

PANK

PÄÄLLYSTEALAN NEUVOTTELUKUNTA

Päällysteen meluominaisuuden mittaaminen CPX-menetelmällä

Hyväksytty: 6.11.2008
Korvaa menetelmän:

1. MENETELMÄN TARKOITUS

Menetelmä on tarkoitettu päällysteen ja renkaan kosketuksessa syntyvän melun eli rengasmelun mittaamiseen.

2. MENETELMÄN SOVELTAMISALUE

Menetelmässä päällysteen meluominaisuutta mitataan vakioidulla mittarenkaalla. Suomessa käytettävä mittauslaite vastaa ISO/CD 11819-2 (8.8.2000) standardiluonnoksen vaatimuksia muilta osin paitsi mittarenkaiden osalta. Suomessa käytetään standardiluonnoksen neljän erilaisen renkaan sijasta yhtä ASTM E524 standardin mukaista sileää mittarengasta. Testissä käytetty mittarengas ilmoitetaan testausraportissa.

3. LÄHTEET

Mittauslaite on kehitetty Teknillisen korkeakoulun Koneenrakennustekniikan laitoksen Autotekniikan tutkimusryhmän toimesta. Laitteen toimintaperiaate on kuvattu julkaisussa NOTRA – Noise trailer in pavement evolution measurements. Teknillinen korkeakoulu, Autolaboratorio. Kehitystilanneraportti 1/2003.

Close-proximity menetelmä on kuvattu ISO Committee draft ISO/CD 11819-2 (8.8.2000) standardiluonnoksessa ja Suomessa käytetty mittarengas standardissa ASTM E524.

4. KOEMENETELMÄ

4.1 Periaate

Henkilö- tai pakettiauton perässä vedettävässä mittaperävaunussa on vapaasti pyörivä mittarenkaaksi kutsuttu erillinen rengas, jonka tiekosketuksessa syntyvää melua mitataan.

Mittarengas on perävaunun sisällä, kaiunnaltaan vaimennetussa kammiossa, joka estää muun melun sekoittumista mittaustulokseen ja mitattavan renkaan tuottaman äänen heijastumista esimerkiksi maantiekaiteesta. Mittarenkaan tiekosketuksesta syntyvää melua mitataan renkaan lähietäisyydelle sijoitetulla kahdella mikrofoniilla. Mittauksesta taltioidaan äänenpainetaso dB(A) ja äänen spektri taajuusalueella 200-5000 Hz.

4.2 Laitteen rakenne ja toiminta

Mittauslaitteiden tulee olla standardiluonnoksen vaatimusten mukaisia.

Mikrofonien tuulisuojien tulee olla puhtaat ja kuivat.

Mittarengas tulee uusia vähintään neljän vuoden välein ja se säilytetään talvikaudella varastoituna kuivassa valolta suojattuna asianmukaisesti ja huolellisesti. Renkaan ilmanpaine + 20°C:ssa tulee olla 2,2 bar ja kuorma 3900N.

4.3 Mittausmenettely

Mittarengas lämmitetään vakiokäyttölämpötilaan lämmitysajolla ennen mittauksia. Ennen ensimmäistä mittausta lämmitysajoksi suositellaan noin 10 km matkaa yli 40 km/h ajonopeudella. Sitä seuraavan tunnin aikana tehtävien mittausten lämmitysajoksi riittää muutama kilometri.

Mittaus tehdään ehjälle, kuivalle ja puhtaalle päällysteelle. Mittaus tehdään oikeasta tai vasemmasta ajourasta. Mittaaja valitsee mitattavan ajouran vallitsevien olosuhteiden perusteella tutkittavan tieosan leveyteen ja mahdollisten esteiden kuten liikenteen jakajien sekä mahdollisten poikkeamien kuten kaivon kansien sijaintiin perustuen. Mittauslinjalla ei saa olla kaivon kansia tai merkittäviä vaurioita tai muita poikkeamia. Liikenteenjakajien ja yleensä reunakivien läheisyydessä mittaamista tulisi välttää. Jos mittarengaan kulku-ura poikkeaa valitusta ajourasta tai epäillään poikkeamia, mittaus hylätään. Koko mittaus on tehtävä samasta ajourasta eli kesken mittauksen ei saa vaihtaa ajouraa. Mittauslinja voidaan tarvittaessa jakaa osiin, mikäli yhtenäistä riittävän pitkää osuutta ei voida ottaa. Mittauslinja ilmoitetaan mittausraportissa sanallisesti ja valokuvan / -kuvien avulla.

Melumittausperävaunu hinataan mitattavan pinnan ylitse vakionopeudella. Kaikkien yksittäisten näytteiden on oltava 50 km/h ($\pm 5\%$) nopeudella mitattuja, ellei muuta ole sovittu. Mittarengaan on oltava koko mittauksen ajan mitattavalla pinnalla valitussa ajourassa. Mittaus päättyy, kun ennalta valittu määrä näytteitä (kesto 1 sekunti) on otettu tai mittaaja keskeyttää mittauksen. Onnistuneen mittauksen saamiseksi tarvitaan vähintään 12 näytettä peräkkäin.

Kerralla mitattujen näytteiden keskiarvo on yhden mittauksen tulos. Mittaus voidaan toistaa useita kertoja samasta kohtaa tai eri kohdista tutkittavalta tieosuudelta. Näin tulee tehdä, jos näytteiden keskiarvojen hajonta on yli 0,6 dB. Tuloksena ilmoitetaan vähintään 12 näytteen keskiarvo. Mittausraportissa ilmoitetaan, kuinka monen näytteen keskiarvosta on kyse.

Mittaaja valitsee tutkittavalta tieosalta kohdan tai kohdat, joista näytteet otetaan. Kohteet pyritään valitsemaan täyttäen seuraavat vaatimukset:

- Mittapinnan on sijaittava kohtuullisen suoralla, tasaisella tieosuudella.
- Tieosuuden nopeusrajoituksen tulee sallia mittausnopeudella ajaminen.

- Mittapinnan on oltava kohtuullisen leveä, jotta mittapyörä voi olla normaalien autojen renkaiden muodostamassa kulku-urassa.

Tien pinnan lämpötilan tulee olla $+15^{\circ}\text{C} \dots +40^{\circ}\text{C}$. Lisäksi ilman lämpötilan tulee olla $+15^{\circ}\text{C} \dots +25^{\circ}\text{C}$. Suositeltavaa on mitata mahdollisimman tarkasti $+20^{\circ}\text{C}$ ulkoilman lämpötilassa.

Tien pinnan tulee olla kuiva. Mittauksia tulee edeltää vähintään 24 tunnin pituinen sateeton jakso.

4.4 Mittaustulosten esittäminen ja kattavuus

Mittauksen tuloksena ilmoitetaan A-painotettu melutaso vähintään 12 yksittäisnäytteen keskiarvona. Myös yksittäisnäytteiden mittaustulokset ilmoitetaan. Yksittäisnäytteen mittaustulos on erillinen, yhden sekunnin mittainen, erillisten etu- ja takamikrofonien näytteiden keskiarvo. Yhden näytteen pituus on siis matka, jonka mittaus etenee sekunnissa eli nopeudella 50 km/h se on noin 13,9 metriä joten 12 näytteen mittauksen pituus on $12 \times 13,9 \text{ m} = 167 \text{ m}$.

Mitattavasta kohteesta otetaan valokuva, joka liitetään raporttiin. Kuvasta ja kuvatekstistä tulee selvitä ajosuunta mittauksen aika, mittauksen alkamiskohta ja pyöräura josta mittaus on tehty.

Mitattavan pinnan lämpötila ja ulkoilman lämpötila mitataan käsimittareilla tarkoituksen mukaisista kohdista ja tulokset ilmoitetaan raportissa samoin kuin paikka mistä lämpötilat on mitattu.

4.5 Tarkkuus ja toistettavuus

Arvio menetelmän virhelähteistä, joita on käsitelty tarkemmin opastavassa liitteessä 1:

lähde	yksittäisen lähteen suurin virhe	käytännössä mahdollinen virhe	huomattavaa
1) Mikrofonit	$\pm 0,2 \text{ dB}$	$\pm 0,2 \text{ dB}$	valmistajan ilmoitus
2) Ajonopeus	$\pm 0,1 \text{ dB}$	0 dB	koemittaus
3) Suuntaus (korkeus)	$\pm 0,4 \text{ dB}$	$\pm 0,2 \text{ dB}$	näkee silmällä
4) Suuntaus (kulma)	$\pm 0,3 \text{ dB}$	$\pm 0,15 \text{ dB}$	näkee silmällä
5) Lämpötila ($\pm 5^{\circ}$)	$\pm 0,5 \text{ dB}$	$\pm 0,5 \text{ dB}$	hyväksytty
6) Pyöränkuorma	$\pm 0,1 \text{ dB}$	0 dB	staattinen kuorma ei vaihtele

LIITE 1 (Opastava)

ARVIO MENETELMÄN VIRHELÄHTEISTÄ,

Mikrofoni mittaa ilmanpaineen muutoksia (mPa). Paineen muutokset muunnetaan kalvon välityksellä jännitteeksi (mV). Mikrofoniin on yhdistetty esivahvistin, joka sovitaa impedanssin vahvistimeen sopivaksi ja huolehtii polarisaatiojännitteestä. Lisäksi esivahvistin vähentää mikrofonikaapeleiden häviöiden merkitystä. Kaapeleilla ei merkittävää häviötä. Vahvistimella signaali vahvistetaan tyypillisesti +20dB. Tällä pyritään kohinasuhteen parantamiseen eli kohinan osuus signaalissa jää pienemmäksi. A-painotus suoritetaan vahvistimella tai mittausohjelmassa.

Mittakortilla signaaleille tehdään AD-muunnos samanaikaisesti kaikille kanaville. Muunnoksessa vertaillaan tulevaa jännitettä kortin referenssijännitteeseen (10V). Muunnoksen tarkkuus riippuu referenssijännitteestä. AD-muunnos on 16-bittinen, ts. erottelu on $10V / 32768 = 305,18\mu V$. AD-muunnoksen taajuus eli lukumäärä/sekunti on 25600 / kanava.

Myöhemmin jännitteet muutetaan takaisin painevaihteluiksi mikrofonikohtaisen kertoimen mukaan (esimerkiksi 49,6mV/Pa). Siitä tulokset muutetaan edelleen äänenpainetasoksi SPL (Sound Pressure Level).

Systemaattiset virheet (samat mittauksesta toiseen):**Kammion aiheuttama taustamelu**

Kammion aiheuttama taustamelu on yli 10 dB mitattavan melun alapuolella. Tällä perusteella tehdään oletus, että se ei vaikuta mittaukseen.

Mittausohjelman virheet

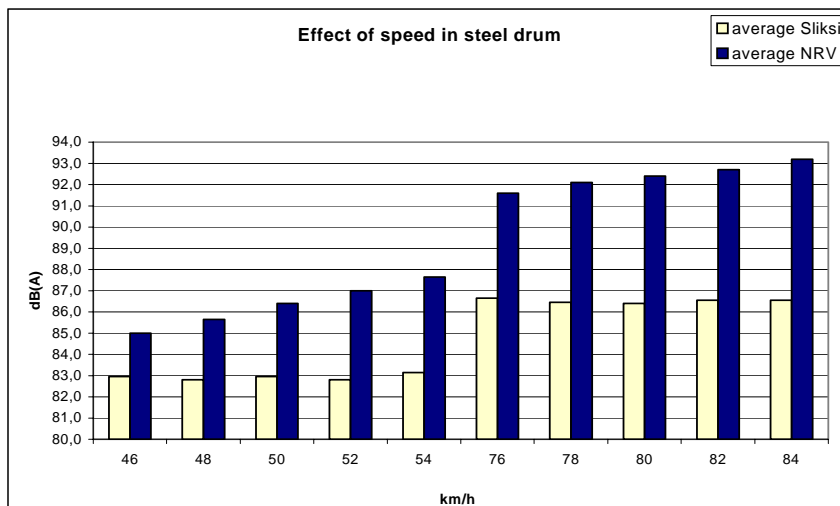
Mittausohjelmasta tulee mukaan epävarmuutta, esim. AD-muuntimessa näytteenottotaajuudesta johtuen. Taajuus ei aina ole optimaalinen. Tämä epävarmuus ei vaikuta näkyvästi mittaustuloksiin.

Satunnaiset virheet:**Mittaus ja taltiointilaitteisto**

Mikrofoneille luvataan 0,2dB:n tarkkuus 95 % todennäköisyydellä. Lisäksi vahvistimessa saattaa olla epälinearisuutta.

Ajonopeus

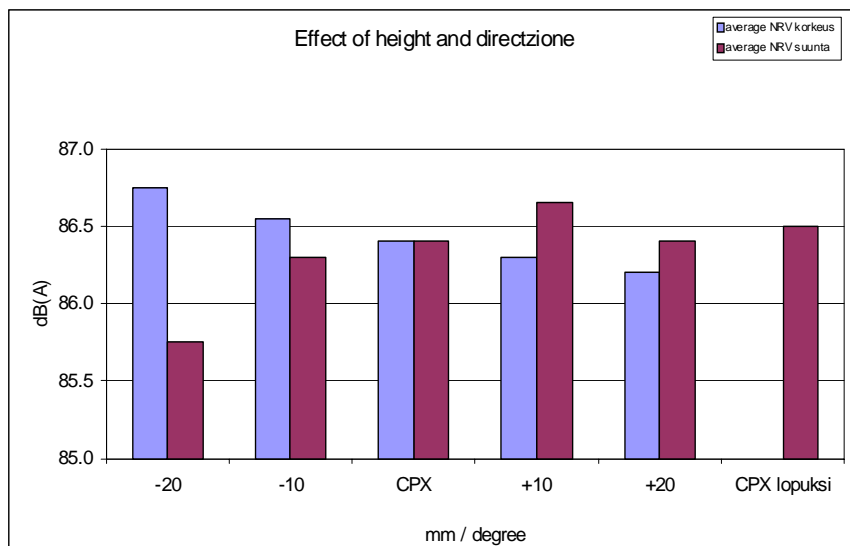
Mittajaksolla yksittäisten näytteiden mittaussopeuden tulee $50 \text{ km/h} \pm 5 \%$. Mittauslaitteisto tallioi mittaustuloksia ja ajonopeutta joka sekunti. Äänenpainetasosta ja ajonopeudesta lasketaan keskiarvo.



Kuva 1: Esimerkki ajonopeuden vaikutuksesta äänenpainetasoon mitattuna sileällä teräsrummulla. Sliksi tarkoittaa mittauksissa käytettävää sileää rengasta ja NRV on esimerkinomaisesti normaali kesärenas.

Mikrofonien asettelu ja suuntaus

Mikrofonien asettelulle sallitaan ISO:n standardiluonnoksessa ± 5° kulmaheitto sekä ± 0,02 m sijoittelulle. Ennen mittausta mikrofonit asettellaan mahdollisimman tarkasti paikoilleen. Asettelussa on aina inhimillistä poikkeamaa. Mikrofonien asettelun poikkeaman vaikutuksia on mitattu sileällä teräsrummulla. Alla oleva kuva 2 kuvaa saatuja tuloksia.



Kuva 2: Mikrofonien asentopoikkeamien vaikutus äänenpainetasoon, esimerkkimittaus.

20 mm:n poikkeama korkeudessa (sallittu) aiheutti mittapoikkeamia:
 Äänenpainetaso oikealla mikrofonien asettelulla: 86,4dB
 Äänenpainetaso, kun mikrofoni -20mm alhaalla: 86,8dB

Äänenpainetaso, kun mikrofoni 20mm ylhäällä: 86,2 dB
Virhettä korkeintaan $\pm 0,4$ dB

Asetuskulman poikkeama aiheutti mittapoikkeamia seuraavasti:

Äänenpainetaso, kun asetuskulma oikein: 86,4dB

Äänenpainetaso, kun asetuskulma + 10° väärin suunnattu: 86,7dB

Äänenpainetaso, kun asetuskulma -10° väärin suunnattu: 86,3dB

Virhettä korkeintaan $\pm 0,3$ dB

Testi suoritettiin 10 asteen virheellä koska se on selkeästi silmällä havaittavissa ja haluttiin esimerkin avulla osoittaa kaksi kertaan sallitun suuruisen virheen vaikutusta tulokseen.

Mikrofonien sijoitteluvirheiden aiheuttaman mittapoikkeaman epäsymmetrisyys johtuu siitä, että mikrofonia siirretään / käännetään joko melun lähdeä kohti tai siitä poispäin, jolloin ääni vaimenee.

Esimerkissä mitatuilla ”väärillä” mikrofonien asetuksilla suuntaus on jo silmämääräisesti väärin. Jos suuntaus on silmämääräisesti oikein, voidaan virhettä pitää näitä esimerkkejä selkeästi pienempänä.

Ilman ja tienpinnan lämpötila

Lämpötila vaikuttaa mittaustulokseen. Mittaustulosta voidaan tulevaisuudessa korjata kohteessa vallitsevan paikallisen lämpötilan perusteella. Ulkoilman, tienpinnan ja renkaan kulutuspinnan lämpötilat tallennetaan jokaisen mittauksen yhteydessä tulostiedostoon tausta-aineiston keräämistä varten. Mittaaja mittaa myös ilman lämpötilan kohteessa käsimitarilla. Mittaustulosta ei kuitenkaan vielä tässä vaiheessa virallisesti korjata.

Tavoitteena on lähivuosina saada kansallisiin mittaustuloksiin perustuva, käytännössä kansallinen korjauskerroin. Kirjallisuudessa esiintyy korjauskertoimenä mm. lukuarvo 0,08 dB(A)/°C, jota käytetään ilman lämpötilan kautta tapahtuvaan mittaustulosten korjaamiseen, jos mittaustulokset poikkeaa suositellusta lämpötilasta +20°C.

Korjauskertoimen arvo riippuu myös päällysteen ja renkaan ominaisuuksista. Korjauskertoimessa/- kertoimissa voi olla tarpeen ottaa huomioon myös päällysteen ja ilman lämpötilan välinen suhde. Päällysteen lämpötila vaikuttaa sen jäykkyyteen, jolla taas oletetaan olevan yhteys rengasmeluun. Lisäksi päällysteen lämpötila korreloi voimakkaasti renkaan pintalämpötilan kanssa.

Käytettäessä yhtä korjauskerrointa korjaus laskettaisiin kaavalla

$$L = L_m + K * \Delta T, \text{ jossa}$$

L = korjattu äänenpainetaso

L_m = mitattu äänenpainetaso

K = lämpötilan korjauskerroin = 0,08 dB(A)/°C

$\Delta T = \text{tien lämpötilaero referenssilämpötilasta (20°C)} = (t-20)$
 $t = \text{mitattu ilman lämpötila}$

Esimerkiksi, jos ilmanlämpötila 15°C:

$$L = L_m + K * \Delta T = L_m + (15-20) * 0.08 = L_m - 5 * 0.08 = L_m - 0.5\text{dB}$$

Korjaus tarve olisi esimerkissä -0.5dB

Mittapyörän kuormitus

Mittauksessa voidaan riittävällä varmuudella sanoa, että staattinen kuorma on oikea. Dynaaminen kuormituksen vaihtelu riippuu lähinnä päällysteen tasaisuudesta ja se on pyritty minimoimaan mittausperävaunun jousituksen rakenteella ja ominaisuuksilla.