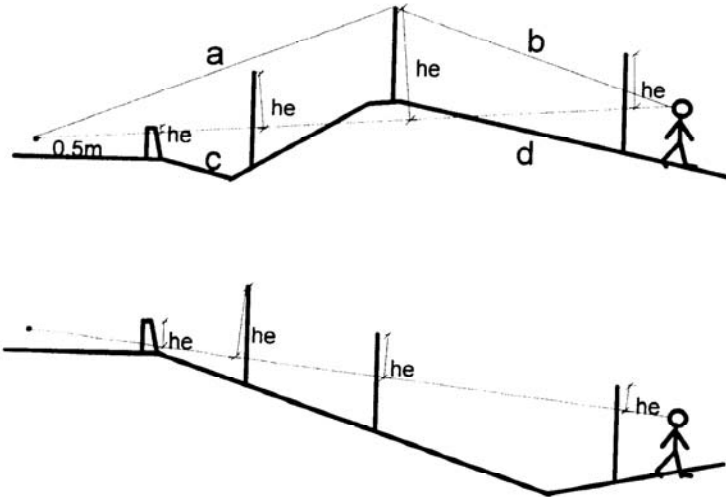




**Tielaitos**

Teiden suunnittelu V. Tiehen kuuluvat laitteet 3

## Meluesteet



**Tietekniikka**

Helsinki 1997

**Tiehallinto**  
Tie- ja liikenne-  
tekniikka

**Teiden suunnittelu V. Tiehen kuuluvat laitteet 3**

## **Melusteet**

**Tielaitos**  
Tiehallinto, tie- ja liikennetekniikka

Helsinki 1997

ISBN 951-726-382-1  
TIEL 2140013  
Oy Edita Ab  
Helsinki 1997

Julkaisun kustannus ja myynti:  
Tielaitos, hallintopalvelut,  
painotuotemyynti  
Telefax 0204 44 2202



**Tielaitos**  
Opastinsilta 12 A  
PL 33  
00521 HELSINKI  
Puh. vaihde 0204 44 150



22.12.1997

VASTAANOTTAJA  
TiepiiritSÄÄDÖSPERUSTA  
TieL 117 §

KORVAA

Skk-233/16.8.1991, Vähemmän melua (TIEL 2150005),  
Skk-148/82/90, 28.5.1990, Meluseinät - Rakennetekniset laatu-  
vaatimukset (TIEL 703604 ja TIEL 2213604)KOHDISTUVUUS  
AluehallintoVOIMASSA  
1.1.1998 - TOISTAISEKSIASIASANAT  
MELUESTEET, SUUNNITTELU

---

**TEIDEN SUUNNITTELUOHJE, MELUESTEET**

Julkaisu **Teiden suunnittelu V Tiehen kuuluvat laitteet 3 Meluesteet (TIEL 2140013)** on tarkoitettu suunnittelijoille.

Julkaisussa esitetään melusteiden

- tarpeellisuuden arviointi
- akustinen mitoitus
- sijaintiin vaikuttavat tekijät
- laatuvaatimukset
- rakennuttamistavat

Melusteiden akustiseen mitoitukseen tarvitaan lisäksi hyväksytty mitoitusmalli.

Materiaalikohtaiset ja kestävyysliittyvät laatuvaatimukset annetaan muissa ohjeissa, esimerkiksi Tietoa tiensuunnitteluun -tiedotteissa.

Apulaisjohtaja  
Tie- ja liikennetekniikka

Pauli Velhonoja

Diplomi-insinööri

Kari Lehtonen

TIEDOKSI:

RTT ry:n Betoniteollisuusjaosto  
Suomen Kuntaliitto  
Suomen Kuntatekninen Yhdistys  
Oppilaitokset  
Tiekonsultit  
Htl  
Hth  
Hsi  
Hlp  
Tuotanto/esikunta  
Tuotanto/konsultointi  
Tuotanto/urakointi  
Kirjasto

## Sisältö

3.0	YLEISTÄ	7
3.1	MELUNTORJUNNAN TARVE, KEINOT JA VAIKUTUKSET	8
3.1.1	Meluesteen tarve	8
3.1.2	Meluntorjunnan maksaja	9
3.1.3	Ensisijaiset keinot vähentää meluhaittoja	10
3.1.4	Meluste ympäristön ihmisten ja tiellä liikkuvien lähikannalta	11
3.2	MELUESTEEN PERUSRATKAISUT	12
3.2.1	Vaihtoehdot	12
3.2.2	Meluvalli	12
3.2.3	Meluseinät	13
3.2.4	Melukaide	15
3.2.5	Läpinäkyvät melusteet	16
3.2.6	Ilkivalta	17
3.3	MELUESTEEN SIJAINTI JA KORKEUS	18
3.3.1	Meluesteen sijainnin vaikutus vaimennukseen	18
3.3.2	Suosittelava sijainti akustiikan kannalta	24
3.3.3	Vähimmäisetäisyys tien reunasta	24
3.3.4	Muut sijaintiin vaikuttavat asiat	25
3.3.5	Meluesteen aloitus ja aukot	25
3.3.6	Meluste sillalla	28
3.3.7	Melukaiteen korkeus	29

---

3.4	AKUSTISET LAATUVAATIMUKSET	30
<hr/>		
3.4.1	Vaimennus	30
3.4.2	Eistävyys	30
3.4.3	Diffraktio	31
3.4.4	Absorptio	32
3.5	RAKENNETEKNISET LAATUVAATIMUKSET	34
<hr/>		
3.5.1	Tuulikuorma	34
3.5.2	Aurauslumikuorma	34
3.5.3	Iskunkestävyys	34
3.5.4	Oma, veden ja lumen paino	34
3.5.5	Palonarkuus	34
3.5.6	Materiaalit, päästöt ja hävittäminen	35
3.5.7	Auton törmäys	35
3.5.8	Osien putoaminen	35
3.5.9	Häikäisy ja läpinäkyvyys	35
3.5.10	Kestoikä	35
3.6	ESTEETTISET LAATUVAATIMUKSET	36
<hr/>		
3.6.1	Rakennuttamistavan vaikutus	36
3.6.2	Sijaintipaikan vaikutus	36
3.6.3	Perustamiseen liittyviä asioita	36
3.6.4	Pintamateriaalit ja yksityiskohdat	36
3.7	MELUESTEEN RAKENNUUTTAMINEN	38
<hr/>		

### 3.0 Yleistä

Tämä ohje on tarkoitettu lähinnä tapauksiin, joissa jo on päätetty rakentaa melueste.

Aikaisemmissa suunnittelun vaiheissa täytyy selvittää meluesteen tarpeellisuus ja muut vaihtoehdot välttää melu paikassa, jossa melusta on merkittävää haittaa. Tämä on tarpeen siksi, että meluesteet:

- sulkevat helposti lähiasukkaiden maisemat
- estävät maiseman näkymisen tielle
- ovat kalliita rakentaa ja pitää puhtaana.

Melun lähteitä ja melun kokemista, meluntorjuntaa eri suunnittelun vaiheissa ja kaavoituksen ja muiden keinojen käyttöä meluntorjunnassa on käsitelty tarkemmin mm. SKTY:n julkaisussa Meluestekäsikirja, 1997.

Materiaalikohtaiset ja kestävyysliittyvät laatuvaatimukset esitetään Tielaitoksen muissa julkaisuissa.



### 3.1 Meluntorjunnan tarve, keinot ja vaikutukset

#### 3.1.1 Meluesteen tarve

Meluesteen tarpeellisuuden arvioinnissa selvitetään seuraavat asiat:

- Keihin melu kohdistuisi?
- Kuinka voimakas meluhaitta on?
- Paljonko melu este, tien siirto, lisäeristys tai muu keino vaimentaisi?
- Pilaako melu este tai muu keino ympäristöä, kulkuyhteyksiä tms.?
- Onko melu este tai muu keino kohtuuttoman kallis hyötyyn nähden?

Tärkeimmät melusta kärsivät kohteet ja haitalliseksi katsottava melutaso on kuvattu valtioneuvoston päätöksessä.

Valtioneuvoston päätöksen Vnp 993/92 mukaan asuntoalueilla sekä hoito- ja oppilaitosten kohdalla melutason tulisi päivällä (7-22) olla enintään 55 dB, ja taajamien ulkopuolisilla loma- ja virkistysalueilla sekä uusilla asuntoalueilla 45 dB.

Sisällä asuin-, opetus ja hoitotiloissa päivää koskeva ohjearvo on 35 dB ja toimistoissa 45 dB. Avoin ikkuna vähentää melua ulkomeluun verrattuna alle 5 dB ja suljettu 25-35 dB ikkunatyyppistä riippuen. Sisämelu on harvoin määrävämpi kuin ulkomelu, kun kysymys on liikennemelusta.

Öiset (22 - 7) ohjearvot ovat alhaisempia: Vanhoilla asuntoalueilla 50, uusilla 45 dB ja taajamien ulkopuolisilla loma- ja virkistysalueilla 40 dB. sekä asuin- ja hoitotiloissa sisällä 30 dB.

Ohjearvot koskevat laskennallista ekvivalenttitasoa, eivät yksittäisiä huippuja. Uusia teitä suunniteltaessa pyritään tietä ja melu esteitä suunnittelemaan siihen, ettei tie aiheuta ohjearvojen ylityksiä. Jos ohjearvojen alittaminen edellyttäisi erittäin kalliita tai maisemaa pilaavia melu esteitä tai muita kohtuuttomia ratkaisuja, voidaan asuntoalueiden joillakin osilla hyväksyä 55 dB:n ylittyminen, mutta ei yleensä yli 60 dB.

Melusteitä ei myöskään pitäisi toteuttaa, jos

niillä saatava vaimennus tai hyötyvien ihmisten määrä on hintaan tai maisemahaittaan nähden kohtuuttoman pieni, vaikka 60 dB ylittyisi. Tällöin on kuitenkin selvitettävä muut mahdolliset keinot haittojen vähentämiseksi. Ikkunoita voidaan eristää, rakennuksen käyttötarkoitusta muuttaa jne.

Huomattavien tienparannustöiden yhteydessä sovelletaan tavallisesti samoja periaatteita kuin uusilla teillä.

Vanhoilla teillä melusta kärsivät kohteet kartoitetaan yhdessä kuntien kanssa. Kohteet asetetaan kiireellisyys- ja tehokkuusjärjestykseen. Meluntorjunta on kiireellinen, jos merkittävä asuntoalue tai vastaava toiminta sijaitsee alueelle, jonka päiväaikainen ulkomelutaso juuri tieliikenteen vuoksi ylittää 65 dB. Alueen merkittävyys harkitaan paikkakunta kohtaisesti. Muissakin tapauksissa melusteitä rakennetaan tienparannusten yhteydessä sekä silloin, kun melusteella saadaan edullisesti suuri vaimennus monelle ihmiselle.

Myös uusien asuntoalueiden kaavoittaminen aiheuttaa tarvetta melusteiden rakentamiseen. Tällöin vastuu niiden rakentamisesta on kunnalla. Melusteitä tai muita meluntorjuntakeinoja on käytettävä, jos ohjearvot uhkaavat ylittyä. Tässä tapauksessa melusteiden sijaan on helpompaa käyttää muitakin keinoja melun torjumiseksi.

Melualueet määritetään laskemalla. Laskelmissa käytetään uusinta tieliikennemelun laskentamallia. Maastossa tehtävissä melumittauksissa paikasta ja säästä ja liikennemäärästä aiheutuvat vaihtelut ovat niin suuria, että yksittäisiä mittaustuloksia ei voi käyttää yksinään arvioinnin lähtökohtana.

Vuoden 1997 lopussa usin laskentamalli on pohjoismaisen tieliikennemelumallin kolmas versio. Se on julkaistu englanniksi: Road Traffic Noise - Nordic Prediction Method, TemaNord 1996:525. Mallia voi käyttää mm. NBSTÖY -ohjelmalla. Laskelmissa on aina mainittava, minkä version mukaan laskelmat on tehty.

Laskelmissa käytetään tavallisesti 20 vuoden päähän ennustettua liikennettä, ellei tien suunnittelun lähtökohtana ole jokin muu tarkasteluai-ka.

### 3.1.2 Meluntorjunnan maksaja

Meluntorjunnan toteuttamiseen liittyvien kustannuskäyttökohtien osalta ovat Tielaitos ja kuntien keskusjärjestöt vuonna 1990 sopineet seuraavista pääperiaatteista (*Tielaitos – Suomen kaupunkiliitto – Suomen kunnallisliitto – Finlands svenska kommunförbund: Yleisten teiden tienpidon kustannusjako valtion ja kuntien kesken, pääperiaatteet; TIEL 722500, 1990.*):

”Uuden yleisen tien rakentamisen vuoksi syntyvien meluhaittojen estämiseksi rakennettavat meluesteet on katsottava tien tekemiseen kuuluviksi ja niiden rakentamiskustannuksista vastaa valtio.

Olemassa olevan tien parantamisen yhteydessä lisääntyvän meluhaitan poistamiseksi rakennettavien meluesteiden rakentamisen on katsottava tien tekemiseen kuuluvaksi ja niiden – kustannuksista vastaa valtio.

Jos valtion toimesta rakennettava melueste rakennetaan kunnan vaatimuksesta huomattavasti tavanomaista korkeatasoisemmaksi, maksaa kunta tästä aiheutuvat lisäkustannukset.

Olemassa olevan tai suunnitellun yleisen tien melualueelle melulle altista maankäyttöä kaa-voitettaessa on meluhaittojen estämiseksi rakennettavat meluesteet rakennettava kunnan kustannuksella.

Meluesteen rakentaminen olemassa olevan meluhaitan poistamiseksi vähäisen tienparannustyön yhteydessä tai erillisenä toimenpiteenä edellyttää Tielaitoksen ja kunnan välisiä neuvotteluja.

Lähtökohtina ovat tällöin laaditut meluntorjuntaselvitykset ja –ohjelmat, joista tulisi käydä ilmi meluongelman vakavuus ja meluntorjunnan kustannukset sekä saavutettavat hyödyt. Muita asiaan vaikuttavia seikkoja ovat mm. toteutetut maankäyttöratkaisut ja osapuolentaloudelliset mahdollisuudet.

Kuntien ja Tielaitoksen tulisi meluesteiden rakentamisen lisäksi vähentää meluhaittoja muilla käytettävissä olevilla keinoilla ja kehittää melun kannalta edullisempia ja ympäristöön sopivia ratkaisuja. Tällaisia ovat muun muassa väylän korkeus- ja sivusuuntainen sijoittaminen, päällystevalinnat, nopeusrajoitukset, raskaan liikenteen reittien valinta ja muut liikenteenohjauksen keinot ja suojaistutukset.”

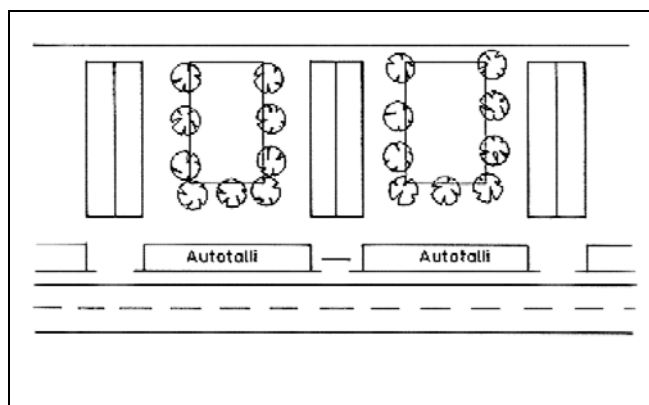
Silloin, kun meluntorjunnan tarpeen perustana on tieliikenteen ja tienvarren maankäytön kehittyminen yhdessä, Tielaitoksen ja kuntien välisen kustannusjaon periaatteet edellyttävät neuvotteluja kustannusjaosta. Yleistä kustannusjokomallia ei näille tapauksille voida laatia. Eri alueiden ja tapausten väliset erot ovat suuret.

Lisäksi Tielaitos voi korvata meluhaitoista kiinteistölle esimerkiksi tietoomituksen yhteydessä.

### 3.1.3 Ensisijaiset keinot vähentää meluhaittoja

Tiensuunnittelussa ja kaavoituksessa tulisi huolehtia siitä, että tietä ja melusta kärsiviä toimintoja ei sijoiteta liian lähelle toisiaan.

Tien viereen voidaan sijoittaa teollisuutta, kaupunkeja tai muuta melulle vähemmän herkkää toimintaa muuriksi. Asuntoalueilla autotallejakin voidaan käyttää osana melusuojausta.

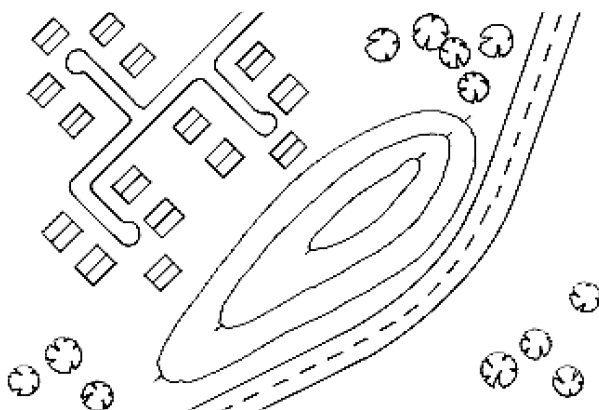


Kuva 1. Asuintalojen ja tien väliin voidaan sijoittaa autotalleja. Rakennusten väliin voidaan rakentaa meluste.

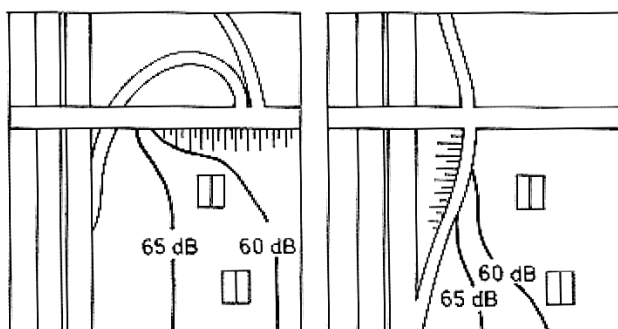
Vanhojen rakennusten käyttötarkoitusta voi muuttaa. Erityisesti uusiin rakennuksiin voidaan asentaa normaalia eristävämmät ikkunat ja ilmanvaihdoissa ja huoneiden sijoittelussa voidaan ottaa huomioon melu.

Melulähdettä voidaan vaimentaa ohjaamalla liikenne toiselle väylälle tai alentamalla nopeuksia. Nopeuden alentaminen 100:sta 80:een tai 80:stä 60:een km/h alentaa melua 2-3 dB. Liikennemäärän puolittuminen vähentää melua 3 dB. Raskas ajoneuvo vastaa 50 km/h nopeudessa kymmentä henkilöautoa ja 100 km/h nopeudessa viittä henkilöautoa. Suuri (5 %) pituuskaltevuus lisää melua 2-3 dB.

Melua voidaan vähentää myös käyttämällä tavanomaisen päällysteen sijasta avointa päällystettä. Vaikutus voi olla uutena 2-3 dB. Avoin päällyste menettää vanhemmiten ominaisuuksiinsa. Avoin päällyste vaatii useampia suolaus- ja aurauskertoja kuin tiivis päällyste. Yksittäiset töyssyt, painuneet sadevesikaivot, epätasaiset sillan siirtymälaitteet ym. tulee korjata. Ne aiheuttavat yksittäisiä meluhuippuja, jotka häiritsevät erityisesti yöllä. Vähäliikenteisilläkin teillä yksittäiset routaheitot, esimerkiksi rumpun kohdalla, ovat melun kannalta merkittäviä, kun kuorma-auto ajaa niiden yli.



Kuva 2: Tien ja asutuksen väliin voidaan jättää mäki, tai tie voidaan sijoittaa leikkaukseen.



Kuva 3: Eritasoliittymän rampilla voidaan vähentää melua.

### 3.1.4 Meluste ympäristön ihmisten ja tiellä liikkuvien lähikannalta

Tapauksesta riippuu miten asukkaat kokevat meluesteen. Suurimpana etuna koettuja asioita ovat

- melu vähenee
- lasten juokseminen tielle estyy
- kuraroiskeet vähenevät.

Toisaalta haittoina koetaan

- ikävä ulkonäkö
- estää näkemisen tielle tai tien yli
- estää suoran kulkemisen tielle
- meluste voi varjostaa pihaa.

Ulkonäköä koskevia ristiriitoja voi yrittää välttää ottamalla asukkaat mukaan meluesteen ja niiden istutusten suunnitteluun ainakin pihojen kohdalla.

Maiseman menetystä voidaan joskus välttää sijoittamalla tie pihaa alemmaksi. Tällöin jopa 1,5 m korkuinen meluste voi osoittautua riittäväksi. Läpinäkyvissä melusteissa ongelmana on ilkivalta.

Ilta-aurinko ei enää paista pihaan, jos korkea meluste rakennetaan aivan pihan länsireunaan. Tämä voi olla hyvä peruste meluesteen vastustamiseen.

Kauppojen myyntiä meluste voi vähentää, jos meluste estää kaupan näkymisen kokonaan.

Tietä kauempaa katsovien kannalta on syytä välttää liian korkeita meluseiniä. Valli tai vallin ja aidan yhdistelmä on parempi. Yleensäkin melusteiden eteen sen molemmille puolille tulisi istuttaa riittävästi kasvillisuutta.

Tiellä liikkuvien kannalta on ikävää, jos ympäristöä ei näy. Tiellä liikkuvalla tulisi antaa ainakin mielikuva siitä, onko meluesteen takana taajama vai esimerkiksi virkistysalue. Helpoiten ympäröivään maisemaan voidaan tarjota näköyhteys silloilla ja penkereillä. Tällöin matala melukaide voi usein riittää melun torjunnan kannalta. Erikoistapauksissa melukaidetta voidaan täydentää läpinäkyvillä melusteilla. Joskus meluesteen muoto ja materiaali voivat antaa mielikuvan meluesteen takana olevasta alueesta.

Autoilijoiden kannalta aivan tien viereen tehty pitkä korkea meluste on ikävin. Jos tilaa on, meluste tulisi välillä sijoittaa etäämmäksi tiestä lähelle suojattavaa kohdetta. Ahtaammissakin paikoissa melusteeseen voidaan tehdä mutkia, joiden kohdalle tulee puu tai muuta kasvillisuutta.

## 3.2 Meluesteen perusratkaisut

### 3.2.1 Vaihtoehdot

Meluesteen rakennevaihtoehdot ovat seuraavat:

- Vaihteleva meluvalli (kuva 4)
- Vakio meluvalli
- Valli ja aita (kuva 6)
- Jyrkkäluiskainen valli (kuva 5)
- Meluseinä ja kasvillisuus (kuva 9)
- Paksu meluseinä (kuva 8)
- Meluseinä (kuva 11)
- Läpinäkyvä meluseinä (kuva 13)
- Melukaide (kuva 12).

Meluvalli on yleensä ensisijainen vaihtoehto alue- ja kortteliesteisiin.

### 3.2.2 Meluvalli

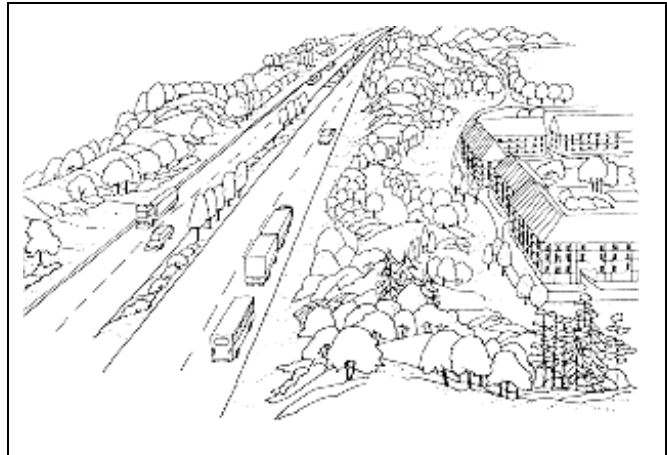
Meluvallin edut ovat seuraavat:

- yleensä halvempi kuin muut
- ääntä imevä
- ilkivaltaongelmat ovat pieniä
- monissa paikoissa ulkonäöltään sopivin.

Meluvallin ongelmat:

- vie paljon tilaa; tiealue ja maahan upotetut johdot rajoittavat
- ulkonäkö huono, jos monotoninen tai kasvillisuuden suunnittelu tai hoito on puutteellinen
- pehmeiköllä voi aiheuttaa painumia ja sortumia.

Meluvallin luiskakaltevuus rajaa läjitysmaiden käyttöä: Märät saviset maat vaativat 1:6, kuivat saviset maat ja moreenit 1:2 ja routimattomat moreenit ja sora 1:1,5. Lujiteverkkoa tai ankkuroituja harkkoja käyttämällä voidaan käyttää lähes pystysuoraa luiskaa. Kivikoreista ja ankkuroiduista tukimuuriharkkoista voidaan tehdä pystysuoria pintoja. Paikallisia jyrkkäluiskaisia kohtia voidaan sijoittaa tavalliseenkin maavalliin, kun vallia on kavennettava arvokkaan puun tai ahtaan paikan vuoksi tai kun vallin ulkonäköön halutaan vaihtelua.

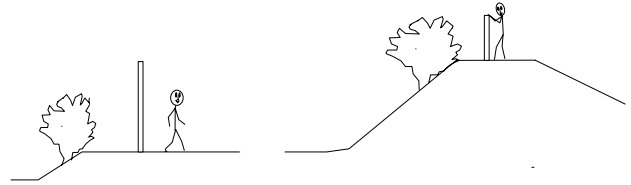
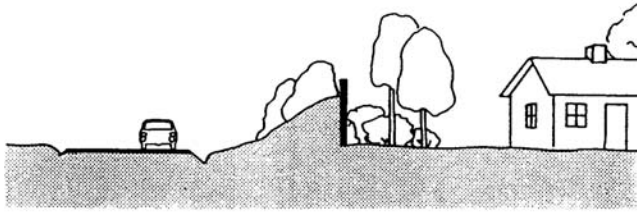


*Kuva 4: Jos tila sallii, meluvallista pitäisi tehdä poikkileikkaukseltaan vaihteleva jono kumpareita. Ahtaammissa paikoissa tienpuoleinen sivu pidetään usein vakiokaltevuudessa, mutta asutuksen puolella luiskakaltevuus vaihtelee.*

Meluvallin nurmetsäminen ei onnistu kunnolla, kun luiskakaltevuus on jyrkempi kuin 1:1,5. Loivissakin valleissa kasvillisuuden vaatimukset on otettava huomioon. Epäsiisti meluvalli on joskus rumempi kuin siisti meluseinä. Kasvillisuus on pidettävä kunnossa ja roskat poistettava, koska tielle päin viettävä luiska näkyy tielle hyvin. Tavallisesti vallin kasvillisuudeksi tulee vuorotellen tiheä pensassaareke ja tiheähkö puustosaareke, jolloin nurmea ja roskaa ei näy tielle paljontaan, tai nurmi, jossa on melko tiheitä puusto tai pensassaarekkeita. Pensaiksi ja puiksi valitaan kestäviä lajeja.

Pehmeiköllä tavanomaisesta meluvallista tulee helposti meluseinää kalliimpi, kun pehmeikön syvyys on yli 7 m. Pehmeiköllä meluvallissa ja niiden alla voidaan käyttää kevyttä täytettä kuten kevytsoraa, kevyttä tuhkaa, autonrenkaiden paloja tai vastaavaa. Luiskakaltevuuksien pitäminen riittävän jyrkinä edellyttää kuitenkin usein kittamaan tai lujiterakenteen käyttöä vallin reunoissa. Lisäksi meluvallin pinnassa tarvitaan riittävän paksu kerros maata kasvillisuutta varten. Veden nousu kapillaarisesti kasvien käyttöön on varmistettava.

Meluvallit ovat suistuvan auton kannalta turvallisia. Turvallisuuden varmistamiseksi sivuojan pohja tai vallin tyvi pitäisi kuitenkin pyöristää, jos tilaa on käytettävissä. Myös vallin laki pyöristetään ulkonäkösyistä. Pyöristyssäteiden tulisi olla vähintään 3 m.

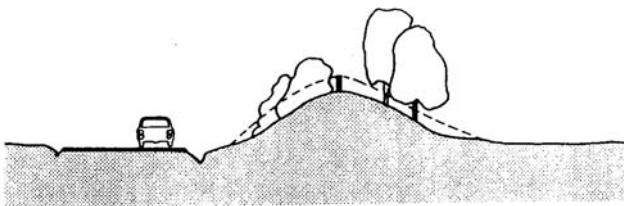


C:\hlm\kikuvat\kari\Meokatse.DS4

*Kuva 5: Meluvalliin tehty jyrkkäluiskainen kohta voi säästää alkuperäisiä puita tai pihaa. Jyrkkäluiskaisia (yli 2 m yli 1:1 luiskaa) valleja ja tukimuureja käytettäessä on otettava huomioon putoamisvaara. Riskit ovat suurimmat asuntojen tai koulujen pihojen ja asuinalueilla kevyen liikenteen väylien vieressä. Pienten lasten ylös kiipeäminen tulisi estää ja putoamista voi pehmentää pensain. Verkkoaidan käyttöä tulisi kuitenkin välttää. Sen sijaan vallin päälle rakennettu meluaita on luonteva tapa estää putoaminen.*

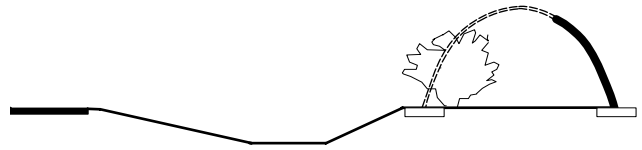
*Kuva 7: Ahtaissa paikoissa käytetään meluseinää. Yli 2 m korkuisia meluseiniä ei pitäisi sanoa meluaidoiksi, koska korkeat meluseinät poikkeavat voimakkaasti perinteisistä aidoista. Alle 1,6 m korkuisen aidan yli voi tavallisesti katsella, eikä aita varjosta kohtuuttomasti.*

### 3.2.3 Meluseinät

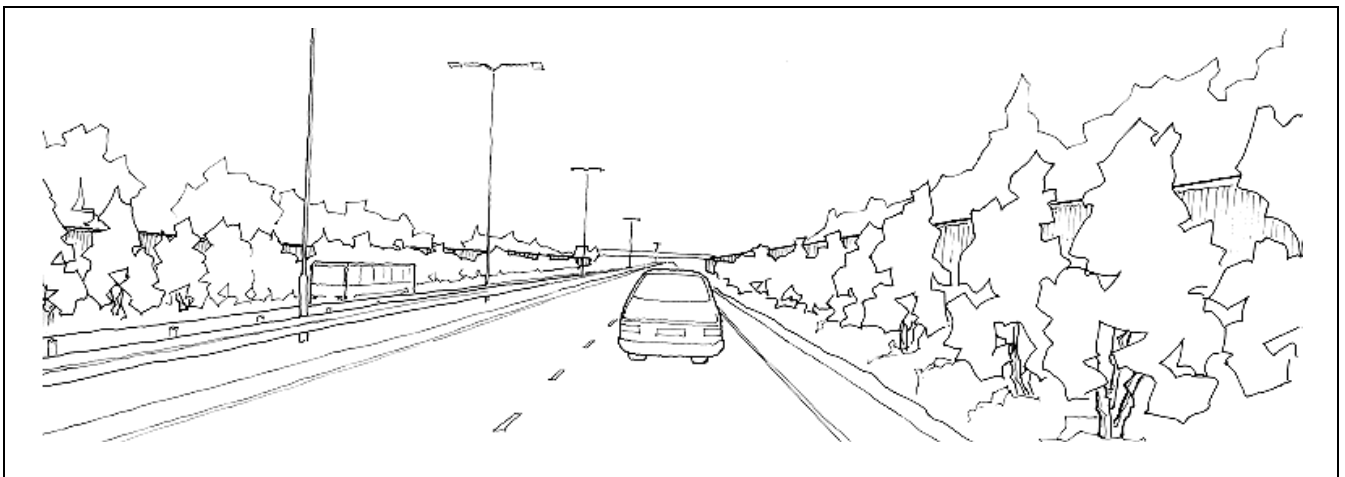
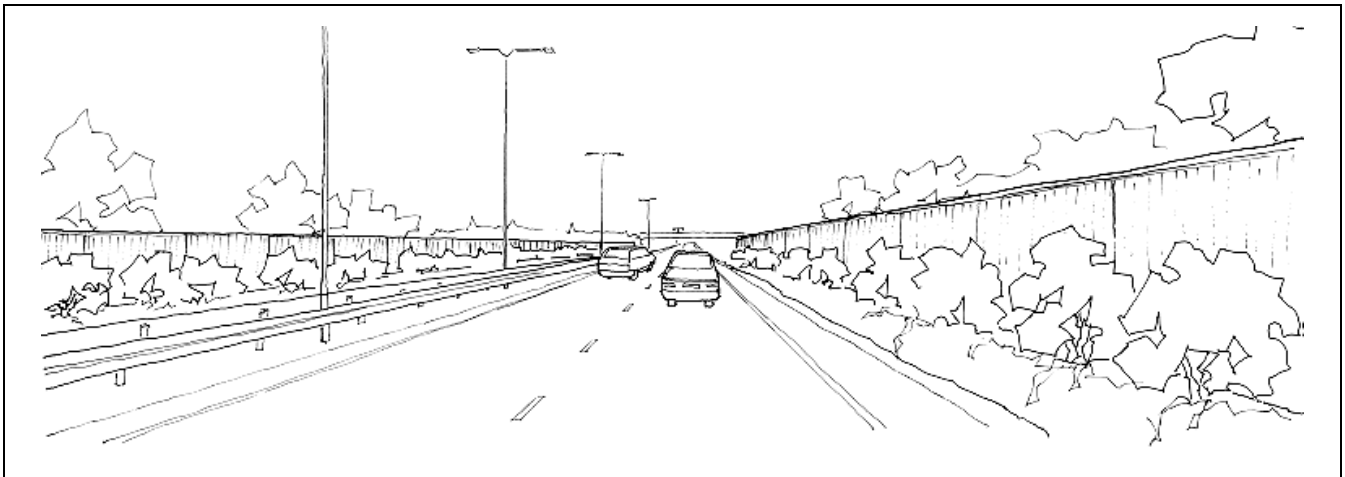


*Kuva 6: Meluvallin päälle rakennettu aita on hyvä yhdistelmä. Vallin massiivisuus ja tilantarve vähenee. Aidan korkeudeksi riittää yleensä 1-1,5 m, jonka yli voi käydä katselemassa tieliikennettä. Aidan eteen mahtuu niin paljon kasvilisuutta, ettei meluaidan töhrimisestä tarvitse tulla ongelmia. Meluaitaan ei kohdistu törmäys eikä aurauskuormia.*

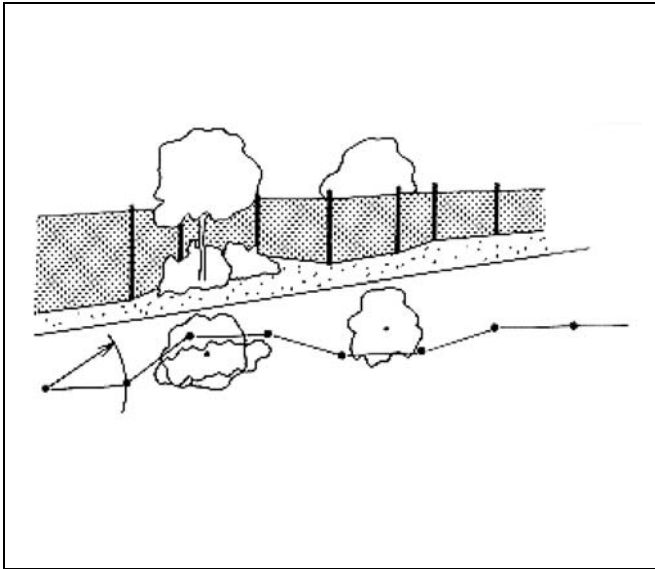
Meluseinän paksuntamisesta esimerkiksi 1 m paksuiseksi muuriksi ei ole sanottavaa hyötyä. Perustusten ja maanpäällisten osien hinta vain nousee. Riittävä eristävyys saavutetaan jo ohuella rakenteella. Keski-Euroopassa käytetyt melusteet, joihin istutetaan kasveja, menestyvät huonosti Suomen ilmastossa. Joskus kivikoireista tai kevyistä paaleista tehty muuri voi kuitenkin sopeutua maisemaan paremmin kuin muut ratkaisut; tai ne kestävät epätasaisista painumaa paremmin kuin muut ratkaisut.



*Kuva 8: Erityisesti pehmeiköille sopii telttamainen meluste. Se on kevyt ja kelluu maan varassa. Se sietää myös epätasaisia painumia, jos vältetään suoria pintoja ja suoria linjoja. Kuvassa vasemmanpuoleinen seinä koostuu verkosta, jonka läpi pensaat kasvavat.*

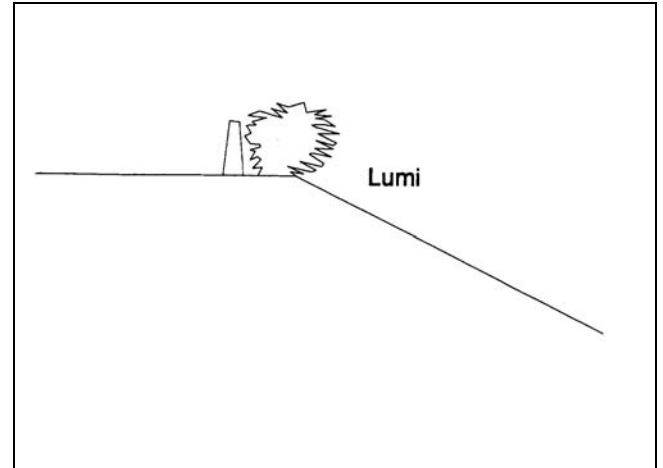


*Kuva 9: Paljasta meluseinää parempi ratkaisu on meluste, jonka edessä on kasvillisuus. Pensailta voidaan pienentää korkeusvaikutelmaa. Rivillä alhaalta asti oksaisia tai juurivesoista lisääntyviä puita voidaan peittää koko seinä. Tällöin into töhrimiseen vähenee, saadaan pehmeä ilme melusteelle ja voidaan käyttää halvempia seinärakenteita. Edellytyksenä kasvillisuudelle on kuitenkin riittävä tila. Törmäykset puihin eivät ole turvallisuusongelma, jos valitaan puulaji, johon ei kehity paksua runkoa.*

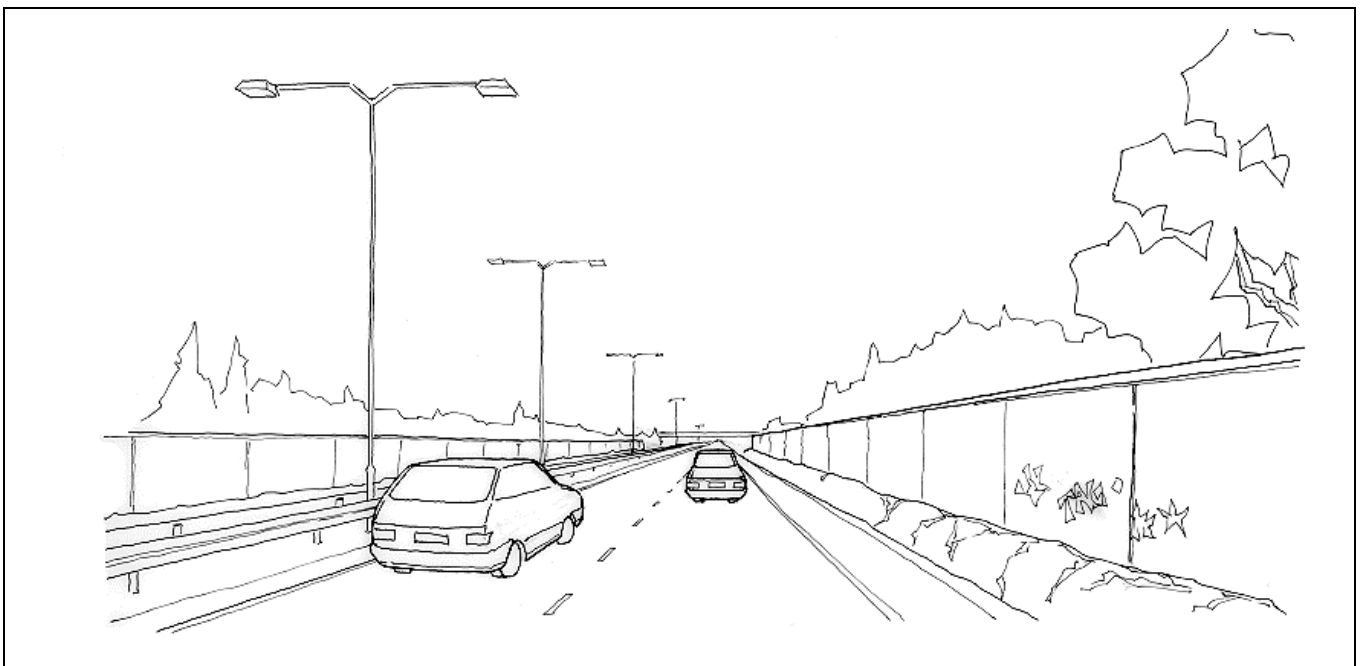


*Kuva 10: Meluseinän monotonisuutta vähentää jo yhden puun jättäminen meluesteen eteen ja taakse.*

### 3.2.4 Melukaide



*Kuva 12: Melukaide sopii penkereelle ja sillalle. Melukaide on meluseinää parempi tieltä näkyvän maiseman, tien ulkonäön, kustannusten ja lumen avaruuden kannalta, mutta ei ole yhtä tehokas kuin korkea melueste. Uusien melukaidetyyppien kehittäminen edellyttää yleensä törmäyskokeita. Meluseinän takapuolen töhriminen estetään tarvittaessa penssailla.*



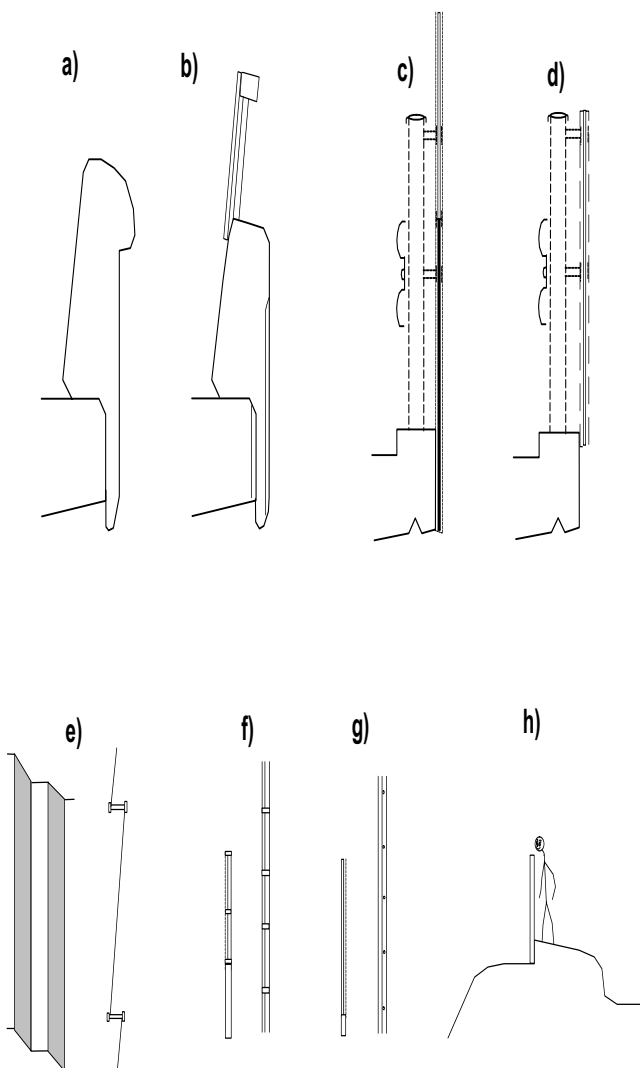
*Kuva 11: Paljas korkea meluseinä on rakenteena kova, usein monotoninen ja huonosti maisemaan sopeutuva. Se myös töhritään helposti.*



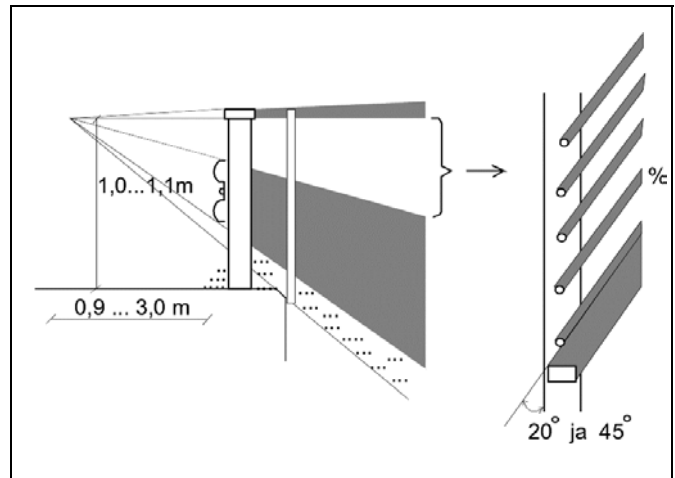
### 3.2.5 Läpinäkyvät melusteet

Läpinäkyvällä materiaalilla voidaan

- tarjota näkymä tieltä ympäristöön (kuvan 13 tapaus b ja e)
- tarjota näkymä tien toiselta puolelta tielle tai tien toiselle puolelle (d ja e) tai
- keventää sillan tai meluesteen massiivisuutta (a, b, d ja e)



**Kuva 13:** Melusteissa voidaan käyttää läpinäkyviä materiaaleja melukaiteen korotusosana, sillankaiteen takana (ongelmana likaantuminen), meluseinän poikkisuuntaisissa osissa, meluseinän yläosassa tai koko meluseinässä.



**Kuva 14:** Jos meluesteen tarkoituksena on tarjota näkymä autosta ympäristöön, on tarkistettava tukirakenteiden ja lian varjostava vaikutus tyypillisissä katselukulmissa. Kohtisuoran pinnan läpi autosta näkyy parhaiten ympäristöön.

Läpinäkyvät materiaalit ovat ilkevallan kannalta ongelmallisia. Lasi on helppo rikkoa. Laminoitu lasi pysyy rikottunakin jonkin aikaa paikallaan, karkaistu laminoimaton lasi putoaa pieninä siiruna alas. Akryyli ja pinnoitettu polykarbonaatti kestävät paremmin kolhuja, mutta ne voivat himmentyä valon, pesun ja töhryjen poiston seurauksena. Läpinäkyviä melusteita töhritään enemmän kuin muita melusteita, koska töhry näkyy molemmille puolille. Läpinäkyvät pystysuorat tai ulospäin kallistetut pinnat pysyvät melko hyvin puhtaana liasta, ellei niitä sijoiteta aivan alas lähelle tietä.

Ilkeivaltuongelmien vuoksi läpinäkyviä osia joudutaan paikoin korvaamaan jälkeinpäin muilla ratkaisuilla. Jos rikottuja tai töhrittyjä melusteita ei kyetä korjaamaan tai puhdistamaan riittävän nopeasti, läpinäkyvä meluste antaa ikävämmän vaikutelman kuin muut melusteet.

### 3.2.6 Ilkivalta

Yleisimmät ilkivallan muodot ovat töhriminen ja rikkominen. Kumpaakin esiintyy eniten suurissa kaupungeissa, mutta töhrijät vierailevat usein muillakin paikkakunnilla. Melusteet voivat pysyä puhtaana vuosia, jonka jälkeen töhriminen tai rikkominen voi alkaa yhtäkkiä. Paikallisesti ilkivaltaa on eniten koulujen, bussipysäkkien ja asemien lähellä.

Töhryt pyritään tekemään paikkoihin, joissa mainosarvo on suuri: hyvä näkyvyys kulkuväyliltä ja paljon ihmisiä päivällä. Töhryjä on helpointa tehdä siellä, missä kukaan ei näe: iltaisin ja öisin vähän ihmisiä, valaistus ei ulotu, suojainen soppa, sileä vaalea seinä tai kohtuullisen helppo pääsy.

Mainosarvoa voidaan vähentää seuraavin keinoin:

- peitetään meluseinä edustalle tiheästi istutetuilla puilla, joissa on oksia alhaallakin
- peitetään melukaiteen takapinta pensailta
- käytetään meluvallia
- puhdistetaan meluste nopeasti, mikä edellyttää helposti puhdistettavaa (sileää maaleja hylkiväksi käsiteltyä) tai helposti vaihdettavaa pintaa; kesällä toimii myös päälle maalaus.

Töhrimistä voidaan vaikeuttaa seuraavin keinoin:

- vaikeutetaan pääsyä melusteen luokse tihein piikkisin pensain (jo uutena) tai kaivannon avulla
- vaikeutetaan piirtämistä käyttämällä uritettuja tai ritilämäisiä pintoja tai sijoittamalla verkko tai ritilä melusteen eteen
- lisätään kiinnijäämisriskiä välttämällä pimeitä tai suojaisia soppia ja välttämällä valaistuksen yösammutus.

Töhrimistä on vähiten omakotitalojen pihossa ja paikoissa, joissa on jatkuva valvonta. Myös runsas öinen liikenne vähentää töhryjä.

Rikkomista voi vähentää myös riittävän lujilla rakenteilla. Luiskia ei saa verhoilla kiviheitokkeella (heittämiseen sopivilla kivillä).

### 3.3 Meluesteen sijainti ja korkeus

#### 3.3.1 Meluesteen sijainnin vaikutus vaimennukseen

Meluesteen tarve, sijainti, korkeus, pituus ja saavutettava melun alenema sekä tehokkuus selvitetään aina laskemalla pohjoismaisella melulaskentamallilla ennen rakentamista.

Laskennassa ilmoitetaan, mitä mallin versiota on käytetty. Laskentaan tulevat meluestevaihtoehdot voidaan valita seuraavilla nopeilla tarkasteluilla:

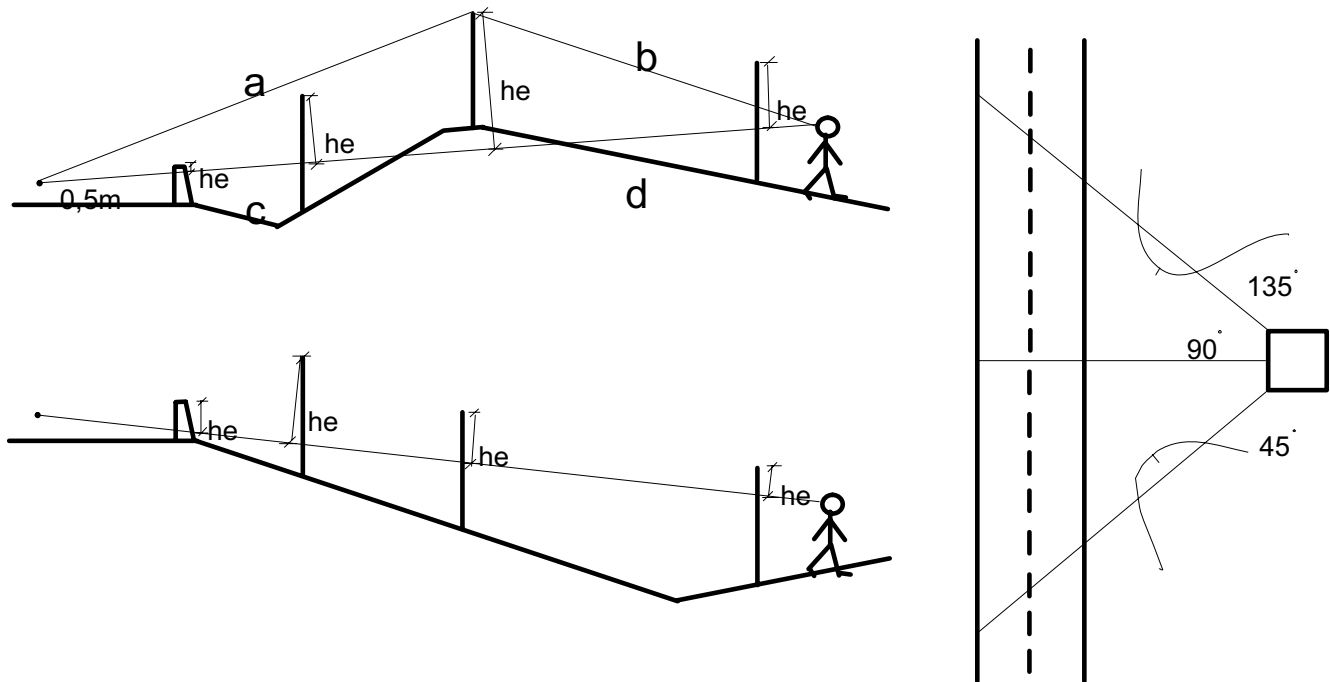
- *Kuvien 17 ja 19* esimerkkilaskelmien avulla on laskettu pohjoismaisella laskentamallilla. Ne sopivat vain siihen tilanteeseen, jota laskenta koskee; sekä
- Määrittämällä eri vaihtoehtojen tehollinen korkeus *kuvan 15* mukaisesti. Menettelyssä voidaan ottaa huomioon kohteen todellinen maasto.
- Määrittämällä eri vaihtoehtojen aikaansaama matkaero *kuvan 15* mukaisesti.

Edellä mainitut nopeat menettelyt ovat kärkeitä ja olettavat meluesteen äärettömän pitkäksi ja maaston poikkileikkauksen vakioksi.

Laskelmissa on otettava huomioon myös melun kohteen korkeus maanpinnasta. Kerrostalon ylimmissä kerroksissa melu on voimakkaampaa kuin alhaalla. Kovassa maassa melu etenee pidemmälle kuin pehmeässä.

*Kuvat 17 ja 19* on laskettu pohjoismaisen tieliikennemelulaskentamallin version 1992 avulla. Uudemmassa versiossa melulähteen melu enustetaan hiukan pienemmäksi ja melun leviämismalliin on tehty pieniä tarkistuksia.

Pohjoismaisessa laskentamallissa on oletettu, että meluesteen eristävyys on hyvä suhteessa tavoiteltuun vaimennukseen. Jos melusteessä sallitaan rakoja tai huono eristävyys, niiden vaikutus voidaan ottaa huomioon kohdan 3.4.2 mukaan.



Kuva 15 : Tehollinen korkeus ja matkaero.

Meluesteen erilaisia sijainteja voidaan vertailla kahdella tavalla: Tapa 1 on karkeampi.

1. Vaihtoehtojen vertailu tehollisen korkeuden  $h_e$  avulla.

Tehollinen korkeus  $h_e$  lasketaan äänilähteen ja suojattavan pisteen yhdistävästä suorasta. Äänilähde on 0,5 m korkeudella tien pinnasta tien keskellä. Suojattavan kohteen korkeus on tavallisesti 2 m maanpinnasta tai ylimmän kerroksen ikkunan tasalla.

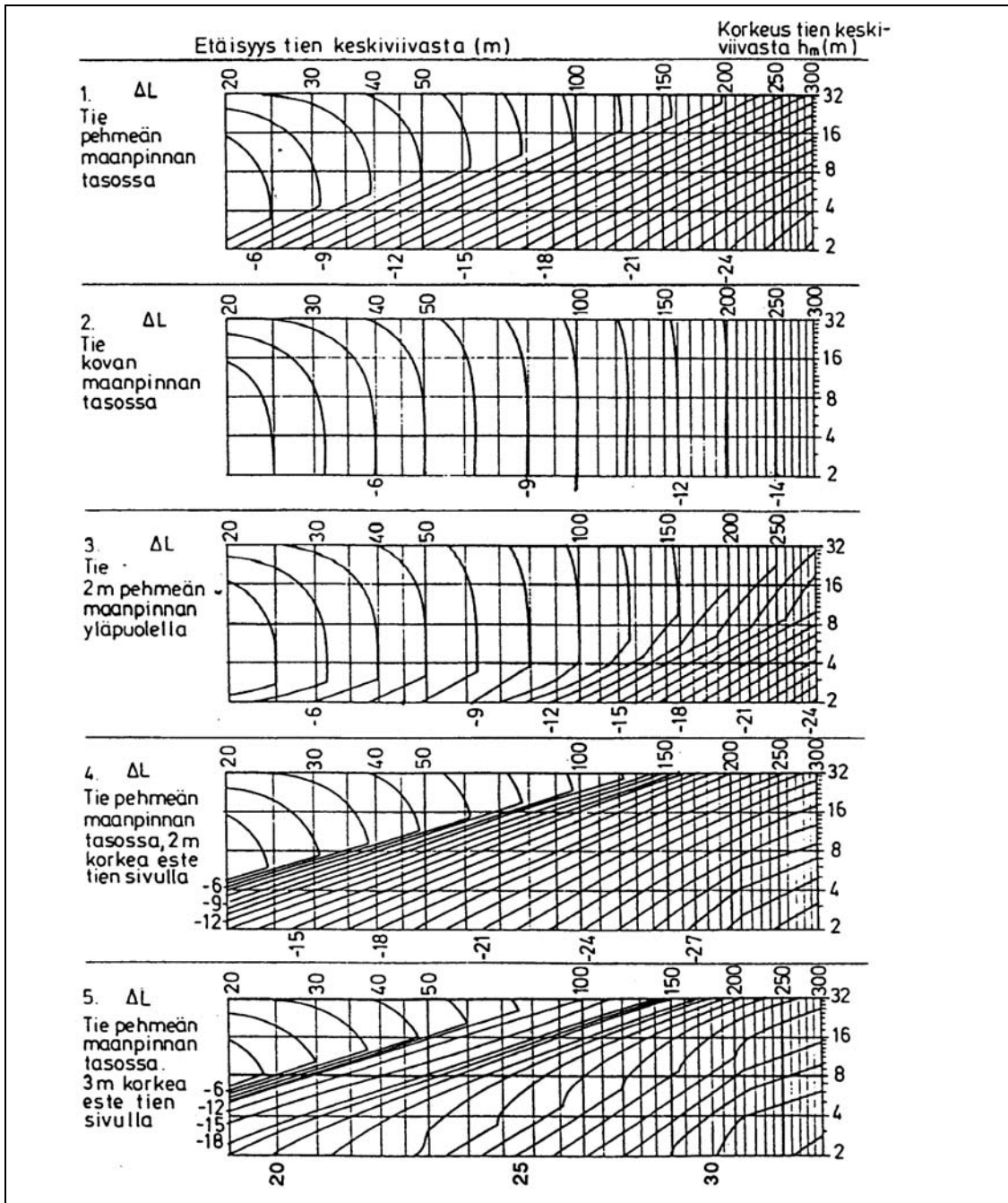
Tarkastelu ei ota huomioon sitä, että lähelle äänilähdettä tai suojattavaa kohdetta sijoitettu melueste vaimentaa enemmän kuin puoliväliin sijoitettu melueste.

Korkeussuhteiltaan vaihtelevassa maastossa tehollinen korkeus mitataan tavallisesti kolmesta melun tulosuunnasta 45E, 90E ja 135E. Näistä pienimmän tehollisen korkeuden tai matkaeron antava suunta on tärkein.

2. Tarkempi menettely on laskea matkaero  $(a+b)-(c+d)$  (Tuominen 1996).

Tavoiteltava estevaimennus	Tarvittava matkaero
5 - 8 dB	0,2 m
9 - 11 dB	0,3 m
10 - 12 dB	0,5 m
12 - 15 dB	1,0 m
13 - 15 dB	1,5 m
15 - 18 dB	2,0 m
16 - 19 dB	3,0 m
17 - 21 dB	4,0 m

Matkaeron riittävän tarkka määrittäminen voi edellyttää laskemista kahden suorakulmaisen kolmion avulla ( $a^2=c^2+h_e^2$ ).

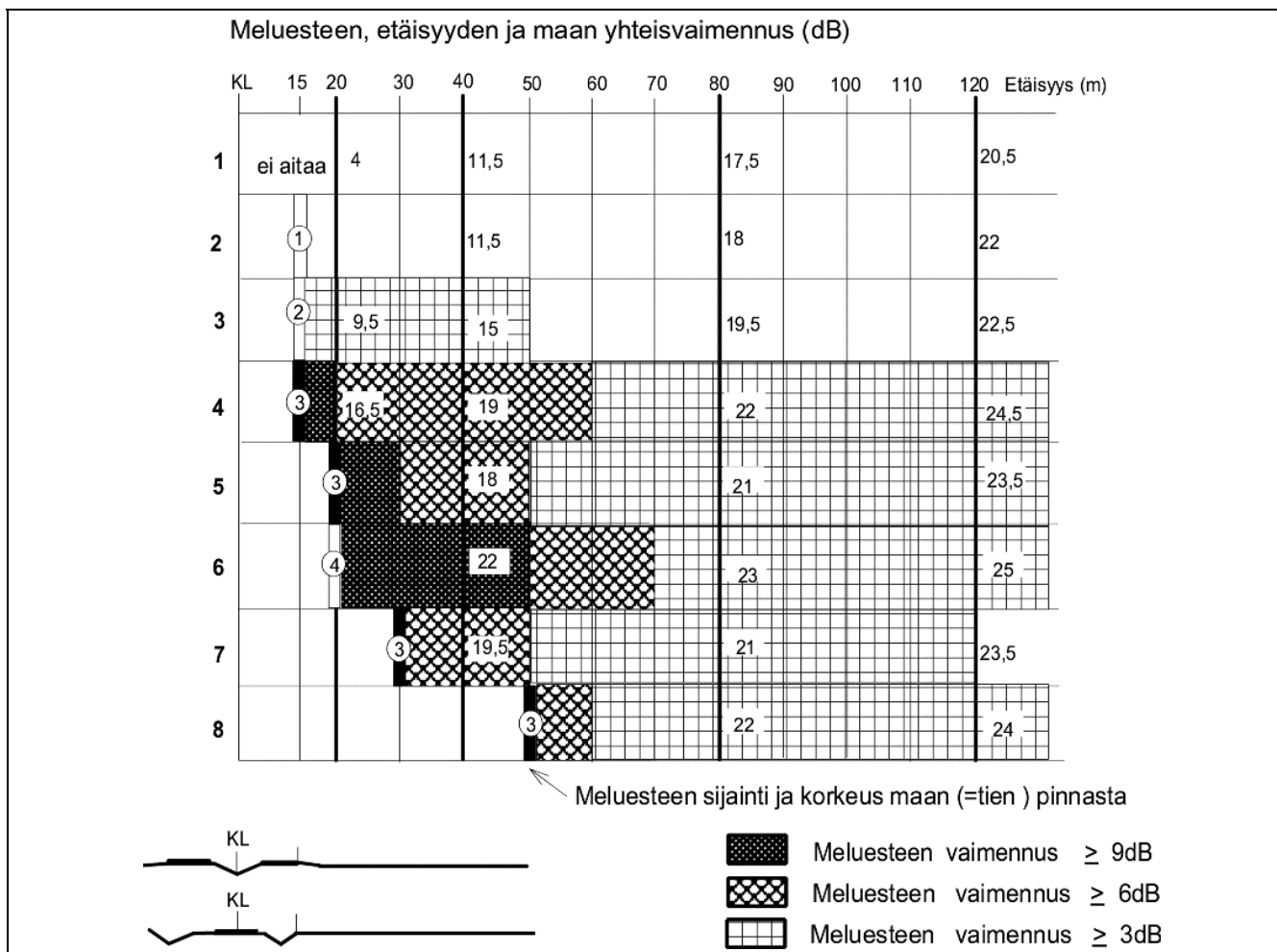


Kuva 16: Melutaso eri korkeuksilla maanpinnasta (Pohjoismaisen tieliikennemelulaskentamallin vuoden 1981 version mukaan).

Tapauksia 1 ja 2 vertaamalla nähdään, että kovassa maastossa (asfaltti, vesi) melutaso on maanpinnan lähellä 3 - 12 dB korkeampi kuin pehmeässä maastossa.

Tapauksesta 1 nähdään, että pehmeässä maastossa melutaso nousee 1 - 3 dB, kun melun kohteen korkeus kaksinkertaistuu.

Tapauksia 1, 4 ja 5 vertaamalla nähdään, että vähintään 2 m melueste vähentää melua saman verran korkeammalla kuin maan pinnan lähellä; ei kuitenkaan heti meluesteen takana.



Kuva 17: Esimerkkejä meluesteen sijainnin ja korkeuden vaikutuksesta, kun tie on maanpinnan tasossa tasaisessa pehmeäpintaisessa maastossa.

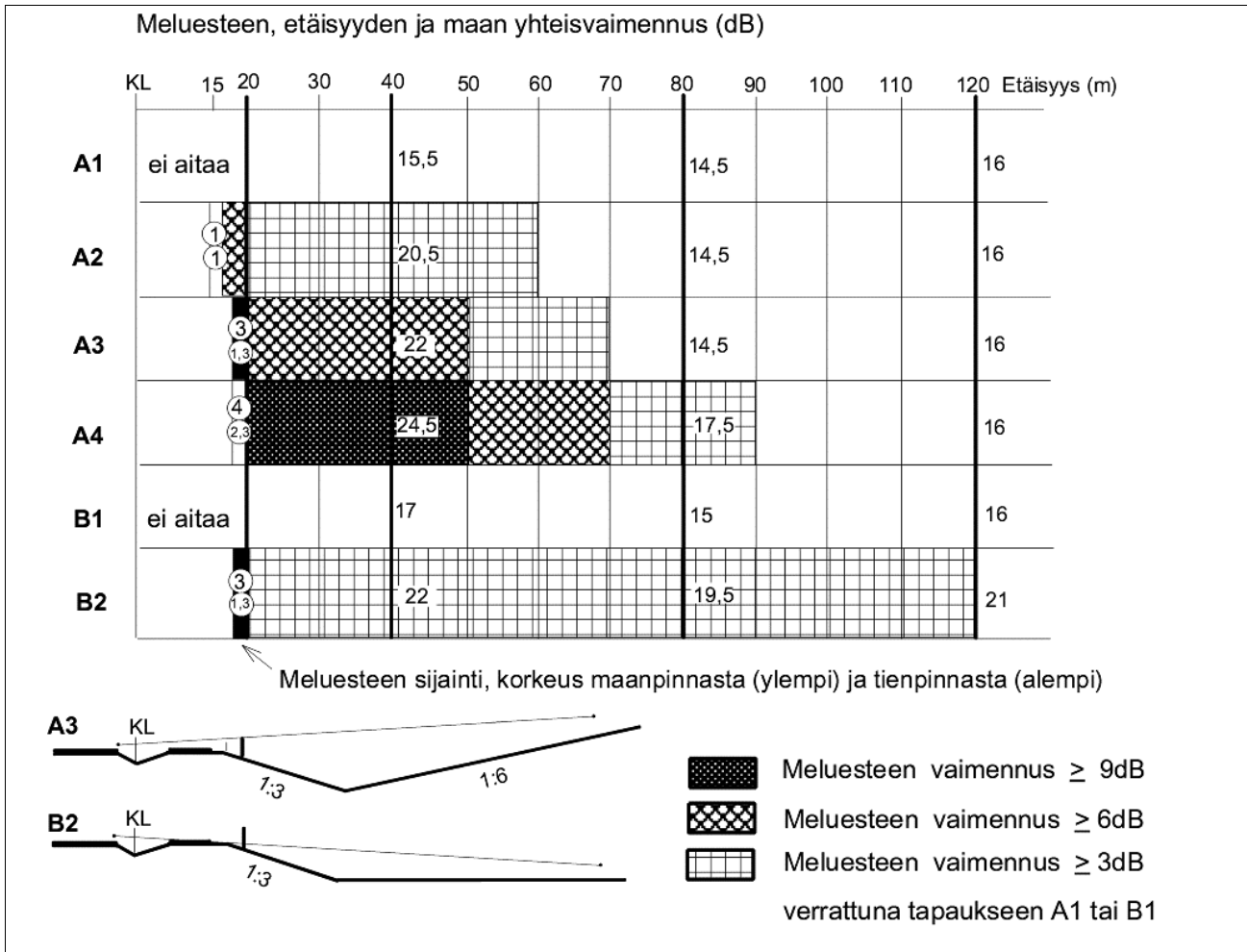
Meluesteen pituus on laskennassa ääretön.

Suojattava kohde on 2 m korkeudella maasta. Meluesteen korkeus (m) on merkitty rengastein numeroin (1-4). Meluesteen, maan ja etäisyyden yhteenlaskettu vaimennus (dB) on merkitty kuvaan numeroin (4; 11,5 jne.) 20, 40, 80 ja 120 m etäisyyksille.

Rasterilla on merkitty melusteella saavutettava vaimennus verrattuna tapaukseen 1: ei aitaa. Meluesteen osuus vaimennuksesta saadaan vähentämällä tapauksien 2 - 8 vaimennuksista tapauksen 1 vaimennus samalla etäisyydellä. Esimerkiksi rivin 4 vaimennus 80 m etäisyydellä on 22 dB ja rivin 1 on 17,5 dB; erotukseksi saadaan 4,5 dB, joka on meluesteen osuus vaimennuksesta

Kuvan ylimmistä tapauksista 1 ja 2 nähdään, että tasaisessa maastossa vasta 3 m korkeudella melusteella saavutetaan yli 6 dB vaimennus laajalla alueella. Vielä paljon tehokkaampi on 4 m korkuinen este (esim. 2 m vallia ja päällä 2 m aitaa).

Vertaamalla 3 m korkuisia melusteita esim. 80 m kohdalla nähdään, että lähelle äänilähdettä tai lähelle kohdetta sijoitettu este on muita tehokkaampi. Sijoittamalla este mahdollisimman lähelle tietä saadaan mahdollisimman suurella alueella yli 6 dB vaimennus. Toisaalta, jos ainoa suojattava kohde on kaukana (50 m) tiestä, voi olla edullisinta sijoittaa este lähelle suojattavaa kohdetta, jolloin kuvan 30 mukaisesti riittää melko lyhyt meluste.



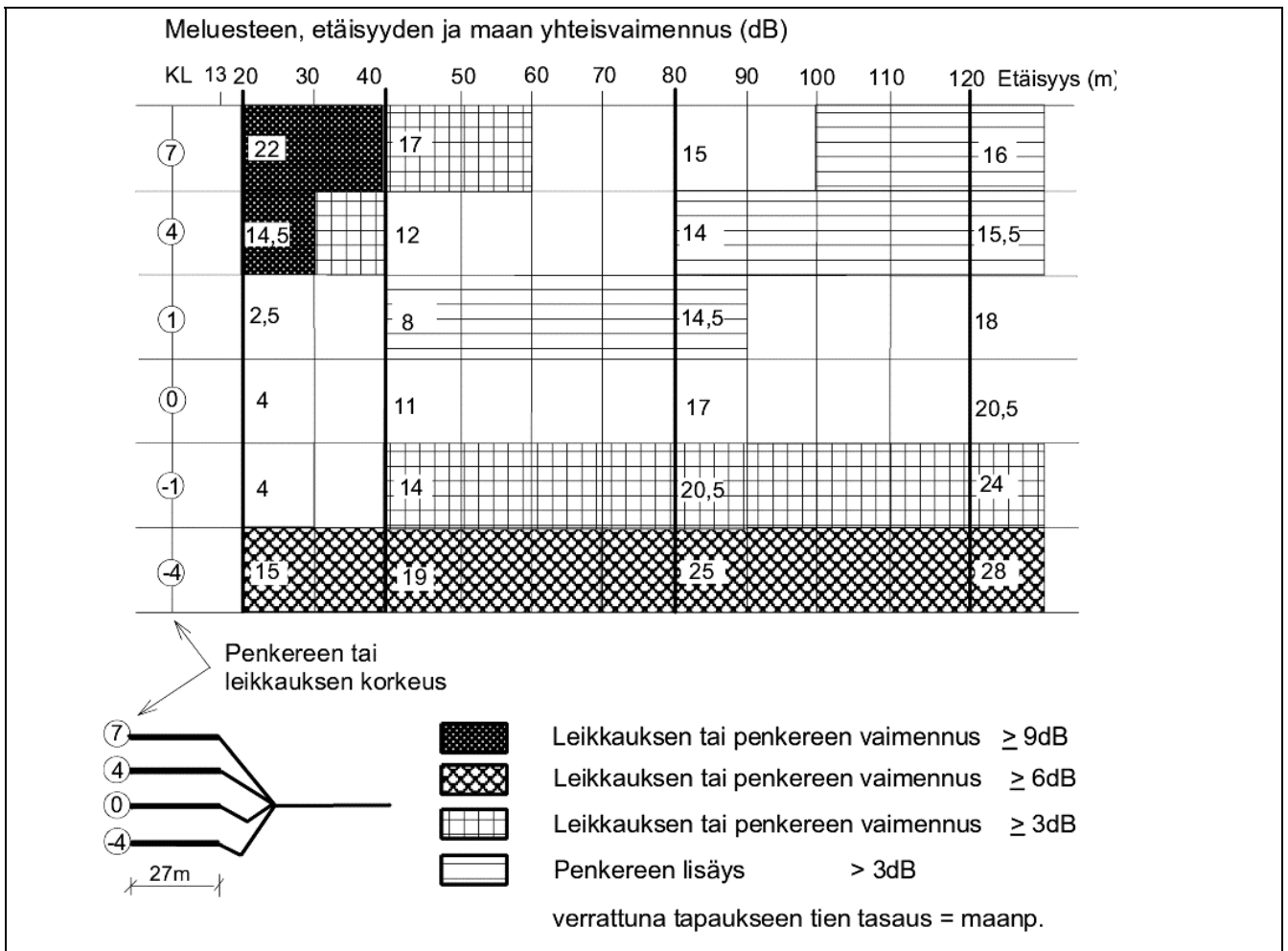
Kuva 18: Esimerkkejä meluesteen vaikutuksesta 7 m korkeisella penkereellä. Suojattava kohde on 2 m:n korkeudella maasta.

