

Työterveyslaitos

# Kemialliset tutkimusmenetelmät sisäilmaongelmien selvittämisen työkaluna

Katri Leino, erityisasiantuntija

SisäilmapajaX 25.11.2020



**Sisäilman kemialliset  
tutkimusmenetelmät –  
pohdi mitä olet mittaamassa ja  
mihin tuloksia halutaan käyttää**

# Sisäilmatutkimukset

- Etsittäessä syitä sisäilmaoireiluun tulee tilannetta aina tarkastella kokonaisuutena
  - hyvin suunnitellut sisäilmamittaukset voivat tarjota arvokasta tietoa sisäilman kemiallisesta laadusta ja auttaa paikallistamaan mahdollisia viihtyvyyteen vaikuttavia tai terveyshaittaa indikoivia päästölähteitä
  - tarkoituksenmukaiset ja oikein toteutetut materiaaliemissiotutkimukset mahdollistavat päästölähteiden tunnistamisen sekä parhaassa tapauksessa auttavat arvioimaan materiaalien vaikutusta sisäilman kemialliseen laatuun
- Mikään yksittäinen testaus tai mittaus ei kerro koko totuutta, eikä numeroita tule tuijottaa sokeasti

# Sisäilmakohteissa tyypillisesti mitattavia kemiallisia tekijöitä

- Haihtuvat orgaaniset yhdisteet (volatile organic compounds, VOC)
- Formaldehydi sekä muut pienet aldehydit
- Ammoniakki
- Polysykliset aromaattiset hiilivedyt (PAH)
- Tupakansavu
- Teolliset mineraalikuidut ja pölyn koostumus
- Asbesti (pinnoilta ja ilmasta)
- Ympäristöstä sisäilmaan kulkeutuvia päästöjä (esim. liikenteestä tai teollisesta toiminnasta)

} aktiivinen &  
passiivinen  
näytteenotto

# Sisäilman VOC-analyysin tulosten tulkinta ja mahdolliset virhelähteet

- VOC-tuloksiin vaikuttaa monet toiminnot
  - remontti: näkyy mittauksissa useamman kuukauden, jo pieni korjaus nostaa pitoisuuksia
  - siivous: erityisesti lattioiden vahaus ja runsas pesuaineiden käyttö nostaa pitoisuuksia, mutta pelkkä kostealla pyyhkiminenkin nostaa hetkellisesti pitoisuuksia
  - ihminen: hajusteet ja kosmetiikka, pesuaineet, askartelutarvikkeet, ruoanlaitto sekä juomat ja ruoat
- Myös tutkittavan tilan ulkopuolella tapahtuva toiminta voi vaikuttaa tuloksiin

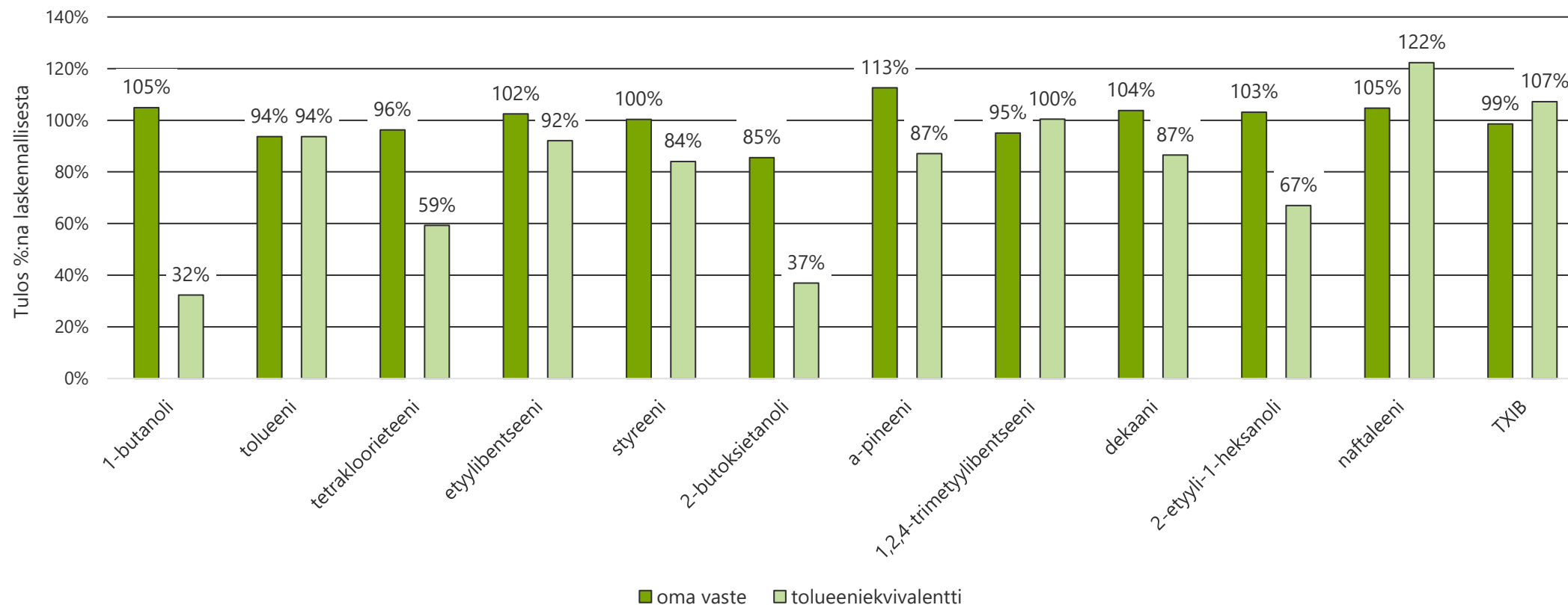
# Sisäilman VOC-analyysin tulosten tulkinta ja mahdolliset virhelähteet

