieto Oy. Saatavissa: <https://www.rakennustieto.fi/Downloads/Tarvike-tieto/pdf/38488.pdf>. Hakupäivä 27.9.2019.

Tieliikenteen melu. Tiehallinto. Saatavissa: https://julkaisut.vayla.fi/pdf/melu-esite_tammikuu_06_a4.pdf. Hakupäivä 20.9.2019.

Valtioneuvoston päätös melutason ohjearvoista. 1992. Helsinki: Valtioneuvosto.
Saatavissa: <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/1992/19920993>. Hakupäivä
27.9.2019.

Väylä. Saatavissa: <https://vayla.fi/>. Hakupäivä 27.9.2019.

Ääniympäristö. 2018. Ympäristöministeriön ohje rakennuksen ääniympäristöstä.
Suunnitteluohjeet. Helsinki: Ympäristöministeriö.

Runkomelusuunnittelun kulku

Kaavamääräykset

- Kaavamääräyksiin on merkitty tonttia rasittavat desibeliarvot.
- Lähtötiedoiksi tarvitaan myös selvitys tai raportti runkomelusta.
- Rakennusvalvonta antaa lisäohjeistusta.



Rakennesuunnittelun esisuunnitteluvaihe

- Asuinhuoneistojen raja-arvot: päivällä 35dB ja yöllä 30dB.
- Tontin eri rakennuksilla voi olla eri käyttötarkoitus, jonka takia äänen vaimennus ei ole aina tarpeellista koko tontin alueelle samassa mittakaavassa.
- Vaimennetun ja vaimentamattoman alueen välille ei saa tehdä värinää johtavia liitoksia.
- Vaimennuseristys liikuntasauma-alueittain
- Lähtötietojen kerääminen värinäeristysuunnittelijalle



Vaihtoehtoja runkomelueristykseen

- Maasta rakennukseen siirtyvä värähtely katkaistaan joustavalla perustuksella.
- Esimerkkejä joustavista eristysratkaisuista: levyeristys, nauhaeristys, pilarieristys ja teräsjousitus.



Piirustuksiin

- Liitteenä olevat detaljit on suunniteltu vaimennusmaton kanssa.
- Tasopiirustukseen lisätään tiedot vaimentavasta anturasta.
- Tasopiirustukseen myös periaatekuva vaimentavasta anturasta.



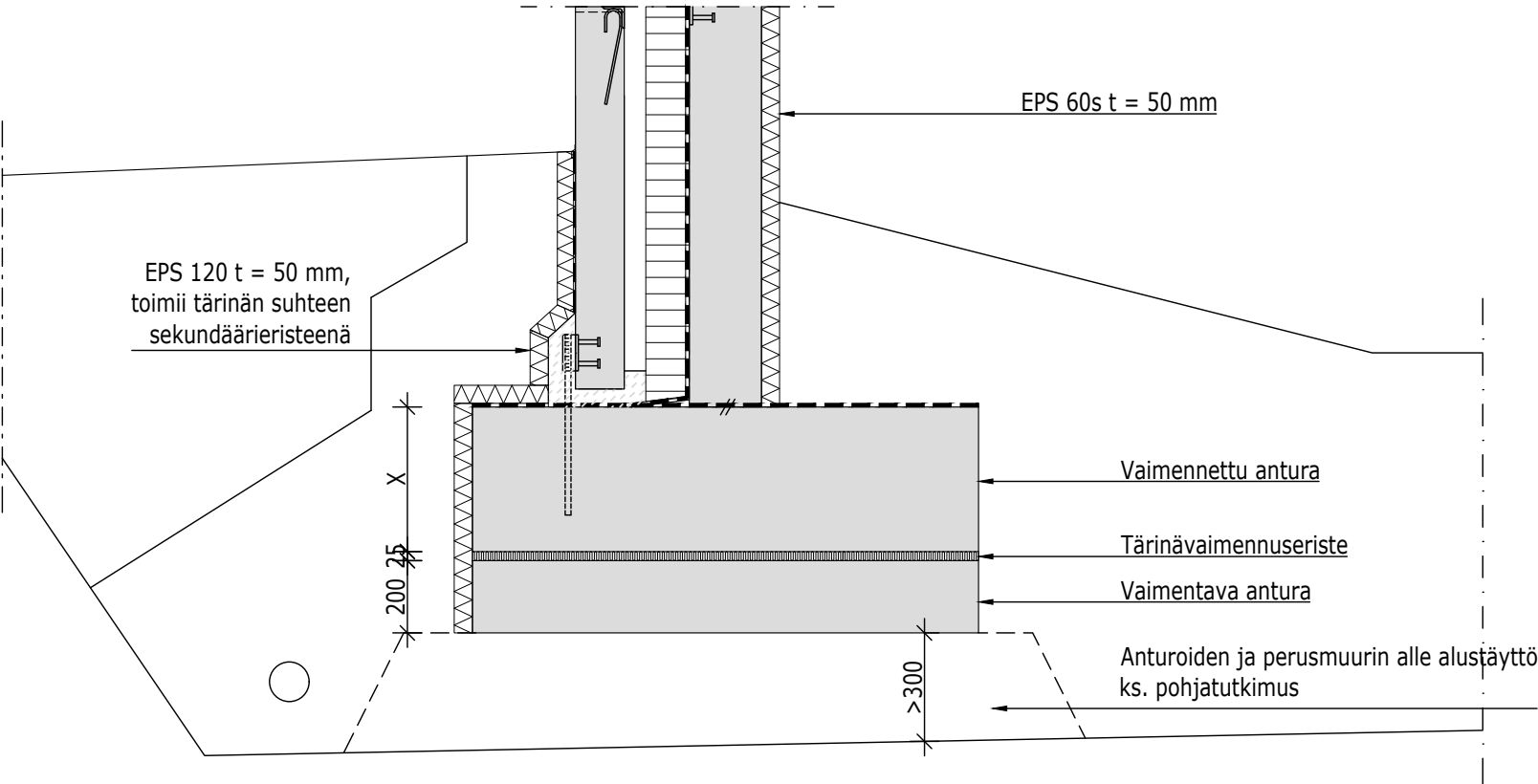
Huomiot työmaalle

- Vaimennusmaton asennusalue tulee olla puhdas ja tasainen.
- Runkomelueristetyn ja eristämättömän alueen välille ei saa tehdä tartuntoja.

