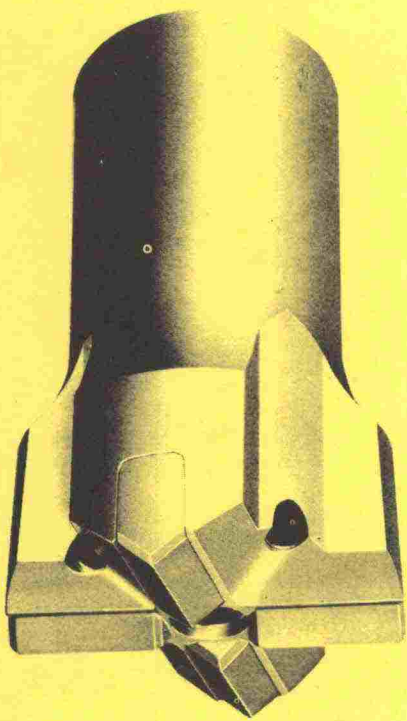


LOUHINNAN AIHEUTTAMASTA MELUSTA



TIE- JA VESIRAKENNUSHALLITUS
TIERAKENNUSOSASTO

TVH 2.708 A4

08

TIE
LOUHINNA



ESIPUHE

Tienrakentamisessa joudutaan usein louhimaan kalliota tielinjan leikkauksissa. Louhintaa suoritetaan myös tiealueen ulkopuolella tienpitoaineen ottamispaikoilla. Kalliolouheen osuus murskattavasta aineksestä on nykyään noin 20 %.

Jo tällä hetkellä esiintyy Suomessa eräillä seuduilla puutetta sorasta. Luonnon- ja maisemansuojelunäkökohtien huomioonotto johtanee lähitulevaisuudessa eräiden soraesiintymien rauhoittamiseen sekä soran nykyistä keskitetympään ja valvotumpaan käyttöön. Siten soran niukkuus ja kuljetusmatkojen pidentyminen johtaa kallioiden lisääntyvään hyväksikäyttöön tulevaisuudessa.

Kallion louhiminen tuottaa tunnetusti haittaa sekä työmaalla oleville että sen ympäristössä asuville ihmisille. Haitat aiheutuvat lähinnä porauksen synnyttämästä pölystä ja melusta. Työsuojelulainsäädäntö tulee edellyttämään lähivuosina toimenpiteitä porauksesta työntekijöille aiheutuvien haittojen vähentämiseksi. Tekeillä olevat ilmansuojelu- ja meluntorjuntalait tullevat säätelemään ympäristön kannalta tarvittavia toimenpiteitä. Siten työ- ja ympäristönsuojelunäkökohtien huomioonotto on tärkeää louhintatöiden suunnittelussa ja suorituksessa.

Tie- ja vesirakennushallituksen toimeksiannosta on Helsingin teknillisen korkeakoulun rakennusinsinööri-osaston tielaboratorio suorittanut vuonna 1974 kaksiosaisen perustutkimuksen louhinnan aiheuttamasta pölystä ja melusta. Oheisen melua käsittelevän osan on laatinut tekn.yo. H. Kamppila.

SISÄLLYSLUETTELO

1.	JOHDANTO	1
2.	MELUA KÄSITTELEVÄÄ PERUSTIETOUTTA	2
2.1	Äänen eteneminen, taajuus ja aallonpituus	2
2.2	Äänenpaine	3
2.3	Ääniteho ja intensiteetti	4
2.4	Desibelin määrittely	5
2.5	Äänispektri	7
2.6	Korvan herkkyys ja äänitasomittarien painosuodattimet	8
3.	MELUSTA JA SEN HAITTAVAIKUTUKSISTA	11
3.1	Yleistä	11
3.2	Melun aiheuttamat psyykkiset ja fyysiset vaikutukset	11
4.	TYÖYMPÄRISTÖÄ KOSKEVIA KRITEREITÄ	15
4.1	Kansainvälinen kriteeri	15
4.2	Amerikkalainen kriteeri	17
5.	MELUA KOSKEVIA (EMISSIO- JA IMMISSIO-) NORMEJA JA SUOSITUKSIA ERI MAISSA	19
5.1	Suomi	19
5.2	Sveitsi	20
5.3	Ruotsi	21
5.4	Kansainvälinen suositus	22
6.	MITTAUSTULOKSIIN VAIKUTTAVIA TEKIJÖITÄ	23

6.1	Laitteiston vaikutus	23
6.2	Mittausympäristö	23
6.3	Etäisyyden vaikutus ulkona suoritettavissa mittauksissa	25
6.31	Ilmastolliset tekijät	25
6.32	Maanpinnan muoto ja kasvillisuus	28
7.	AIKAISEMMIN SUORITETTUJA TUTKIMUKSIA	29
7.1	Rakennuskoneiden ja -työmaiden melu	29
7.11	Erillisten koneiden melu	29
7.12	Erilaisten rakennustyömaiden melutaso (emissio) ja sen pysyvyys	29
7.2	Murskausmelu	32
8.	TUTKIMUSMENETELMÄT	34
8.1	Tutkimuksessa käytetty mittauslaitteisto ja sen toiminta	34
8.2	Koneen äänitason määrittäminen	37
8.3	Melun etäisyysalennuksen määrittäminen	38
8.4	Melun pysyvyyden määrittäminen	38
9.	LOUHINNAN AIHEUTTAMASTA MELUSTA	39
9.1	Tutkimustulokset	39
9.11	Koneiden äänitaso	39
9.12	Melun etäisyysalennus	41
9.13	Melun pysyvyys	42
9.2	Tutkimustulosten tarkastelua	44
9.21	Porakoneiden ja kompressorien keskimääräiset äänitasot	44
9.22	Melun etäisyysalennus	45
9.23	Melun pysyvyys	46
9.3	Louhintatyömaiden aiheuttama melu eri kriteerien ja ohjeiden valossa	47
9.31	Työmaa ja sen lähiympäristö	47

9.32	Louhinnan aiheuttaman melun etäisyysalenneminen lääkintöhallituksen suosituksen valossa	48
9.4	Louhinnan aiheuttamien meluhaittojen vähentäminen	49
9.41	Kuulon suojaus	49
9.42	Koneiden meluemission pienentäminen	50
9.421	Koneiden kunto	50
9.422	Vaimennetut koneet	50
9.43	Työmaajärjestelyt	51
	YHTEENVETO	53
	KIRJALLISUUSLUETTELO	54

1. JOHDANTO

Rakentamisen voimakas kasvu ja koneellistuminen ovat tuoneet mukanaan lukuisia epäkohtia, jotka ovat sekä työmaille että niiden ympäristölle haitaksi. Eräs näistä haitoista on melu. Tilannetta on osaltaan pahentanut täsmällisten ohjeiden ja määräysten puuttuminen, joka on mm. vaikeuttanut valvontaa.

Tässä tutkimuksessa on tarkasteltu eräiden maarakennuskoneiden ja työmaiden aiheuttamaa melua, sen pysyvyyttä ja leviämistä ympäristöön. Tutkimus suoritettiin kesän 1974 aikana pääasiassa tie- ja vesirakennuslaitoksen työmailla.

Erillisten koneiden äänitaso määritettiin suorittamalla mittaukset koneen ympärillä pääasiassa 7 m:n etäisyydellä koneesta.

Tutkimuksessa tarkastellut louhintatyömaat olivat pääasiassa pieniä 1...2 porausyksikköä käsittäviä.

Näiden aiheuttaman melun leviämistä ympäristöön tutkittiin suorittamalla mittauksia eri etäisyyksillä työmaasta tuulen alapuolella ja muussa suunnassa.

Louhintatyömaiden melun pysyvyyttä tutkittiin pääasiassa 50 m:n etäisyydellä työkohteesta suoritetuin mittauksin.

Yksittäisiä koneita ja louhintatyömaita koskevia tutkimustuloksia on tarkasteltu eri ohjeiden ja kriteerien valossa mm. määrittämällä etäisyydet, joilla suositeltavat melutasot eri olosuhteissa saavutetaan.

Lisäksi on tarkasteltu, mitä mahdollisuuksia on työmaiden ja koneiden aiheuttaman meluhaitan pienentämiseksi.

2. MELUA KÄSITTELEVÄÄ PERUSTIETOUTTA

2.1 Äänen eteneminen, taajuus ja aallonpituus

Ääni on kimmoisassa väliaineessa etenevää mekaanista värähtelyä. Ilmassa ääni etenee ainoastaan pitkittäisenä aaltoliikkeenä, sen etenemisnopeus (c) saadaan lausekkeesta:

$$c \approx 331.4 + 0.6 t \quad \text{m/s} \quad , \quad (1)$$

jossa t = ilman lämpötila ($^{\circ}\text{C}$) .

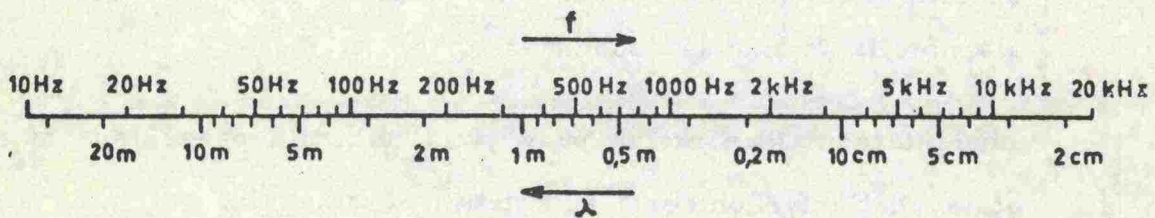
Ihmiskorva kuulee äänen, jonka taajuus (f) vaihtelee 16-16000 Hz.

Etenemisnopeuden ja taajuuden perusteella saadaan aallonpituus (λ):

$$\lambda = c/f \quad (2)$$

Aallonpituus vaihtelee kuul alueella laajoissa rajoissa (kuva 1).

/1/

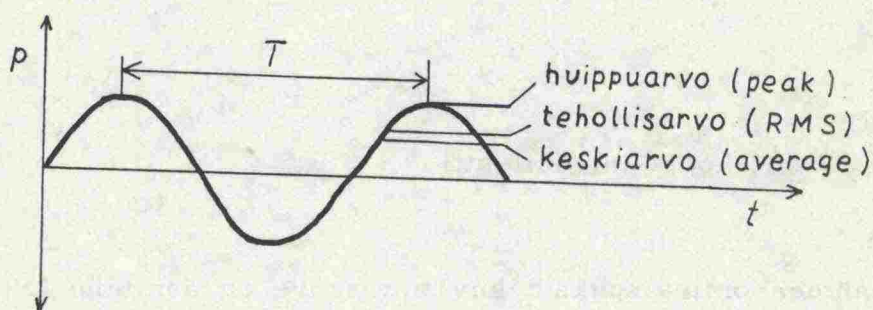


Kuva 1. Aallonpituuden (λ) ja taajuuden (f) välinen riippuvuus äänen edetessä ilmassa /1/.

2.2 Äänenpaine

Ääniaalto muodostuu toisiaan seuraavista painetihentymistä ja -harventumista. Nämä painevaihtelut eli ns. äänenpaine (p) ovat ääni-ilmiön kannalta tärkeitä. Äänenpaineen yksikkö on N/m^2 .

Painevaihteluiden amplitudi voidaan ilmaista joko huippuarvona (peak), tehollisarvona (RMS) tai keskiarvona (average) (kuva 2) /1/.



Kuva 2. Äänenpaineen ilmaiseminen eri tavoin /2/.

Tehollisarvo on yleisimmin käytetty, koska se on verrannollinen värähtelyn energiasisältöön.

Tehollisarvo (P_{RMS}) voidaan määrittellä lausekkeella:

$$P_{RMS} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T p^2(t) dt} \quad (3)$$

jossa t on aika.

Vastaavasti keskiarvo ($p_{|average|}$) saadaan lausekkeesta:

$$P_{|average|} = \frac{1}{T} \int_0^T |p| dt \quad (4)$$

Huippuarvo (p_{peak}) on taas äänenpaineen suurin arvo, jonka se saavuttaa aikana T.

Puhtaalle sinivärähtelylle, ja vain sille, on seuraava yhteys eri arvojen välillä voimassa:

$$P_{RMS} = \frac{\pi}{2\sqrt{2}} P_{|average|} = \frac{1}{\sqrt{2}} P_{peak} \quad (5)$$

/2/

2.3 Ääniteho ja intensiteetti

Äänilähteen ominaisuuksia kuvaava suure on ääniteho (P), jonka yksikkö on watti.

Intensiteetti (I) taas ilmaisee sen äänitehon, joka osuu jollekin pinnalle pinta-alayksikköä kohti. Yksikkö on W/m^2 .

Jos tarkastellaan äänilähdettä suhteellisen kaukaa ja oletetaan sen säteilevän tasaisesti joka suuntaan, voidaan kirjoittaa yhtälö:

$$P = 4I\pi r^2 \quad (6)$$

jossa r on etäisyys äänilähteestä.

Intensiteetti on siis edellämainitut olettamukset huomioonottaen kääntäen verrannollinen etäisyyden neliöön.

Tasoaallon osuessa kohtisuoraan pintaa vastaan on

$$I = p^2 / \rho c, \quad (7)$$

jossa ρc = aaltovastus.

Intensiteetti on siis tässä tapauksessa verrannollinen äänenpaineen neliöön.

Intensiteettiä ei pystytä suoraan mittaamaan. Siksi mittasuurena käytetään äänenpainetta /1/.

2.4 Desibelin määrittely

Absoluuttinen äänenpaine vaihtelee laajoissa rajoissa. Siksi käytetäänkin suhteellista, logaritmista desibeliasteikkoa, jonka yhteydessä puhutaan tasoista. Siis äänenpainetaso, tehotaso ja intensiteettitaso. Absoluuttisista arvoista päästään tasoarvoihin seuraavien yhtälöiden avulla:

$$L_p = 20 \lg p/p_o, \quad p_o = 2 \cdot 10^{-5} \text{ N/m}^2 \quad (8a)$$

$$L_w = 10 \lg P/P_o, \quad P_o = 10^{-12} \text{ W} \quad (8b)$$

$$L_I = 10 \lg I/I_o, \quad I_o = 10^{-12} \text{ W/m}^2 \quad (8c)$$

/1/

Desibelejä ei voida suoraan laskea yhteen, vaan se tapahtuu esim. seuraavan esimerkin mukaan:

Oletetaan, että on kaksi eritaajuista äänilähdettä, joiden äänenpainetasot ovat $L_1 = 88$ dB ja $L_2 = 85$ dB eräässä havaintopisteessä. Edellä olevan perusteella voidaan kirjoittaa:

$$\frac{P_1}{P_0} = \text{antilg} \frac{88}{10} = 6.31 \cdot 10^8$$

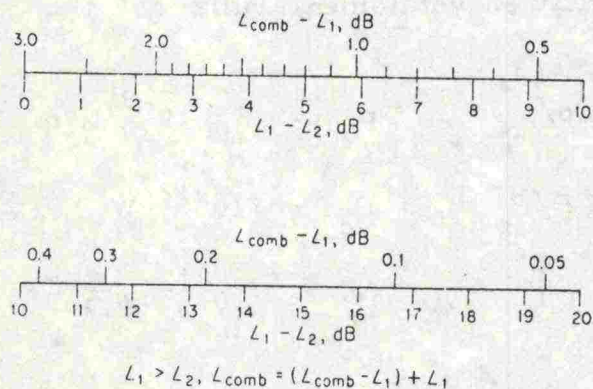
$$\frac{P_2}{P_0} = \text{antilg} \frac{85}{10} = 3.16 \cdot 10^8$$

Näiden summa on $9.46 \cdot 10^8$

Äänenpainetaso havaintopisteessä desibeleinä on siis

$$10 \lg 9.46 \cdot 10^8 = 89.8 \text{ dB} \quad /3/$$

Helpommin äänilähteiden yhdistäminen käy kuvan 3 avulla.



Kuva 3. Kahden äänitason yhdistäminen. Esim. $L_1 = 88$ dB, $L_2 = 85$ dB, $L_1 - L_2 = 3$ dB. $L = 88 + 1.8 = 89.8$ dB /3/.

Tehosuureita tarkasteltaessa todettiin, että äänenpaine on kääntäen verrannollinen etäisyyteen. Tästä seuraa, että etäisyyden äänilähteestä kaksinkertaistuksessa äänenpainetaso laskee n. 6 dB:

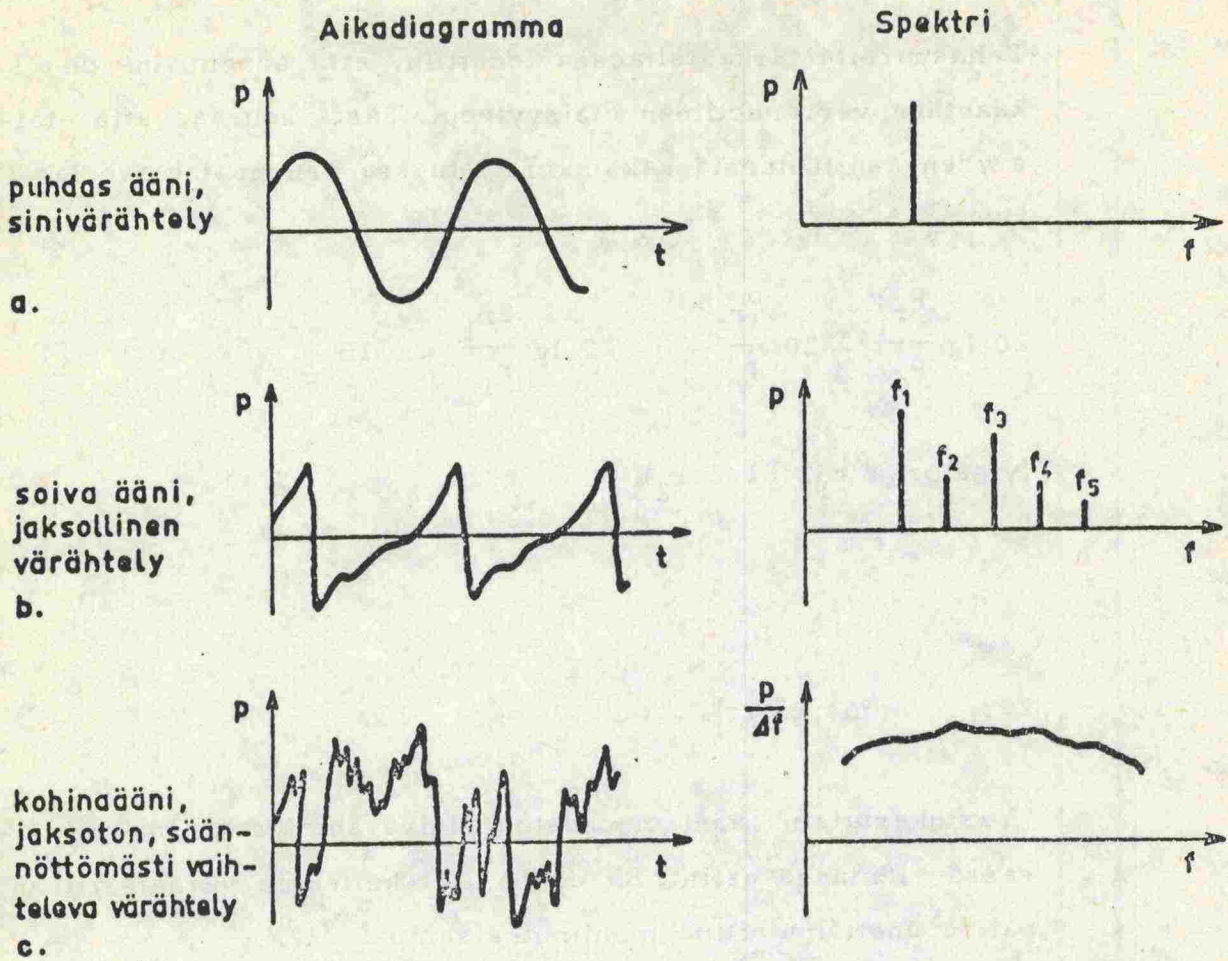
$$20 \lg \frac{p_{r1}}{p_o} - 20 \lg \frac{p_{r2}}{p_o} = 20 \lg \frac{2r_1}{r_1} \approx 6 \text{ dB} \quad (9)$$

(yhtälössä $r_1 = 1/2 r_2$)

2.5 Äänispektri

"Yksinkertaisin" ääni muodostuu sinivärähtelystä. Jokapäiväisessä elämässä esiintyvät äänet ovat kuitenkin värähtelyltään paljon edellämainittua monimutkaisempia /2/.

Kuva 4 esittää erilaisia äänivärähtelyjä ja niiden spektrejä. Äänen spektriesitys ilmaisee, miten äänen energia on jakautunut eri taajuuksille. Äänispektri voidaan matemaattisesti laskea (Fourier'in analyysi), mutta tavallisesti se määrätään suoraan käyttämällä kapeakaistaisia suodattimia äänitasomittarien yhteydessä /1, 2/.

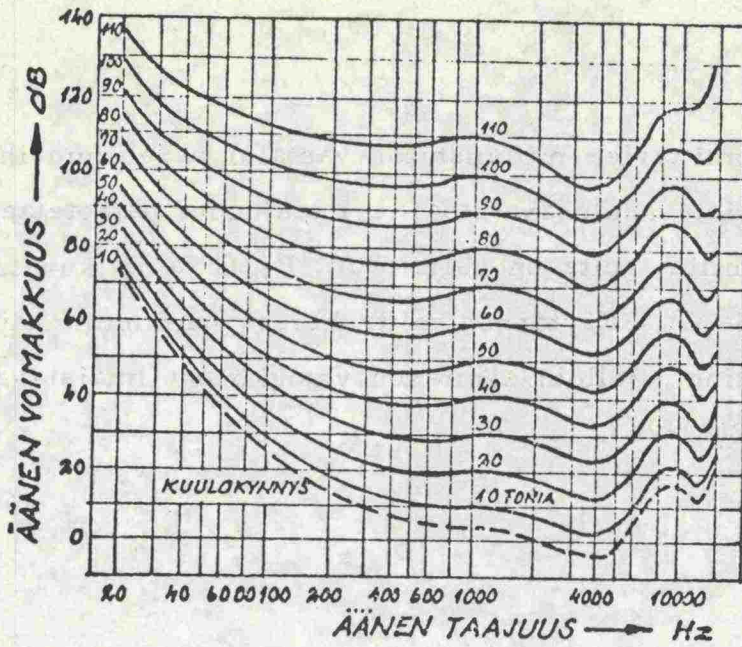


Kuva 4. Erilaisia värähtelyjä ja niiden spektrejä /1/.

2.6 Korvan herkkyyt ja äänitasomittarien painosuodattimet

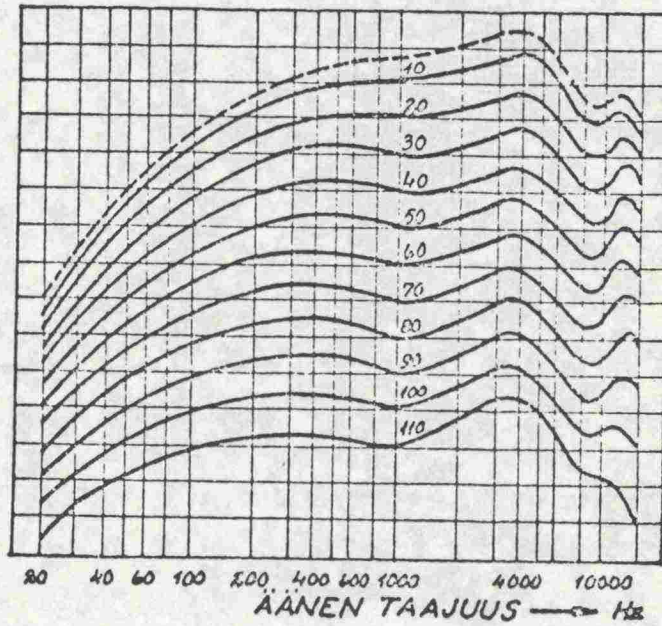
Korva tajuaa eritaajuiset äänet voimakkuudeltaan erilaisiksi, vaikka niiden äänenpainetaso olisi sama. Tätä valaisee kuvassa 5 (piirros 1) esitetty fonikäyrästä. Tämä yhtyy 1000 Hz:n taajuudella desibeliasteikkoon.

PIIRROS I



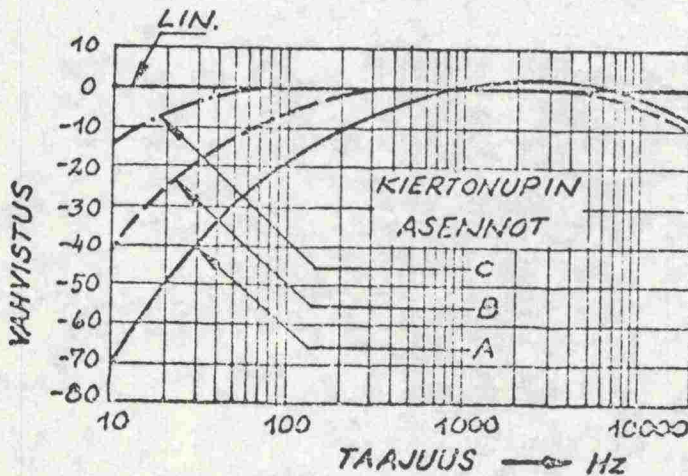
ISO:N STANDARDISOI-
MA PUHTAAN ÄÄNEN
FONIKÄYRÄSTÖ, JOKA
POIKKEAA VUOTEEN
1963 ASTI KÄYTÄNNÖSSÄ
OLLEESTA FLETCHER-
MUNSONIN FONIKÄYRÄS-
TÖSTÄ

PIIRROS II



ISO:N FONIKÄYRÄSTÖN
PEILIKUVA

PIIRROS III



ÄÄNIPAINEN TASON MIT-
TARIN VAHVISTIMEN OMI-
NAISUUKSIA MUUTTAVIEN
SUODATTIMIEN A, B JA C
KÄYRÄT

Kuva 5. ISO:n fonikäyrät ja äänitasomittarin suodattimet /4/.

Jotta äänitasomittarien mittaustulos vastaisi paremmin ihmisen subjektiivista kuulohavaintoa, eri taajuudet painotetaan painosuodattimilla, joita on neljä; A, B, C ja D (kuva 5: piirrokset 2 ja 3). Käytännön mittauksissa useimmin käytetään A-suodatinta, jolloin äänitason yksikkö on ilmaistava kirjaimilla dB(A) /4/.

3. MELUSTA JA SEN HAITTAVAIKUTUKSISTA

3.1 Yleistä

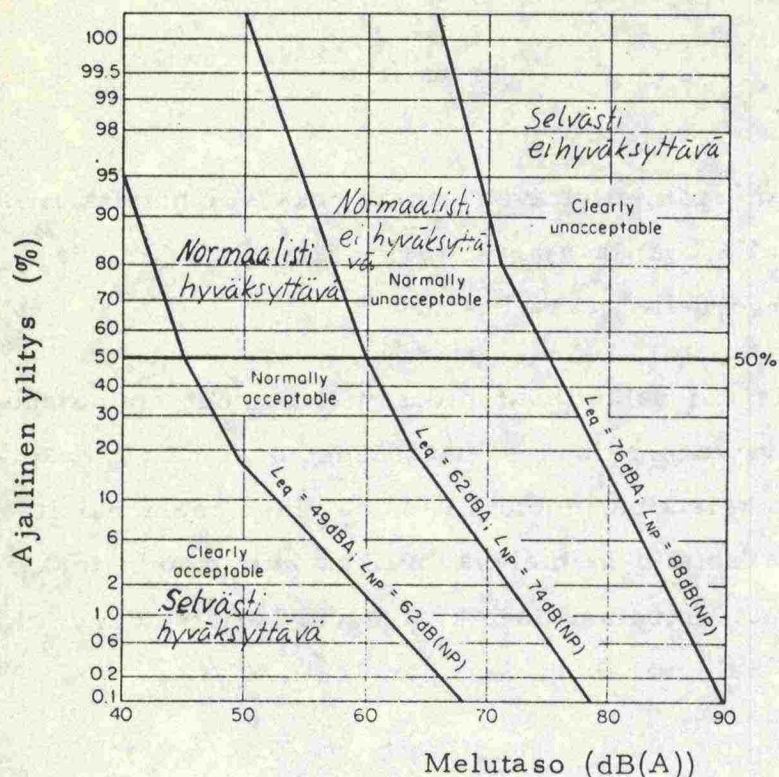
Meluksi kutsutaan epämiellyttävää ääntä, joka voi häiritä työkentelyä työpaikalla, vapaa-ajanviettoa, nukkumista ym. ja voi olla jopa terveydelle vaarallista.

Voimakkuuden lisäksi vaikuttavat myös melun muut ominaisuudet sen häiritsevyyteen. Niinpä puhtaat äänet ovat häiritsevempiä kuin laajempikaistainen melu. Tasalaatuinen melu häiritsee enemmän kuin jaksottain vaihteleva, vaikka kummankin maksimitaso olisi sama. Impulssiäänet ovat hyvin häiritseviä, vaikka ne sisältävät vain vähäisen energiamäärän /5/.

3.2 Melun aiheuttamat psyykkiset ja fyysiset vaikutukset

Melun psyykkisten vaikutusten arvioimiseksi on laadittu useita kriteereitä. Mm. U.S. Department of Housing and Urban Development (HUD) on antanut kuvan 6 mukaiset ohjeet ulkomelun häiritsevyyden arvioimiseksi. Kriteeriä voidaan käyttää myös tasoltaan vaihtelevan melun tarkasteluun /3/.

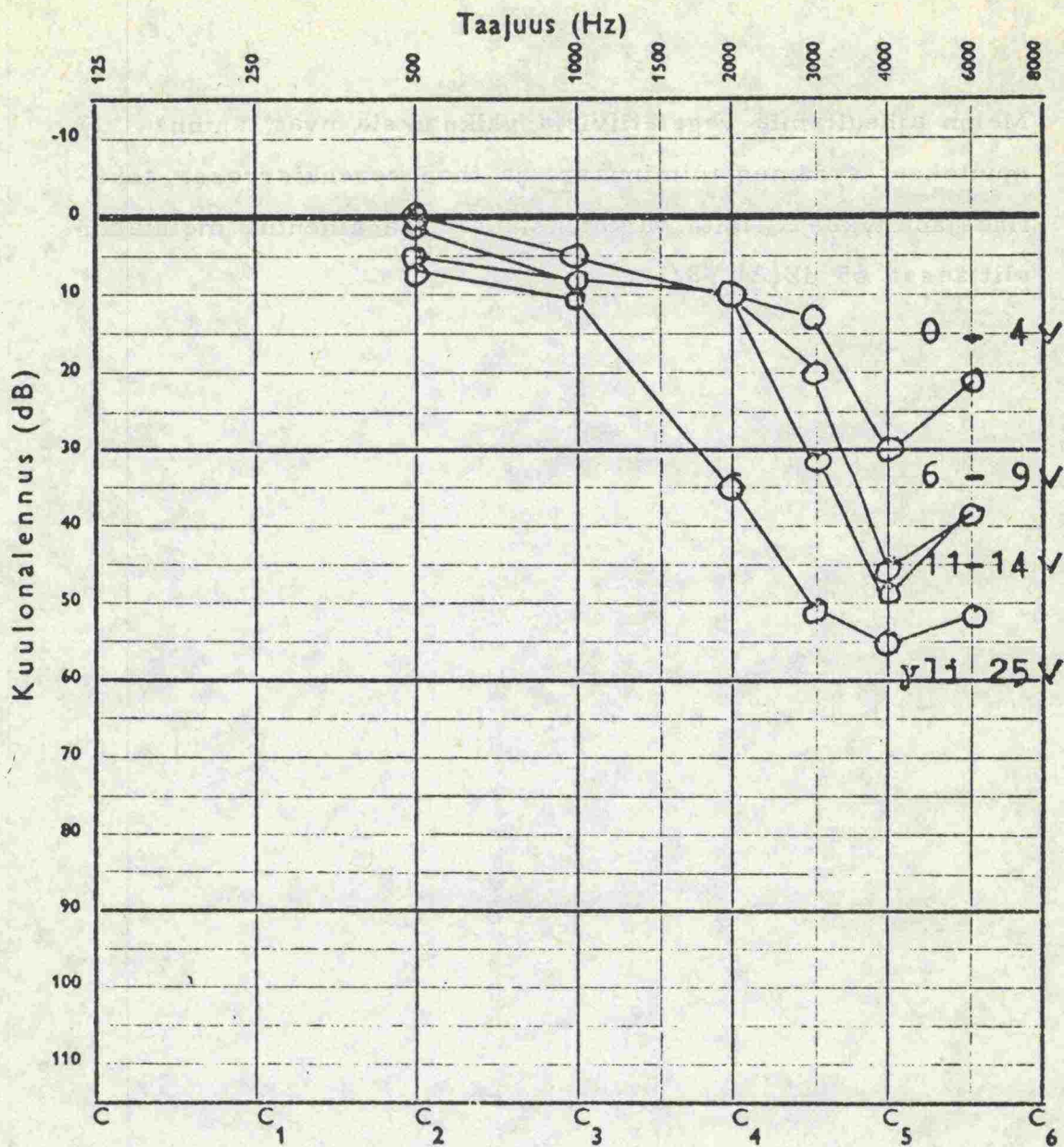
Fyysisiin haittavaikutuksiin luetaan kuulon vaurioituminen ja vegetatiiviset vaikutukset.



Kuva 6. U. S. Department of Housing and Urban Development'n kriteeri ulkomelun häiritsevyyden arvioimiseksi /3/.

Lyhytaikainenkin melu saattaa aiheuttaa pysyvän kuulovian. Tällöin melutason tulee olla kuitenkin huomattavasti yli kipukynnyksen eli n. 130 dB, mikä tapahtuu esimerkiksi voimakkaissa räjähdyksissä. Jatkuvan päivittäisen melun rajana voidaan pitää 85-90 dB(A) /6/.

Audiometrillä mitattuna kuulovaurio näkyy usein aluksi yhden oktaavin, 4000 Hz, kohdalla (kuva 7). Meluallistuksen jatkuesa kuulonvajausta suurenee tältä osin ja alkaa esiintyä myös matalampien taajuuksien kohdalla. Jos melussaolo loppuu,



Kuva 7. Kuulovajauksen kehittyminen meluisassa työssä. Melutaso keskimäärin 105 dB. (Glorigin mukaan) /7/.

vamman paheneminen saattaa pysähtyä, mutta kuulon palautumista normaaliksi ei kuitenkaan tapahdu /7/.

Melun aiheuttamia vegetatiivisia vaikutuksia ovat lähinnä muutokset sydämen toiminnassa ja ihon verenkierrossa sekä lihasjännitykset. Näitä vaikutuksia saattaa aiheutua melutason ylittäessä 65 dB(A) /8/.

4. TYÖYMPÄRISTÖÄ KOSKEVIA KRITEREITÄ

4.1 Kansainvälinen kriteeri

Kansainväliseksi ehdotettu normiluonnos (Assessment of Noise-Exposure During Work for Hearing Conservation Purposes) työn aikana sallitun meluannoksen määrästä perustuu jatkuvaan viikon kestävään melutasoon mitattuna dB(A):na. Ekvivalentti, jatkuva melutaso arvioidaan seuraavalla tavalla:

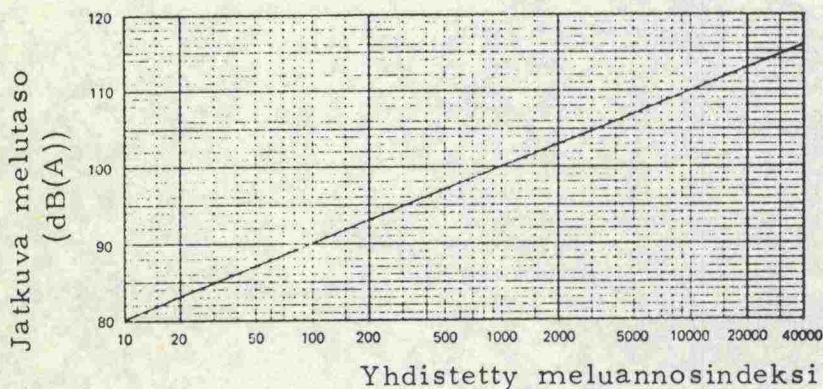
Oletetaan, että melutaso (dB(A)) vaihtelee päivittäin. Jokaisen melutason kokonaiskesto aika määritetään yhden työviikon aikana ja näistä määritetään kutakin melutasoa vastaavat osameluannosindeksit taulukkoa 1 käyttäen.

Osameluannosindekseistä saadaan yhdistetty meluannosindeksi niiden aritmeettisena summana. Tämän summan perusteella voidaan määrätä ekvivalentti melutaso kuvan 8 perusteella.

Menetelmällä saatu ekvivalentti melutaso ei saisi ylittää 85-90 dB(A) /2/.

Taulukko 1. Osameluannosindeksit /3/.

Kestoaika /viikko		Melutaso (dB(A))									
h	min	80	85	90	95	100	105	110	115	120	
0.5	10					5	15	40	130	415	
	12					5	15	50	160	500	
	14					5	20	60	185	585	
	16					5	20	65	210	665	
	18					10	25	75	235	750	
	20					10	25	85	265	835	
	25					5	10	35	105	330	1040
	30					5	15	40	125	395	1250
	40					5	15	55	165	525	1670
	50					5	20	70	210	660	2080
1	60			5	10	25	80	250	790	2500	
	70			5	10	30	90	290	920	2920	
	80			5	10	35	105	330	1050	3330	
1.5	90			5	10	40	120	375	1190	2750	
	100			5	15	40	130	415	1320	4170	
2	120			5	15	50	160	500	1580	5000	
2.5				5	20	65	200	625	1980	6250	
3				10	25	75	235	750	2370	7500	
3.5			5	10	30	90	275	875	2770	8750	
4			5	10	30	100	315	1000	3160	10000	
5			5	15	40	125	395	1260	3950	12500	
6			5	15	45	150	475	1500	4740	15000	
7			5	20	55	175	555	1750	5530	17500	
8			5	20	65	200	630	2000	6320	20000	
9			5	25	70	225	710	2250	7110	22500	
10		5	10	25	80	250	790	2300	7910	25000	
12		5	10	30	95	300	950	3000	9490	30000	
14		5	10	35	110	350	1110	3500	11100		
16		5	15	40	125	400	1260	4000	12600		
18		5	15	45	140	450	1420	4500	14200		
20		5	15	50	160	550	1500	5000	15800		
25		5	20	65	200	625	1980	6250	19800		
30		10	25	75	235	750	2370	7500	23700		
35		10	30	90	275	875	2770	8750	27700		
40		10	30	100	315	1000	3150	10000	31600		



Kuva 8. Yhdistettyjen meluannosindeksien ja ekvivalentin, jatkuvan melutason välinen suhde /3/.

4.2. Amerikkalainen kriteeri

Department of Labour on asettanut suurimmaksi sallitaksi 8 tuntia päivässä kestäväksi melutason arvoksi 90 dB(A). Tätä äänienergiämäärää on pidetty suurimpana päivittäisenä määränä, joka ei aiheuta kuulon heikkenemistä enempää kuin 20 % kuulosuojaimia käyttämättömille työntekijöille.

Taulukossa 2 on esitetty eräitä melutasoja vastaavat suurimmat sallitut työn kestoajat.

Taulukko 2. Suurin sallittu työn kestoaika eri melutasojen alaisena (Department of Labour) /9/.

Työn kesto h	Melutaso dB(A)
8	90
6	92
4	95
3	97
2	100
1,5	102
1	105
0,5	110
0,25	115

Yli 115 dB(A) melua ei saa esiintyä lainkaan. Kun "päivittäinen meluannos" muodostuu kahdesta tai useammasta eritasoisesta melusta, niiden yhteisvaikutus määrätään seuraavien suhteiden summana:

$$C_1/T_1 + C_2/T_2 + \dots + C_n/T_n \quad , \quad (10)$$

jossa C_1 = tietyn tasoisen melun kesto-aika (h)

T_1 = tietyn tasoisen melun sallittu kesto-aika.

Jos edellämainittu summa ylittää ykkösen, niin meluannoksen katsotaan ylittävän sallitun arvon.

Taulukosta 2 voidaan havaita, että melutasoa voidaan nostaa 5 dB(A):lla, jos kesto-aika samalla puoliintuu.

Impulssiäänen voimakkuus ei saa ylittää 140 dB(A) tasoa. Vaikka tasalaatuisen melun ylärajana on 115 dB(A), voidaan impulssiäänille sallia suuremmat voimakkuudet sen vuoksi, että impulssiäänit ovat jo ohi ennenkuin korva ehtii täydellisesti reagida niihin /9/.

5. MELUA KOSKEVIA (EMISSIO- JA IMMISSIO-) NORMEJA JA SUOSITUKSIA ERI MAISSA

5.1 Suomi

Teollisuudesta ja liikenteestä aiheutuva melu (emissio) ei lääkintöhallituksen suosituksen mukaan saisi teollisuus- ja suoja-alueen rajalla kuin poikkeuksellisesti ylittää 85 dB(A). Melutason arvona tulisi pitää arvoa 75 dB(A), jonka jälkeen on ryhdyttävä toimenpiteisiin, joilla meluemissiota voidaan pienentää.

Ulkona suoritettaville meluisille töille on asetettava samat vaatimukset kuin teollisuusmelulle. Melutaso ei ilman erikoislupaa saisi ylittää 75 dB(A). Muussa tapauksessa on ryhdyttävä toimenpiteisiin meluemission pienentämiseksi.

Lääkintöhallituksen suositus korkeimmiksi sallittaviksi melutason arvoiksi eri tarkoitusta palvelevilla alueilla käy selville taulukosta 3 /5/.

Taulukko 3. Korkeimmat suositeltavat melutason arvot ulkona (immissio) /5/.

Alueen käyttötarkoitus	Korkein suositeltu melutaso dB(A)	
	Päivällä klo 7-21	Yöllä klo 21-7
Yleiset alueet	60-70	60
Asuntoalueet	55	-
Ulkoilu-, virkistys- ja loma-asuntoalueet	45	35

5.2 Sveitsi

Sveitsiläinen suositus eri aluevyöhykkeiden korkeimmiksi sallituiksi melutasoiksi ottaa huomioon myös melun pysyvyyden.

(Taulukko 4) /10/.

Taulukko 4. Melutason korkeimmat suositeltavat arvot alueiden käyttötarkoituksen mukaan /10/.

Alueen käyttötarkoitus	Korkein suositeltu melutaso dB(A)					
	Pysyvä melutaso		Usein esiintyvät huiput (7-60 kertaa tunnissa)		Harvoin esiintyvät huiput (1-6 kertaa tunnissa)	
	Yöllä	päivällä	yöllä	päivällä	yöllä	päivällä
Sairaala-alueet	35	45	45	50	55	55
Asuntoalueet	45	55	55	65	65	70
Sekavyöhykkeet	45	60	55	70	65	75
Liikealueet	50	60	60	70	65	75
Teollisuusalueet	55	65	60	75	70	80
Pääväylien vieressä olevat alueet	60	70	70	80	80	90

Vuonna 1968 tuli voimaan Zürichin kantonissa rakennusmelua koskevat määräykset. Näiden mukaan suurin sallittu rakennuskoneen aiheuttama melutaso 7 m:n etäisyydellä on 85 dB(A). Tämän arvon ylittäminen vaatii erikoislupaa. Eräiden koneiden osalta on suurin sallittu melutaso myöhemmin laskettu 80 dB(A) /10/.

Samassa yhteydessä on annettu ehdotus suurimmiksi sallituiksi rakennustyön melutasoiksi.

Nämä ohjearvot on eroteltu aluevyöhykkeiden ja rakennustyön kestoajan mukaan (Taulukko 5).

Taulukko 5. Korkeimmat sallitut rakennustyön aiheuttamat melutason arvot /10/.

Alueen käyttö- tarkoitus	Korkein sallittu melutaso dB(A)		
	Rakennustyön kestoaika		
	1 kk	1-6 kk	6 kk
Sairaala-alueet	70	65	60
Asunto- ja koulu- alueet	75	70	65
Sekavyöhykkeet ja liikealueet	85	80	75
Teollisuusalueet ja pääväylien vieressä olevat alueet	90	85	80

5.3 Ruotsi

Ruotsissa on suositeltu korkeimmaksi sallituksi rakennustyömaan aiheuttamaksi melutasoksi 65 dB(A) klo 6.00-23.00 välisenä aikana. Mittaus suoritetaan tällöin lähimmän asuinhuoneen, hoitolaitoksen, opetustilan tai vastaavan tilan avoimesta ikkunasta. Yöaikaan 23.00-6.00 saisi melutaso olla korkeintaan 50 dB(A) samalla tavalla mitattuna /10/.

5.4 Kansainvälinen suositus

ISO R 1996-1971 suosituksen mukaan jatkuvan melun enimmäisarvot ovat taulukon 6 mukaiset.

Taulukko 6. ISO suosituksen mukaiset enimmäisarvot jatkuvalle melulle alueen käyttötarkoituksen mukaan /11/.

Alueen käyttötarkoitus	Suurin sallittu melutaso dB(A)	
	Päivällä	Yöllä
Maaseutu, huvila-alue	45	35
Esikaupunkialue	50	40
Kaupungin asuntoalue	55	45
Asunto- ja liikealue	60	50
Kaupungin liikennekatujen varret	65	55
Teollisuusalue	70	60

Jos melu ei ole jatkuvaa, tehdään mitattuun melutasoon seuraavat korjaukset: melun kesto 18-56 % pahimmasta neljän tunnin (yöllä puolen tunnin) jaksosta: -5 dB(A), --- 0,2 % ajasta: -30 dB(A).

Kun sopiva melutaso ylitetään, ovat ihmisten/yhteiskunnan reaktiot seuraavat:

Ylitys	0 dB(A) ,	ei havaita mitään
"	5 " ,	satunnaisia valituksia
"	10 " ,	runsaasti valituksia
"	15 " ,	uhkauksia toimenpiteisiin ryhtymisestä
"	20 " ,	voimakkaita joukkotoimenpiteitä /11/.

6. MITTAUSTULOKSIIN VAIKUTTAVIA TEKIJÖITÄ

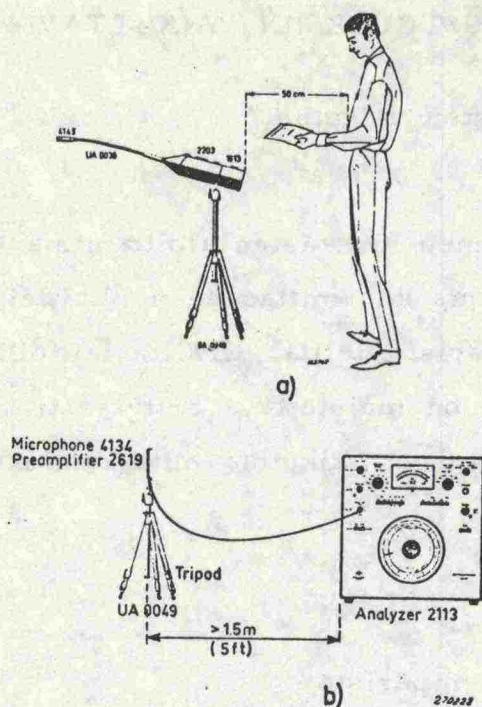
6.1 Laitteiston vaikutus

On tärkeätä ennen mittausten aloittamista tarkastaa laitteiston kunto ja sopivuus ko. mittaukseen. Laitteisto on kalibroitava sopivilla tarkistuslaitteilla. Eräillä laitteilla on tietty lämpiämisaika, mikä on muistettava erityisesti kylmänä vuodenaikana. Paristojen kunto voi vaikuttaa mittaustuloksiin /5/.

6.2 Mittausympäristö

Jokainen este, jonka ulottuvuus on äänen aallonpituuden luokkaa tai suurempi, heijastaa ääniaaltoja ja aiheuttaa siten mittauskenttään häiriöitä. Häiriön suuruus riippuu esteen heijastusominaisuuksista, muodosta ja kulmasta, jossa ääniaalto kohtaa esteen, sekä äänen taajuusalueesta. Kun taajuusalue on suuri, ei heijastuminen ole vaikea ongelma ja mittauksen tarkkuus johtuu pääasiassa käytettyjen laitteiden tarkkuudesta /5, 2/.

Jotta mittauksen suorittaja ei itse aiheuttaisi virhettä mittaustuloksiin, olisi hänen pysyttävä tarpeeksi etäällä laitteesta. Muussa tapauksessa saattaa mittaaajan vaatetuksen absorptioominaisuuksista riippuen aiheutua jopa 6 dB:n virhe mittaustuloksiin. Sama pätee myös erillisiin laitteisiin nähden (kuva 9) /2/.



Kuva 9. Varmuusetäisyydet virheiden välttämiseksi mittaustuloksissa /2/.

Taustamelun tulisi olla vähintään 10 dB tutkittavan kohteen aiheuttamaa melutasoa matalampi, jotta siitä ei aiheutuisi virhettä mittaustuloksiin. Mikäli tällainen tilanne ei ole järjestettävissä, on tuloksia korjattava taustamelun voimakkuuden mukaan /3/.

Esimerkiksi ruotsalainen standardiehdotus, jota on käytetty ohjeena tämänkin tutkimuksen yhteydessä koneiden äänitasoa määritettäessä, edellyttää ideaaliselta mittauspaikalta seuraavia ominaisuuksia:

Mittauspaikan on oltava avoin 50 m säteellä. Keskeisen osan 20 m säteellä on oltava pinnaltaan tasainen ja kiinteä, vapaa

absorboivista pinnoista, kuten lumesta, korkeasta heinästä, löyhästä maasta tai vastaavasta.

Taustamelun häiritsevä vaikutus korjataan taulukon 7 avulla /10/.

Taulukko 7. Taustamelun aiheuttaman virheen korjaaminen /10/.

Tutkimuskohteen ja taustan melutason erotus dB	Tutkimuskohteen äänitason vähennettävä dB
3	3
4-5	2
6-9	1

6.3 Etäisyyden vaikutus ulkona suoritettavissa mittauksissa

Paitsi teoreettisen etäisyysalennemisen tuovat suuremmat etäisyydet melulähteen ja havaintopisteen välillä muitakin vaikutuksia.

6.31 Ilmastolliset tekijät

Ilmastolliset tekijät aiheuttavat joko suoranaisten energiahäviön ääniaalloille tai muuttavat niiden suuntaa aiheuttaen ns. varjumuodostusta.

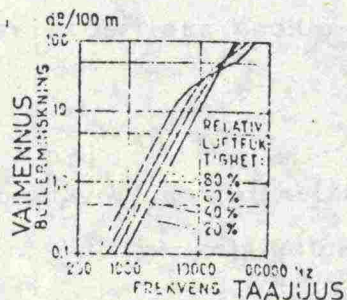
Itse ilmamolekyylien aiheuttama vaimeneminen on voimakkainta suurilla taajuuksilla. Esimerkiksi 20°C lämpötilassa 50 % suhteellisessa kosteudessa on vaimennusvaikutus taulukon 8 mukainen /5/.

Taulukko 8. Ilmamolekyylien aiheuttama vaimeneminen eri taajuuksilla /5/.

Taajuus Hz	500	1000	2000	4000	8000
Vaimennus dB/100 m	-	0,1	1,1	2,8	9,3

Sumun ja sateen aiheuttama vaimeneminen on vähäistä eli alle 0.5 dB/1000 m /3/.

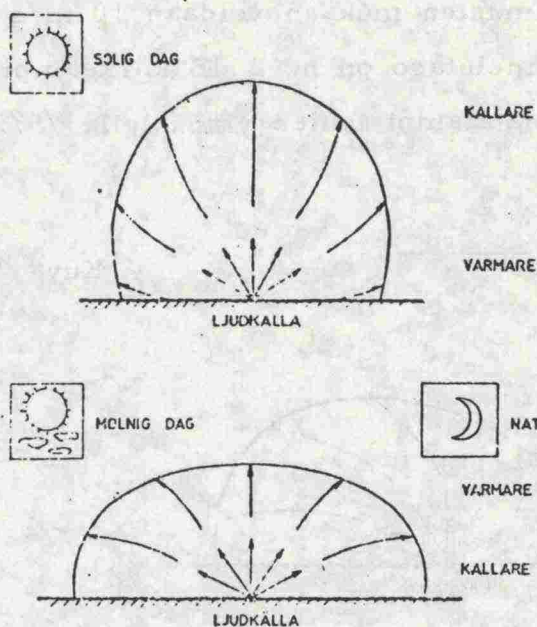
Ilman kosteuden aiheuttama vaimeneminen selviää kuvasta 10 /12/.



Kuva 10. Äänen vaimeneminen ilmassa, jonka lämpötila on 20°C /12/.

Toisaalta kosteudella on suuri merkitys melun muodostumiselle, esim. liikennemelu voi lisääntyä jopa yli 10 dB kosteuden vaikutuksesta /5/.

Äänen nopeus lisääntyy lämpötilan kohotessa (kohta 2.1). Kun ääniaalto kohtaa ilmakerroksen, jonka lämpötila laskee korkeuden lisääntyessä, taipuu ääniaalto ylöspäin. Tämä aiheuttaa

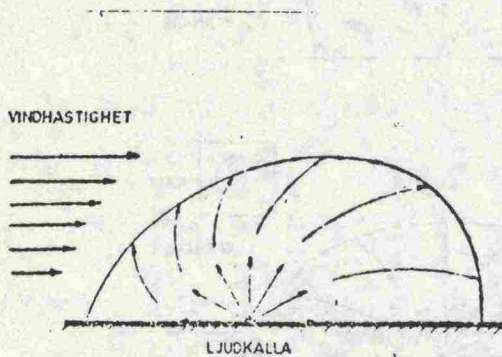


Kuva 11. Lämpötilagradientin vaikutus äänen leviämiseen /13/.

varjomuodostuksen maanpinnalla. Jos lämpötilajakautuma on päinvastainen, taipuvat ääniaallot alaspäin kohti maan pintaa (kuva 11) /12/.

Varjomuodostusta voi syntyä myös tuulen vaikutuksesta. Ääniaallon suunnan määrää tuulen nopeuden ja äänen nopeuden vektorisumma. Maanpinnan aiheuttaman kitkan takia on tuulen nopeus pienin lähinnä maanpintaa ja kasvaa korkeuden lisääntyessä. Tästä seuraa, että tuulen yläpuolella äänen rata taipuu ylöspäin ja tietyllä etäisyydellä saattaa syntyä äänivarjo. Tuulen alapuolella äänen rata taipuu alaspäin ja melutaso nousee (kuva 12) /12/.

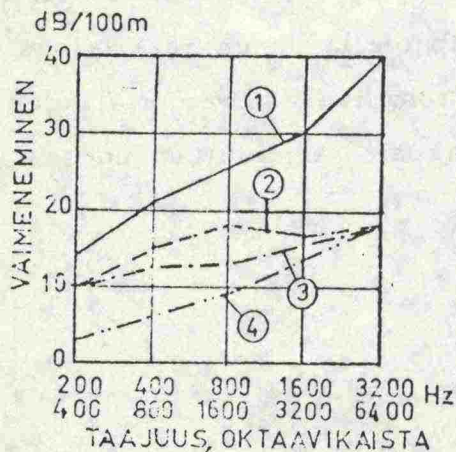
Eräiden tutkimusten mukaan voidaan 10 m/s tuulen nopeudella laskea, että melutaso on n. 2 dB korkeampi tuulen alapuolella ja 5-10 dB matalampi tuulen yläpuolella /5/.



Kuva 12. Ääniaaltojen taipuminen tuulen vaikutuksesta /13/

6.32 Maanpinnan muoto ja kasvillisuus

Kun havaintopisteen etäisyys melun lähteestä on yli 10 m, esiintyy maaston vaimennusvaikutus. Interferenssi-ilmion seurauksena vaimeneminen on sitä voimakkaampaa, mitä lähempänä maanpintaa ollaan. Esim. matalan ruohon vaimennusvaikutus on n. 1 dB/100 m, 65...100cm korkean heinän n. 2 dB/100 m, tiheään aluskasvillisuuden jopa 5 dB/100 m. Metsän aiheuttama vaimeneminen on esitetty kuvassa 13 /5/.



Kuva 13. Kasvillisuuden aiheuttama äänen vaimeneminen.

1. Tiheä pensaikko
2. Kuusimetsä
3. Mäntymetsä
4. Lehtimetsä

7. AIKAISEMMIN SUORITETTUJA TUTKIMUKSIA

7.1 Rakennuskoneiden ja -työmaiden melu

Tässä tarkasteltavat tutkimustulokset on esitetty julkaisussa: Rapport R21:1971, Byggbuller som samhällsproblem, Del 1, Stockholm 1971. Tutkimus on suoritettu perustan saamiseksi normeille ja määräyksille rakennusmelun aiheuttaman haitan rajoittamiseksi /10/.

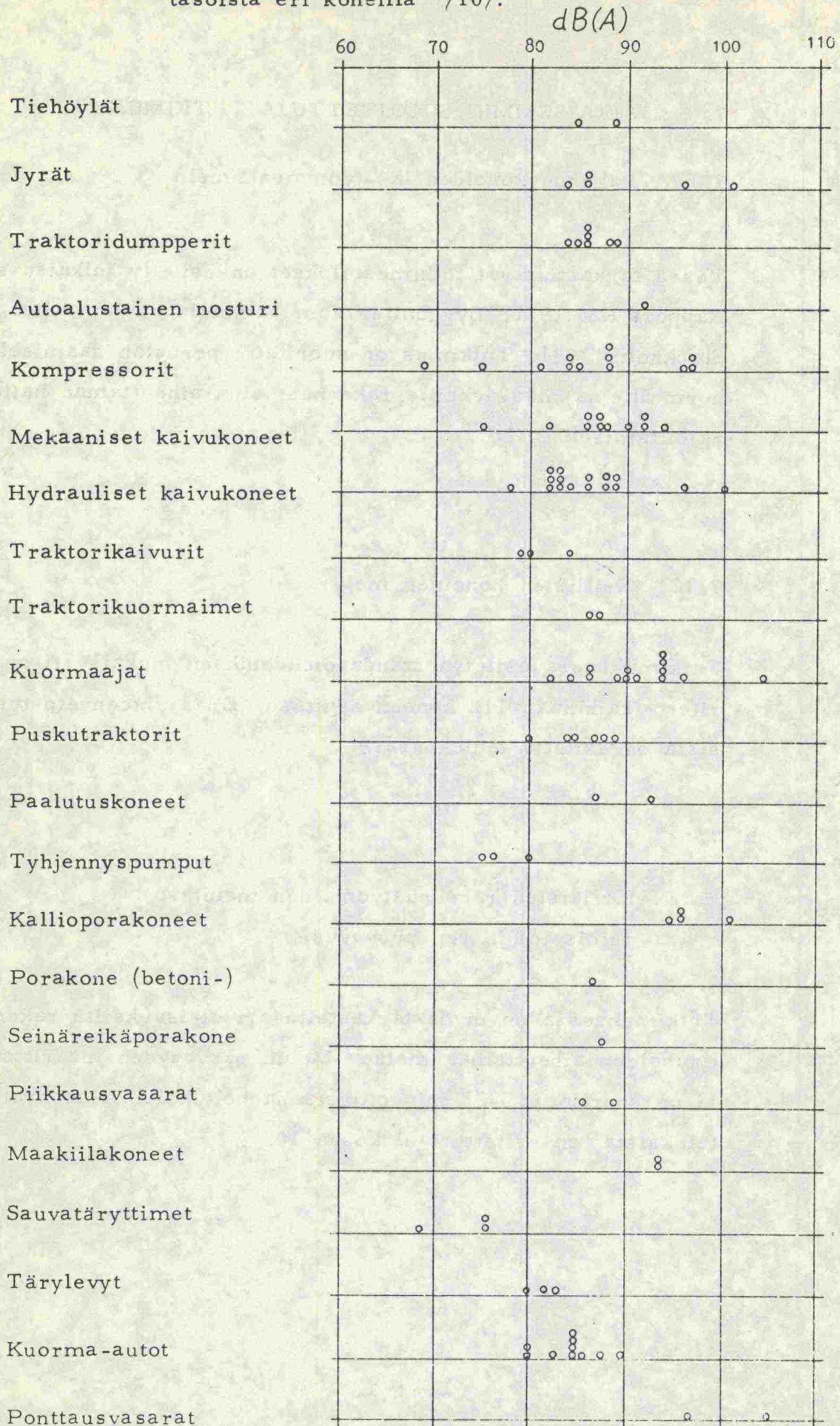
7.11 Erillisten koneiden melu

Tutkimuksessa esitetyn standardiehdotuksen mukaisesti on määritetty kaikkiaan 112 koneen äänitaso. Eräs yhteenveto tuloksista on esitetty taulukossa 9.

7.12 Erilaisten rakennustyömaiden melutaso (emissio) ja sen pysyvyys

Tutkimuksessa on myös tarkasteltu eri etäisyyksiltä rakennustyömaiden aiheuttamaa melua. Melun pysyvyyden määrittämiseksi on suoritettu 5-28 min pituisia nauhoituksia. Yhteenveto tuloksista on esitetty taulukossa 10.

Taulukko 9. Korkeimmat 7 m:n etäisyydeltä mitatusta äänitasoista eri koneilla /10/.



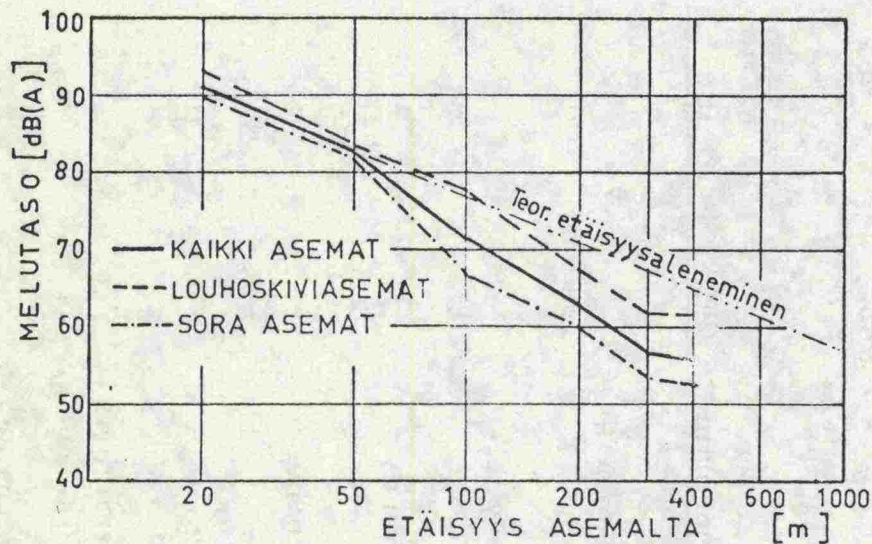
Taulukko 10. Erilaisten työmaiden aiheuttaman melun pysyvyys. Työmaat on taulukossa järjestetty 50 %-arvojen mukaiseen suuruusjärjestykseen. Alempi arvo tarkoittaa melutasoa, joka ylitetään 90 % ajasta, ylempi taas 10 % ajasta.

Työmaa	Pääasialliset melulähteet	Mittausaika/Mittausetäisyys		Melutaso (dB(A))				
		min	m	50	60	70	80	90
Talonrakennustyömaa	Käsityökalut, traktorikuormain	15	50	[Bar chart showing noise levels between 50 and 60 dB(A)]				
Talonrakennustyömaa	Betonointi, piikkaus, kuorma-autot	28	75	[Bar chart showing noise levels between 60 and 70 dB(A)]				
Perustusten teko	Valu, piikkaus, sähkökäyttöinen nosturi	15	50	[Bar chart showing noise levels between 50 and 60 dB(A)]				
Talonrakennustyömaa	Rakennusnosturi, betonointi, katumelu	8	75	[Bar chart showing noise levels between 60 and 70 dB(A)]				
Perustusten teko	Valu, muottien purku, paineilmakanki, kompressori	12	40	[Bar chart showing noise levels between 60 and 70 dB(A)]				
Perustusten teko	Kaivukone, kuorma-auto	5	40	[Bar chart showing noise levels between 60 and 70 dB(A)]				
Louhoksen raivaus	2-4 kaivukonetta, 2-4 traktoria, kompressori, 2 kallioporakonetta	14	75	[Bar chart showing noise levels between 60 and 70 dB(A)]				
Perustusten purku	Kaivukone, kuorma-auto, paineilmakanki, kompressori	9	30	[Bar chart showing noise levels between 60 and 70 dB(A)]				
Perustusten teko	2 ponttausvasaraa, paineilmakanki, kompressori	15	50-200	[Bar chart showing noise levels between 50 and 90 dB(A)]				

7.2 Murskausmelu

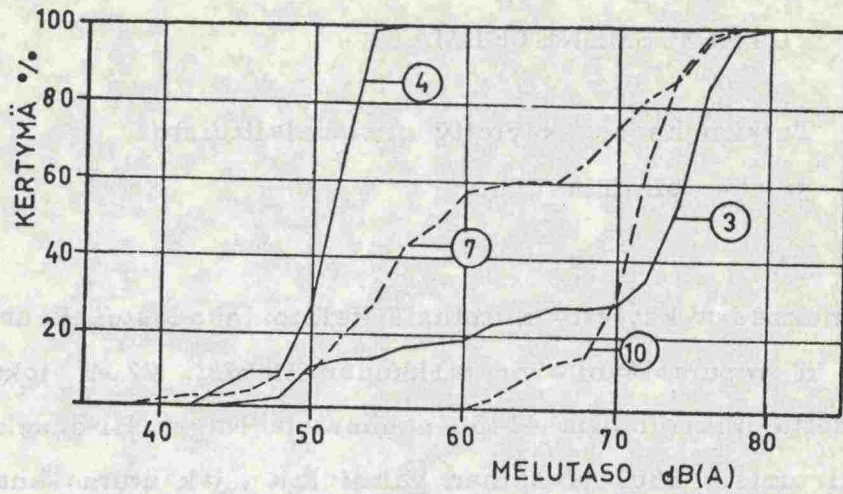
Tutkimustulokset on esitetty julkaisussa: Murskausaseman aiheuttamasta ympäristön saastumisesta, HTKK, Tie- ja liikente-
tekniikan laitos.

Tutkimuksessa on tarkasteltu kaikkiaan kymmentä murskaus-
asemaa. Mittaukset on suoritettu eri etäisyyksillä asemasta
tuulen alapuolella. Melun etäisyysalennus selviää kuvasta
14 /13/.



Kuva 14. Melun etäisyysalennus /13/.

Kuvassa 15 on esitetty eräiden asemien aiheuttaman melun
pysyvyyskäyrät. Käyrät 3 ja 4 perustuvat tunnin mittaukseen,
jolloin havainnot on tehty minuutin välein. Käyrät 7 ja 10 on
saatu 6 tunnin mittauksen perusteella /13/.



Kuva 15. Melutason pysyvyyskäyrät muutamalla asemalla /13/.

8. TUTKIMUSMENETELMÄT

8.1 Tutkimuksessa käytetty mittauslaitteisto ja sen toiminta

Tutkimuksessa käytetty mittauslaitteisto muodostui Brüel & Kjaer'in impulssiäänitason tarkkuusmittarista 2204, joka oli varustettu mikrofonilla 4145, nauhurista Nagra III b sekä B & K:n tasopiirturista 2307 ja saman valmistajan jakautuma-analysaattorista 4420.

Laitteiston kalibrointi suoritettiin joko B & K:n mäntä-äänilähteellä 4220 tai äänitasokalibraattorilla 4230. Edellisen äänitaso on 124 dB ja jälkimmäisen 94 dB.

Jäljempänä tässä tutkimuksessa käytetään laitteista lyhyiden vuoksi nimityksiä äänitasomittari, nauhuri, piirturi, analysaattori ja kalibrointilaite.

Koneiden äänitasoa, samoin kuin melun etäisyysalennemista tutkittiin pelkästään äänitasomittaria käyttäen. Sen sijaan melun pysyvyyttä määritettäessä oli koko edellä mainittu laitteisto käytössä.

Seuraavassa tarkastellaan laitteiston käyttöä:

Melun nauhoittaminen:

Nauhuri kytkettiin jalustalla olevaan äänitasomittarin AC-ulos-tuloon. Tuulisuojain asetettiin paikoilleen. Äänitasomittarin A-painosuodatin kytkettiin päälle ja vahvistin säädettiin melu-

tasolle sopivaksi. Tämän jälkeen nauhuri viritettiin sen saamaa signaalia vastaavaksi.

Seuraavaksi nauhoitettiin kalibrointiääni; Kalibrointilaite asetettiin mikrofoniin ja äänitasomittarin vahvistin säädettiin 90 tai 120 dB laitteesta riippuen. C-painosuodatin kytkettiin päälle. Kalibrointilaite ja nauhuri käynnistettiin.

Melun taltioimiseksi poistettiin kalibrointilaite ja korvattiin se tuulisuojaimella. Lisäksi säädettiin äänitasomittarin painosuodatin ja vahvistin alussa mainittuihin arvoihinsa (kuva 16).

Lopuksi nauhoitettiin vielä kalibrointiääni.



Kuva 16.
Melun nauhoittaminen.

Tulosten analysointi:

Tulosten analysointi tapahtui laboratoriossa (kuva 17).

Nauhuri kytkettiin piirturiin, jonka säädöt olivat seuraavat:

- potentiometrin alue (Potentiometer Range): 50 dB
- tasasuuntaajan herkkyys (Rectifier Response): RMS
- taajuuden alaraja (Lower Limiting Frequency): 20 Hz
- piirtonopeus (Writing Speed): 200 mm/s
- paperin nopeus (Paper Speed): 3 mm/s

Piirturissa käytettiin 50 dB logaritmista potentiometriä.

Piirturissa käytetyltä 100 mm paperilta valittiin jompi kumpi keskimmaisista vahvistetuista viivoista 90 dB tai 120 dB vastaavaksi käytetystä kalibrointilaitteesta riippuen.

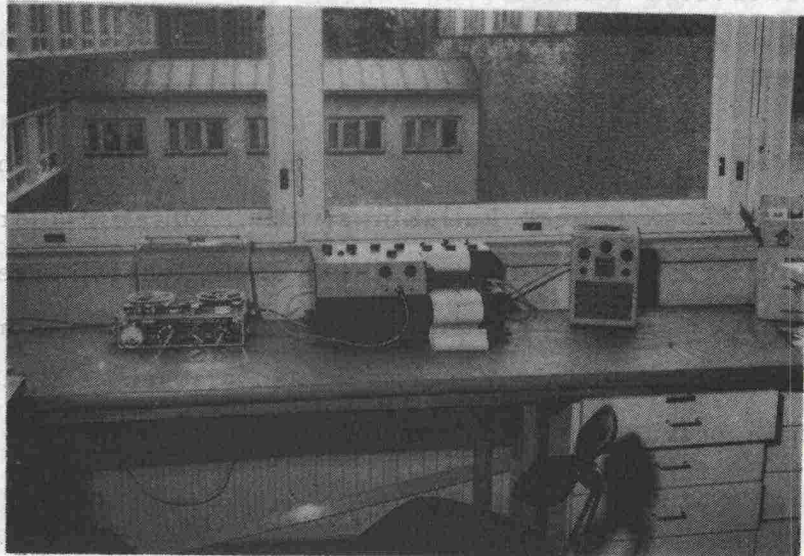
Kalibrointiäänän aikana kohdistettiin kynä sisääntulovaimentimella (Input Attenuator) ja -potentiometrillä (Input Potentiometer) oikeaan kohtaan äsken valitulla paperin asteikolla.

"Melun alkaessa" kytkettiin analysaattori toimintaan.

Analysaattori on kytketty piirturin kynään, jonka välityksellä se rekisteröi kynän aseman paperilla 5 dB levyisillä kaistoilla määrätyn väliajoin (Tässä tapauksessa 0.1 sek).

On huomattava, että meluäänän alkaessa paperin asteikko muuttui, sillä melua nauhoitettaessahan äänitasomittarin vahvistin ja painosuodatin säädettiin uudelleen.

Melun loppuessa pysäytettiin analysaattori. Sen laskurien lukemien perusteella piirrettiin melutason pysyvyyssäyrä.



Kuva 17. Nauhoitusten analysointi.

8.2 Koneen äänitason määrittäminen

Porakoneiden ja kompressorien äänitaso määritettiin koneen ympärillä suoritetuin mittauksin. Ohjeena käytettiin ruotsalaista standardiehdotusta: Förslag till svensk standard SMS 700409-3/10/ sekä standardia: ISO standard 2151: Measurement of airborne noise emitted by compressor.

Jalustalla olevan äänitasomittarin korkeus maasta oli 1.2 m. Mittauspisteitä oli kahdeksan, kaksi koneen kullakin sivulla 1 m:n ja 7 m:n etäisyydellä koneesta. Näissä havaittiin äänitasot sekä lineaarisena että A-painosuodatinta käyttäen. Äänitasomittarin aikavakio oli "fast".

Kompressorien äänitasot määritettiin koneen ollessa kuormittuna ja tyhjäkäynnillä.

Mittaukset suoritettiin yleensä 7 m:n etäisyydellä koneesta neljässä pisteessä koneen kullakin sivulla. Muistiin merkittiin äänitasomittarin suurin näyttämä, kuitenkin lyhytaikaiset huiput poislukien. Havainnot tehtiin siis hetkellä, jolloin kone oli kussakin työssä suurimman rasituksen alaisena. Mittauksissa käytettiin pelkästään A-painosuodatinta.

8.3 Melun etäisyysalenenemisen määrittäminen

Melun leviämistä ympäristöön tutkittiin louhintatyömailla kahdella havaintolinjalla, joista toinen oli tuulen alapuolella, toinen taas pyrittiin valitsemaan melun vaimenemisen kannalta mahdollisimman edulliseen suuntaan. Havaintolinjoilla edettiin niin pitkälle kuin se taustamelun ja tuulen häiritsevän vaikutuksen kannalta oli mahdollista. Havainnot pyrittiin tekemään hetkellä, jolloin porakone tai -koneet olivat porausvaiheessa. Muistiin merkittiin äänitasomittarin keskimääräinen näyttämä (mittausaika 2-3 min).

Melun etäisyysalenenemistä tutkittaessa käytettiin äänitasomittarissa A-painosuodatinta ja aikavakiota "fast".

8.4 Melun pysyvyyden määrittäminen

Koneiden aiheuttaman melun pysyvyyttä tutkittiin lyhyehköin nauhoituksin.

Louhintatyömailla mittauspiste sijaitsi 50 m:n etäisyydellä porakoneesta tai -koneista. Eräällä suuremmalla työmaalla mittauspisteet olivat 100, 200 ja 300 m:n etäisyydellä työmaasta.

9. LOUHINNAN AIHEUTTAMASTA MELUSTA

9.1 Tutkimustulokset

9.11 Koneiden äänitaso

Konekohtaiset äänitasoa koskevat mittaustulokset on esitetty liitteissä I...III. Taulukoissa 11...12 on koneet järjestetty keskimääräisen äänitason mukaiseen suuruusjärjestykseen konetyypeittäin. Taulukoissa on myös esitetty eräitä koneen kokoa luonnehtivia ominaisuuksia

Taulukossa 13 on esitetty koneiden meluemissiota käsittelevien tutkimustulosten keskiarvot ja keskihajonnat konetyypeittäin.

Keskimääräinen äänitaso on havaintotulosten aritmeettinen keskiarvo, jos suurimman ja pienimmän havainnon erotus on 5 dB tai sitä pienempi, muussa tapauksessa logaritminen keskiarvo.

Taulukko 11. Tutkitut porakoneet. Koneet on järjestetty keskimääräisen äänitason mukaiseen suuruusjärjestykseen.

Konetyyppi	ilman tarve m ³ /min/aty	suurin iskuluku / min	keskim. äänitaso dB(A)	
			1 m	7 m
Vaunuporakone	-	-	116	101
"	15.0/7	1950	116	100
"	14.2/7	3200	112	98
Kallioporakone	3.6/6	4020	112	98
"	3.3/6-7	2000	106	95

Taulukko 12. Tutkitut kompressorit keskimääräisen äänitason mukaisessa suuruusjärjestyksessä.

Konetyyppi	Koneen paino kg	ilman tuotto		keskim. äänitaso 1 m etäisyydellä dB(A)
		m ³ /min	työpaine kg/cm ²	
Kompressori	4182	17.0	7.0	103
"	4850	25.5	7.0	100
"	3949	16.9	7.0	98
"	4001	17.0	7.0	98
"	3140	10.3	7.0	98
"	3460	17.0	7.0	97
"	3340	19.8	7.0	93

Taulukko 13. Keskiarvot ja keskihajonnat konetyypeittäin.

Konetyyppi	lukum. kpl	keskim. äänitaso dB(A)	
		1 m	7 m
Porakoneet	5		
keskiarvo		112.4	98.4
keskihajonta		4.1	2.3
Kompressorit	7		
keskiarvo		98.1	
keskihajonta		3.0	

9.12 Melun etäisyysaleneminen

Melun etäisyysaleneamista tutkittiin viidellä louhintatyömaalla. Näistä kahdella oli vain yksi porakone (kallioporakone ja vaunuporakone) ja kolmella kaksi porakonetta, jotka olivat suhteellisen lähellä toisiaan (< 50 m).

Mittaustulokset on esitetty liitteissä III :1...5. Eri suunnissa saatujen mittaustulosten perusteella on piirretty regressiosuorat. Melutasoksi 7 m:n etäisyydellä on oletettu porakoneen keskimääräinen äänitaso. Jos porakoneita oli kaksi, on porakoneiden keskimääräiset äänitasot yhdistetty. Regressiosuorat on laskettu ohjelmalla, joka tulosti myös etäisyydet, joilla melutaso on 75, 70, 60, 55 ja 45 dB(A). Nämä etäisyydet on merkitty liitteisiin.

Maaston korkeussuhteita ja kasvillisuutta on pyritty havainnollistamaan liitteiden alaosassa olevien kaaviokuvien avulla.

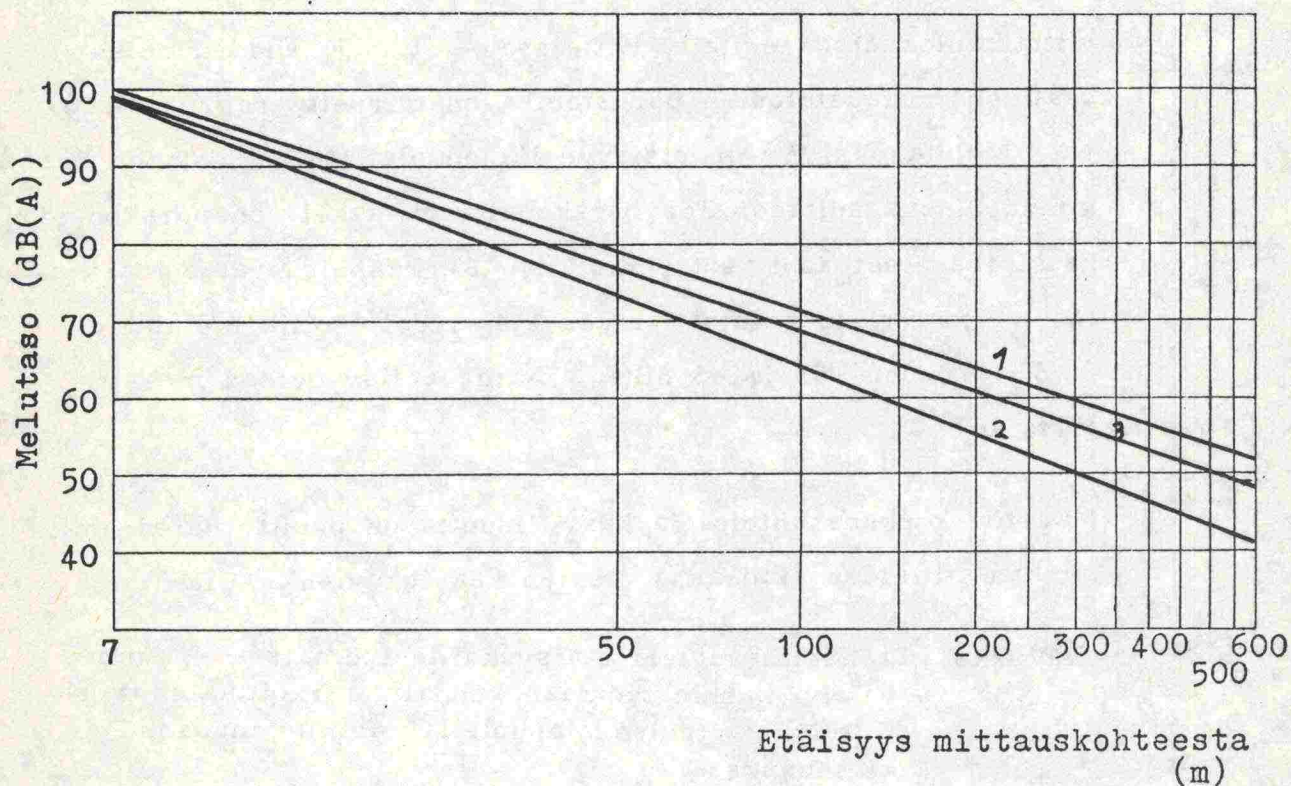
Taulukko 14. Melutasot eri etäisyyksillä työmaista. Ylempi rivi kunkin työmaan kohdalla tarkoittaa mittaus-tuloksia tuulen alapuolella, alempi muussa suunnassa.

Työmaa n:o	Etäisyys mittauskohdeesta m								
	7	50	100	150	200	250	300	350	400
1	98	78	75	68	64	60	58	56	
		63	60	58	54	55	56	50	
2	101	80	76		68		64		64
		82	63	54	45	48			
3	98	70	65	60	58				
		68	58						
4	103	83	73	66	63	59	54		
			67				49		
5	100	85	77	66	65				54
			72	64	63				52

dB(A)

Kuvassa 18 on esitetty regressiosuorat, jotka on laskettu kaikkien etäisyysalennemista osoittavien havaintojen perusteella, sekä erikseen tuulen alapuolella ja "edullisemmässä suunnassa" saatujen havaintojen perusteella.

Tätä menettelyä voidaan perustella sillä, että melutaso 7 m:n etäisyydellä (porakoneiden yhdistetty äänitaso) vaihteli vain 5 dB(A). Lisäksi varmemmat havaintolinjat, eli suunnat, joilla on tehty useampia havaintoja, saavat suuremman painon.

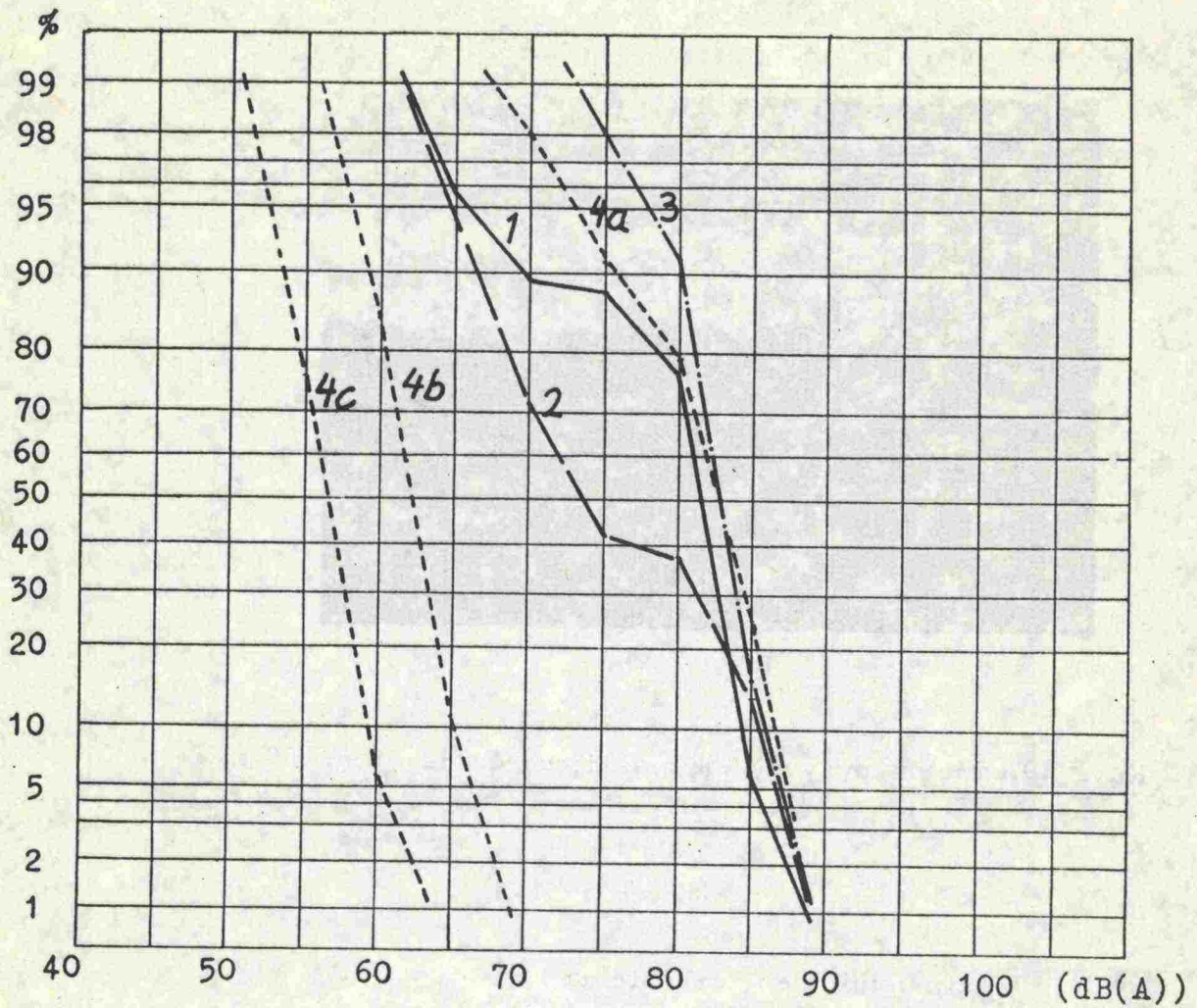


Kuva 18. Melun etäisyysalennemista osoittavat suorat:

1. Tuulen alapuolella, maasto tasainen, vai-mentava kasvillisuus vähäistä.
2. Maasto ja kasvillisuus estävät melun leviämistä.
3. Kaikki havainnot.

9.13 Melun pysyvyys

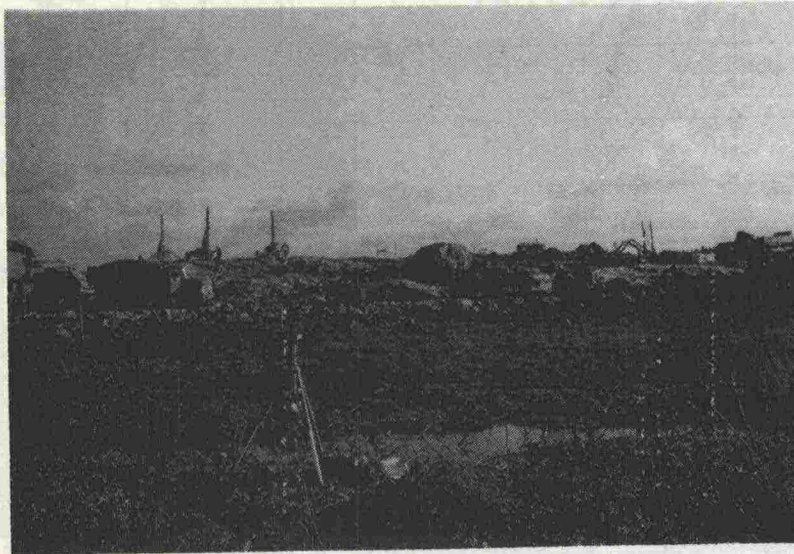
Melun pysyvyyttä osoittavat käyrät on esitetty kuvassa 19. Kolmella pienellä työmaalla (1...2 porakonetta) mittausetäisyys oli 50 m porakoneesta tai -koneista, yhdellä suuremmalla n. 100, 200 ja 300 m (kuva 21).



Kuva 19. Porakoneiden aiheuttaman melun pysyvyysskäyriä:

1. 2 kallioporakonetta (Atlas Copco RH 658),
mittausaika 12 min, etäisyys 50 m.
2. vaunuporakone (Atlas Copco ROC 601),
mittausaika 10 min, etäisyys 50 m
3. 2 vaunuporakonetta (Atlas Copco ROC 601),
mittausaika 10 min, etäisyys 50 m
4. 4 vaunuporakonetta (Ingersol Rand CM 250,
2 Atlas Copco ROC 601, Atlas Copco ROC 302),
mittausaika 12 min (kussakin pisteessä)
Etäisyys: a. n. 100 m
b. n. 200 m
c. n. 300 m

(Piirturipaperit 5...10)



Kuva 20. Melun pysyvyyden määrittäminen. Etäisyys n. 100 m.

9.2 Tutkimustulosten tarkastelua

9.2.1 Porakoneiden ja kompressorien keskimääräiset äänitasot

Tutkittujen porakoneiden äänitasot olivat varsin korkeita. Esim. sveitsiläisen normin 80 ja 85 dB(A) ylittivät reilusti.

Meluisin ja hiljaisin vaunuporakone erosivat keskimääräiseltä äänitasoltaan 3 dB(A) 7 m:n etäisyydellä. Sama oli ero kallio-
porakoneiden kohdalla.

Merkillepantavaa on, että kahdella syöttölaitteella varustettu vaunuporakone aiheutti saman keskimääräisen äänitason kuin toinen tutkituista kallio-**porakoneista** Myös suurin mitattu arvo 1 m:n etäisyydellä oli kummallakin sama. Tämä osoittaa sitä, että rakenteellisilla ratkaisuilla äänitasoa voidaan pienentää. Varsinaisia vaimentimia ei tutkituissa koneissa ollut.

Kompressorien keskimääräistä äänitasoa ei kaikissa tapauksissa pystytty määrittämään 7 m:n etäisyydellä voimakkaan ja vaihtelevan taustamelun takia. Tulosten perusteella näyttää kuitenkin siltä, että ainakin 80 dB(A) ylittyy kaikkien kompressorien kohdalla.

Kuten taulukosta 12 voidaan nähdä, ei kompressorin koko ja teho ainakaan tutkittujen koneiden kohdalla ole suhteessa sen äänitasoon.

9.22 Melun etäisyysalenneminen

Verrattuna kuvan 18 etäisyysalennemista osoittavia suoria murskausmelua käsittelevän tutkimuksen (kohta 7.2) vastaaviin arvoihin, voidaan päätellä seuraavaa:

Tuulen alapuolella suoritetuissa mittauksissa oli vaimeneminen em. tutkimuksen mukaan voimakkaampaa (kaikki murskausasemat) kuin tässä tutkimuksessa. 20 m:n kohdalla melutaso on edellisessä n. 2 dB(A) korkeampi, 100 m:ssä arvot ovat suurin piirtein samat, 300 m:n kohdalla on edellisessä tutkimuksessa saatu n. 2 dB(A) matalampi arvo, 400 m:n kohdalla on melutaso taas sama.

Tämän tutkimuksen perusteella saatu vähäisempi vaimeneminen johtunee suurelta osin siitä, että maasto ja kasvillisuus olivat epäedullisia melun vaimenemisen kannalta.

Tässä tutkimuksessa kaikkien havaintojen perusteella saatu vaimeneminen taas on suuruusluokaltaan sama em. tutkimukseen verrattuna. Melutaso eri etäisyyksillä on 1...4 dB(A) matalampi tässä tutkimuksessa.

9.23 Melun pysyvyys

Yhden porakoneen aiheuttama melu täysitehoisen työskentelyn aikana on jaksottain vaihtelevaa siten, että se muodostuu suhteellisen tasalaahtuisesta ja voimakkaasta melusta varsinaisen porausvaiheen aikana. Muut työvaiheet ovat sensijaan vähemmän melua aiheuttavia.

Useampia porausyksiköitä käsittävillä työmailla jäävät "hiljaiset" jaksot vähemmälle tai kokonaan pois, ja pysyvyyskäyrä muuttuu suoraviivaisemmaksi.

Kohdassa 6.12 käsiteltiin ruotsalaista tutkimusta, jossa tarkasteltiin erilaisten rakennustyömaiden aiheuttaman melun pysyvyyttä eri etäisyyksillä työmaista suoritetuin mittauksin.

Meluisimmaksi ja melun pysyvyyden kannalta vaihtelevimmaksi osoittautui työmaa, jolla oli kaksi ponttausvasaraa, paineilmakanki ja kompressori pääasiallisina melulähteinä. Nämä sijaitsivat 50...200 m etäisyydellä mittauspisteestä. Vasta kolmannella sijalla suuruusjärjestyksessä oli työmaa, jolla oli mm. kaksi kallioporakonetta. Mittausetäisyys oli 75 m työmaasta.

Jos verrataan tässä tutkimuksessa määritettyjä pysyvyyskäyriä edellämainitun tutkimuksen tuloksiin (taulukko 10) voidaan todeta kuvan 20 perusteella, että 50 ja 100 m etäisyydellä työkohteesta suoritetuissa mittauksissa melutason arvot, jotka ylittävät 50 % ajasta, olivat suuremmat tässä tutkimuksessa. Tuloksiin vaikuttaa kuitenkin jonkin verran se, että tässä tutkimuksessa mittauspiste valittiin porakoneesta melun vaimenemisen kannalta epäedulliseen suuntaan.

Murskausmelua käsittelevän tutkimuksen pysyvyyskäyrät on saatu eri menetelmällä ja pitempi aikaisten mittausten perusteella, joten ne eivät ole täysin vertailukelpoisia tämän tutkimuksen kanssa.

Näyttää kuitenkin siltä, että ainakin useampia porakoneita käsittelevällä työmaalla ei melutaso vaihtelee niin paljon kuin murskausasemilla; Porakoneet ovat toisistaan riippumattomia, eivätkä tämän takia samanaikaiset katkot työskentelyssä ole tavallisia.

9.3 Louhintatyömaiden aiheuttama melu eri kriteerien ja ohjeiden valossa

9.31 Työmaa ja sen lähiympäristö

Edellä kohdissa 4.1 ja 4.2 käsiteltiin kansainvälistä ja amerikkalaista kriteeriä melun enimmäisrajoille.

Kansainvälisen kriteerin mukaan 106 dB(A):n melua, joka oli pienin tutkittujen porakoneiden keskimääräinen äänitaso 1 m:n etäisyydellä saisi esiintyä vain n. 80 min yhden työviikon aikana, edellyttäen, että melutaso muuna aikana on alle 80 dB(A).

Amerikkalainen kriteeri, joka on huomattavasti lievempi, sallii saman melun n. 60 min päivässä.

116 dB(A):n melua (suurin mitattu keskimääräinen äänitaso 1 m:n etäisyydellä porakoneella) ei näiden kriteerien mukaan saisi esiintyä lainkaan.

Melun pysyvyytarkastelujen perusteella (kuva 19) 85 dB(A), jotka pidetään yleisesti kuulovaurion syntymisen riskirajana,

ylittyi pienillä työmailla (1...2 porakonetta) 50 m:n etäisyydellä työkohteesta 6-15 % tarkasteluajasta. Työmaalla jolla pääasiallisena melulähteenä oli neljä vaunuporakonetta ylitettiin 85 dB(A):n vielä 25 % ajasta. n. 100 m:n etäisyydellä porakoneista.

9.32 Louhinnan aiheuttaman melun etäisyysalennaminen lääkintöhallituksen suosituksen valossa

Kuvassa 19 esitettiin melun vaimenemista osoittavat suorat eri olosuhteissa. Taulukossa 15 on esitetty etäisyydet, joilla korkeimmat suositeltavat melutasot keskimäärin saavutetaan eri tilanteissa.

Taulukko 15 Etäisyydet, joilla suositeltavat melutasot keskimäärin saavutetaan:
 Sarake 1: Tuulen alapuolella, maasto tasainen, vaimentavaa kasvillisuutta vähän (Liite III havaintolinjat 1)
 Sarake 2: Maaston ja kasvillisuuden estäessä melun leviämistä (Liite III havaintolinjat 2)
 Sarake 3: Kaikki havainnot (Liite III).

Alueen käyttötarkoitus ja korkein suositeltava melutaso dB(A)	Etäisyys m			
	1	2	3	
Ulkona suoritettavat meluistyt:	75	70	45	60
Yleiset alueet:	70	290	140	210
	60	120	65	90
Asuntoalueet	55	470	210	330
Ulkoilu-, virkistys- ja loma-asuntoalueet	45	(1200)	450	780

9.4 Louhinnan aiheuttamien meluhaittojen vähentäminen

Meluhaittoja voidaan torjua periaatteessa seuraavilla keinoilla:

1. Melulähteen akustista tehoa pienentämällä
2. Melulähteen ja vastaanottajan välistä eristystä lisäämällä
3. Melusta häiriintyvän kohteen suojaamisella /13/.

Useita tapoja on olemassa ja käyttökelpoisia ratkaisuja on kehitetty louhinnankin meluhaittojen pienentämiseksi. Selvien määräysten puute ja osaksi välinpitämättömyys ovat aiheuttaneet sen, ettei näitä keinoja käytetä.

9.41 Kuulon suojaus

Louhintatyömaalla työskentelevät näyttävät tottuneen meluun, eivätkä koe sitä niin haitallisena kuin ulkopuolinen tarkkailija. Ei ole ollenkaan harvinaista nähdä porakoneen käyttäjää, joka ei ole varustautunut minkäänlaisin kuulosuojaimin. Niitä ei joko ole ollenkaan, ei ole nyt tai ne koetaan epämiellyttävänä käyttää. Yleisempää kuin porakoneiden käyttäjien keskuudessa, on kuulon suojauksen laiminlyönti muilla vaara-alueilla työskentelevillä.

Kuulosuojaimia tulisi lisäksi käyttää oikein.

On erittäin tärkeää, että suojaimet sijoitetaan korville ennen melun alkamista ja otetaan pois vasta meluttomassa ympäristössä. Hyvänkin suojaimen tehollinen hyöty on 90-prosenttisena käyttöaikana enintään 10 dB ja 99-prosenttisena käyttöaikana enintään 20 dB. Lisäksi ennen suojainten asettamista saatu tilapäinen kuulonalennus (korvien lukkiutuminen) vaikeuttaa puheen ymmärtämistä /14/.

9.42 Koneiden meluemission pienentäminen

Oikea kuulon suojaus parantaa tilannetta itse työmaalla, sen sijaan koneiden meluemission pienentämisellä on merkitystä itse työmaan lisäksi myös ympärillä olevien häiriintyvien kohteiden kannalta.

9.421 Koneiden kunto

Koneiden kunto on usein meluisuuden kannalta huono; Kompressorin moottorin äänenvaimentaja saattaa olla käyttökelvottomaksi ruostunut. Kompressorin korirakenne on iän mukana tai kolhiutumisen seurauksena löyhtynyt, kansiluukut puuttuvat tai pidetään auki. Kaikki edellä mainittu lisää koneen äänitasoa. Korjauksia ei kuitenkaan katsota tarpeellisiksi, sillä nämä viat eivät huononna koneen teknisiä ominaisuuksia.

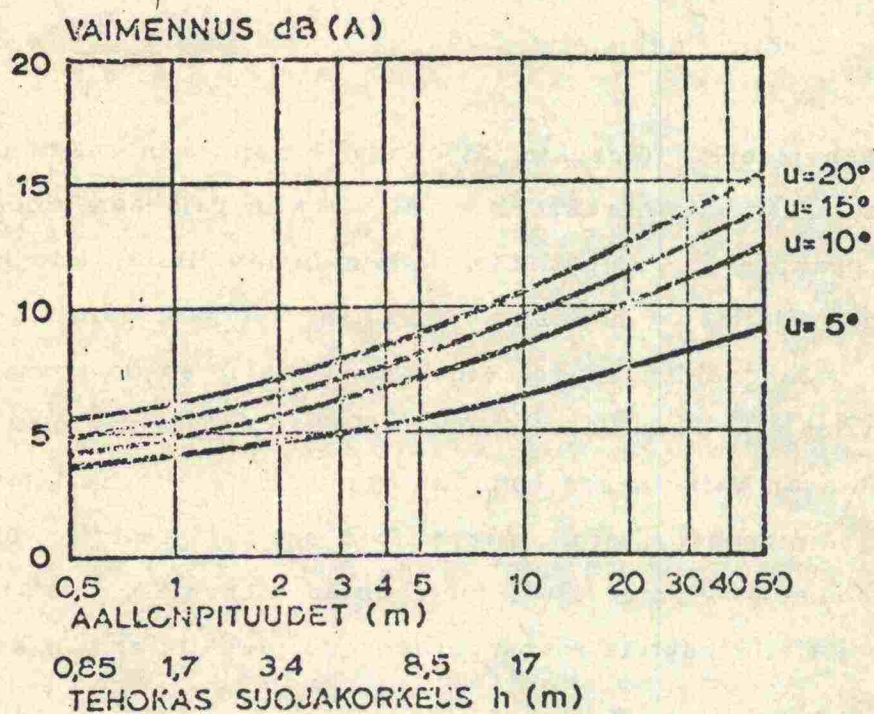
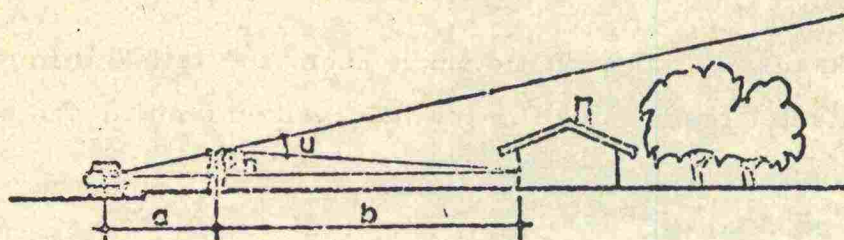
9.422 Vaimennetut koneet

Markkinoilla on jo usean vuoden ajan ollut saatavissa vaimennettuja koneita. Esim. porakoneiden poistoilman aiheuttamaa melua on voitu alentaa 10 dB(A) ympäröimällä kone vaimentimella. Kompressorien äänitaso on taas saatu 70-75 dB(A):in rakentamalla koneen kori ääntä eristäväksi erilaisin äänenvaimennuslevyin sekä lisäämällä äänilukot vaimentimen ilma-aukkoihin.

Näin aikaansaatu kone on tietenkin huomattavasti kalliimpi kuin riisuttu malli, mikä on omiaan vaikeuttamaan sen yleistyistä.

9.43 Työmaajärjestelyt

Työmaan ja ehkä töidenkin järjestelyllä voitaisiin saada parannuksia aikaan. Kompessorit eivät ole niin paikkaan sidottuja kuin porakoneet. Työmailla on kuitenkin tavallista, että kompressorit sijaitsevat hajallaan eri osissa työmaata siten, että niiden porakoneiden kanssa aiheuttama melutaso on korkea varsin laajalla alueella. Keskittämällä kompressorit maaston vaimentavan vaikutuksen kannalta sopivaan paikkaan ja tehostamalla vaimennusta esim. siirrettävin suojaseinämin, voitaisiin työmaan ja ympäristön meluhaittaa pienentää. Suojaseinämiä voitaisiin käyttää myös porakoneen ja häiriintyvän kohteen välissä.



Kuva 21 Vaimennus h(m) korkean suojaesteen takana, u on esteen yläreunasta äänilähteeseen ja äänen vastaanottajaan vedettyjen suorien välinen kulma.

YHTEENVETO

Tutkimuksessa tarkasteltiin pienten louhintatyömaiden aiheuttamaa melua ja sen leviämistä ympäristöön.

Ohjeena meluemissiomittausten suorituksessa käytettiin ruotsalaista standardiehdotusta: Förslag till svensk standard SMS 700409-3 ja standardia: ISO standard 2151: Measurement of airborne noise emitted by compressor.

Mittaustulosten perusteella laskettiin koneiden keskimääräiset äänitasot:

Porakoneiden keskimääräiset äänitasot vaihtelivat 7 m:n etäisyydellä 95...101 dB(A). Keskiarvo 98.4 dB(A), keskihajonta 2.3 dB(A). Vastaavasti 1 m:n etäisyydellä: 106...116 dB(A). Keskiarvo: 112.4 dB(A), keskihajonta: 4.1 dB(A).

Kompressorien keskimääräiset äänitasot koneen toimiessa täydellä teholla vaihtelivat 1 m:n etäisyydellä 93...103 dB(A). Keskiarvo: 98.1 dB(A), keskihajonta: 3.0 dB(A).

Ympäristötekijöiden vaikutusta melun vaimenemiseen tarkasteltiin lähinnä korkeimpien suositeltavien melutasojen suhteen; Esim. kone, jonka keskimääräinen äänitaso on 80 dB(A), aiheuttaa 45 dB(A):n melutason ympäristöolosuhteista riippuen 110...180 m:n etäisyydellä.

45 dB(A):n melutaso louhintatyömaiden ympäristössä saavutetaan 450...1200 m etäisyydellä työmaasta. Ensinmainittu raja-arvo suotuisissa olosuhteissa, jälkimmäinen tuulen alapuolella epäedullisissa olosuhteissa.

KIRJALLISUUSLUETTELO

1. Borenius, J., Melua koskevia perustietoja, Meluntorjuntanäkökohtien huomioon ottaminen tuotteita kehitellessä, INSKO 55-71, Helsinki 1971
2. Broch, J.T., Acoustic noise measurements, Brüel & Kjaer, Denmark 1971
3. Beranec, L., Noise and Vibration control, New York 1971
4. Laakso, T.K., Ilmanvaihdossa syntyvien melujen vaimentaminen ja eristäminen, Meluntorjuntanäkökohtien huomioon ottaminen tuotteita kehitellessä, INSKO 55-71, Helsinki 1971
5. Lääkintöhallituksen yleiskirje n:o 1551, Terveystieteiden tutkimuskeskuksen (469/65) ja -asetuksen (55/67) nojalla annetut melua koskevat terveydelliset suositukset, Ympäristö ja terveys (1973):3
6. Lehtinen, P.U., Työmelu, Ehkäise tapaturmia (1969):3
7. Miettinen, U., Melun haittavaikutukset, Ympäristö ja terveys (1974):3
8. Jauhiainen, T., Melun vaarallisuus ja häiritsevyys, Meluntorjuntanäkökohtien huomioon ottaminen tuotteita kehitellessä, INSKO 55-71, Helsinki 1971
9. U.S. Department of Labour, Guidelines to the department of labor's occupational noise standards for federal supply contract, Bulletin (1970):33
10. Byggbuller som samhällsproblem, Del 1 Stockholm 1971, Statens institut för byggnadsforskning, Rapport R21:1971

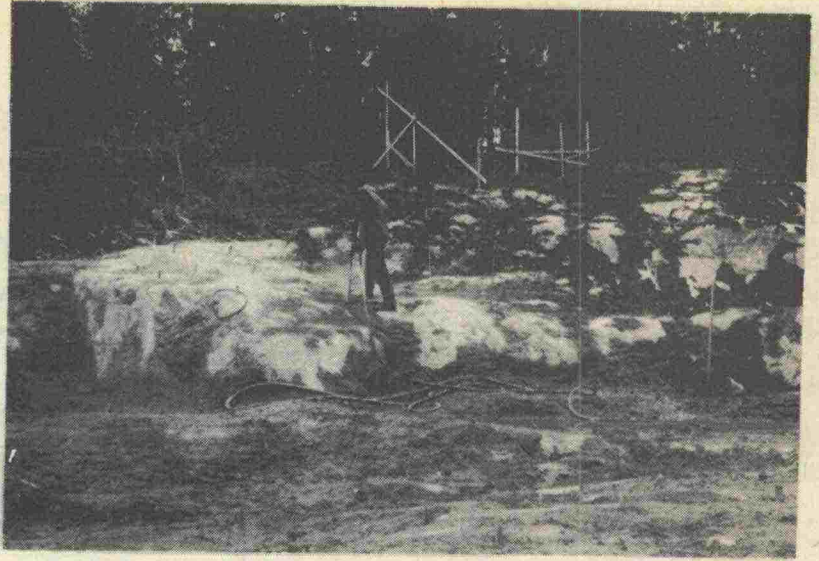
11. Helsingin kaupungin ympäristön suojelulautakunta, Meluntorjuntaohjeet, Helsinki 1972
12. Brandt, O., **Bullerfrågor** i samhällsplanering, Bygg huvuddel 8, AB Byggmästarens Förslag, Stockholm 1962
13. Blomgren, K.-E., Murskausaseman toiminnasta aiheutuvasta ympäristön saastumisesta, HTKK, Tie- ja liikennetekniikan laitos, Otaniemi 1972
14. Lehtinen, P.U., Äänihuippujen etsintä on torjunnan kannalta tärkeää, Työ terveys turvallisuus (1975):2.

MITTAUS N:0 21

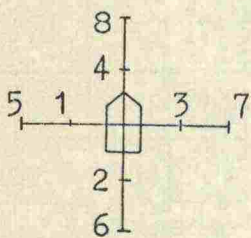
Tietyömaa Hyrylä-Kulloo 13.9.1974

KONE: Kallioporakone
Atlas Copco RH 658

SÄÄ: Pilvinen, 18°C,
tuuli 4 bf.



KONEEN ÄÄNITASO



Mittaus- piste	1	2	3	4	ka. (1-4)	5	6	7	8	ka. (5-8)
dB(lin)	108	103	112	111	110	98	94	96	100	97
dB(A)	105	102	107	109	106	97	93	93	98	95

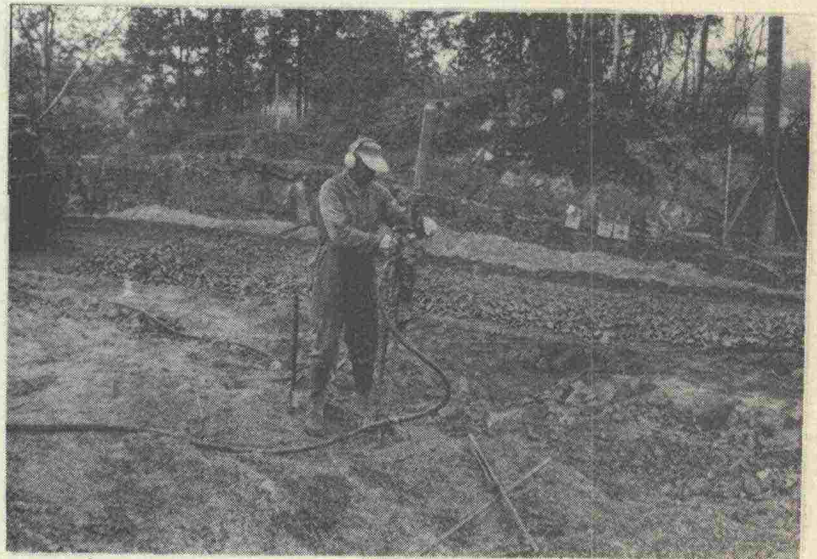
Mittauspisteet 1...4 1m:n etäisyydellä koneesta,
5...8 7m:n etäisyydellä koneesta.

MITTAUS N:0 25

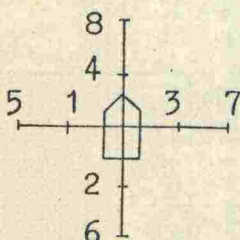
Kaupintie, Helsinki 20.9 1974

KONE: Kallioporakone
Tampella-Tamrock S 100

SÄÄ: Sateinen, 17°C,
tuuli 4..6 bf.



KONEEN ÄÄNITASO



Mittaus- piste	1	2	3	4	ka. (1-4)	5	6	7	8	ka. (5-8)
dB(lin)	114	113	116	115	115	98	98	102	103	100
dB(A)	112	110	113	114	112	97	97	97	102	98

Mittauspisteet 1...4 1m:n etäisyydellä koneesta,
5...8 7m:n etäisyydellä koneesta.

MITTAUS N:0 28

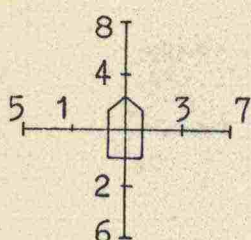
Parainen 23.9.1974

KONE: Vaunuporakone
Atlas Copco ROC 601



SÄÄ: Pilvinen, 17°C,
tuuli 6..8 bf.

KONEEN ÄÄNITASO



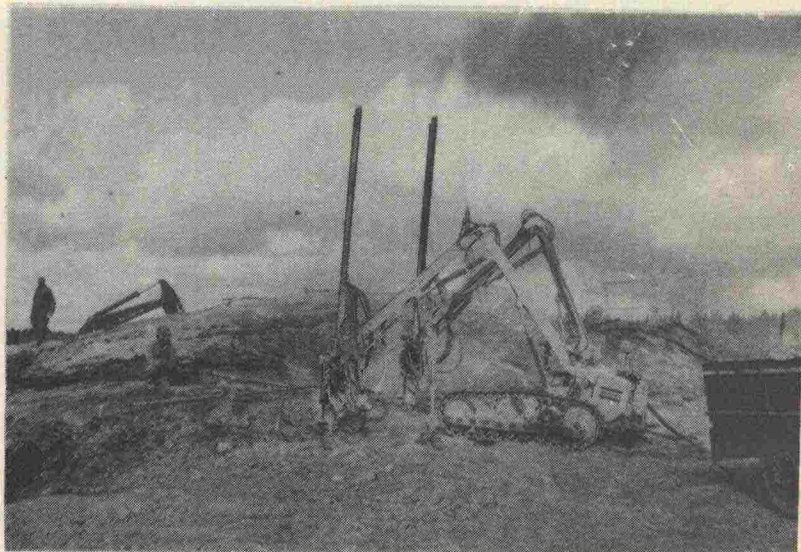
Mittaus- piste	1	2	3	4	ka. (1-4)	5	6	7	8	ka. (5-8)
dB(lin)	119	109	121	119	119	101	103	105	107	104
dB(A)	117	103	117	117	116	98	96	102	103	100

Mittauspisteet 1...4 1m:n etäisyydellä koneesta,
5...8 7m:n etäisyydellä koneesta.

MITTAUS N:0 30

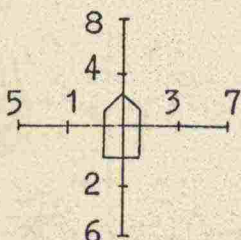
Parainen 23.9.1974

KONE: Vaunuporakone
Atlas Copco ROC 302



SÄÄ: Pilvinen, 17°C,
tuuli 6... 8 bf.

KONEEN ÄÄNITASO



Mittaus- piste	1	2	3	4	ka. (1-4)	5	6	7	8	ka. (5-8)
dB(lin)	114	107	114	114	113	100	100	105	102	102
dB(A)	113	102	114	114	112	98	95	100	100	98

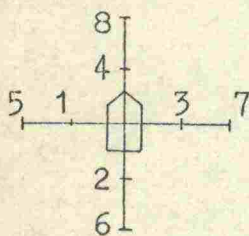
Mittauspisteet 1...4 1m:n etäisyydellä koneesta,
5...8 7m:n etäisyydellä koneesta.

KONE: Vaunuporakone
Holman Holtrac MK-3

SÄÄ: Selkeä, 20°C,
tuuli 2 bf



KONEEN ÄÄNITASO

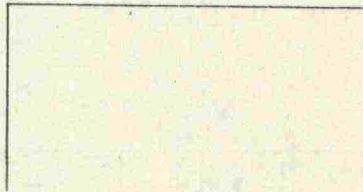


Mittauspiste	1	2	3	4	ka. (1-4)	5	6	7	8	ka. (5-8)
dB(lin)	119	105	110	118	118	100	98	106	109	107
dB(A)	117	104	110	120	116	98	96	104	103	101

Mittauspisteet 1...4 1m:n etäisyydellä koneesta,
5...8 7m:n etäisyydellä koneesta.

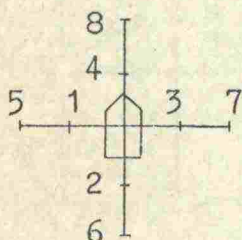
MITTAUS N:0

KONE:



SÄÄ:

KONEEN ÄÄNITASO

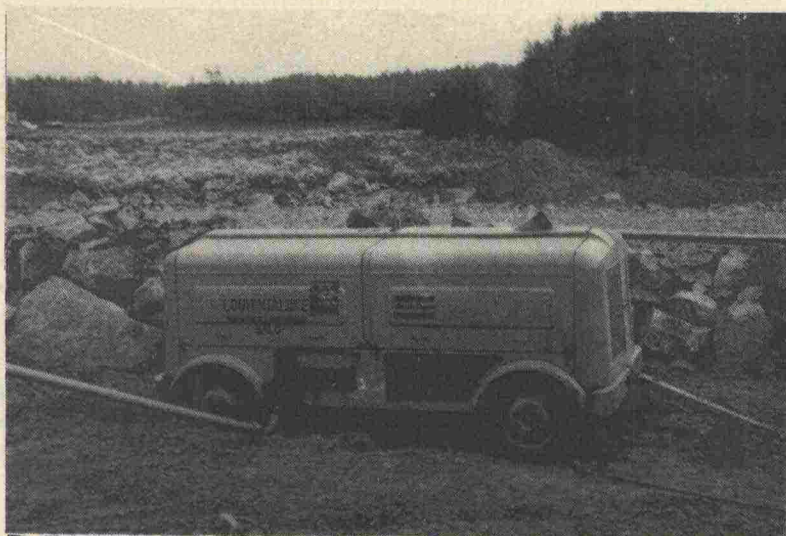


Mittauspiste	1	2	3	4	ka. (1-4)	5	6	7	8	ka. (5-8)
dB(lin)										
dB(A)										

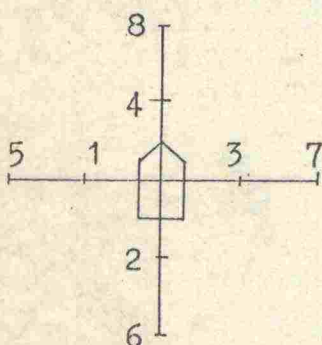
Mittauspisteet 1...4 1m:n etäisyydellä koneesta,
5...8 7m:n etäisyydellä koneesta.

KOMPRESSORI:

Atlas Copco PR 600 DD

SÄÄ: Selkeä, 17°C,
tuuli 6...8bf.

KOMPRESSORIN ÄÄNITASO



Mittauspisteet 1...4 1m:n etäisyydellä koneesta, 7 ja 8 3,5m:n etäisyydellä koneesta.

KAASU AUKI

Mittauspiste	1	2	3	4	ka. (1-4)	5	6	7	8	ka. (5-8)
dB(lin)	99	96	100	101	99	-	-	94	95	95
dB(A)	95	90	96	100	97	-	-	88	93	91

TYHJÄKÄYNTI

Mittauspiste	1	2	3	4	ka. (1-4)	5	6	7	8	ka. (5-8)
dB(lin)	95	93	97	99	97	-	-	92	94	93
dB(A)	92	86	93	96	93	-	-	87	90	89

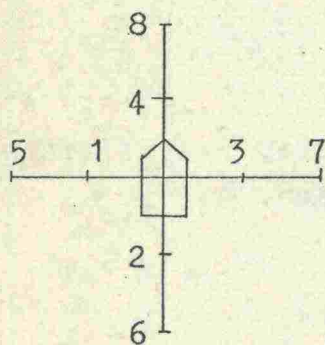
KOMPRESSORI:

Atlas Copco PR 700 DD

SÄÄ: Selkeä, 17°C,
tuuli 6...8 bf.



KOMPRESSORIN ÄÄNITASO



Mittauspisteet 1...4 1m:n etäisyydellä koneesta, 5...8 7m:n etäisyydellä koneesta.

KAASU AUKI

Mittauspiste	1	2	3	4	ka. (1-4)	5	6	7	8	ka. (5-8)
dB(lin)	99	99	97	100	99	91	90	93	92	92
dB(A)	92	93	93	95	93	83	79	85	85	84

TYHJÄKÄYNTI

Mittauspiste	1	2	3	4	ka. (1-4)	5	6	7	8	ka. (5-8)
dB(lin)	98	95	95	96	96	89	-	88	88	88
dB(A)	90	88	90	92	90	82	-	81	81	81

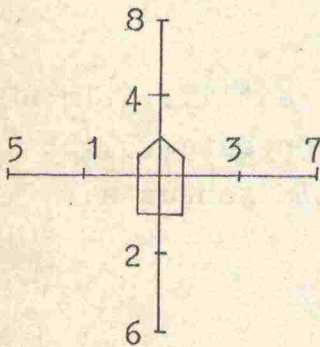
KOMPRESSORI:

Broom Wade WR 600

SÄÄ: Pilvinen, 17°C,
tuuli 6...8bf.



KOMPRESSORIN ÄÄNITASO



Mittauspisteet 1...4 1m:n etäisyydellä koneesta, 5...8 7m:n etäisyydellä koneesta.

KAASU AUKI

Mittauspiste	1	2	3	4	ka. (1-4)	5	6	7	8	ka. (5-8)
dB(lin)	112	103	107	103	108	96	100	96	95	97
dB(A)	105	96	105	100	103	92	89	92	86	90

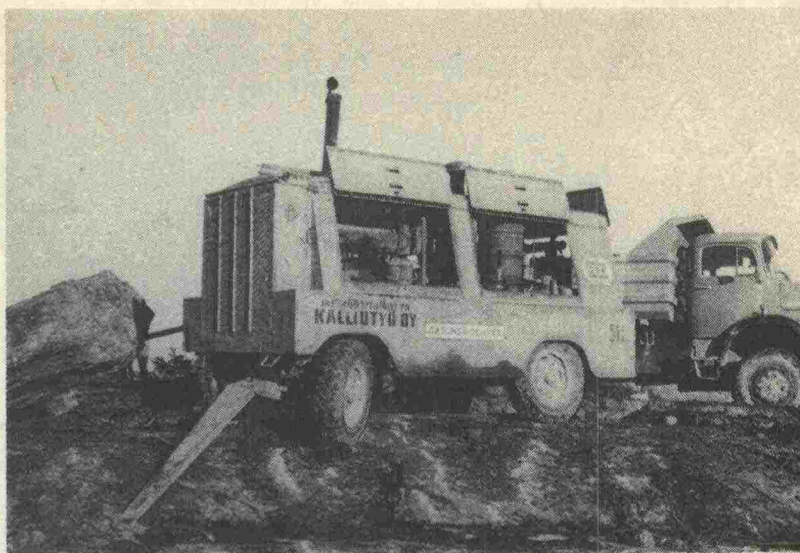
TYHJÄKÄYNTI

Mittauspiste	1	2	3	4	ka. (1-4)	5	6	7	8	ka. (5-8)
dB(lin)	104	98	103	99	102	94	-	94	88	92
dB(A)	102	90	102	96	97	88	-	87	83	86

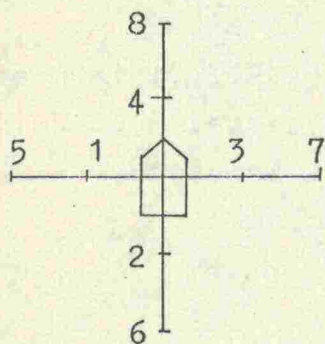
KOMPRESSORI:

Garden Denver SP600

SÄÄ: Selkeä, 10°C,
tuuli 4...6bf.



KOMPRESSORIN ÄÄNITASO



Mittauspisteet 1...4 1m:n etäisyydellä koneesta, 5 ja 8 3,5m:n etäisyydellä koneesta.

KAASU AUKI

Mittauspiste	1	2	3	4	ka. (1-4)	5	6	7	8	ka. (5-8)
dB(lin)	104	102	104	104	104	99	-	-	97	98
dB(A)	100	96	101	98	98	94	-	-	91	93

TYHJÄKÄYNTI

Mittauspiste	1	2	3	4	ka. (1-4)	5	6	7	8	ka. (5-8)
dB(lin)										
dB(A)										

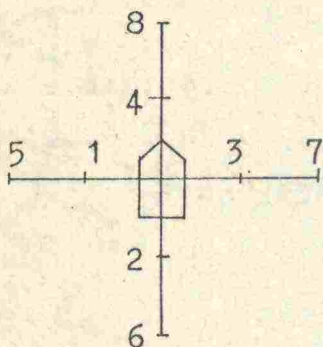
KOMPRESSORI:

Holman RO 60 P

SÄÄ: Pilvinen, 17°C,
tuuli 6...8bf.



KOMPRESSORIN ÄÄNITASO



Mittauspisteet 1...4 1m:n etäisyydellä koneesta, 5..8 7m:n etäisyydellä koneesta.

KAASU AUKI

Mittauspiste	1	2	3	4	ka. (1-4)	5	6	7	8	ka. (5-8)
dB(lin)	110	106	108	105	107	104	102	105	103	104
dB(A)	100	95	99	96	98	90	90	91	91	91

TYHJÄKÄYNTI

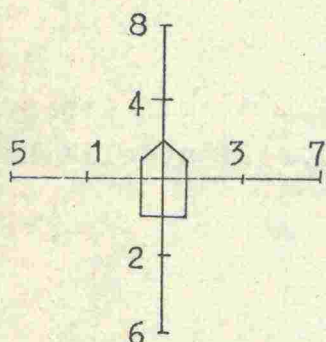
Mittauspiste	1	2	3	4	ka. (1-4)	5	6	7	8	ka. (5-8)
dB(lin)										
dB(A)										

KOMPRESSORI:

Ingersoll-Rand DRC-365

SÄÄ: Selkeä, 10°C,
tuuli 4...6bf.

KOMPRESSORIN ÄÄNITASO



Mittauspisteet 1...4 1m:n etäisyydellä koneesta, 7 3,5m:n etäisyydellä koneesta.

KAASU AUKI

Mittauspiste	1	2	3	4	ka. (1-4)	5	6	7	8	ka. (5-8)
dB(lin)	104	98	102	102	102	-	-	97	-	
dB(A)	100	95	100	99	98	-	-	93	-	

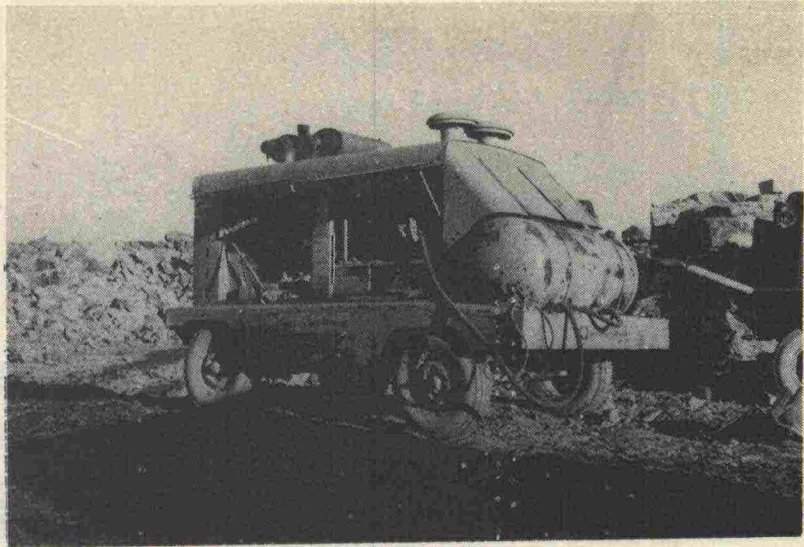
TYHJÄKÄYNTI

Mittauspiste	1	2	3	4	ka. (1-4)	5	6	7	8	ka. (5-8)
dB(lin)	97	95	97	94	96	-	-	93	-	
dB(A)	94	88	93	89	91	-	-	86	-	

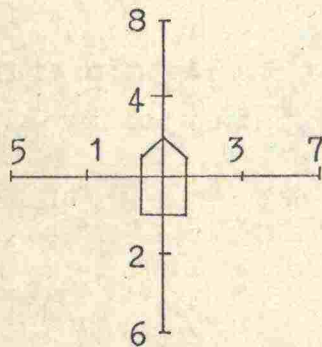
KOMPRESSORI:

Ingersoll-Rand DXL-900

SÄÄ: Selkeä, 10°C,
tuuli 4...6 bf.



KOMPRESSORIN ÄÄNITASO



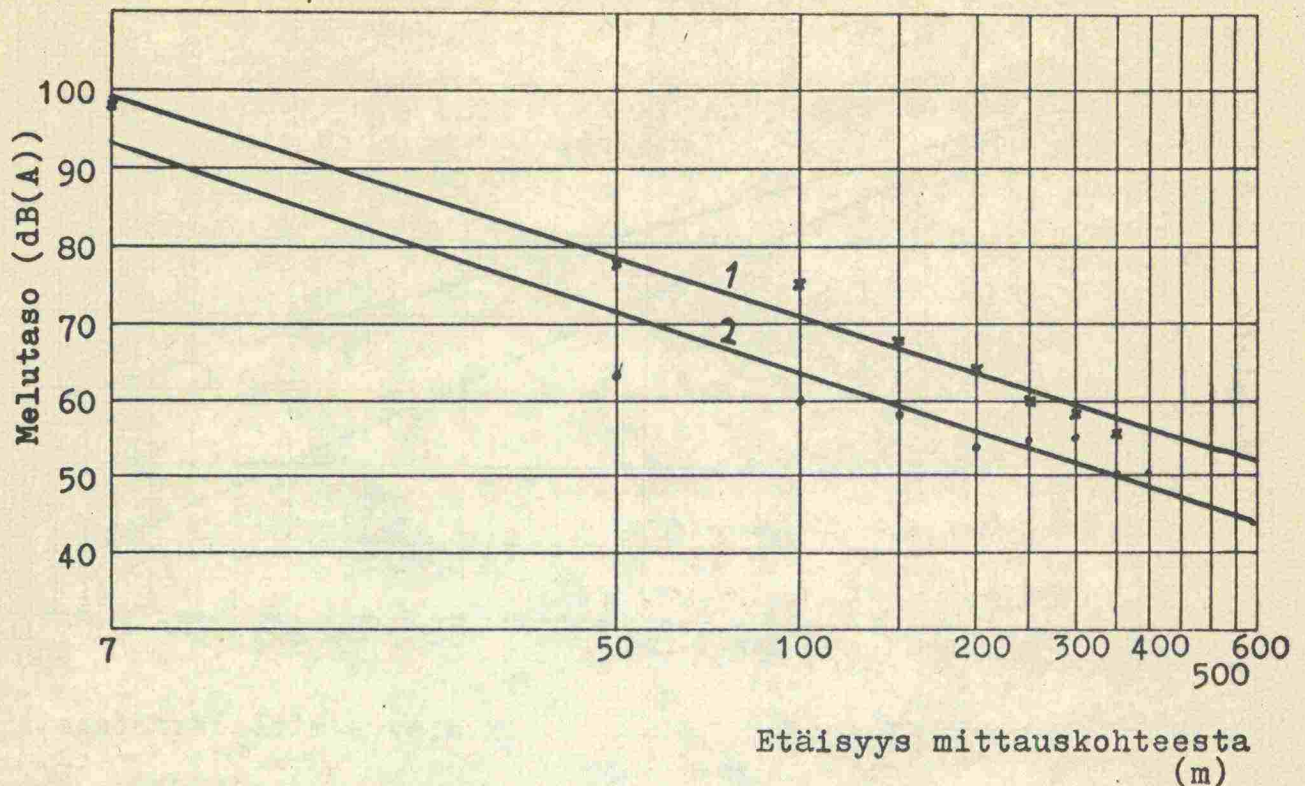
Mittauspisteet 1...4 1m:n etäisyydellä koneesta, 5 7m:n etäisyydellä koneesta.

KAASU AUKI

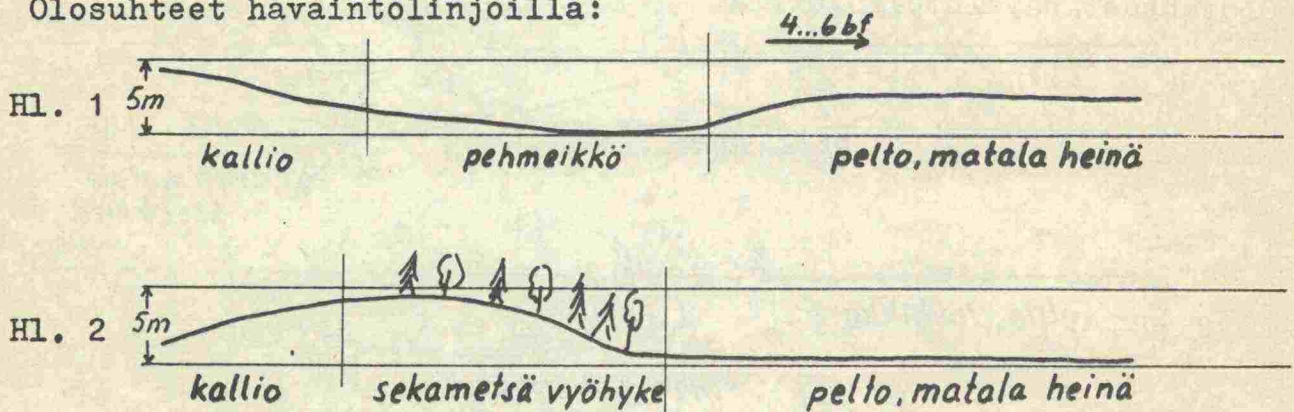
Mittauspiste	1	2	3	4	ka. (1-4)	5	6	7	8	ka. (5-8)
dB(lin)	104	99	104	104	103	98				
dB(A)	102	95	101	100	100	95				

TYHJÄKÄYNTI

Mittauspiste	1	2	3	4	ka. (1-4)	5	6	7	8	ka. (5-8)
dB(lin)	98	95	98	96	97	94				
dB(A)	96	92	96	93	94	90				



Olosuhteet havaintolinjoilla:



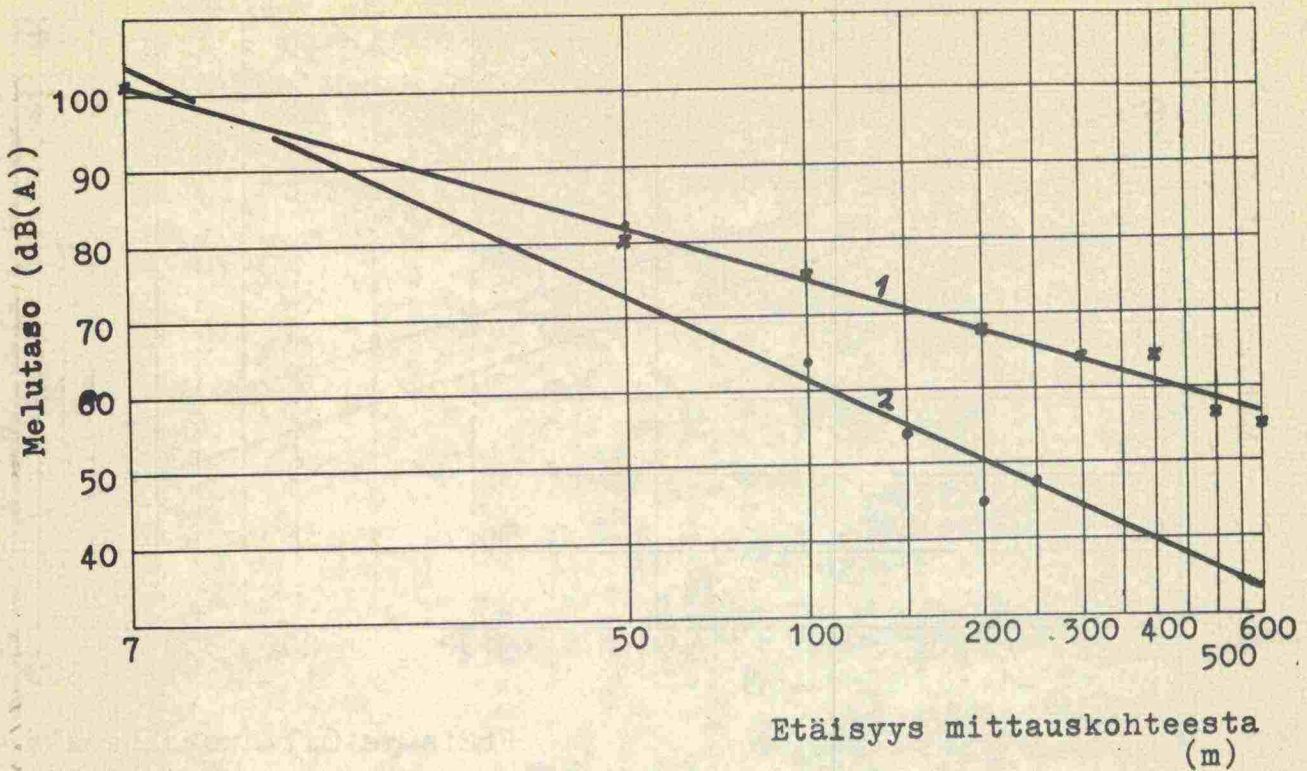
Pääasiallinen melulähde:

Kaksi kallioporakonetta (Atlas Copco RH 658)

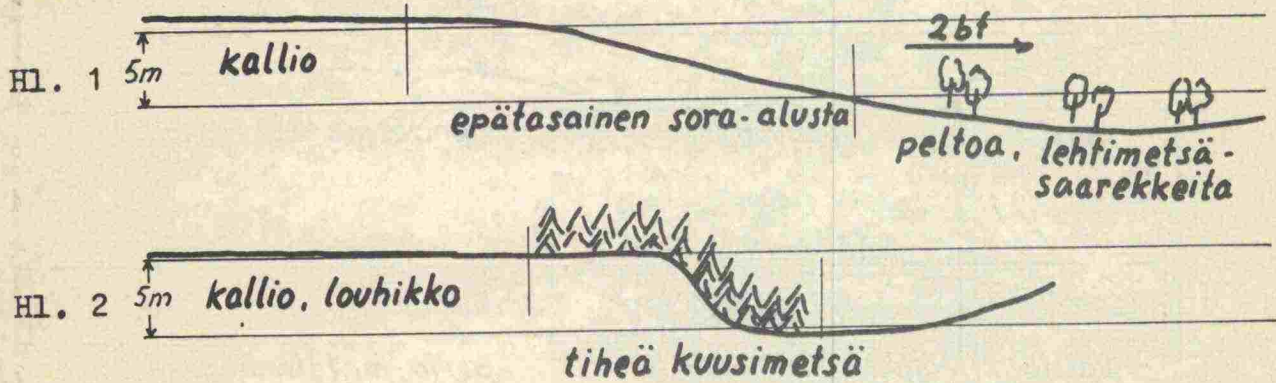
Sää: Pilvinen, 18°C, tuuli 4...8bf.

Melu- taso (dB(A))	hl.	
	1	2
75	70	35
70	110	55
60	280	130
55	450	205
45	1145	505

(m)



Olosuhteet havaintolinjoilla:

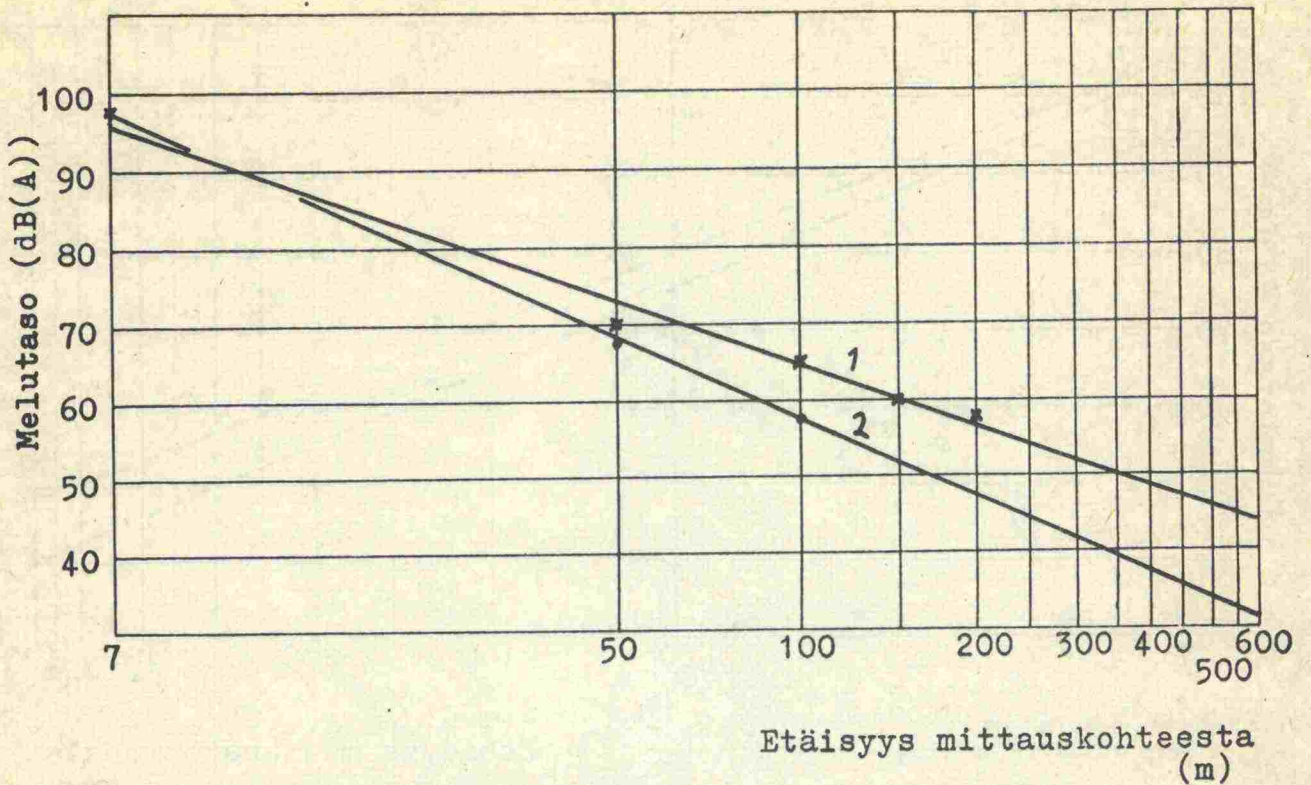


Pääsiallinen melulähde:
Vaunuporakone (Holman Holtrac MK 3)

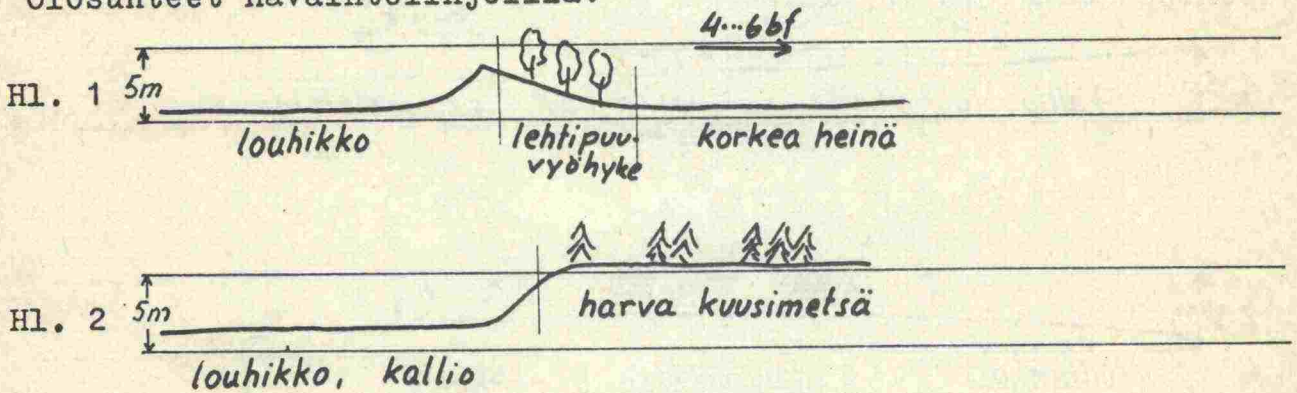
Sää: Selkeä, 20°C, tuuli 2bf.

Melutaso (dB(A))	hl.	
	1	2
75	95	45
70	160	60
60	435	110
55	720	155
45	1975	285

(m)



Olosuhteet havaintolinjoilla:



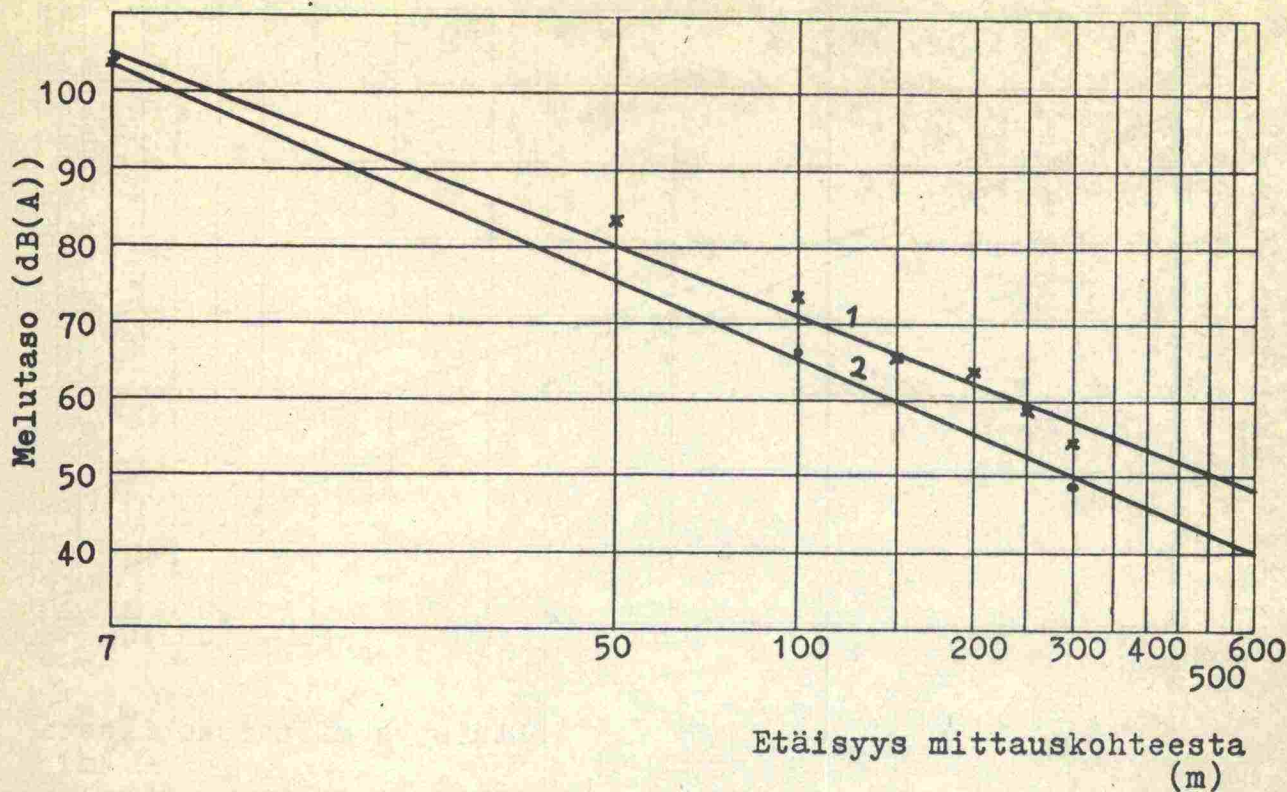
Pääasiallinen melulähde:

Kallioporakone (Tampella Tamrock S 100)

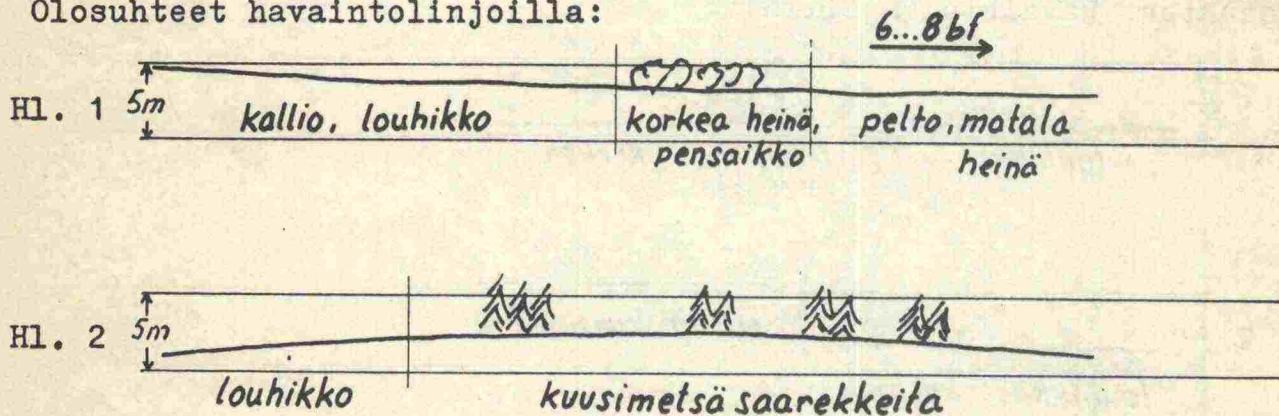
Sää: Sateinen, 20°C, tuuli 4...6bf.

Melutaso (dB(A))	hl.	
	1	2
75	45	30
70	65	45
60	150	85
55	225	120
45	515	235

(m)



Olosuhteet havaintolinjoilla:



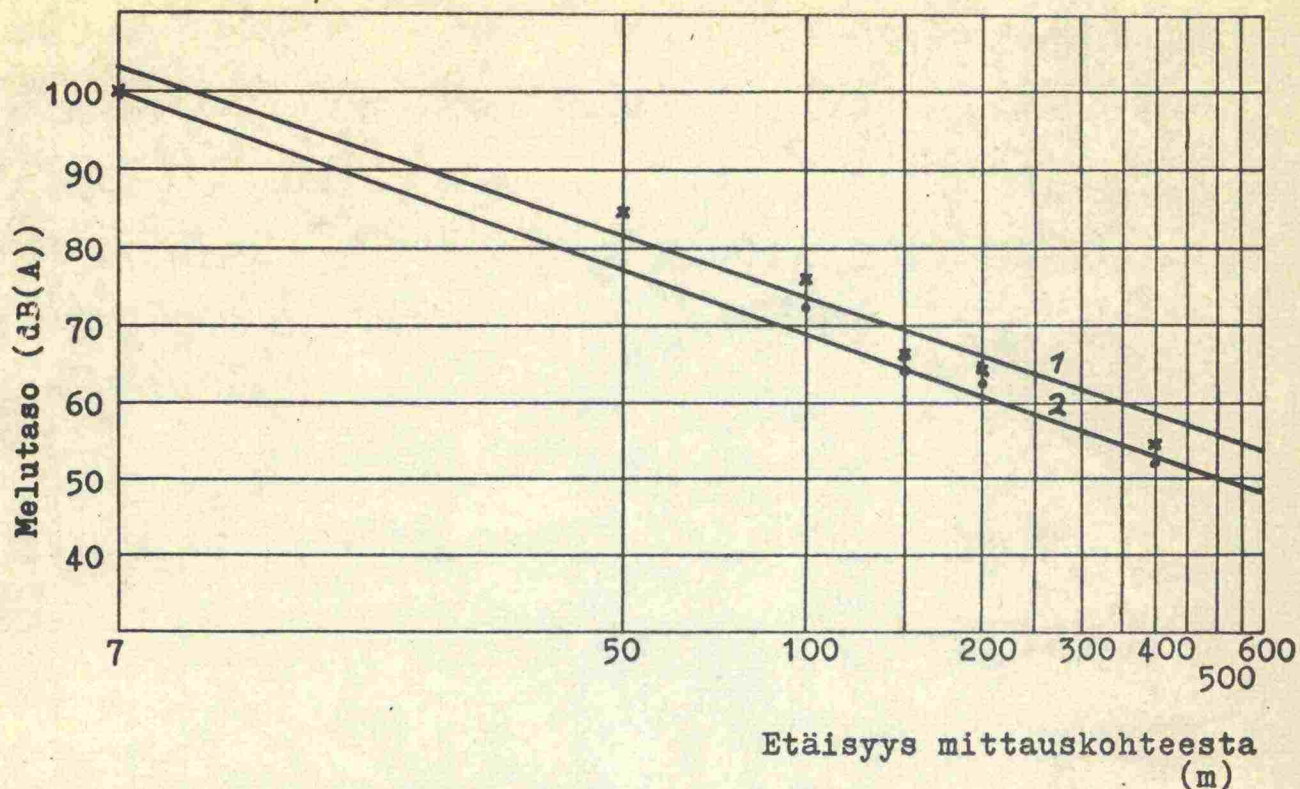
Pääasiallinen melulähde:

Kaksi vaunuporakonetta (Atlas copco ROC 601)

Melutaso (dB(A))	hl.	
	1	2
75	75	50
70	110	75
60	240	150
55	355	210
45	775	425

(m)

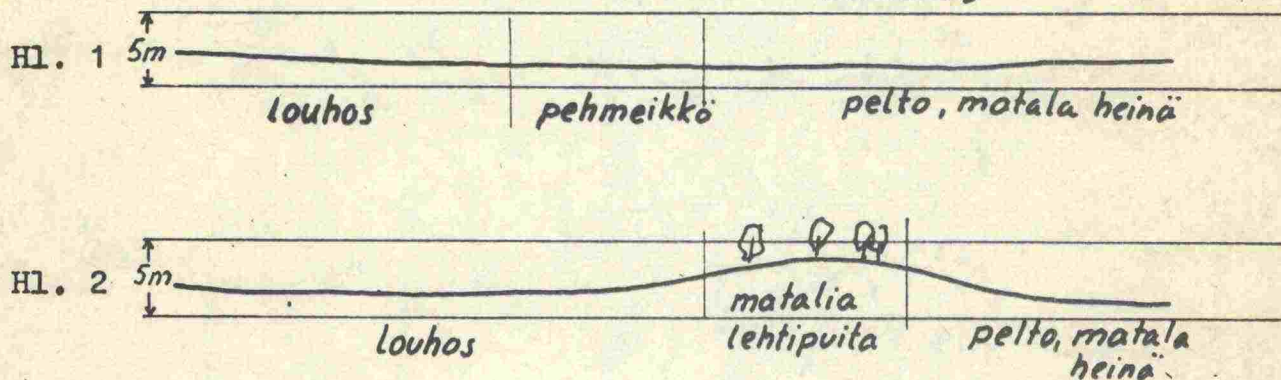
Sää: Pilvinen, 17°C, tuuli 6...8bf.



Etäisyys mittauskohteesta (m)

Olosuhteet havaintolinjoilla:

6...8bf →



Pääasiallinen melulähde:

Vaunuporakone (Atlas Copco ROC 601)

Sää: Pilvinen, 17°C, tuuli 6...8bf.

Melu- taso (dB(A))	hl.	
	1	2
75	80	65
70	130	100
60	310	230
55	480	355
45	1160	845

(m)

