


ULTRAÄÄNISTÄ

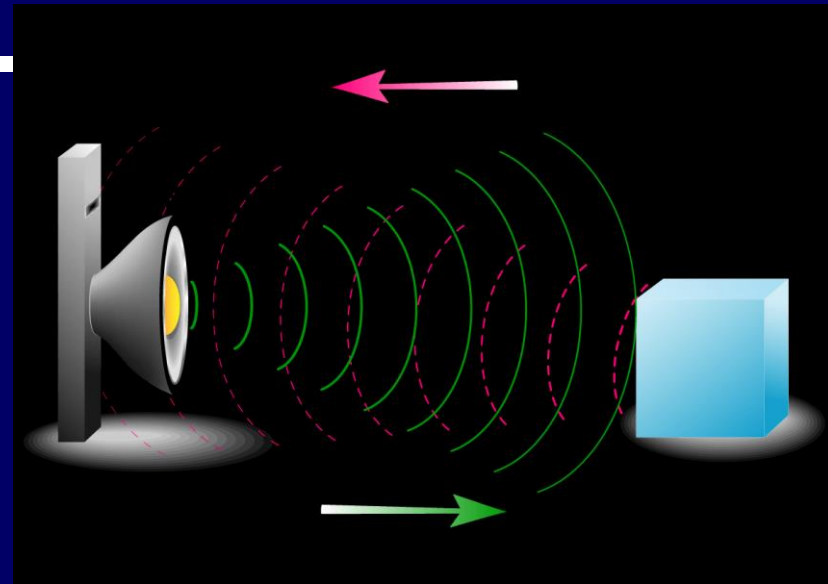
Työhygieeninen näkökulma

Rauno Pääkkönen,
Tmi Rauno Pääkkönen
rauno.paakkonen@gmail.com

Johdanto

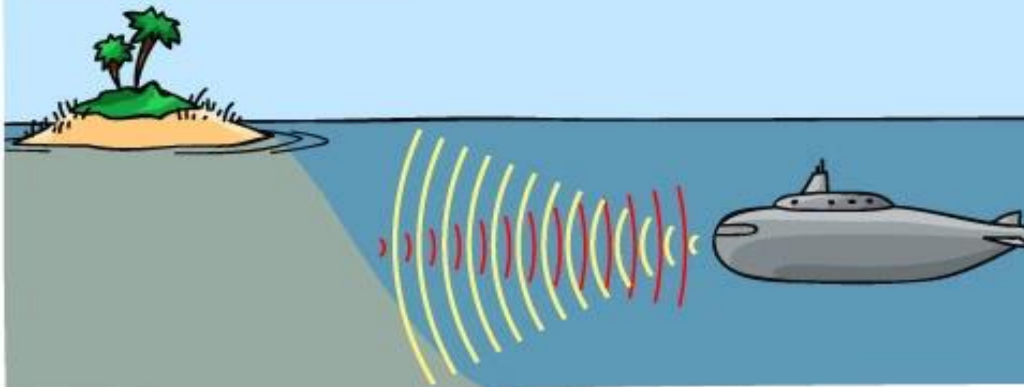
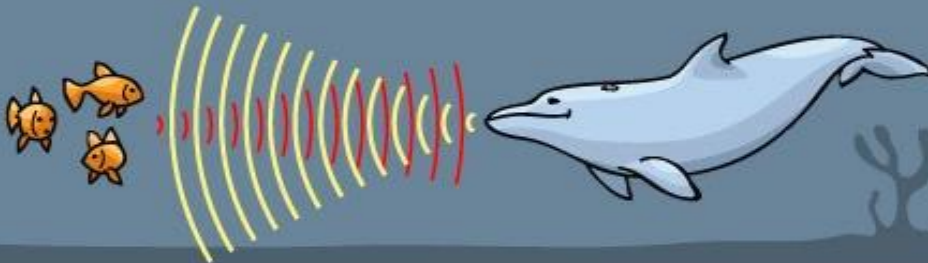
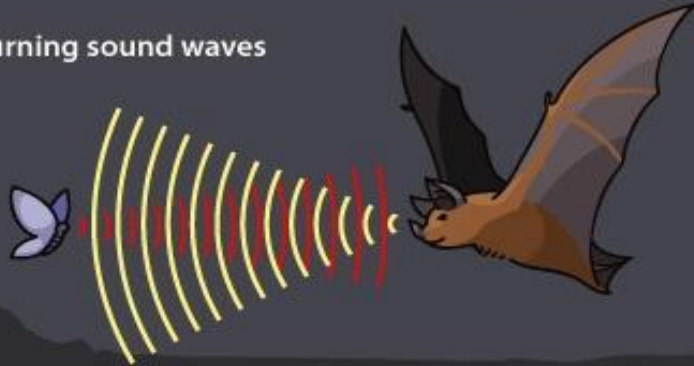
□ sovellukset:

- ilmassa etenevä 16-100 kHz
 - nesteessä tai kiinteässä aineessa etenevä 100 kHz-10 GHz
- ## □ ilma: ultraäänipuhdistus, homogenisointi, värähtelyttäminen, hitsaus, saumaus, mittaus
- ## □ neste ja kiinteä aine: ultraäänikuvaus, materiaali
- ## □ generointi pietsokiteeseen perustuvat menetelmät, torvet, painepulssit...



Ultraäänitutka

■ Sonar ■ Returning sound waves

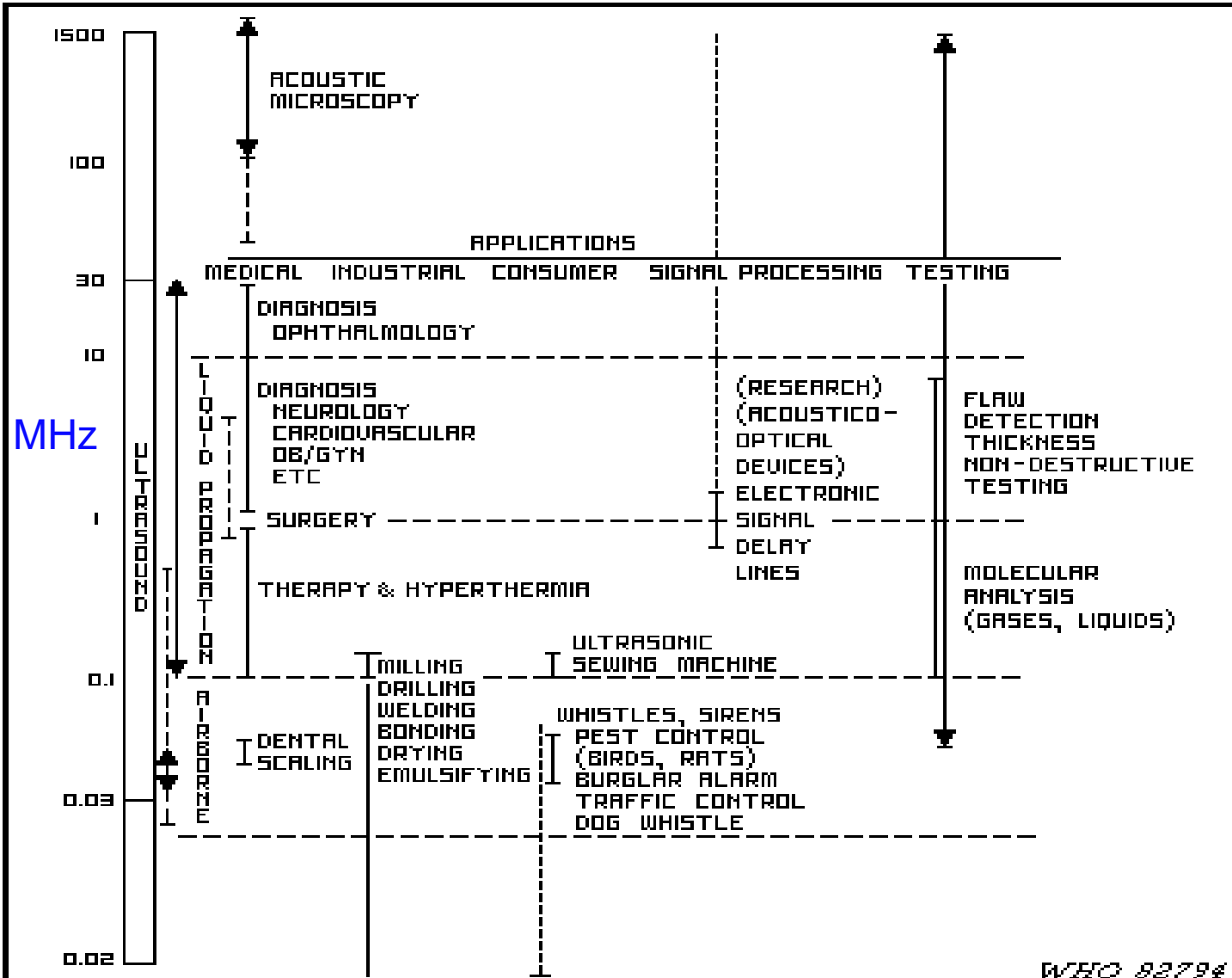


Sonografia, tutka

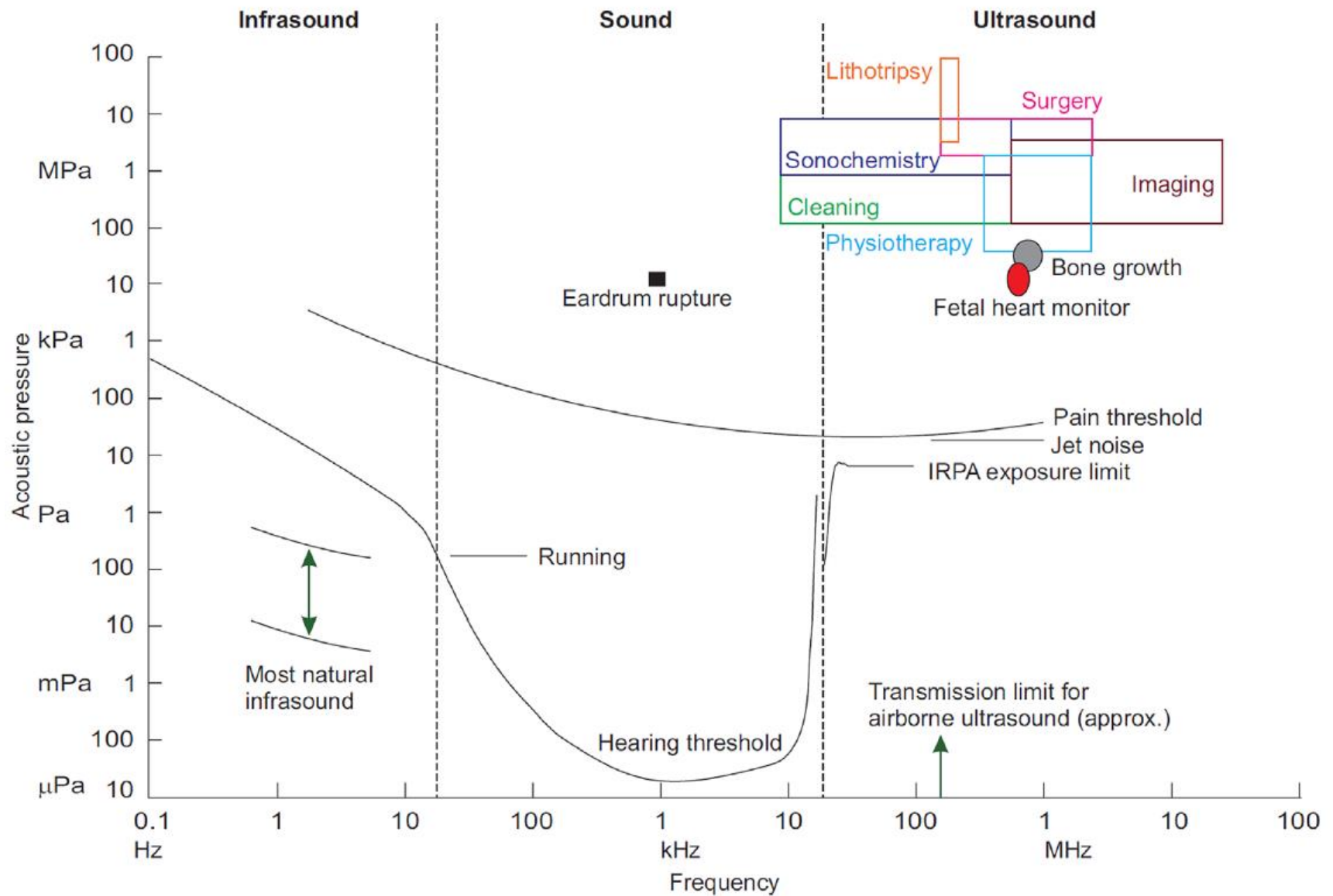
Lääketiede: Kudosten kuvantaminen niiden tiheydeltään erilaisten alueiden rajapinnoista heijastuvan ultraäänien avulla.

Teollisuus ja materiaalitutkimus: Vikojen etsiminen aineista kuten raot, halkeamat, kuplat, ilmaontelot

Ultraäänen sovelluksia



The ultrasound spectrum. Applications of ultrasound in medicine, industry, consumer products, signal processing and testing, are shown in relation to ultrasound frequency in megahertz (Modified from: IRPA, 1977).

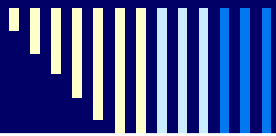


Kuva 2. Äänenpainetasot ja sovellukset taajuuden funktiona. Kuva HPA:n raportista [2010].

Suuritaajuinen ultraääni

- Lääketieteelliset laitteet 1-10 MHz
 - sikiön 3D/4D tutkiminen reaaliajassa
 - Aivojen, silmien, kilpirauhasen, verisuonten tutkimukset
 - Terapeuttiset laitteet
 - Kirurgia
 - Hammashoito, ultraääniporat
- Teollisuuden laitteet; tutkimus NDT, vikojen ja vuotojen haku





Energiatiheyksistä/STUK

Ultraäänisovellutusten tyypillisiä energiatiheyksiä ovat:

- 1 000–10 000 W/cm²: HIFU-laitteiden intensiteetti
- 10–30 W/cm²: munuaiskivien murskaus
- 2–25 W/cm²: rasvanpoisto kavitaatiolla
- 3 W/cm²: fysioterapialaitteiden suurin sallittu intensiteetti
- 0,1–1 W/cm²: ihonpuhdistus, psoriasisiksen hoito
- 0,1 W/cm²: ehdotettu intensiteetin taso kehoon kohdistuvalle altistukselle
- 0,05–2 W/cm²: fysioterapiahoidot

- 0,05 W/cm²: ehdotettu intensiteetin taso silmään kohdistuvalle altistukselle
- 0,001–0,03 W/cm²: sikiön sydänäänten tarkkailuun tarkoitettut kotikäyttölaitteet.

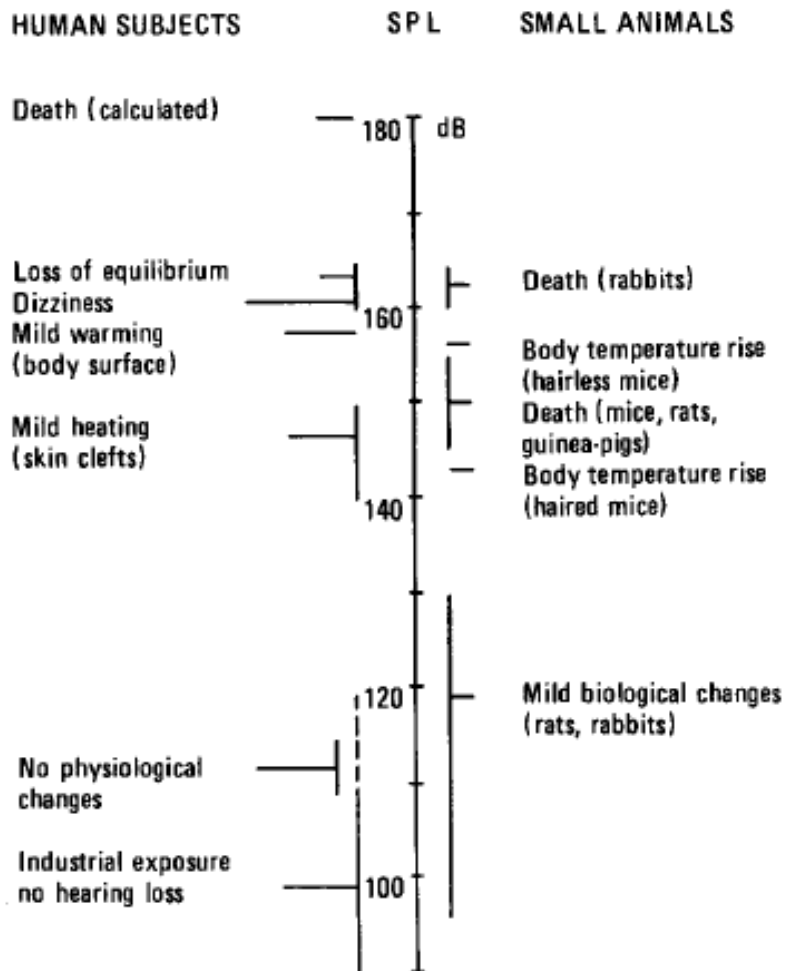
Taulukko 2. Tasot ultraäänen intensiteetille sekä mekaaniselle (MI) ja termiselle (TI) indekseille, joiden alapuolella ei haitallisia terveysvaikutuksia esiinny.

Kehon osa	Ultraäänen intensiteetti [W/cm ²]	Mekaaninen indeksi (MI)	Terminen indeksi (TI)
Silmät	0,05	0,2	0,7
Muut osat	0,1	0,4	

Taulukko 3. Ultraäänen mekaanisen indeksin (MI) ja termisen indeksin (TI) tasot, joiden alapuolella ei todennäköisesti aiheudu haitallisia terveysvaikutuksia.

Mekaaninen indeksi (MI)	Terminen indeksi (TI)
0,7	1

Terveysvaikutuksia



180 dB kuoleman vaara

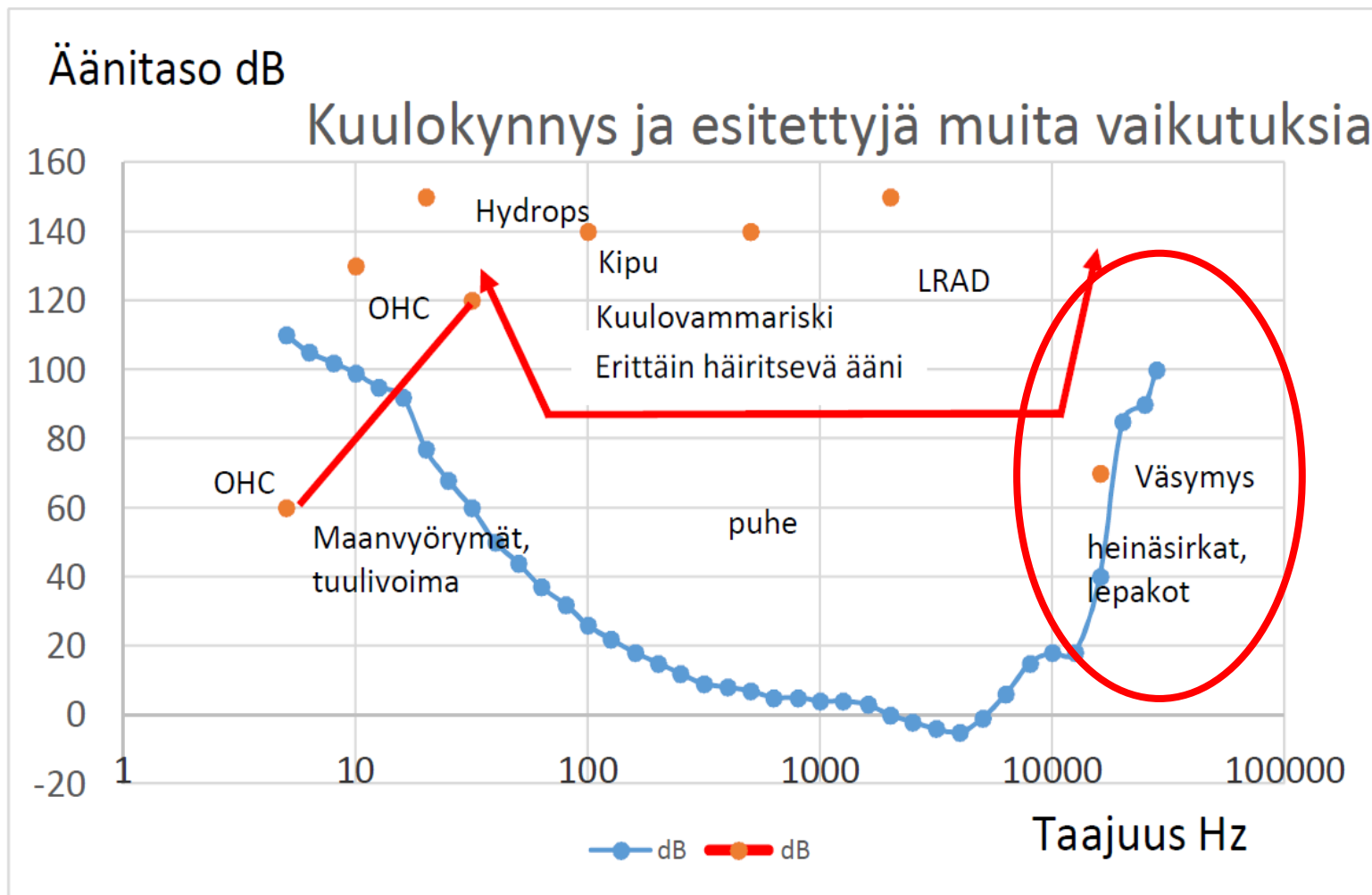
160 dB tasapaino, pyörryttäminen, kuumotus

140 dB lämpeneminen

120 dB lieviä biologisia muutoksia

110 dB ei kuulovaikutuksia

Ihmisen kuulovasteista





Ultraäänen vaikutuksista



- 17 kHz taajuinen ja yli 70 dB ääni voi aiheuttaa altistuneissa työntekijöissä väsymystä, pahoinvointia, korvan painetta ja päänsärkyä.
- Ultraäänen kanssa työtä tehneillä on todettu päänsärkyä, heikotusta, tinnitusta ja tasapainohäiriöitä kuulon heikentymisen lisäksi.
- Jos ultraäänen voimakkuus on 80 - 100 dB, ääni voidaan kuulla taajuuksilla 20 - 26 kHz. Nuoret erityisesti kuulevat.
- Taajuudeltaan yli 26 kHz ääniä ei kyetä kuulemaan tai nykyiset laitteet eivät pysty tuottamaan niin voimakasta pientaajuista ultraääntä, jotta asiaa olisi pystytty tutkimaan.



Vaikutukset

- kuuloaistimus ->40 kHz, amplitudi
- kuulon huonontuminen
- kutittaminen korvassa
- pahoinvointi, tasapaino
- usein aliharmonisia komponentteja
- kosketuksen kautta pääsy kehoon, solumuutokset, kavitaatio

ULTRAÄÄNIPUHDISTUS kuorii, puhdistaa ylimääräistä talia ja heleyttää ihoa hellävaraisesti ultraäänivärähtelyn avulla. Sisältää ihotyypin mukaisen alkupuhdistuksen, tehokkaan ultraäänikuorinnan ja -puhdistuksen, sekä ihoa vahvistavan ja kosteuttavan naamion ja hoitovoiteen.

Ohjearvot

- Ei suomalaisia ohjearvoja
- ICNIRP,
 - 110 dB 8 h,
 - 113 dB 4 h,
 - 116 dB 2 h,
 - 119 dB 1 h
- ACGIH
 - 115 dB 8 h

Environmental Health Criteria 22

Ultrasound



Published under the joint
sponsorship of the
United Nations
Environment Programme,
the World Health Organization
and the International Radiation
Protection Association



WORLD HEALTH ORGANIZATION GENEVA 1982

Jos mitataan nesteessä, käytetään vertailuarvona 1 μ Pa, ja ohjearvot ovat 167–177 dB

Ohjearvon muistisääntö

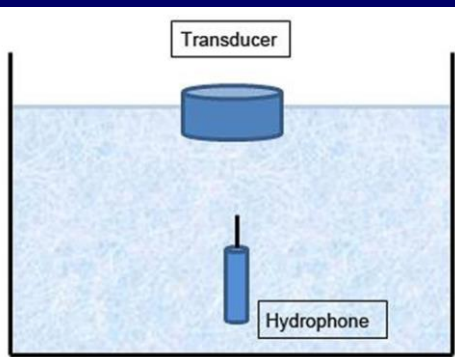
- Työntekijöille 110 dB @ 25-70 kHz
- Väestölle 100 dB @ 25-70 kHz
- Altistumisajan puolittuminen + 3 dB



Mittaus

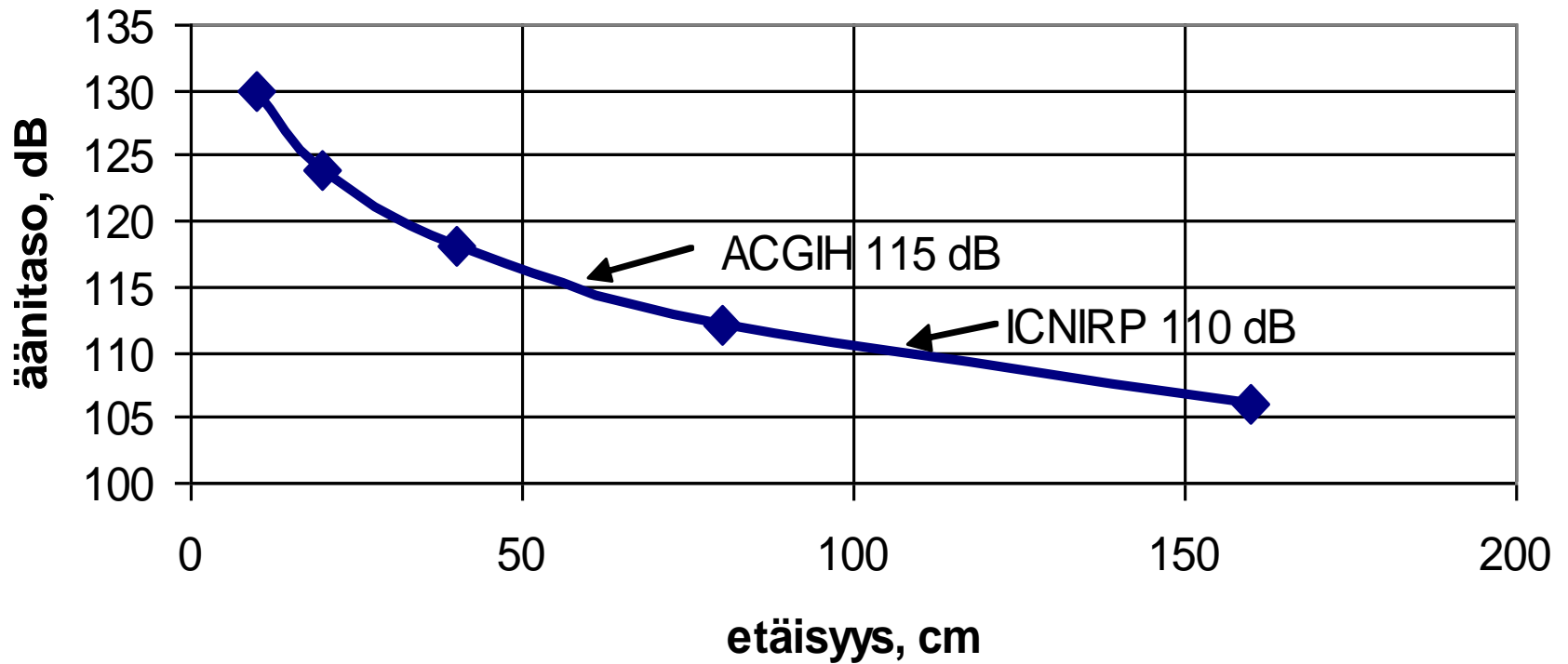


- Esimerkiksi mikrofoni B&K 4136,
- tarkkuusäänitasomittari B&K 2209 ja riittävän taajuusvasteen omaava taltiointilaite
- FFT-analysaattori tai tietokone
- taajuusvaste 20 kHz - 80 kHz
- amplitudivaste 50 – 170 dB
- Suuret taajuudet hydrofoni ja tehotiheys



Ultraäänen vaimenemisesta

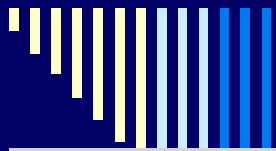
vaimeneminen





Tapauseesimerkki 1

- Huoltomies oli altistunut ultraäänelle, joka mittauksessa oli 20 kHz kohdalla enimmäistasona 118,7 dB ja keskiäänitasona 109,4 dB.
- Työntekijä oli altistuksen jälkeen valittanut 30 min altistumisen jälkeen sirinää korvassa ja huimausta.
- Liitoskone käyttää ultraäänigeneraattoria, jonka taajuudet olivat 20 ja 35 kHz. Tehtaan suomalaisissa ohjeissa sanotaan, että ultraääni ei aiheuta vahinkoa, jos maksimiäänitaso jää alle 140 dB ja päivittäinen altistuminen ei ylitä arvoa 110 dB.



Ultraäänipesukoneet

Ultraäänen mittaukset	taajuus kHz	etäisyys m	ultraäänitaso dB	A-äänitaso	altistuminen		altistusaika h/pv
					ultraääni dB	keskiäänitaso dB	
ultraäänipesukone, kansi auki	30	1,5	116	108	104		
ultraäänipesukone, kansi kiinni	30	1,5	94	96	82	84	0,5
ultraäänipesukone, kansi auki	30	4	100		99		
ultraäänipesukone, kansi kiinni	30	4	80	84	79	83	6
hammaskiven poistolaitte	24-28	0,8	105	85	99	79	2,5
ultraäänipesukone, pieni	40	1	122	94	118	87	3
Ohjearvo			110	115 LAFmax	110	85	

- Pieni kone altisti eniten, ei suojausta
- Ultraäänilähetin 57 kHz, 110-130 dB
- Poijujen valmistus
- Korona ja vuodot





Esimerkkejä

1. Ultraäänen käyttö on lisääntynyt kauneudenhoidossa, jossa sen avulla tehdään ihonpuhdistusta, rasvanpoistoa ja hoitoaineiden imeytystä. Ultraäänen käytöllä voi olla pahimmillaan vakavia terveysvaikutuksia, joten turvallisuuden varmistaminen on tärkeää. Turvallisuuteen vaikuttaa merkittävästi laitetekniikka, käyttäjän osaaminen ja ohjeistus sekä asiakkaan terveydentila (STUK TR-26).
2. Eräs ajatus on ultraäänikranaatti, jonka painevaikutus yhdistettynä riittävän pieniin ilman vuotoaukkoihin ja niiden pyörteisiin voisi luoda huonetilaan ultraäänen joksikin ajaksi ja saattaa ihmisiä toimintakyvyttömiksi. Ei julkistettuja tapauksia.

Pienitaajuinen ultraääni hallinta

- **Kotelot.** Osittaisen suojan vaikutus 10 dB
 - teoria ennustaa kotelon vaikutukseksi yli 20 dB
 - osakoteloidulla suojalla vaimennus 10 dB
 - hyvä kotelo vaimennus yli 20 dB
- **Suojaimet,** tutkittu hyvin vähän
 - Tulppien vaimennus 15-35 dB
 - Berger, puolalaiset 10-16 kHz





Päätelmiä

- Ultraäänelle altistutaan edelleen monissa kohteissa, uusia
- Voidaan perustellusti epäillä, ettei osata hahmottaa, missä ultraäänilähteitä esiintyy ja milloin tilanne on vaarallinen
- Tutkimus pienitaajuisen ultraäänen vaikutuksista vähäistä
- Ultraäänen ohjearvot pysyneet ennallaan pitkään
- Nesteessä etenevän ultraäänen ohjearvoja rakennetaan nykyaikaisiksi seuraavina vuosina
- Jo kevyet tulppasuojaimet suojaavat kuulon
- Kosketusta värähtelijään ei saa tulla
- Infraäänestä voisi myös koota tilannearvion (tuulivoima, valitukset, väitteet)



Lähteitä

1. Lennardt M: Airborne ultrasonic standards for hearing protection, 2008. Regulations: 9th International Congress on Noise as a Public Health Problem (ICBEN) 2008, Foxwoods, CT.
2. Howard C, Hansen C and Zander A: A Review of Current Ultrasound Exposure Limits. School of Mechanical Engineering, University of Adelaide, South Australia, 5005, Australia September 8, 2004.
3. International Non-ionizing Radiation Committee of the International Radiation Protection Association: Interim guidelines on limits of human exposure to airborne ultrasound. Health Physics 46(4) 1984, 969-974.
4. Howard C, Hansen C, Zander A: Review of Current Recommendations for Airborne Ultrasound Exposure Limits. Proceedings of ACOUSTICS 2005 9-11 November 2005, Busselton, Western Australia.
5. **Toivo T, Orreveteläinen P, Kännälä S, Toivonen T: Survey on limiting exposure to ultrasound. STUK-TR 26 / JUNE 2017. Säteilyturvakeskus, Helsinki 2017.**
6. Health Canada. Guidelines for the safe use of ultrasound: Part II – Industrial and commercial applications. Safety code 24. Health Canada; 1991.
7. **Report of the independent advisory group on non ionizing radiation: Health effects of exposure to ultrasound and infrasound. RCE-14. Documents of the Health protection Agency. Radiation, chemical and environmental hazards. February 2010**
8. Berger E: Protection for infrasonic and ultrasonic noise exposure. Earlog 14. 3M. 1996.



KIITOS!

Tmi Rauno Pääkkönen
Rauno.Paakkonen@gmail.com
Puhelin 0400-733886



- The aerodynamic sound power generated by turbulent flow is proportional to the 6th to 8th power of the flow velocity ($W \sim U^6$ to 8), which means that a doubling of the flow velocity (U) increases the sound power (W) by a factor of 64 to 254 or 18 to 24 dB respectively