- Standardin ISO 16000-6 mukaisen VOC-analyysin kokonaismittausepävarmuus on yleensä kymmeniä prosentteja
  - edellyttää kalibroitujen, tarkastettujen näytteenottopumppujen käyttöä
  - sekä liian pieni että liian suuri näytetilavuus lisää epävarmuutta
  - toiset yhdisteet soveltuvat analyysiin paremmin kuin toiset, yhdistekohtainen mittausepävarmuus voi vaihdella hyvinkin paljon

# Sisäilman VOC-analyysin tulosten tulkinta ja mahdolliset virhelähteet

- Tulosten tulkinnassa sekä epävarmuuslaskelmissa tulee huomioida, onko yhdisteiden pitoisuudet määritetty omalla vasteella vai tolueeniekvivalenttina
  - tyypillisesti sekä tunnistus että analyysituloksen luotettavuus on parempaa määritettäessä pitoisuutta yhdisteen omalla vasteella
  - yhdistekohtaisella vasteella määritetty pitoisuus on aina luotettavampi tulos kuin tolueeniekvivalentti
  - syytä olla tarkkana eri laboratorioiden tuloksia vertailtaessa

# Esimerkkejä yhdistekohtaisen vasteen ja tolueeniekvivalentin erosta





# Sisäilman VOC-analyysin tulosten tulkinta ja mahdolliset virhelähteet

- On tärkeää selvittää mistä yhdisteistä VOC-yhdisteiden kokonaispitoisuus (TVOC) muodostuu
  - joskus selitys on helppo eikä vaadi varsinaisia korjaustoimenpiteitä
  - pienempikin TVOC voi viitata ongelmaan, jos se koostuu epätavanomaisista yhdisteistä

## Jatkuvatoimiset VOC-anturit

- Eivät mittaa samaa TVOC-arvoa tai pitoisuuksia kuin mitä VOC-analyysissä → tuloksia ei voi verrata mihinkään raja-arvoihin
- Ilman standardointia eri mittarit mittaavat eri asioita → tuloksia ei voi vertailla
- CO<sub>2</sub>-anturit todennäköisesti kertovat enemmän esim. ilmanvaihdon toimivuudesta ja sisäilman laadusta vaikkakin ne eivät kerro tyhjien tilojen päästöistä, toisin kuin VOC-anturit saattavat joissain tilanteissa tehdä
- Jatkuvatoiminen mittaaminen ja datan esittäminen saattaa lisätä tilan käyttäjien huolta, koska konteksti puuttuu

# Muistettavia asioita sisäilman kemiallisista mittausmenetelmistä

- Formaldehydi ei näy VOC-analyysissä
  - myös muut pienet aldehydit (mm. aetaldehydi ja propanaali) vaativat aldehydimenetelmän (ISO 16000-3) mukaisen näytteenoton ja analyysin
- Ammoniakille ei ole tällä hetkellä raja-arvoa Asumisterveysasetuksessa, mutta se on silti relevantti yhdiste sisäilmaongelmien selvittämisen kannalta

**Kolme tapaa tutkia  
materiaaliemissioita –  
valitse käytettävä menetelmä  
tulosten käyttötarkoituksen mukaan**

# Materiaaliemissiotutkimukset

- Uusien rakennusmateriaalien lisäksi voidaan tutkia myös käytettyjä materiaaleja, joiden epäillään olevan sisäilmaongelmien aiheuttajia
- Materiaaliemissioita voidaan tutkia joko paikan päällä kohteessa tai laboratorioolosuhteissa
- Tutkimusmenetelmää valittaessa tulee huomioida
  - mitä tuloksilla halutaan saavuttaa – kaikki menetelmät eivät sovellu kaikkiin käyttötarkoituksiin
  - estääkö jokin seikka ideaalin tutkimusmenetelmän käytön – joudutaanko tekemään kompromissi?

# Bulk- eli kokonaisemissiotutkimus

- Kokonaisvaltainen kuva materiaalin päästöistä
- Bulk-näytteellä voidaan selvittää
  - ilmanäytteissä havaittavien yhdisteiden alkuperää
  - mitä yhdisteitä vapautuu ja missä suhteessa
  - ovatko päästöt tavanomaisia suhteessa vaurioittomattomiin uudismateriaaleihin (viitearvoja on vain osalle tuotetyypeistä)
- Helpohko ja nopea näytteenotto
  - esim. lattiamatosta tarvitaan edustava n. 10 x 10 cm näyte



# Bulk- eli kokonaisemissiotutkimus

- Käytetään yleensä tutkittaessa VOC-, aldehydi- ja ammoniakkiemissioita, tarvittaessa soveltuu myös esim. PAH- tai isosyanaattitutkimuksiin
  - normaalisti tutkimuslämpötila 25 °C, mahdollisuus myös korotettuun lämpötilaan
- Menetelmä ei ole standardoitu, joten eri laboratorioiden tuottamat tulokset tai eri kohteista eri aikoina kerättyjen näytteiden tulokset eivät ole vertailukelpoisia
- Kokonaisemissiotuloksista [ $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{g}$ ] ei voida päätellä pintaemissionopeuksia tai ilmapitoisuuksia, mutta bulk on kustannustehokas menetelmä epätavanomaisen päästölähteen etsimiseen

# Pintaemissiotutkimukset – FLEC (Field and Laboratory Emission Cell)

- Kenttänäytteenotto tapahtuu yleensä NT build 484:n mukaisesti, harvemmin standardin ISO 16000-10 mukaisesti
- Näytteenotto vaatii ehdottoman tasaisen pinnan sekä paljon kärsivällisyyttä
  - näytteenotto lattiapinnoilta, lisävarusteilla teoreettisesti mahdollista myös muilta pinnoilta
- Näytteenotto ei vaurioita pintaa



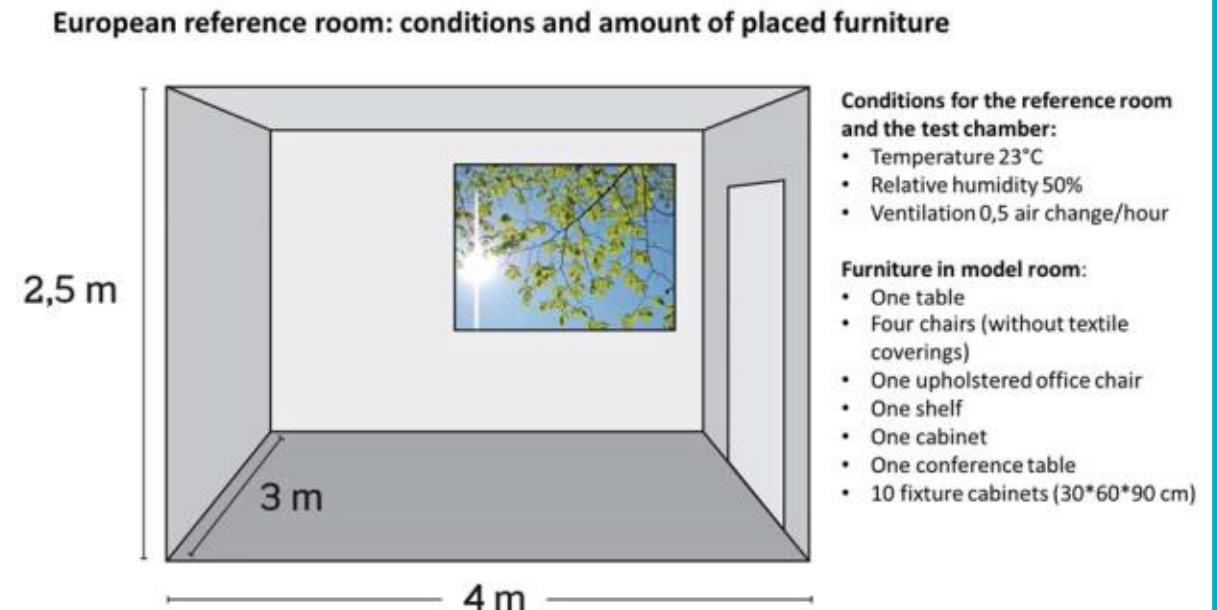


# Pintaemissiotutkimukset – FLEC

- Voidaan soveltaa VOC-, aldehydi- ja ammoniakkinäytteenottoon
- Kenttänäytteenoton olosuhteet eivät yleensä ole vakioidut, joten tulokset eivät ole täysin vertailukelpoisia
- Tuloksena pintaemissionopeus (area specific emission rate, SER) [ $\mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$ ]
  - koska FLEC-näytteenoton olosuhteet eroavat huomattavasti eurooppalaisesta mallihuoneesta, tuloksesta ei tulisi laskea mallihuonepitoisuutta [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] vaikka se teoreettisesti mahdollista onkin

# