

10 VUOTTA OIKEASSA OLEMISTA – KONEAKUSTINEN MANIFESTI 2.0

Ari Karjalainen¹⁾, Jukka Tanttari²⁾

¹⁾ Pirkantie 17, 33950 PIRKKALA

²⁾ Miemolantie 12, 37500 LEMPÄÄLÄ

1 ARTIKKELIN TAUSTA

Seuraavassa esitetään katsaus muutamiin koneiden äänenhallinnan liepeillä viimeisen 10...25 vuoden aikana kukoistaneisiin ilmiöihin. Tämä mielessä arvioimme Koneakustisen manifestin [1] sisällön sekä esitämme siitä version 2.0. Esityksen keskeisenä tarkoituksena on herättää keskustelua.

Suurin yllätys tarkastelemassamme kehityksessä on ollut ilmeisten muutosten implementoinnin hitaus. Tämä johtunee pääosin ihmis- ja yritysluonnolle tyypillisestä vaikeiden asioiden ja niissä epäonnistumisten kieltämisestä. Nyrkkisääntönä näyttäisi toimivan, että alle Megaluokan mokat eivät muuta toimintatapoja. Ne siivotaan maton alle. Tai ehkei edes ymmärretä, että mokattiin...

2 KONEAKUSTIIKKA

Koneakustiikka tarkoittaa akustisen seurauksen eli melun liittämistä sen syihin eli koneen toiminnallisiin ilmiöihin. Koneakustiikan ydin on energianmuuntoprosessin, jossa laitteen toiminnallinen energia muuttuu äänienergiaksi, tunteminen sekä koneeseen että akustiikkaan liittyviltä osiltaan. Pelkistettynä...



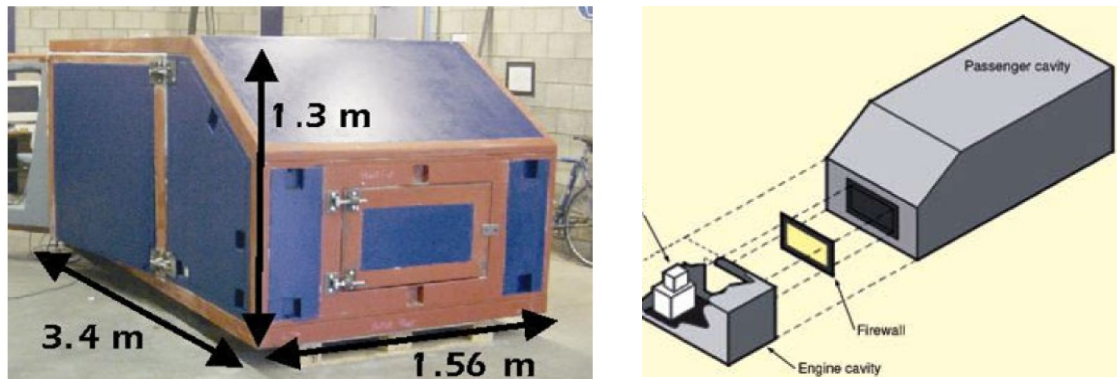
Kuva 1: *Koneakustiikka pelkistettynä [1].*

Erikoistieteissä, esim. virtausopissa ja tribologiassa, laitteiden (osan) toimintaa tarkastellaan pääasiassa keskiarvosuureiden ja jäykkien rakenteiden viitekehyksessä. Erityisen totta tämä on korkeakouluopetuksessa. Koneakustiikassa ratkaisevaa on em. erityistieteiden yhdistäminen dynaamisiin ilmiöihin. Paitsi että nämä ilmiöt ovat keskeinen osa rakenteiden (vibro)akustiikka ne vaikuttavat myös herätteisiin, esim. virtaavien fluidien painejakaumiin. Usein koneakustiset tarkastelut vaativatkin laajaa osaamisen kehittämistä - teorit eivät edelleenkään näe itsensä ulkopuolelle.

3 BETONIAUTOJA ... KALLISTELEEKO KURVISSA? KEULIIKO?

Käytämme betoniauto-termiä kuvaamaan asioita, jotka irtautuvat reaali maailman tarpeista ja/tai ilmiöistä. Valetaan betonimöhkö ja kerrotaan, että tässä tutkitaan autojen akustiikkaa! Eikä sittenkään tunnuta saavan kaikkia ”ikäviä ilmiöitä” suljettua pois tarkasteluista, edes kaiutinherätteillä. Tällainen äänenhallinta vaikuttaa koneakustikosta leikki-monitieteellisyydeltä ja kvasitieteeltä.

Betoniautojen maailmassa käytetään aina taikasanaa **geneerinen**. Lyhyt vastuunpakolusanasto: Generic acoustic demonstration car, first preliminary pre-prototype. Kuva 2 kertoo enemmän kuin tuhat sanaa geneerisestä henkilöauto-akustiikasta.



Kuva 2: Henkilöauto [2,3].

Toisaalta: Miksi koneiden äänenhallintaan ja/tai meluntorjuntaan aina liitetään runko-äänenvaimennus- ja absorptiomateriaalit. Nämä ovat sinällään hyödyllisiä työkaluja koneakustikollekin, mutta ovatko materiaalit vai ratkaisut tärkeämpiä, siis valmistavan teollisuuden kannalta? Miksi koneakustikko halutaan kuristaa NVH-insinööriksi, jolle BodyInWhite on annettu?

Eräät konepuolen professorit ovat kertoneet meille, että koneiden äänenhallinta hoituu käyttämällä kännykän desibelimittaria ja mittaamalla pari moodia. Tämä asiantuntijalausunto on mielestämme hyvin linjassa niiden harppausten kanssa, joita koneakustiikan korkeakouluopetus on maassamme ottanut viimeisen kymmenen vuoden aikana.

Mallinnus ja simulointi on ollut betoniauto ja pelastava enkeli jo hyvän tovin, kuten alkuperäisestä Manifestista on havaittavissa. Mielestämme kannattaa pitää mielessä, että kun kaikki on oikeasti simuloitavissa ilman ymmärrystä (ja muiden erikoisosaamisten hyödyntämistä) niin BRIC-maat hoitavat suunnittelun ja TKI:n.

Nykyisin koneakustiikan projektikoot ovat, ainakin joissain tapauksissa, kasvanee sellaisiin mittoihin, että myös ajattelu- ja toimintaprosessien on syytä kehittyä ennakoinnin suuntaan - sekä yksityiskohdissa että kokonaisuuksissa. Kehityksen nopeuttamiseksi tulee kysyä ainakin seuraavia kysymyksiä: Mitä tutkitaan? Miksi? Miten tutkitaan? Millä hinnalla tuotteet tuotetaan ja toisaalta voidaan myydä? Tiedetäänkö näitä? Jos ei tiedetä, niin kannattaa kääntyä koneakustikon puoleen!

4 VIULU ON ... VOI KUN OSAIS SOITTA

Kymmenessä vuodessa laskentakapasiteetti on kasvanut Mooren lain mukaan 101-kertaiseksi. Samalla on menetelmällinen kehitys niin äänen syntyketjun simulointi- kuin eritasoisten menetelmien yhdistämismahdollisuuksien kohdalla ollut melkoista.

Laskentatuloksista pitäisi saada 101^2 kertaa tehokkaammin esille ylätaso, olennainen, trendit, metsä puilta. Löytää signaali kohinan keskeltä! Valitettavasti vain ajatusmallien

kehityksessä ei ole ollut nähtävissä vastaavaa kehityksen lainalaisuutta. Ilkeämielisempi voisi kysyä, onko edelleen voimassa

$$J^R = C \quad (1)$$

Missä J on järki, R on rauta (hardware) ja C on vakio.

Yksinkertaisillekin mittauksille voidaan yleensä esittää tuloksen epävarmuus. Simuloinnissa epävarmuutta ei jostakin syystä yleensä esitetä. Numeerinen laskenta kuudella-toista desimaalilla saattaa herättää illuusion ylivertaisesta tarkkuudesta. Illuusio voi houkuttaa tarkastelemaan otsa rypyssä pienen pieniä tulosdetaljeja, vaikka lähtötiedot tunnetaan usein yhdellä - kahdella merkitsevällä numerolla. Kun vielä ohjelmistojen visuaalisuus ja mallinnuksen ammattijargon houkuttelee ylipappi-ilmiöön, yksinkertaisten asioiden mystifiointiin, niin betoniauto on valmis.

Erityisen suosittua on valmiiden tuotteiden tarkastelu. Etukäteen tiedossa olevat mitaustulokset näyttävät olevan avain onnistuneisiin simulointeihin. Analogisesti: Eilistä koskevat sääennusteetkin toki saadaan paremmin kohdalleen kuin huomisen. Selittäminen ei oppimismielessä kenties koskaan ole pahasta, mutta se ei automaattisesti anna eväitä uuden luomiseen. Yhtä vähän kuin mittaamalla, vähenee melu laskemalla!

Tuotteita suunnitellaan edelleen suunnitteluprosesseissa, yhä tiukemmin aikatauluin ja yhä tiiviimmin rinnakkaistettuina. Kyseisten prosessien ruokkiminen oikea-aikaisella, riittävän luotettavalla tiedolla on yhä koneakustiikan keskeinen ajatus.

5 MULLISTAVIA TEKNIKOITA TULOSSA ... VAI MENOSSA?

Me *oikeassa olevat* kirjoitimme vuonna 2001 [1]:

Esimerkkimme mullistavasta tekniikasta on aktiivinen äänenhallinta. Aktiivinen äänenhallinta on ainakin 50-luvulta lähtien tarjonnut aina uudelleen populistisia, suurelle yleisölle tarkoitettuja tieteistarinoita siitä kuinka se aivan pian ratkaisee meluongelmat ilman suurempaa ymmärrystä koneen toiminnasta ja varsinaisesta melun synnystä. Kuitenkin aktiivinen äänenhallinta on lähtökohdiltaan ajallisesti ja spatiaalisesti yksinkertaisiin, mielellään deterministisiin tapauksiin soveltuva – joskus tehokaskin – menetelmä.

No niin! 10 vuotta on kulunut ja voidaan tarkistaa aktiivisen äänenhallinnan (AÄH) asiakaslupauksen toteutuminen. Lupaushan on tyypiltään seuraava:

”Passiivinen meluntorjunta on tullut tiensä päähän. Se on out, kuollut, finito! Villakerosten paksuutta ei voida enää kasvattaa. Tästä syystä **tulemme seuraavien 10 vuoden aikana näkemään aktiivisen äänenhallinnan sovellusten räjähdysmäisen lisääntymisen**”. Aivan näin ei ole käynyt. Mutta **hiljaista tuli** - aktiivipuolella!

Mutta ehkä tällainen seuranta on jälkiviisasta ja tosikkomaista. Aikakäsityksiä näet on kolmenlaisia, (i) länsimainen lineaarinen aikakäsitys, (ii) itämainen syklinen aikakäsitys ja (iii) AÄH:n aikakäsitys.

Kaksi ensimmäistä ovat ennestään tuttuja. AÄH:n aikakäsitys on **kelluva**. Sen mukaan mikä tahansa tutkimusraha haku tai jopa alan historiaa tuntemattoman varomaton kiinnostuminen palauttaa ajanlaskun sen alkuhetkeen – nolaa mittarit. Ja kas, ”10 vuoden päästä” on jälleen turvallisesti kymmenen vuoden päässä. Alkaa vuosi 0 JAÄH. Eivät savolaiset ole ainoita...

Eurooppalaisen eturivin yliopiston kurssilla [4] syksyllä 2010 alan tilanne näyttäytyi mieleenpainuvan hämmentävänä. Tunnustettu professori esitteli rahakkaissa EU-hankkeissa saatuja AÄH:n tuloksia kallella kypärin:

- tämä ei toiminut
- tämä toimi, mutta oli aivan liian kallis ja painava ratkaisu
- tämä ei toiminut
- tämä toimi, mutta oikeassa sovelluksessa kaiuttimet sulaisivat
- jne, jne

Kurssin innoittamana kiintyi huomio AÄH:n erääseen piirteeseen, kahtiajakoihin:

- äänenhallinta jakaantuu passiiviseen ja aktiiviseen. Näillä ei ole mitään yhteistä. Passiivisessa äänenhallinnassa liimataan raskasmattoa. Mitään kolmatta tietä ei ole.
- AÄH tuottaa joko **loppudemon** tai ei yhtään mitään
- AÄH joko toimii tai ei. Numeerisia tai toiminnallisia tavoitteita ei ole.
- AÄH joko mullistaa kaiken tai toiminta lopetetaan kokonaan
- AÄH on uskon ja epäuskon asia
- AÄH on ON tai OFF. Kaikessa.

Yllä olevasta analyysistä huolimatta olemme sitä mieltä, että aktiivisella ominaisuuksien- ja äänenhallinnalla olisi annettavaa. Pohjimmiltaan AÄH nojautuu selkeisiin, tosin rajattuihin periaatteisiin.

Kestävien tulosten saamiseksi pitää tiedostaa missä ja miten näitä periaatteita voi toteuttaa - ja missä ja miten ei voi. Pitää asettaa toiminnalle realistiset numeeriset tavoitteet. Pitää oppia virheistä ja huonoista ratkaisuista. Pitää osata kysyä ”mitä jos...” Pitää nojautua fyysiikkaan. Pitää seuloa aina edessämme olevasta ”viuhkasta” mahdollisia ratkaisuja. Pitää ymmärtää teollisten tuotteiden ansaintalogiikkaa.

Ennen kaikkea pitää jättää huomiota väheemmälle ja lopettaa demojen teko päättäjien ällisteltäväksi. Julkisrahoitteisessa tutkimusmaailmassa tällainen voi toki olla vaikea saavuttaa. Siellä projekteilta ei edellytetä tuloksia, koska projekti itsessään on aina vaan jo tulos - kuten sen maalailemat lupauksetkin.

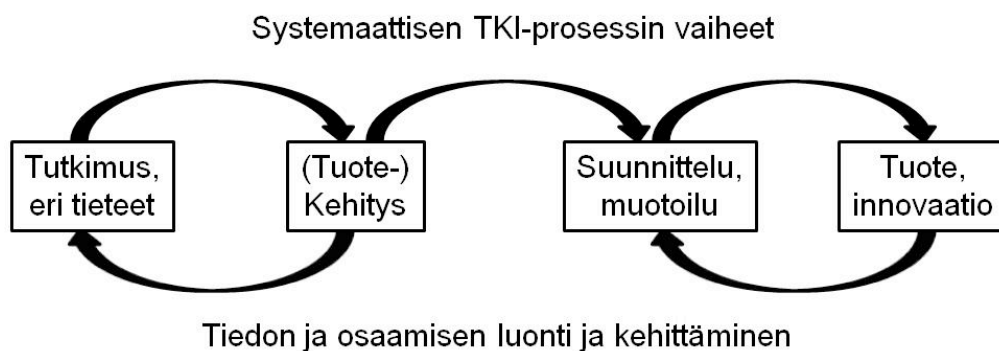
6 KONEAKUSTIIKKA PROSESSEINA – TKI-NÄKÖKULMA

Immateriaalisen ja materiaalisen osaamisen kehittämistä, kertymistä ja soveltamista useita toimijoita ja erikoisosaamista kattavassa Tutkimus-Kehitys-Innovaatio (TKI) -prosessissa voidaan kuvata oheisella idealisaatiolla. Kuvassa 3 on yhdistetty Tutkimus, tuotekehitys ja -suunnittelu sekä olemassa olevien tuotteiden tarkastelu. Kuva esittää TKI-prosessin sekä tiedon kertymisen ja syventämisen vaiheet. Kuvaan sisältyy myös olemassa olevan tuotteen inkrementaalinen kehitys (Suunnittelu-Tuote –luoppi) ja esim. troubleshooting.

Koneakustiikan kannalta tiedon ja ymmärryksen kehityksessä pääpaino on **systemikäyttäytymisessä**, sillä akuuteimmat kehittämistarpeet kohdistuvat kokonaisuuksien hallintaan. Vain erittäin harvat kykenevät tähän, sillä korkeakoulukoulutus ei tue kokonaisuuksien hahmottamista millään tavoin. Ja vielä **harvemmat kykenevät toimimaan kaikissa prosessin vaiheissa**, mikä antaisi parhaat edellytykset tiedon siirrolle (mahdollisimman oikeellisena).

On myös hyvä pitää mielessä, että koneiden toiminnan ja dynaamisten ilmiöiden yhdistäminen vaatii huomattavasti syvempää osaamista kuin perinteinen erityistieteiden osaaminen. Tällaista osaamista ei ole noussut erityisalueiden sisältä – miksei siis otettaisi osaamista vastaan koneakustikolta.

Tiedon ja osaamisen kerryttämisen kulkua on kuvattu kahdella yhteen liitettyllä abstraktio-, osaamis- ja käytännössä usein myös toimijatasolla (T&K ja suunnittelu ovat usein erillisiä prosesseja ”isoissa taloissa”). Ylemmällä osaamis- ja abstraktiotasolla toimii Tutkimus-Tuotekehitys -luuppi. Siinä pääpaino on ilmiöiden, työkalujen, materiaalien ja komponenttien mahdollisuuksien ja rajoitteiden ymmärtämisessä. Luupin tarkoituksena on varmistaa, että ”tuotekehityspotkessa” eteenpäin vietävät tuotteet ja niiden vaatima osaaminen ja työkalut ovat riittävän kehittyneet, jotta voidaan siirtyä tuotesuunnitteluun.



Kuva 3: Systemaattinen TKI (Tutkimus-Kehitys-Innovaatio) -prosessi.

TKI- ja suunnitteluprosessi ovat myös oppimisprosesseja, jo(i)ssa yksilöt ja tiimit tutustuvat toisiinsa, prosesseihin, yhteistyöhön (erit. erityisosaamisen hyödyntämisen kannalta), työkaluihin ja (tuleviin) tuotteisiin. Metodologisesti tällainen prosessi, etenkin kun se toteutetaan projekteina, ei ole induktiivinen eikä deduktiivinen, vaan **abduktiivinen**. Abduktiivisessa prosessissa teoria ja käytäntö ovat jatkuvassa, toisiaan tukevassa vuoropuhelussa. Lisäksi siinä on vihje rajoitettuun aikaan. Tämä vaatii mm. tehokasta tehdyn tutkimuksen hyödyntämistä ja toimivia yhteistyön tapoja. Toiminnan ja osittain toimijoiden eriyttäminen mahdollistaa aika- ja kenties kustannussäästöt.

Mallinnuksen ja simuloinnin kannalta tämä tarkoittaa, että selittämistä esiintyy olemassa olevan rakenteen tarkastelussa (esim. troubleshooting) ja TK-luupissa. Seli-tettävät asiat ovat kuitenkin pääosin eri abstraktiotasoilla: ensimmäisessä tapauksessa tyypillisesti rakenteissa ja jälkimmäisessä tapauksessa ilmiöissä. Uusien tuotteiden kannalta merkittävintä on simulointien kyky **selittää ilmiöitä ja toimintaa sekä ennustaa niiden vaikutusta systeemiin tai sen osaan**. Molemmista osista mittaukset ja teoriat tukevat kehitystä.

Kansallisella tasolla on muodostettava **yhteen hitsautunut, omilla vahvuuksillaan toimiva koneakustiikan ekosysteemi**. Se on erityisesti pienen maan onnistumisen ainoa mahdollisuus. Ellei ekosysteemin ja luovuuden elinmahdollisuuksia ole jo ennakkoon tapettu esim. IPR-sopimuksissa.

7 OIKEASSA OLEMISEN SIETÄMÄTÖN KEVEYS

Tämän hieman nihilistisen näkemyksen jälkeen tulee mieleen, mitä jää jäljelle. Kaikki tarvittava, nimittäin koneakustikon ymmärrys. Kun pohjatiedot (järjestelmän toiminnasta, ilmiöistä, keinoista ja työkaluista) ovat riittävän hyvät, niin etenkin koko äänensyntyketjun kattava järjestelmällinen havainnointi auttaa ymmärtämään relevantteja ilmiöitä syvällisemmin ja ratkaisemaan meluongelmat tehokkaammin, samalla koneen toimintaa kehittäen.

Näin me *Tyhmät* totesimme 10 vuotta sitten [1] ja kuinka oikeassa olimmekaan! Aieman menestyksemme huumassa uskallamme antaa seuraavalle vuosikymmenelle saatesanat:

Säilyttäkää arvokkuuden tunteenne!

Think big! Think out of the box!

Menestykää! Kukoistakaa!

VIITTEET

1. TANTTARI J & KARJALAINEN A, Koneakustinen manifesti, Akustiikkapäivät 2001.
2. DONDERS S et al. CAE Technologies for Efficient Vibro-Acoustic Vehicle Design Modification and Optimization, ISMA 2008.
3. AUWERAER H et al. Virtual Prototyping for Sound Quality Design of Automobiles, Sound and Vibration, April 2007.
4. ISAAC 21, Leuven 2010.

DISCLAIMER

Tätä tutkimusta ei ole tukenut kukaan. Esitetyt mielipiteet ovat kirjoittajien omia. Ne ovat poliittisesti epäkorrekkeja ja täten aidompia ja rehellisempiä kuin maksetut.

Tarkoituksemme ei ollut, eikä ole, kritisoida erilaisia akustiikan menetelmiä ja lähestymistapoja sinänsä tai osaavia koneakustikkoja, meluinsinöörejä, tutkijoita ja teoreetikkoja, vaan asioiden esiintymistä populaariakustisina taikasanoina.