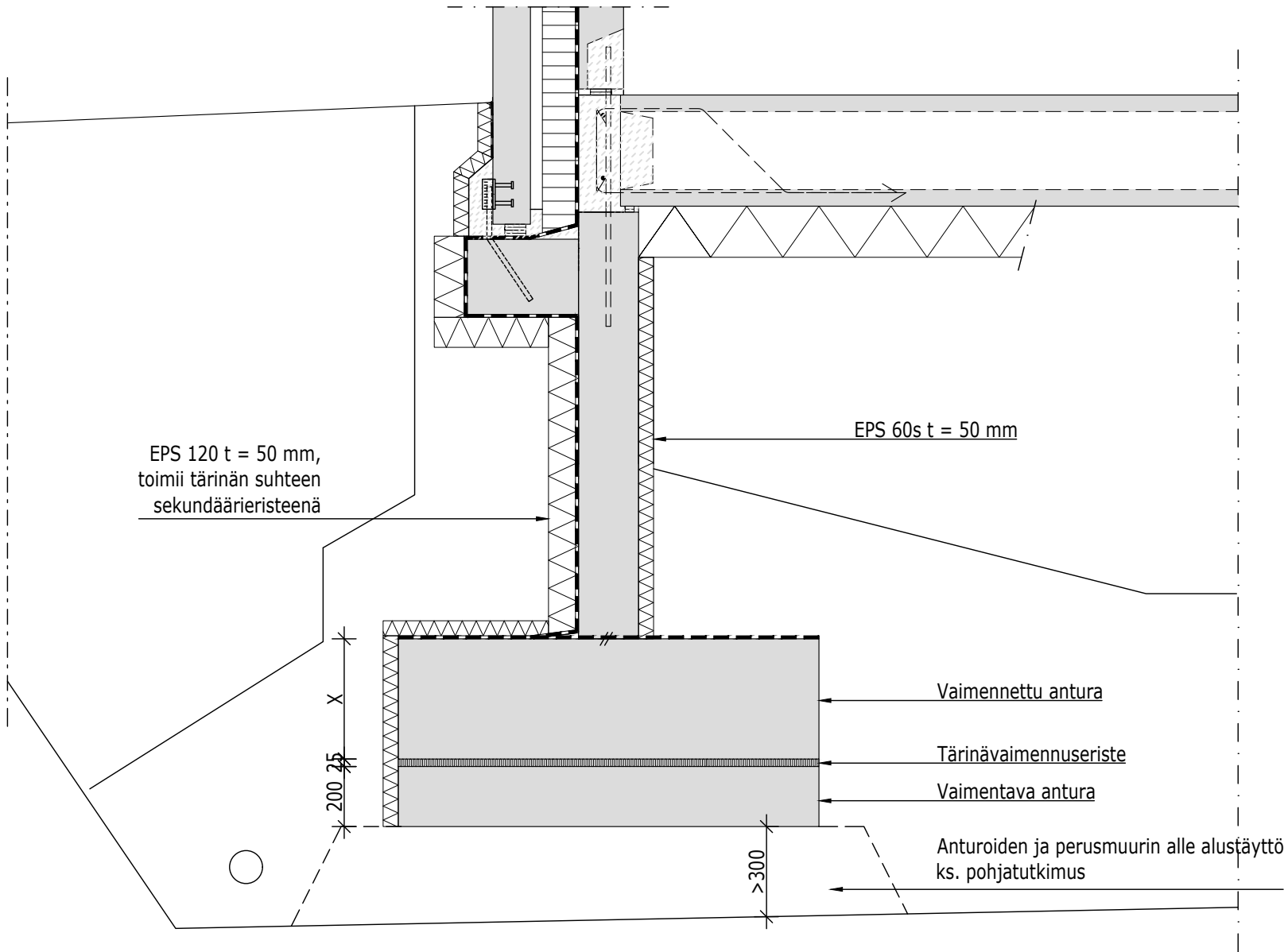
Tunnus	Päiväys	Muutos	Muuttanut

K.osa/Kylä	Kortteli/Tila	Tontti/Rno	Viranomaisten merkintöjä		
Rakennustoimenpide			Piirustuslaji		Juokseva no
Rakennuskohteen nimi ja osoite			Piirustuksen sisältö		Mittakaava
ESIMERKKIKOHDE TÄRINÄVAIMENNUS			LEIKKAUKSET, TÄRINÄVAIMENNUS		1:20
 Ramboll Finland Oy Kiviharjunlenkki 1A 90220 Oulu puh. 020 755 611 etunimi.sukunimi@ramboll.fi			Suunn.ala	Työnumero	Tiedosto
			Piirustusno		Muutos
Suunnittelija (nimi, tutkinto, allekirj.)			Piirt.	Tark.	Päiväys

Suunnittelija RAMBOLL	Työnnumero -		D1
	Päiväys XX.XX.XXXX	Tekijä -	
Rakennuskohde Esimerkkikohde	Sisältö Perustusleikkaus ulkoseinälinjalta Tärinäantura ja sekundäärieriste		



Suunnittelija RAMBOLL	Työnumero -		D2
	Päiväys XX.XX.XXXX	Tekijä -	
Rakennuskohde Esimerkkikohde	Sisältö Perustusleikkaus ulkoseinälinjalta Perusmuurin ja ontelolaatan liitos Tärinäantura ja sekundäärieriste		



Suunnittelija

RAMBOLL

Työnumero

-

Päiväys

XX.XX.XXXX

Tekijä

-

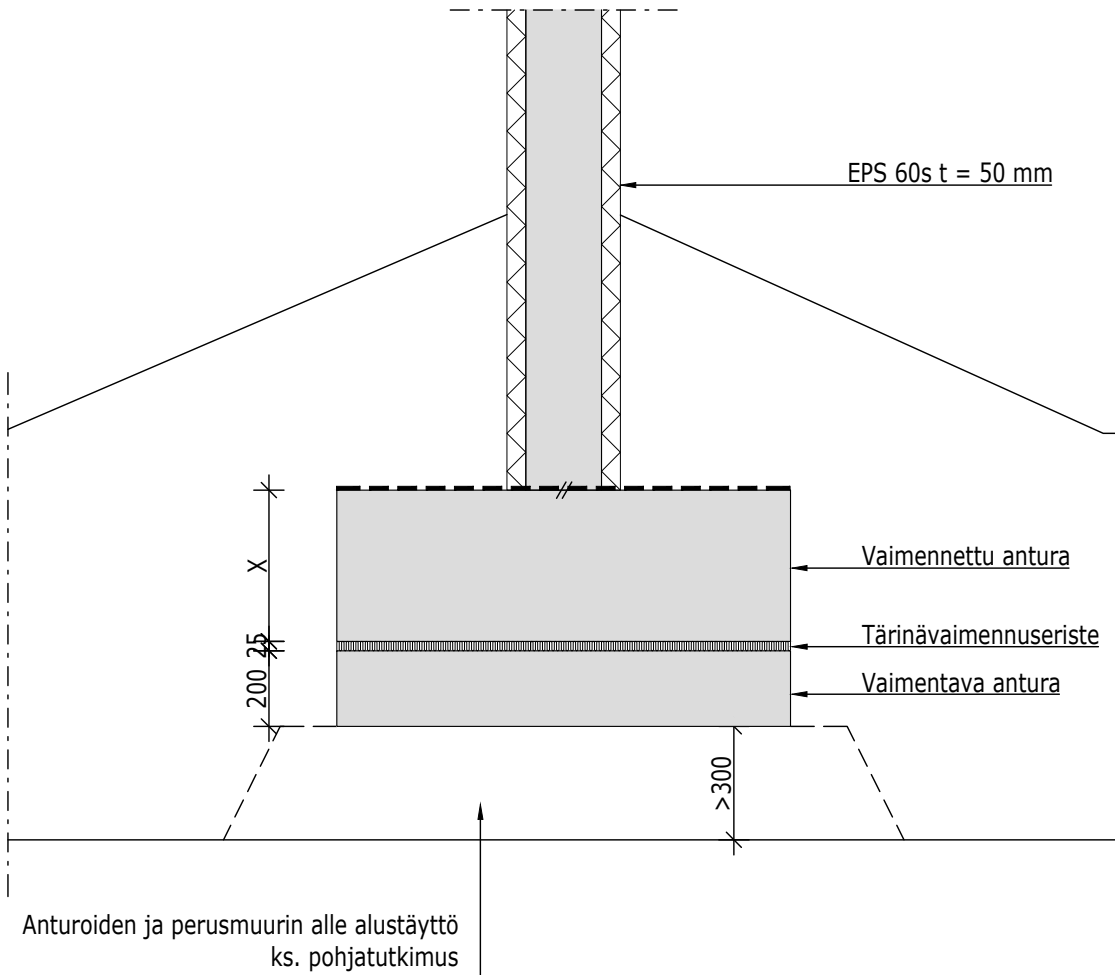
D3

Rakennuskohde

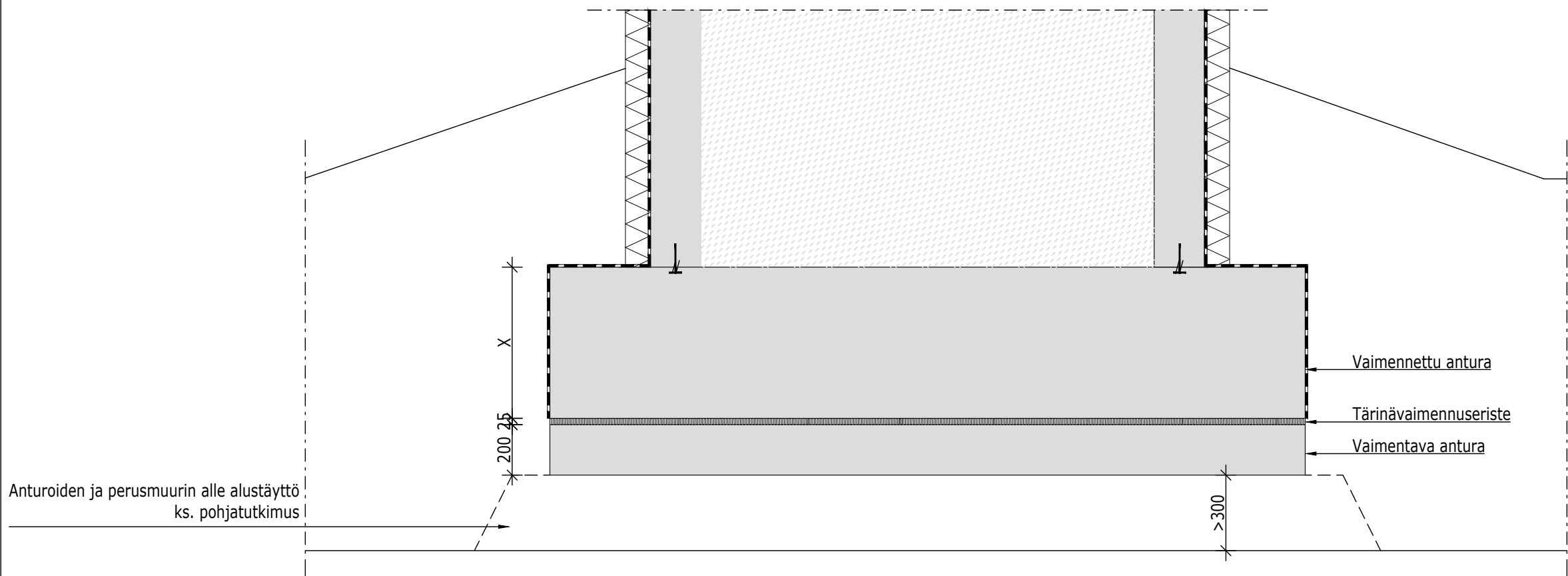
Esimerkkikohde

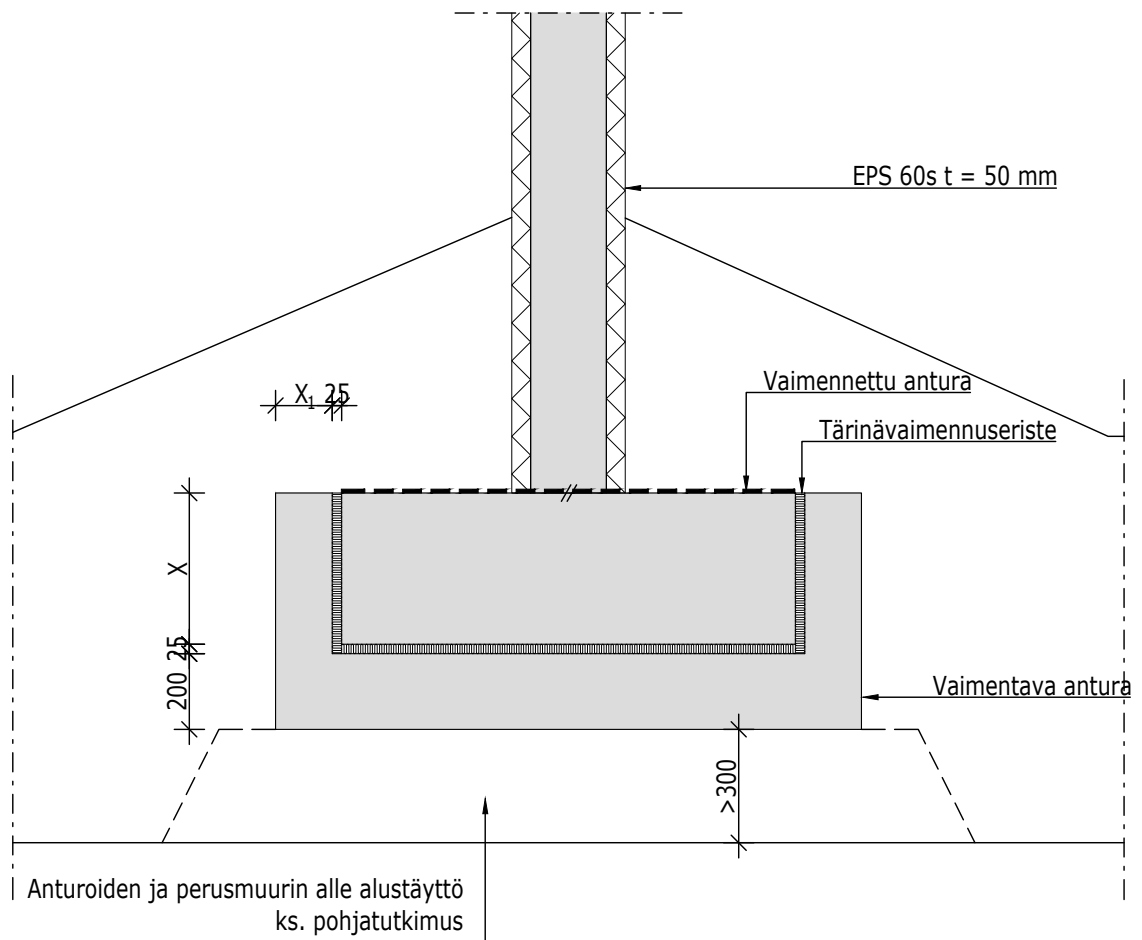
Sisältö

Perustusleikkaus väliseinälinjalta
Perusmuurin ja ontelolaatan liitos
Tärinäantura



Suunnittelija RAMBOLL	Työnumero -		D4
	Päiväys XX.XX.XXXX	Tekijä -	
Rakennuskohde Esimerkkikohde	Sisältö Perustusleikkaus hissikuilu Tärinäantura		





Suunnittelija

RAMBOLL

Työnumero

-

Päiväys

XX.XX.XXXX

Tekijä

-

D6

Rakennuskohde

Esimerkkikohde

Sisältö

Parvekepieli AH-kannella

Tärinävaimennus, sivusiirtymä estetty