Kuvan vaimennuksiin sisältyy myös penkereen reunan estevaimennus.

Kuvan ylimpiä tapauksia A1 ja A2 vertaamalla nähdään, että aivan tien reunaan sijoitetulla 1 m korkeisella melukaiteella A2 saadaan 40 m etäisyydellä 5 dB vaimennus (A1:ssä 40 m:n etäisyydellä vaimennus on 15,5 dB, A2:ssa vaimennus on 20,5 dB;  $20,5 - 15,5 \text{ dB} = 5 \text{ dB}$ ). Vaimennus on vain 1,5 dB huonompi kuin kauempana olevalla 3 m korkeisella melusteella.

Tapauksia A ja B (ei aittaa) vertailemalla nähdään, että alavassa maastossa B melutaso on alaisempi kuin kohoavassa maastossa A. Kohoavassa maastossa A2-4 melusteella on vaikea vaimentaa melua yli 80 m etäisyydellä tiestä. Asia selviää myös piirtämällä suora melulähteen ja 80 m kohdalla olevan kohteen välille. Nähdään, että 3 m:n korkeisen meluesteen tehollinen korkeus on maastossa A noin 0 m, mutta maastossa B noin 1 m.

Jos melulähteenä on vilkasliikenteinen tie (10 000 ajon/d) lähdemelutaso on 76 dB. Tapauksissa A1-4 ja B1 melutaso on 120 m:n etäisyydelläkin 60 dB (=  $76 - 16$ ).



Kuva 19: Esimerkkejä pengerkorkeuden vaikutuksesta maan ja etäisyyden aiheuttamaan vaimennukseen.

Maan ja etäisyyden aiheuttama vaimennus on merkitty kuvassa numeroin (22 - 29,5). Erot 0-tasoon verrattuna on merkitty rasterein.

Kuvan ylimmistä tapauksista nähdään, että tien nostaminen 4 - 7 m penkereelle lisää melua yli 80 m etäisyydellä, mutta vaimentaa melua lähietäisyydellä 0-tasaukseen verrattuna. Alimmista tapauksista nähdään, että tien sijoittaminen 1 - 4 m leikkaukseen vaimentaa melua 0-tasaukseen verrattuna.



### 3.3.2 Suositeltava sijainti akustiikan kannalta

Karkeana yleistyksenä luvun 3.3.1 tarkasteleista voidaan todeta:

- Kun tie on penkereellä tai maan pinnan tasossa, meluste tulisi sijoittaa laaja-alaisen vaimennuksen saavuttamiseksi mahdollisimman lähelle tietä. Sijaintia rajoittavat kuitenkin luvussa 3.3.3 mainittavat seikat. Tavanomaisen meluvallin laki ei myöskään voi olla kovin lähellä tietä.
- Penkereellä 1 m korkuinen melukaide voi tuoda lähes saman vaimennuksen kuin etäämpänä penkereen luiskassa oleva korkeampi meluste.
- Leikkauksessa ja kumpareisessa maastossa meluste sijoitetaan paikkaan, jossa tehollinen korkeus saadaan edullisimmin suureksi suojattavan alueen kannalta. Vertailussa hyvitetään lähellä lähdeettä tai kohdetta olevia sijaintipaikkoja.
- Jos suojattava kohde on pienialainen ja melko kaukana tiestä, voi olla edullisinta rakentaa lyhyempi meluste suojattavan kohteen lähelle.

Sijaintia valittaessa on otettava huomioon myös luvun 3.3.4 asiat.

### 3.3.3 Vähimmäisetäisyys tien reunasta

Ahtauden tunteen välttämiseksi välttävä vähimmäisetäisyys reunaviivasta on

- moottoriteillä  $h + 2$  m
- nopeustason 80 - 100 km/h teillä  $h + 1$  m
- nopeustason 50 - 70 km/h teillä  $h$ , missä  $h$  on meluesteen korkeus.

Näkyvyys autosta edessä olevalle tieosuudelle on varmistettava liittymissä ja sisäkaarteissa. Autossa matkustaville voidaan tarjota näkyvyys tieltä ympäristöön, jos käytetään penkereellä tai sillalla 1 m korkuista melukaidetta tai läpinäkyvää meluseinää. Melusteet katkaisevat lähes aina näköyhteyden tien puolelta toiselle. Liikenteen ohjaustaulujen pitää mahtua tien ja korkean meluesteen väliin, ellei käytetä ajoradan yläpuolisia opasteita.

Suistuvien turvallisuuden vuoksi:

- Kaiteen tarpeellisuus arvioidaan tielaitoksen Teiden suunnittelu -ohjeen (osan V 2) perusteella. Kaiteen ja meluesteen väliin tarvitaan 0,5 - 1,5 m joustovaraa kaiteen tyypistä riippuen.
- Kaiteettomilla kohdilla meluseinä tulisi sijoittaa ajorataa ylemmäksi vähintään em. ohjeen edellyttämälle etäisyydelle.
- Kaiteita koskevat laatuvaatimukset täyttävä (esim. auton liukumisen salliva, luja ja katkeamaton betoni- tai teräsmuuri; tai kultaaltaan murtuva pilariton meluste) melukaide voidaan sijoittaa tien reunaan. Melukaiteeseen voidaan tehdä muusta materiaalista korotusosa, mutta korotusosa ei saa pudota vaaraa aiheuttaen.
- Alhaisen nopeuden teillä (40-50 km/h) ja väistämismeluvallissa liittymissä ei yleensä tarvita suojausta.

Lumen aurauksen vuoksi:

- Välttävä lumitila tien ja esteen välissä on etelärannikolla  $0,35 \times A$  ja Pohjois-Suomessa  $0,65 \times A$ , kuitenkin vähintään 2 m ( $A$  = aurattavan alueen leveys). Silloin  $A$ :n levyiseltä tiepinnalta mahtuu auramaan kaikki lumet lähes joka talvi melusteeseen päin. Runsaslumisena talvena osa lumesta (ja pensaista) kuljetetaan pois.
- Tyydyttävä joka talvi riittävä lumitila on 50 % suurempi kuin edellä.
- Tilapäinen vain yksittäiseen lumipyryyn riittävä lumitila on  $0,15 A$ .
- Meluste on mitoitettava kestämään aurauksessa lentävän lumen aiheuttamat kuormat.
- Melukaiteen yli voidaan aurata osa lumesta.

Pintavesien poisjohtamiseksi suositellaan 0,5 m syvyistä sivuoja, jos ei käytetä tihein välein sadevesikaivoja. Jos tien sisäluiskan kaltevuus on 1:4 ja ulkoluisen 1:2, tilaa tarvitaan 3 m.

Meluesteen ulkonäön parantamiseen tai ilkkivalan torjuntaan käytettävät pensaat vaativat vähintään 1 m levyisen tilan. Pensaista ei pitäisi sijoittaa ojan pohjalle eikä paikkaan, josta lumi kannetaan pois.

### 3.3.4 Muut sijaintiin vaikuttavat asiat

Meluestettä sijoitettaessa tutkitaan kartoin ja havainnekuvoin meluesteen vaikutus tieltä näkyvään maisemaan ja ulkopuolelta näkyvään maisemaan.

Melueste ei saa varjostaa kohtuuttomasti pihaa tai puistoa. Meluseinää ei myöskään pitäisi sijoittaa aivan toisen samansuuntaisen rakennuksen seinän viereen. Melueste voi kuitenkin tulla rakennuksen seinän jatkeeksi. Puistoissa tai pihalla meluesteestä voi olla muutakin hyötyä: valli voi olla liukumäki, korkeaan seinään voi liittyä ulkoiluvälineitä tai ulkoiluvälinsuojia jne. Lasten putoaminen tai liukuminen tielle on estettävä.

Kevyen liikenteen väylän kohdalla melueste tulee tavallisesti ajoradan ja kevytliikenneväylän väliin. Jotkut tuntevat olonsa turvattomaksi yöllä, jos autotieltä ei näy kevyen liikenteen väylälle. Liittymissä melueste sijoitetaan kuitenkin näkemien vuoksi riittävän kauas tiestä.

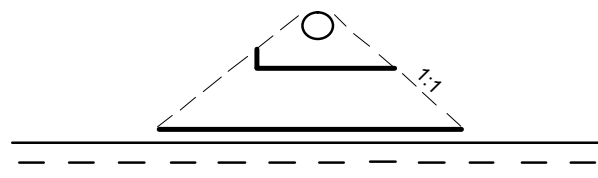
Melueste ja siihen liittyvät maatyöt eivät saisi hävittää olemassa olevaa kasvillisuutta.

Meluestettä ei pitäisi rakentaa tiensuuntaisten viemäreiden tai muiden johtojen päälle. Melueste sijoitetaan niin, että kaikki valaisinpylväät voidaan sijoittaa meluesteen eteen tai kaikki meluesteen taakse.

Perustamiskustannusten rajoittamiseksi on syytä välttää mm. epävakaita rinteitä ja luiskia, herkästi painuvia pehmeiköitä sekä painuvia täyttöalueita. Meluvallit sietävät aitoja paremmin epätasaisia painumia, mutta vallin paino voi vaikuttaa viereisiin rakenteisiin. Joskus meluvalli voi toimia vastapenkereenä.

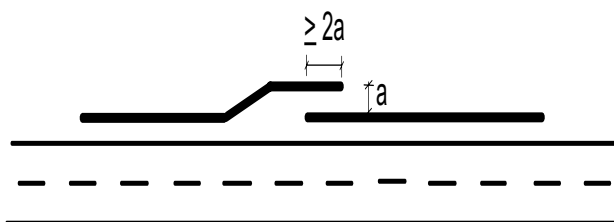
Aukeilla paikoilla melueste voi kinostaa. Tuulen aukiolta tuoma lumi kinostuu meluesteen toiselle puolelle, eniten alueelle, jonka leveys on 4 kertaa meluesteen korkeus. Jos riittävää etäisyyttä tiestä meluesteeseen ei voida saavuttaa, aukiolta tuleva lumi pitäisi kinostaa pensaiden avulla ennen meluestettä.

### 3.3.5 Meluesteen aloitus ja aukot

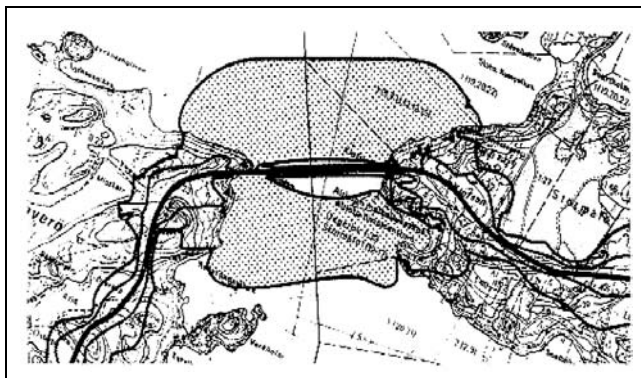


Kuva Pituus

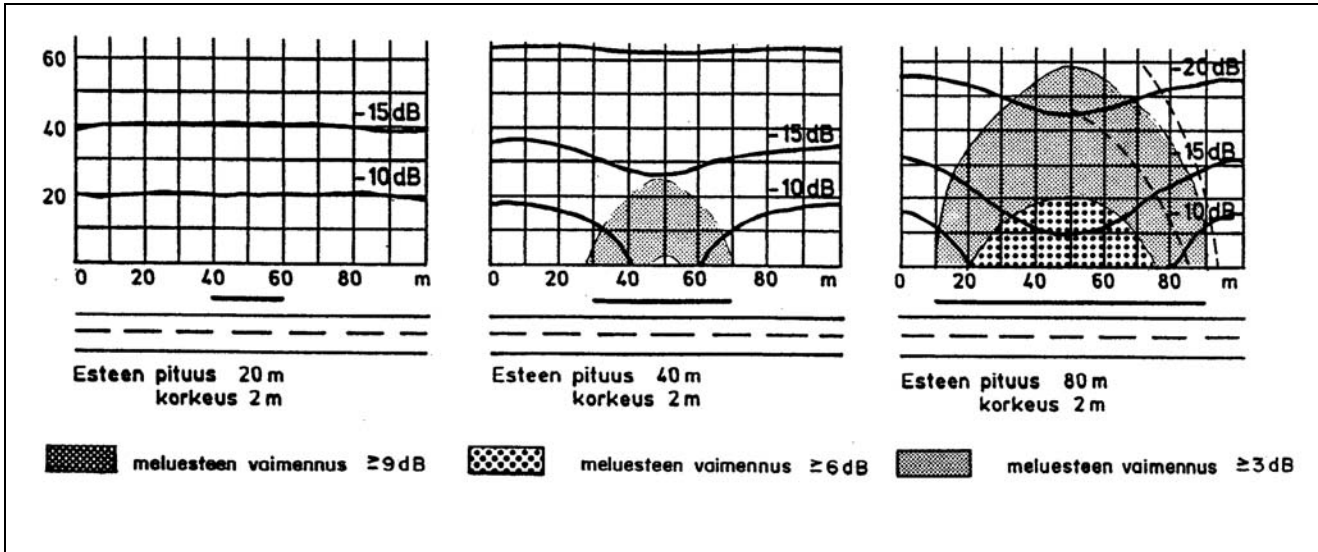
Kuva 20: Meluesteen pituus mitoitetaan tavallisesti niin, että suojattava kohde jää 1:1 suuntaisten viivojen väliin. Menettely sopii vain tilanteisiin, joissa meluesteen tehollinen korkeus on vakio ja suojattavassa kohteessa pyritään enintään 5 dB vaimennukseen.



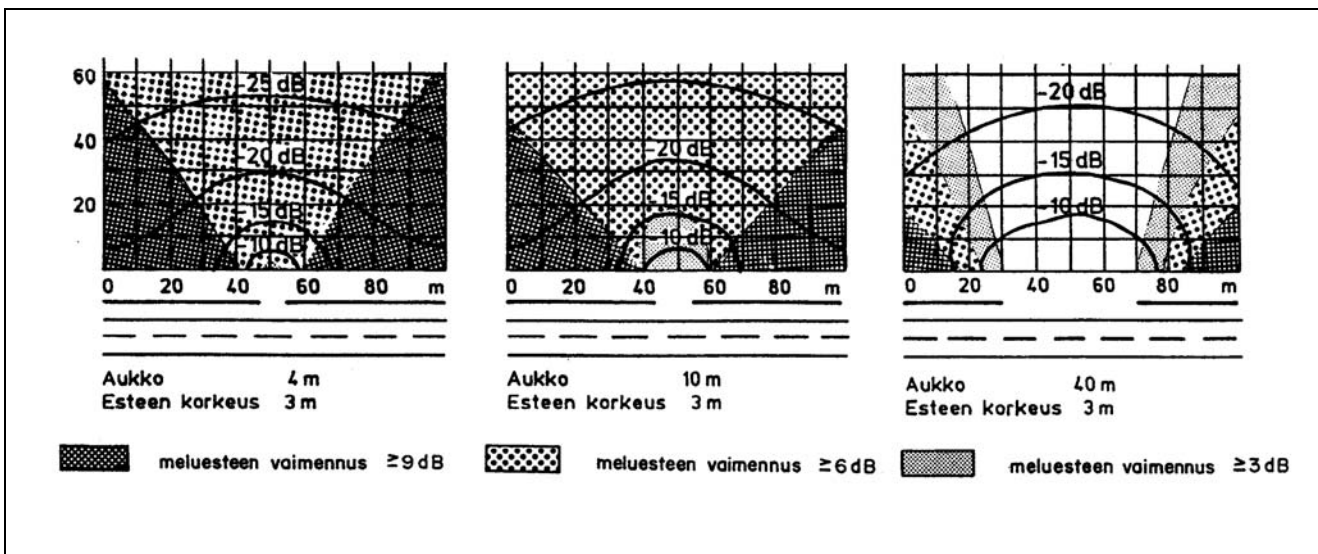
Kuva 21: Kulkuaukot mitoitetaan siten, että liittymispituus on vähintään 2 kertaa aukon leveys. Limitysosuudella vähintään toinen melueste on ääntä imevä ( $DL_{\alpha} > 8$ ). Silloin aukon vaikutus on pieni, kun tavoiteltu vaimennus suojattavassa kohteessa on 5-15 dB.



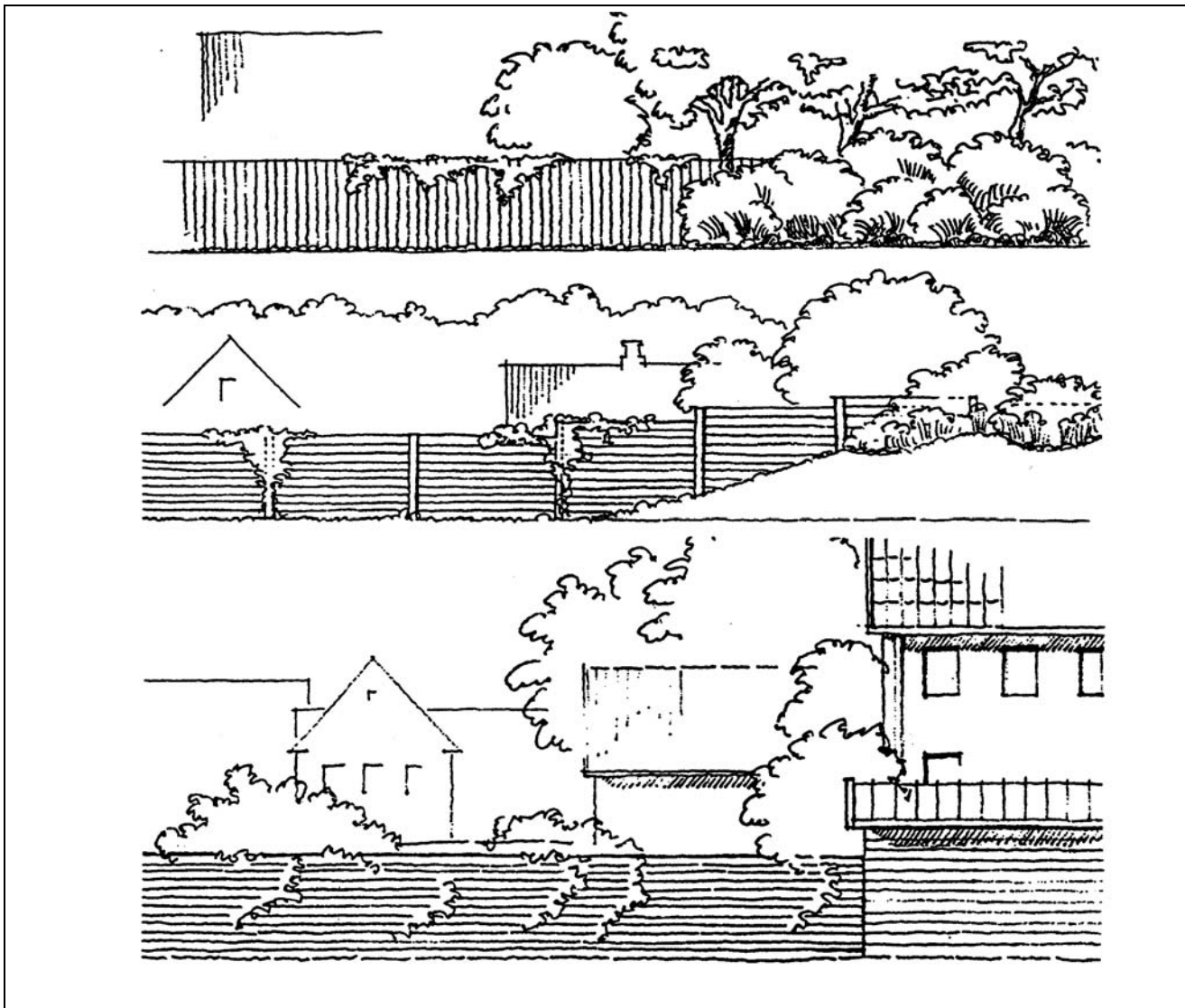
Kuva 22: Sillan kohdalla melualue laajenee moninkertaiseksi. Sillan alla melua on vähemmän



Kuva 23: Esimerkkejä 2 m korkeisen meluesteen pituuden vaikutuksesta vaimennukseen tasaisella maalla. Meluesteen, maan ja etäisyyden yhteisvaikutus on kuvattu käyrin. Meluesteen vaikutus on kuvattu rasterilla. Rasterit olisivat katko viivojen mukaisesti laajempia, jos meluesteen korkeus olisi 4 m.



Kuva 24: Esimerkkejä aukkojen vaikutuksesta 3 m korkeisessa melusteessä tasaisella maalla. Meluesteen, maan ja etäisyyden yhteisvaikutus on kuvattu käyrin. Meluesteen vaikutus on kuvattu rasterilla.



*Kuva 25: Rajua muutosta avoimesta tieympäristöstä meluesteen rajaamaan voidaan lieventää joko paljastamalla meluste asteittain kasvillisuuden tai meluvallin suojasta tai aloittamalla meluste rakennuksesta. Menettely vähentää myös meluesteen päihin kohdistuvaa tuulikuormaa.*

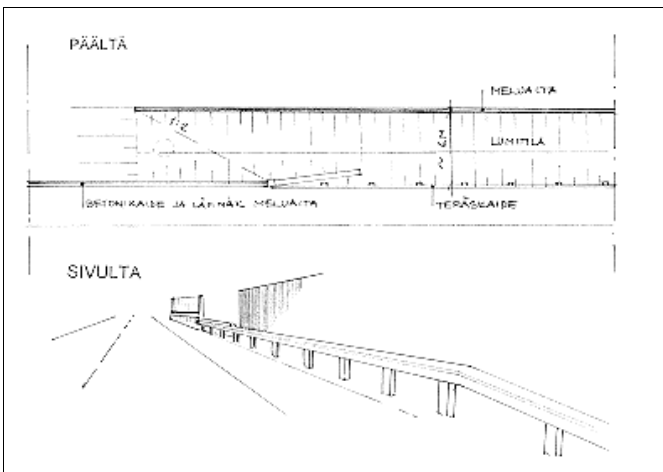
Meluseinän pää tulisi kääntää sivuun seuraavissa tapauksissa:

- Melun vaimennustavoite saavutetaan joskus parhaiten kääntämällä meluesteen päät sivuun. Asiaan vaikuttaa maaston muoto ja suojattavan kohteen sijainti.
- Meluseinä tulee vallin jatkeeksi, ja seinä halutaan liittää vallin laen jatkeeksi.
- Meluseinän alkuun halutaan maisema ymsyistä kuvan 25 mukainen kasvillisuus, eikä tien ja seinän väliin saada muuten riittävää tilaa.
- Melukaide tai -seinä on etupinnaltaan törmäysturvallinen, mutta törmäys päähän pitää estää. Sovelletaan kaiteita koskevissa ohjeissa annettua suojaetäisyyttä, ellei meluesteen päätä upoteta ulkoluiskaan tai ellei käytetä kaidetta. Melukaiteen tai -seinän pää käännetään 1 m kaiteen taakse kuvan 26 mukaisesti, kun meluesteen jatkeeksi tulee tiekaide, joka, joka joustaa törmäyksessä 0,5-1,5 m.
- Meluseinän takana on tuulinen aukio, ja meluesteen päässä autoihin kohdistuisi yllättäviä tuulia tai lumi kinostuu meluesteen päiden kohdalle.

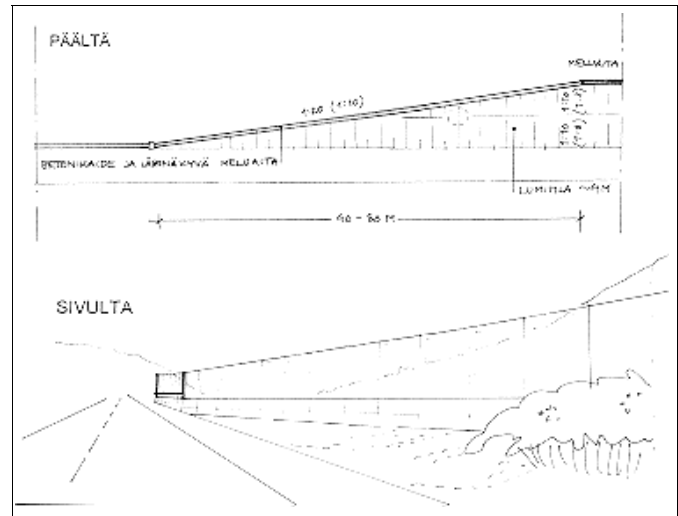
### 3.3.6 Meluste sillalla

Sillalla käytetään ensisijaisesti (tavallista sillankaidetta jäykempää) melukaidetta, johon tehdään tarvittaessa korotusosa. Vaihtoehtoisesti käytetään tavallista sillankaidetta, jonka takana on kevyt meluste, jonka putoaminen estetään tilanteissa, joissa törmäävä auto aiheuttaa sillankaiteeseen 0,5 m pullistuman. Sillankaiteen ja melusteen väliin kertyy paljon roskaa ja likaa, jota on vaikea poistaa.

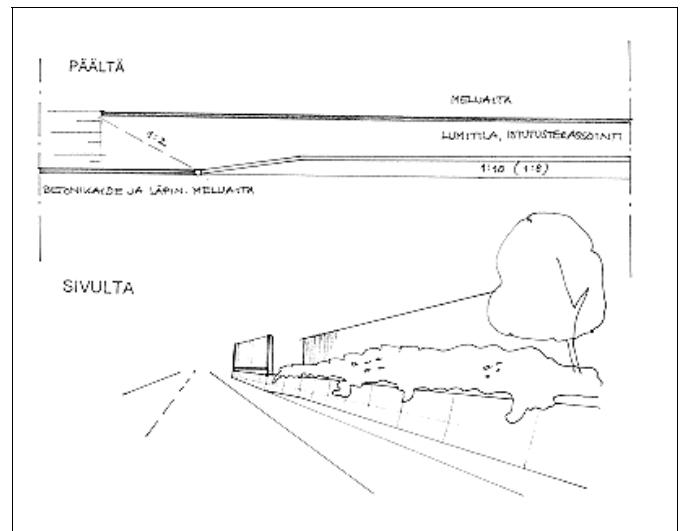
Sillalta voidaan tarjota näkymä ympäristöön helpommin kuin muussa maastossa. Näkymä voidaan tarjota *kuvien 26, 27, 28, 29 ja 30* keinoilla. Läpinäkyvien materiaalien käyttöön liittyy kuitenkin paljon ongelmia, jotka on kuvattu kohdassa 3.2.5. Tästä syystä tulisi tarkistaa voidaanko pelkällä 1 m korkuisella melukaiteella saavuttaa vaimennustavoite. Myös lasittamaton poikkisuuntainen aukko on mahdollinen. Usein on maiseman ja ilkvallan kannalta parempi käyttää korkeita umpinaisia melusteita.



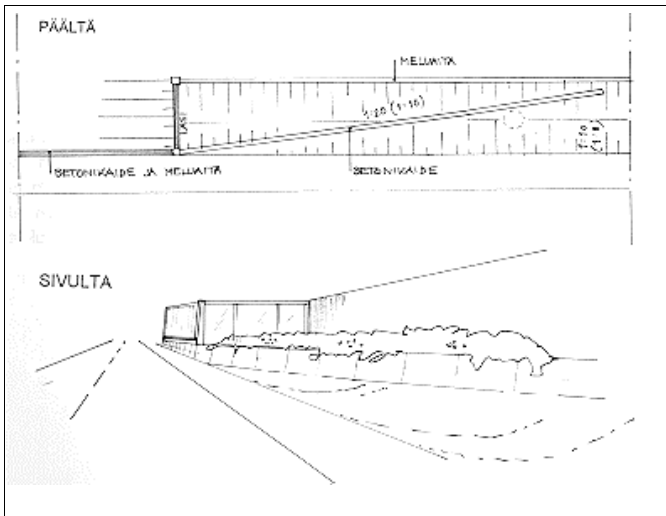
*Kuva 26: Penkereen meluste ja sillan melukaide ovat eri linjassa. Törmäminen melukaiteen päähän on estetty tiekaiteella (joka joustaa 0,5 - 1,5 m törmäyksessä). Tällöin melukaiteen pää on käännettävä vähintään 1 m tiekaiteen taakse. Melukaiteen ja meluseinän välissä voidaan sallia aukko, jos ne limitetään riittävällä matkalla ja toinen pinnoista on ääntä absorboiva. Melukaiteen päällä on kuvassa läpinäkyvä korotusosa. Usein sen tilalla on parempi käyttää läpinäkymätöntä materiaalia. Aina korotusosaa ei tarvita.*



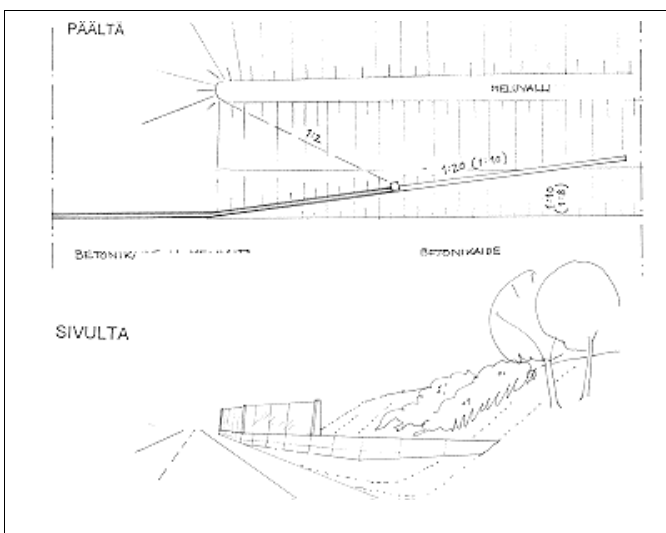
*Kuva 27: Meluseinä käännetään viistosti sillalle. Sillalla ja siirtymäosalla melusteen alaosa on betonikaide. Maiseman arvosta ja ilkvallan määrästä riippuu, käytetäänkö yläosassa läpinäkyvää vai muunlaista materiaalia. Tässä vaihtoehdossa vältetään tiekaiteen käyttö ja ulkonäön kannalta hankala liitos melukaiteeseen. Maisemat menetetään, jos läpinäkyvää materiaalia ei voida käyttää, koska kuvan 26 aukko ei ole mahdollinen.*



*Kuva 28: Kuva eroaa kuvasta 26 vain siinä, että betonikaide jatkuu meluseinän edessä. Menetely vähentää lumitilaa.*



Kuva 29: Sillan betonikaide jatkuu viistosti ulkoluiskassa olevaan meluesteeseen, loivaluiskaisen (1:10) ojanteen yli. Sillan päässä on poikittainen ikkuna. Poikittainen ikkuna tarjoaa kuljettajalle paremman näkymän ympäristöön kuin viisto (heijastava) lasi. Tosin tässä betonikaide peittää näkymää alaosassa. Ikkunallisia polvekkeita voi olla monta peräkkäin. Niissä tarvitaan lasia vähemmän kuin tiensuuntaisissa ikkunoissa.



Kuva 30: Meluvallin jatkeena oleva silta. Täyskorkeat meluesteet on limitetty osuudella, jonka pituus on 2 kertaa aukon leveys. Betonikaiteen alku on upotettu ulkoluiskaan. Tähän tapaukseen voidaan soveltaa myös muiden kuvien ratkaisuja.

Kuvien ratkaisusta poikettaessa on varmistettava, ettei

- meluseinän tai -kaiteen päästä tule törmäyksessä vaarallinen
- melu ei kantaudu liikaa limityskohtien aukoista
- lumitila riittää niin, ettei lunta jouduta kantamaan pois tarpeettoman pitkiltä osuuksilta, jolloin työ vaarantaa liikennettä

### 3.3.7 Melukaiteen korkeus

Melukaiteen korkeudessa otetaan huomioon seuraavat asiat:

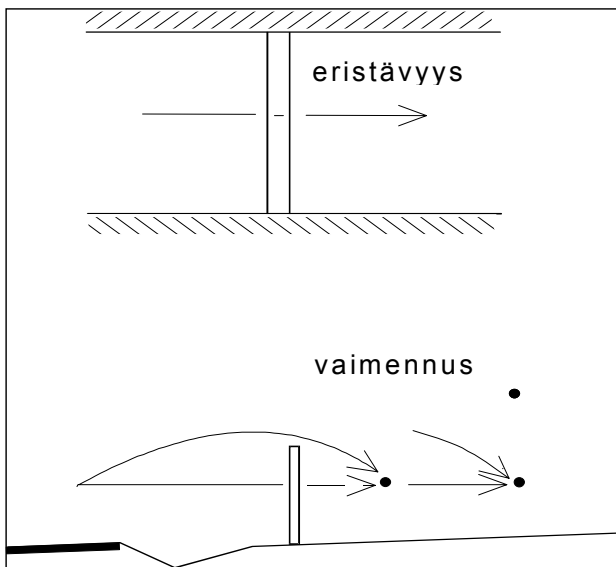
1. Turvallisuus. Pyöräilijöiden ja säiliöautojen kannalta korkeuden on silloilla oltava yleensä vähintään 1,1 m, mielellään 1,2 m. Lyhyillä silloilla, joilla ei ole kevyttä liikennettä, tyydytään usein matalampaan.
2. Näkymä kaiteen yli. Yli 1 m korkuinen kaide rajoittaa usein huomattavasti näkymää. Avoimessa teräskaitteessakin 1,1 m korkeudelle sijoitettu johde tai tiheä säleikkö rajoittaa näkymää.
3. Meluntorjunta. Vaimennus kasvaa korkeuden kasvaessa. Tarve selvitetään melulaskelmin.
4. Lumen poisto. Kaiteen yli voidaan aurata pakkaslunta, jos kaiteen korkeus on enintään 1.0 tai 1,2 m. Korkeampi kaide voi edellyttää lumen siirtelyä pyöräkuormaajalla, mikä voi olla liikenteelle vaarallista.
5. Ulkonäkö sivulta: Silloilla reunapalkin, umpinaisen melukaiteen ja mahdollisen yläjohdeen korkeussuhteet tulisi valita sopusuhteisesti.

Tyypillinen kompromissi on: 1 m korkuinen betoninen tai teräksinen melukaide, johon tehdään pitkillä silloilla vaatimukset täyttävä teräs johde 1,2 tai 1,3 m korkeuteen. Tarvittaessa vaimennusta lisätään korottamalla melukaidetta läpinäkyvällä materiaalilla.

### 3.4 Akustiset laatuvaatimukset

#### 3.4.1 Vaimennus

Meluesteen tarkoituksena on vaimentaa melua suojattavassa kohteessa. Saavutettava vaimennus riippuu meluesteen sijainnista, korkeudesta, pituudesta ja suojattavan kohteen sijainnista ja korkeudesta. Meluesteen rakenteen vaikutus vaimennukseen on erittäin pieni, kun tietty vähimmäistaso on saavutettu.



*Kuva 31: Meluesteen vaimennus riippuu eniten äänen kiertämän matkan pituudesta verrattuna suoraan etäisyyteen meluesteen läpi. Vaimennus riippuu havaintopisteen sijainnista. Vaimennus lasketaan melulaskentamallilla tai mitataan suojattavissa kohteissa. Meluesteen eristävyys mitataan laboratoriossa, jossa on katto. Se kuvaa seinän läpi kuuluvaa ääntä.*

Eristävyyden vaikutus 2,5-3,5 m korkuisen meluesteen vaimennukseen voidaan ottaa karkeasti huomioon seuraavilla säännöillä:

1. Meluesteen läpi menevä ääni ei vähennä laskelmin ennustettua vaimennusta, jos meluesteen eristävyysluku  $DL_R$  on vähintään 10 dB suurempi kuin laskelmilla tavoitteeksi asetettu vaimennus aivan meluesteen takana.
2. Jos eristävyysluku ( $DL_R$ ) on vain 5 dB laskelmilla ennustettua vaimennusta suurempi, todellisuudessa saatava vaimennus on 1,5

dB ennustettua pienempi aivan meluesteen takana ja 0,5 dB ennustettua pienempi kauempana.

3. Jos meluesteen ja pehmeän maan välissä on 200 mm korkuinen rako, vaimennus on 1-2 dB ennustettua pienempi alle 20 m etäisyydellä meluesteestä ja noin 0,5 dB ennustettua pienempi kauempana.

Vertailun vuoksi voidaan todeta, että meluesteen rakentaminen 200 mm suunniteltua korkeammaksi kompensoi yleensä kohtien 2 ja 3 alitukset, ei kuitenkaan molempia yhtä aikaa.

#### 3.4.2 Eristävyys

Äänen eristävyyttä kuvataan eristävyysluvulla  $DL_R$ , joka mitataan laboratoriossa EN 20140-3 (ISO 354:1985; Acoustics - Measurement of sound absorption in a reverberation room) ja EN 1793 (Road traffic noise reducing devices- Test method for determining the acoustic performance) osan 2 (Intrinsic characteristics - Airborne sound insulation) mukaisesti. Se kuvaa kykyä eristää esteen läpi menevää ääntä. Lukua laskettaessa käytetään EN 1793 osassa 3 (Normalized traffic noise spectrum) esitettyä taajuusjakautumaa, joka on tyypillinen taajaman lähellä.

Meluestetuotteiden eristävyys osoitetaan EN 1793-2:n mukaisella laboratoriomittauksella.

Meluestetuotteita ostettaessa eristävyysvaatimus luokitellaan EN 1793:1997 osan 2 mukaisesti:

- luokka B3: vähintään 25 dB
- luokka B2: vähintään 15 dB
- luokka B1: vähintään 5 dB.

Yleensä määrätään, ettei eristävyys saa heikentyä valitun vaativustason alle meluesteen käytön aikana esimerkiksi rakoilun vaikutuksesta.

Tavallisimmin eristävyyslukuvaatimukseksi valitaan 25dB.

Kun vaimennustarve on enimmilläänkin alle 10 dB, eikä aivan meluesteen takana ole suojattavia kohteita, voi eristävyudeksi riittää (kohdan 3.4.1 tapauksen 2 perusteella) 15 dB. Vaihto-

ehtoisesti voidaan tällöin sallia (tapauksen 3 perusteella) rako maan ja meluesteen välissä, jos siitä on huomattavaa hyötyä kuivatuksessa tai roudantorjunnassa. Jos säästö eristävyiden heikentämisestä jää pieneksi, on parasta valita vaatimukseksi 25 dB. Silloin suojattavaa toimintaa voidaan myöhemmin sijoittaa lähemmäksi meluestettä.

Uusimmilla materiaaleilla tuulikuorma edellyttää mm. paksut materiaalit, että 25 dB saavutetaan helposti, jos raot vältetään. Yksinkertaisilla lautarakenteilla (ilman vaneria) ei kuitenkaan yleensä päästä pysyvästi 25 dB eristävyteen.

Eristävyysluku on vähintään 25 dB esimerkiksi seuraavilla rakenteilla:

- vähintään 20 mm vaneri,
- 6 mm vaneri + 20 mm lomalaudoitus,
- 1+1 mm teräslevy (+ villa ja runko)
- betonielementit joiden välissä on kumitiiviste.

Tärkeintä on, että rakoja tai reikiä ei ole. Edellä mainituissa rakenteissa vanheneminenkaan ei yleensä aiheuta rakoilua, jos saumoissa käytetään säilyvää tiivistettä.

Lomalaudoituksella (22 x 125, 25 mm limityksin) saavutetaan seuraavat eristävyysluvut:

- 22 dB, kun ei näkyviä rakoja
- 19 dB, kun 2 mm rako joka 3. saumassa
- 16 dB, kun 6 mm rako joka 3. saumassa.

Suurirakoisin tapaus kuvaa vanhenemisen takia kutistuneita lautoja.

Porttilaudalla (20 mm) saavutetaan 20 – 25 dB ja puoliportilla (28 mm) 15 – 21 dB riippuen siitä, paljonko saumat rakoilevat asennusvirheiden tai lautojen kulumisen vuoksi.

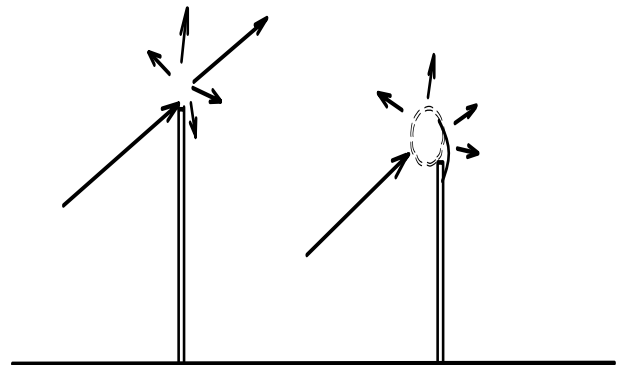
Ääntä imevät materiaalit joutuvat kovaan rasitukseen lähelle tietä sijoitetussa meluesteessä. Toisaalta ääntä imevän meluesteen tarve voi olla tavallista suurempi lähellä tietä.

Meluesterakenteen eristävyysluvun säilyminen voidaan osoittaa käyttökokemuksin tai materi-

aalistandardein, jotka osoittavat, ettei rakenteeseen tule rakoja tai reikiä eikä painon menetystä. Tarvittaessa koekappaleeseen tehdään ennustetut vauriot ja raot, ja eristävyys mitataan laboratorioissa.

### 3.4.3 Diffraktio

Meluesteen tehoa voidaan parantaa käyttämällä meluesteen yläreunassa äänen taittumista eli diffraktiota vähentävää rakennetta. Rakenteet ovat kokeiluvaiheessa. Rakenteen tehokkuus voidaan tarvittaessa osoittaa maastossa kokeella, jossa tavalliseen meluseinään asennetaan diffraktion vähentäjä. Melutaso mitataan vertailukelpoisissa olosuhteissa (vastaava sää ja äänilähde ym.) ennen ja jälkeen asennuksen. Tuloksia ei saa kuitenkaan sellaisenaan siirtää toiseen tiekohteeseen.



*Kuva 32: Melu taittuu meluesteen yläreunasta joka suuntaan. Taittumista voidaan vähentää liittämällä meluesteen laelle ääntä imevästä materiaalista tehty rakenne. Menettely parantaa meluesteen vaimennusta.*



### 3.4.4 Absorptio

Tavanomaiset meluesteet heijastavat liikenne-melua takaisin tielle. Ääntä imevät meluesteet heijastavat vain pienen osan äänestä. Äänen imevyys mitataan EN 20354:1993:n mukaisesti laboratoriossa. Tuloksena on äänen absorptioluku  $DL_{\alpha}$ . Sen suuruus on EN 1793:1997 (Road traffic noise reducing devices - Test method for determining the acoustic performance) osan 1 (Intrinsic characteristics - Sound absorption) mukaisissa luokissa vähintään seuraava:

- A0 = ei testattu
- A1 1 - 3 dB
- A2 4 - 7 dB
- A3 8 - 11 dB
- A4 vähintään 12 dB.

Laatuvaatimuksien ja testitulosten yhteydessä on mainittava käytetyn standardin numero ja vuosiluku.

Tavallisin ääntä imevä rakenne on puu-, metalli- tai muoviritilällä, reikälevyllä tai verkolla suojattu raskas lasi- tai vuorivilla. Sillä saavutetaan useimmiten luokka A3 tai A4, kun ritilänaukkokoko ja sijainti villaan nähden on oikea. Huokoinen betoni, kevytbetoni tai vastaava voi päästä luokkaan A2 tai A3.

Huokoisten materiaalien ongelmana on huono säänkestävyys, jos niitä ei suojata kosteudelta. Paksu pinnoite heijastaa ääntä. Vain laboratoriomittauksin ääntä imeviksi osoitettuja rakenteita saa markkinoida ääntä imevinä meluesteinä. Poikkeuksena on maavalli. Sitä pidetään ääntä imevänä muutenkin.

Luokan A3 tai A4 mukaista meluestettä tai tukimuurin pinnoitetta tulisi käyttää seuraavissa tapauksissa:

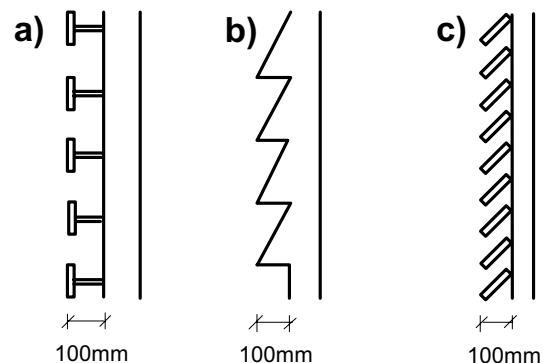
- a) vilkasliikenteisen ajoradan ja meluesteen välissä on kevyen liikenteen väylä
- b) tien toisella puolella on meluseinä, seinä tai tukimuuri, ja välimatka on alle 15 kertaa seinien korkeus
- c) kulkuaukon kohdalla, kun käytetään kuvan 21 limitystä
- d) tien vastakkaisella puolella on asutusta, jonka melua heijastava melueste lisäisi
- e) tunnelissa.

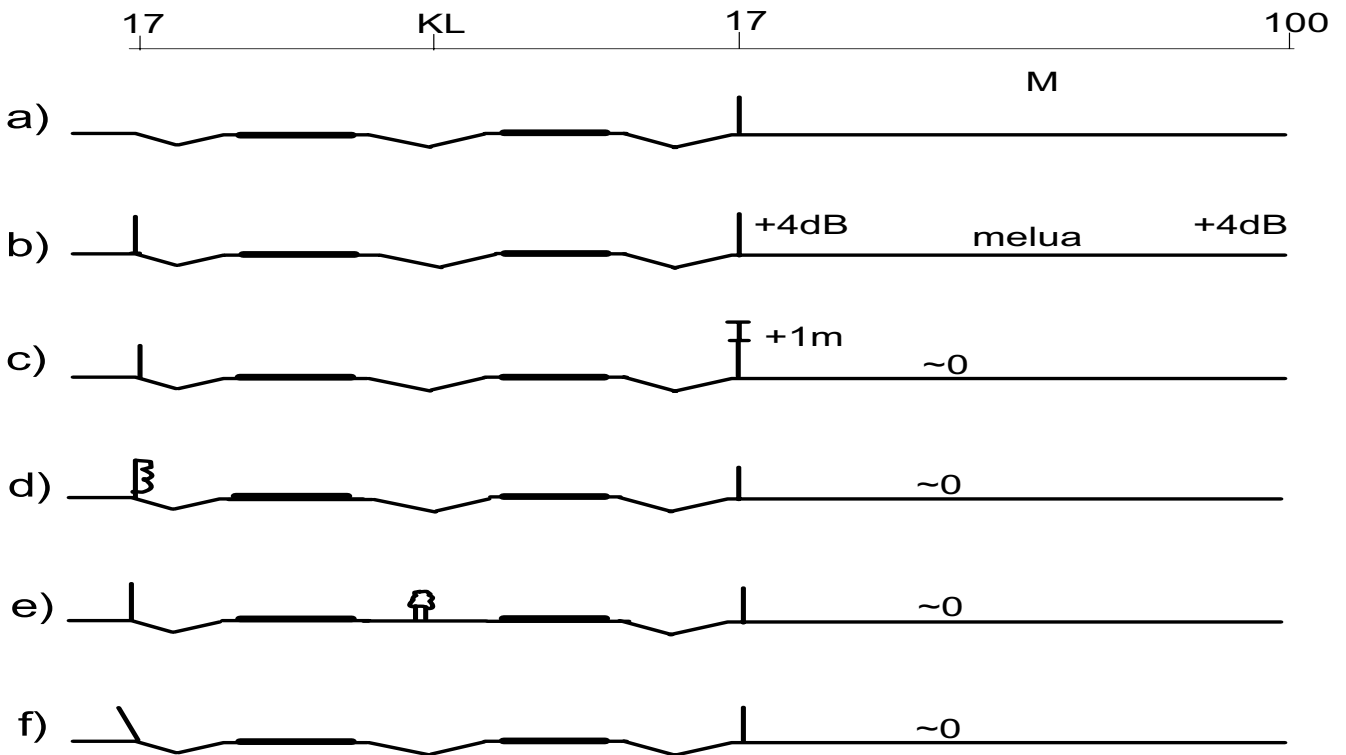
Luokan A2 meluesteitä ei pidetä varsinaisena ääntä imevänä meluesteenä edellä mainituissa tapauksissa. Niistä voi kuitenkin olla hyötyä muissa kohteissa.

Äänen absorptioluvun säilyminen edellyttää, ettei ilmasto tai tieltä tuleva pöly pilaa ääntä imevän materiaalin ominaisuuksia. Kestävyys voidaan osoittaa käyttökokemuksin. Tarvittaessa koekappaleeseen tehdään ennustetut vauriot ja pölypeite, jonka jälkeen absorptio mitataan laboratoriossa.

Joskus meluesteille voidaan käyttää nopeutettua ilmastorasituskoetta, jonka jälkeen akustiset ominaisuudet mitataan.

*Kuva 33: EN 20140-3:1997 mukainen laboratoriomittaus antaa voimakkaan kohokuvioisille meluesteille liian suuren  $DL_{\alpha}$ :n verrattuna maastossa saatavaan hyötyyn, jos kohokuvion syvyys on yli 100 mm. Menettely b tai c ei vastaa kuvan 34 tapausta f.*





Kuva 34: Meluesteen rakentaminen tien toiselle puolelle. Tulokset on saatu mittaamalla koekentällä tasaisessa paljaassa maastossa

Lähtötilanne:

a) Tien toisella reunalla jo on 2-3 m korkuinen meluseinä.

Toinen melueste:

b) Jos tien toiselle puolelle rakennetaan saman korkuinen ääntä heijastava meluseinä, se nostaa alueen M melutasoa noin 4 dB 1,5 m korkeudella maanpinnasta 35-100 m etäisyydellä tien keskilinjasta

Melun lisääntymistä alueella M voidaan torjua:

c) korottamalla vanhaa meluestettä 1 m

d) tekemällä uudesta meluesteestä ääntä imevä ( $DL_{\alpha} > 8$  dB) tai valli

e) tekemällä tien keskelle vähintään 1,5 m korkuinen melueste, jonka alaosa on esimerkiksi betonikaide ja yläosa ääntä imevää materiaalia

f) tekemällä uudesta meluesteestä tieltä pois päin kallistettu. Sopiva kallistuskulma on  $5-10^{\circ}$ , kun meluesteiden väli on yli 30 m, ja  $10-15^{\circ}$ , kun tien leveys on alle 30 m. Suuri kallistus lisää melua uuden meluesteen takana.

### 3.5 Rakennetekniset laatuvaatimukset

Perinteiset rakennusmääräykset muutetaan niin, että niissä sovelletaan tärkeimmissä turvallisuuteen ja terveyteen liittyvissä asioissa EN-standardeja.

Seuraavat rakennetekniset laatuvaatimukset perustuvat pääosin julkaisuun EN 1794 (Road traffic noise reducing devices - Non acoustic performance). Sitä sovelletaan julkisissa hankinnoissa heti sen julkaisemisen jälkeen.

Kaikissa kohteissa pitäisi vaatia standardin mukaisesti: tuulikuorma, auraukuorma ( jos lumi voi osua ), iskunkestävyys 30 Nm, ilkvallalle alttiissa paikoissa 120 tai 500 Nm, risteys-silloilla osia ei saisi pudota ja lähellä tietä on ajateltava törmäysturvallisuutta.

#### 3.5.1 Tuulikuorma

Tuuli ei saa murtaa tai taivuttaa liikaa meluseinää. Tuulikuorma lasketaan SFS-ENV 1991-2-4 (tai Suomen rakennusmääräyskokoelman osan B2/1983) mukaisesti.

Jos halutaan välttää tarkemmat laskelmat, tuulikuormaksi voidaan valita  $1 \text{ kN/m}^2$  ja normaaleilla silloilla  $1,6 \text{ kN/m}^2$ . Suojaisissa paikoissa enintään 3 m korkean meluesteen keskiosiin kohdistuu tavallisesti pienempi tuulikuorma, noin  $0,8 \text{ kN/m}^2$ . Meluesteen päissä ( osuudella, jonka pituus on  $2 \times$  korkeus ) tuulikuorma on lähes kaksinkertainen. Lähellä ajava kuorma-auto voi aiheuttaa  $0,8 \text{ kN/m}^2$  ja tunnelissa  $1,5 \text{ kN/m}^2$  imun tai paineen eriaikaisesti tuulen kanssa.

EN 1794-1 liitteen A mukaan meluesteen tukipilari ei saa taipua enempää kuin on pilarin korkeus maanpinnasta jaettuna 150:llä. Seinäelementti saa taipua enintään 50 mm. Perustusten sallittu siirtymä määrätään tapauskohtaisesti. Kuormat eivät saa 1,5-kertaisinaan aiheuttaa vaurioita rakenteisiin.

#### 3.5.2 Auraulumikuorma

Jos meluesteen etäisyys aurattavasta tiestä on alle 7 m, aurauksessa lentävän lumen aiheuttama kuorma voi olla suurempi kuin tuulikuorma. EN 1794-1 E:n mukaan auraukuorman suuruus on aurausnopeudella 60 km/h 15 kN ja

aurausnopeudella 50 km/h 10 kN, kun etäisyys tien reunasta on 1-4 m. Kuormat pienenevät 2,5 kN aina etäisyyden kasvaessa yhden metrin 4 m:stä eteenpäin. Auraukuorma jakaantuu tasan  $2 \text{ m} \times 2 \text{ m}$  alalle, jonka yläreunan korkeus tien pinnasta on enintään 2,5 m. Epäedullisin kuorman sijainti määrää.

Auraukuorma ei saa aiheuttaa vaurioita rakenteisiin. Jos meluesteen etäisyys aurattavasta alueesta on alle 1 m, meluste pitää mitoitaa tapauskohtaisesti. Auraukuorma ei esiinny yhtä aikaa tuulen kanssa.

#### 3.5.3 Iskunkestävyys

Pistemäinen 30 Nm isku ei saa EN 1794-1 C:n mukaan aiheuttaa pientä lommoa tai halkeamaa suurempaa vahinkoa. Isku kuvaa aurauksessa lentävää jäänpalaa tai pikkulasten heittämää kiveä. Isku voidaan saada aikaan mm. pudottamalla tylppä 1,5 kg painoinen terästanko 2 m korkeudelta meluesteen tai yksittäisen elementin keskelle ja 125 mm etäisyydelle nurkista. Kylmähauraat materiaalit koetetaan  $-20^\circ$  lämpötilassa. Isku rikkoo eräät keraamiset levyt.

EN 1794-1 ei koske ilkvallan kestävyyttä eikä normin vaatimus riitä rajumman ilkvallan varalle. Ilkvallalle alttiilla paikoilla voidaan tapauskohtaisesti vaatia, että samassa testissä 120 Nm isku ei aiheuta reikää, eikä pitkää halkeamaa. Sen kestävät mm. betoni, 1,2 mm teräslevy ja 1,2 mm alumiinilevy.

#### 3.5.4 Oma, veden ja lumen paino

Meluesteen on kestävä EN 1794-1 B:n mukaan oma ja siihen kertyvän veden ja lumen paino murtumatta tai taipumatta liikaa.

Tarvittaessa huokoiset materiaalit upotetaan veteen imeytyvän veden enimmäismäärän arvioimiseksi. Suurten vesimäärien kertyminen estetään kasettimaisten elementtien sisäisellä kuivatusjärjestelmällä, joka ei saa jäätyä herkästi tukkoon.

Aina on varmistettava, että seinäelementit eivät mitoitusseläpötiloissa putoa kiinnikkeistään, vaikka oma ja veden ja lumen paino ja tuuli vaikuttavat yhtä aikaa.

#### 3.5.5 Palonarkuus

Meluesteen yhdistäessä kaksi rakennusta toi-

siinsa tai muutenkin tapauskohtaisesti voidaan vaatia, että meluuste on palamaton tai paloa hidastava. Ominaisuus voidaan testata polttamalla EN 1794-2 A:n mukainen korillinen lastuja meluusteen vieressä. Palokoe vastaa heinikkotai pensaikkopaloa. Lisäksi voidaan rajoittaa palamistuotteiden laatua, esimerkiksi klooriyhdisteitä.

### 3.5.6 Materiaalit, päästöt ja hävittäminen

Meluusteen sisältämät materiaalit on vaadittaessa kuvattava EN 1794-2 C:n mukaisesti yleisin materiaalinimikkein.

Myrkyllisistä palamiskaasuista ja rakentamisen ja käytön aikana meluusteesta irtoavista haitallisista aineista on varoitettava.

Pyydettyessä on annettava selvitys käytetyn meluusteen hävittämistä tai uusiokäyttömahdollisuuksista.

### 3.5.7 Auton törmäys

Tapauskohtaisesti voidaan vaatia, että meluuste toimii kuten kaide eli ei päästä mitoitussajoneuvoksi valittua autoa läpi eikä ponnauta sitä vaarallisesti takaisin tielle eikä pysäytä sitä rajusti. Toiminta tutkitaan EN 1317-2 mukaisella törmäyskokeella.

Toimivia ratkaisuja ovat mm. vähintään 0,8-1 m korkuinen betonikaide tai betonimuuri, joka sallii auton liukumisen eikä katkea liitoksistaan eikä murru. Myös paksusta teräslevystä tai teräspalkkeista voidaan saada vaatimukset täyttävä kaide tai alaosa meluseinälle, kun jatkokset ovat lujia.

Joskus voidaan vaatia, että törmäyksen pitää olla autossa oleville turvallinen, mutta auto saa mennä meluusteen läpi. Turvallisuus pitäisi osoittaa törmäyskokeella. Turvallisesti voisi toimia esimerkiksi maahan pystytetyistä hoikista puutolpista tai muoviputkista rakennettu paaluaita, jossa ei ole erillisiä pilareita.

Jäykkien pilareiden varaan rakennetut meluaidat ovat aina törmäyksessä vaarallisia, ellei edessä ole johteena esim. 200 x 200 mm teräspalkkeja vetoa kestävin jatkoksina tai riittävällä etäisyydellä olevaa tavallista kaidetta.

### 3.5.8 Osien putoaminen

Erityisesti risteysosilla sekä aivan liikenneväylien ja oleskelupaikkojen vieressä tulisi varmistaa, että seinäelementit tai niiden suuret palat eivät putoa vaarallisesti ihmisten päälle.

Meluuste voidaan suunnitella siten, ettei siitä irtoa auton törmäyksessä suuria paloja tai palojen putoaminen estetään varmuusköysin, ketjuin tai verkoin. Varmuusköysien on kestettävä 4-kertaisena sen varaan jäävien osien paino. Palojen koko ja määrä selvitetään myöhemmin valmistuvan EN 1794-2 B:n mukaan 500 Nm tai 6000 Nm heilurikokeen avulla.

### 3.5.9 Häikäisy ja läpinäkyvyys

Meluusteelle voidaan asettaa EN 1794-2 E:n ja F:n mukaisia valon heijastumista ja läpinäkyvyyttä koskevia vaatimuksia. Ajovaloja tai aurinvaloa voimakkaasti heijastavia pintoja on vältettävä.

### 3.5.10 Kestoikä

Meluusteen tukirakenteiden tulee kestää ilmastoa vähintään 30 vuotta, ellei muuta sovita. Akustisten elementtien kestoikä on 15 vuotta, ellei muuta sovita. Varsinkin ääntä imevillä materiaaleilla on usein vaikea saavuttaa 30 vuoden käyttöikää.

Meluuste voidaan suunnitella niin, että huokoiset materiaalit vaihdetaan tai puhdistetaan tai ainakin tarkistetaan tietyin välein.

Kestoikä osoitetaan materiaaliakohtaisin standardein tai käyttökokemuksin samanlaisesta pienilmastosta ja olosuhteista. Joskus voidaan käyttää nopeutettua ilmastorasituskoetta.

Myös materiaalien yhteensopivuus on osoitettava, esimerkiksi paljas tai vain ohuesti sinkitty teräs syöpyy pahasti, jos se on suorassa kosketuksessa CC (kupari, kromi)- tai CCA (kupari, kromi, arseeni)-suoloilla kyllästetyn puun, kuparin tai alumiinin kanssa. Myös maalien soveltuvuus on tunnettava.

## 3.6 Esteettiset laatuvaatimukset

### 3.6.1 Rakennuttamistavan vaikutus

Ulkonäköä koskevat laatuvaatimukset määrätään yleensä piirtämällä meluete ja määrittämällä materiaalit ja niiden pinnan muodot ja värit. Tällöinkin työn laadulle tarvitaan yleisempiä piirustuksia täydentäviä laatuvaatimuksia, ennakkotarkastuksia (betonin väri ja pinta) ja arvonmuutos- ja hylkäysperusteita. Lisäksi tarvitaan laatuvaatimuksia, joilla tähdätään ulkonäön säilymiseen (maalien kestoikä, puhdistamisen helpous).

Joissakin rakennuttamistavoissa yksityiskohtien suunnittelu jää osittain työn toteuttajan tehtäväksi. Silloin tarvitaan yleisempiä laatuvaatimuksia. Osa tällaisista laatuvaatimuksista voidaan poimia tästä ohjeen kohdasta.

Ulkonäköä koskevat toiveet on kuvattava vieläkin yleisemmällä tavalla, kun melueteiden suunnittelusta järjestetään kilpailu

Myös meluvalleille voidaan asettaa yleisiä esteettisiä laatuvaatimuksia. Meluvallit voidaan toteuttaa tasapaksuna tai vaihtelevasti kumpuilevana. Pitkä tasapaksu meluvalli näyttää yksitoikkoiselta, ellei kasvillisuus saa aikaan riittävä vaihtelua. Meluvalleihin voidaan saada aikaan vaihtelevuutta myös istutustaskuin, joissa on puu.

### 3.6.2 Sijaintipaikan vaikutus

Meluesteen ulkonäön suunnittelun kannalta meluesteen sijaintipaikat voidaan jakaa seuraaviin tapauksiin:

1. Tien puoli ilman kevyttä liikennettä
2. Kevyen liikenteen väylän, linja-autopysäkin tai puiston puoleinen sivu
3. Asukkaiden pihaa rajaava puoli

Tapauksessa 1 meluesteen pienipiirteisistä yksityiskohdista ei ole iloa, koska meluete ohitetaan nopeasti. Yksitoikkoisuutta on silti torjuttava kasvillisuuden tai muun jaksottelun avulla. Mitä alhaisempi ajonopeus, sitä tiheämmin välein yksitoikkoisuutta on katkottava.

Tapauksissa 2 ja 3 melueteä katsellaan lä-

hietäisyydeltä ja usein pitkän aikaa kerrallaan. Silloin melueteeseen voidaan vaatia runsaita yksityiskohtia, esimerkiksi pilareissa ja katteessa. Tapauksessa 3 yksityiskohdat tulisi suunnitella hyvässä yhteistyössä asukkaiden kanssa ja yksityiskohtien suunnittelu ja toteuttaminen voidaan antaa osittain asukkaiden tehtäväksi. Tapauksessa 3 ilkeivallan todennäköisyys on pieni mutta tapauksessa 2 suuri.

Sijaintipaikka voidaan luokitella myös paikan arvokkuuden mukaan. Vanhojen taajamakeskustojen lähistöllä tai muissa herkissä paikoissa suunnittelu on tehtävä erityisellä huolella, ja rakennuskustannusten nousu normaalia korkeammaksi on yleensä hyväksyttävää. Korkeamat rakennuskustannukset tai erikoisuuden tavoittelu ei sinänsä välttämättä paranna ympäristöä.

### 3.6.3 Perustamiseen liittyviä asioita

Melueteelle voidaan määrätä ulkonäkösyistä tietty suositeltava jännemitta tai jännemitan ja korkeuden suhde. Jos perustamisen kannalta on edullisempi käyttää selvästi suurempaa pilariväliä, ulkonäön vaatimat lisäpilarit voidaan tehdä valepilareina.

Suorassa melueteessä havaitaan helposti asennusvirheiden ja painumien aiheuttamat mutkat ja siirtymät. Jos pohjamaassa voi esiintyä painumisen tai roudan aiheuttamia siirtymiä, on turvallisinta katkaista suorat tähtäyslinjat käyttämällä korostetun ulkonevia pilareita tai kaarevia linjoja tai pystysuorasta poikkeavaa kaarevaa muotoa.

### 3.6.4 Pintamateriaalit ja yksityiskohdat

Pintamateriaaleihin ja yksityiskohtiin tulee kiinnittää erityistä huomiota, kun meluesteen vieressä oleskellaan tai liikutaan hitaasti.

Tyypillisiä pinnanmuodon määritteitä ovat: Pystysuuntainen lomalaudoitus, pystysuuntainen rimoitus, vaakasuora pontti- tai puoliponttilaudoitus. Näistä pitäisi todeta, kelpaako muovista tai pellistä tehty jäljitelmä.

Puisissa melueteissä tarvitaan tuulikuormien vuoksi järeät vaakapalkit. Ulkonäkösyistä voidaan vaatia, että vaakapalkit on piilotettava ra-

kenteen sisään.

Myös muissa materiaaleissa voidaan vaatia käytettäväksi tietyn suuruista vaaka- tai pystysuuntaista profilointia tai kuviointia. Vaakasuuuntaiset upotukset ja ulkonemat keräävät kosteutta, likaa ja lunta.

Töhrimisen vähentämiseksi voidaan vaatia vähintään 40 mm syvyinen pysty tai vaakasuuntainen uritus tai ritilä. Tällöin vaakasuuntaisissa urissa, ritilöissä tai niiden välissä ei saa olla yli 70 mm korkuista piirtämiskelpoista pintaa, eikä pystysuorissa yli 100 mm levyistä pintaa. Vaihtoehtoisesti meluste pinnoitetaan tukevalankaisella verkolla, joka estää töhrimistä. Verkko voi toimia myös köynnösten kiinnittymiskohtana.

Melusteeseen voidaan vaatia katto, jossa on kunnon räystäät. Niistä on hyötyä puun ja ääntä imevien materiaalien suojaamisessa. Ulkonäkösystä räystään leveydelle voidaan antaa enimmäis- tai vähimmäismittoja.

Silloissa melusteen ja sillan reunapalkin yhteensovittaminen on vaikeaa. Käytännössä yrityksistä huolimatta väriin tulee huomattava ero ja saumoihin tulee tahattomia porrastumia. Tästä syystä on usein turvallisinta peittää melusteellä koko reunapalkki. Toinen vaihtoehto on tehdä meluste selvästi erivärisiksi ja porrastaa saumakohdat selvästi. Myöskään jälkivaluja ei saada saman värisiksi kuin aikaisemmin valettu betoni.

### 3.7 Meluesteen rakennuttaminen

Meluesteet voidaan rakennuttaa seuraavilla tavoilla:

1. Rakennuttaja tekee tai teettää tarkan ulkonäkön ja rakennetta koskevan suunnitelman, josta pyydetään tarjoukset. Urakkamuotoa käyttämällä meluesteen ulkonäkö ja rakenne saadaan halutunlaiseksi ja tarjouksia on helppo vertailla.

Haittana on usein korkeampi hinta kuin ulkonäöltään ja rakenteeltaan samanveroisessa sarjavalmisteisessa tai urakoitsijan suunnittelemassa meluesteessä. Hankekohtaisesti suunniteltu melueste on tavallaan prototyyppi ja siinä ilmenee puutteita. Edellä esitetyt ongelmat voidaan välttää, jos suunnittelija on kokenut ja tuntee tuotantomenetelmät.

2. Rakennuttaja määrittelee päämitat, ulkonäön ja tärkeimmät materiaalit ja laatuvaatimukset. Urakkaan sisältyy rakenteen yksityiskohtien suunnittelu. Tällöin hinta on usein edullisempi kuin edellisessä vaihtoehdossa. Tarjousten vertailu voi olla vaikeaa, koska rakennusratkaisujen laatutasossa voi olla eroja. Ongelmaa voidaan pienentää sopivasti rajavilla laatuvaatimuksilla. Tapauskohtaisesti on harkittava, miten tarkasti ulkonäkö määritetään.
3. Rakennuttaja määrittelee meluesteeltä vaadittavan vaimennuksen tai sijainnin ja tärkeimmät mitat ja laatuvaatimukset. Tarjoajat suunnittelevat rakenteen ulkonäön ja mitat. Rakennuttaja valitsee meluesteen ulkonäön ja hinnan perusteella. Jos meluestemateriaali valitaan ennen tarjouskilpailua liian tarkasti, vaarana on kustannusten nouseminen. Toisaalta hintakilpailua on vaikea järjestää, jos meluesteelle asetettavat vaatimukset ovat kovin väljät. Jos käytetään sarjavalmistaisia tuotteita, meluesteen ulkonäkö on suunniteltava paikkaan sopivaksi ja vaihtelevaksi.

Olkoon urakointimuoto mikä tahansa, on rakennuttajan huolehdittava aina siitä, että melueste soveltuu ympäristöönsä ja toteutetaan sekä teknisesti että esteettisesti hyvällä laatutasolla. Nämä kriteerit on esitettävä selkeästi urakka-

asiakirjoissa. Samoin urakkasopimuksessa on sovittava menettelytavat, joilla varmistetaan esteettisen laadun toteutuminen rakentamisen aikana.

Paikan merkittävydestä ja katseluetäisyyksistä riippuu, kuinka paljon normaalia enemmän meluesteeseen ja sen suunnitteluun ja toteutuksen valvontaan kohdistetaan rahaa ja estetiikan asiantuntemusta.

Mikäli melueste sijoittuu erittäin vaativaan ympäristöön, on suositeltavaa pyytää urakkatarjoukset tarkkojen rakennuttajan laatimien suunnitelmien pohjalta. Kaikissa tapauksissa on kuitenkin selkeästi määriteltävä meluesteen visuaalisen ilmeen vaatimukset.

Käytettäessä rakennuttamistapaa 3 tarjouspyynnössä tai siihen liittyvässä (tie)suunnitelmassa on esitettävä seuraavat asiat:

- sijaintitiedot ja korkeus
- vaadittu eristävyysluokka uutena ja mahdollisesti rakennettuna ja sallitaanko rako maan pinnassa(3.4.2).
- vaaditaanko ääntä imevä (3.4.4).
- pohjamaa, aurattavat alueet ja kielletäänkö joku perustamistapa (esimerkiksi uudella tiellä pengermassojen painuminen voi siirtää pilariperustusta mukanaan)
- vaaditaanko töhrimistä estävä kasvillisuus, pintaprofilointi tai puhdistamista helpottava pinnoite ja sallitaanko helposti rikkoutuvia tai kolhiintuvia materiaaleja kuten lasi.
- vaaditaanko jossakin kohdassa törmäysturvallinen rakenne
- kuinka tihein välein ja miten meluesteen monotonisuus tulisi katkaista tien ja tontin puolella
- minkä näköisiä meluesteitähän kohteeseen halutaan ensisijaisesti ja mitä toissijaisesti.
- suositaanko tiettyjä materiaaleja ja miksi (tiellä liikkuva ei välttämättä erota materiaalia)
- sallitaanko puun upottaminen maahan

- sallitaanko arseeni- tai kromipitoiset kyllästysaineet, klooripitoiset muovit jne.
- pitääkö puurakenteissa soveltaa tietyn julkaisun mukaisia rakenteellisia puunsuojauskeinoja

Osa vaatimuksista on ehdottomia. Osa vaatimuksista voi olla suosituksia, joista hyvitetään vertailussa.

Käytettäessä rakennuttamistapaa 2 tarjouspyynnössä ja siihen liittyvässä (tie)suunnitelmassa on esitettävä lisäksi seuraavat asiat:

- ulkonäkö (esim. Kuvan..... mukainen pysty-

lomalaudoituksen näköinen vaalea seinä, jossa tummat seinäelementtejä korkeammat pilarit n. 4 m välein, sokkeli tumma betonin näköinen. Tonttien puolella Kuvan..... mukainen pystyrimoitus vuorottelevat, seinät ja pilarit katetaan Kuvan..... mukaisesti)

- vaaditaanko tietty materiaali (Materiaaleja ei pitäisi turhaan rajoittaa. Joskus rakenne voidaan tehdä maalatusta laudasta, muovitehosta teräksestä tai muovista ilman, että tiellä liikkuja pystyy arvioimaan materiaalia).
- esimerkkejä rakenneratkaisuista, joiden kestoikä oletetaan normaalia lyhyemmäksi, sekä niihin liittyvät arvonmuutosperusteet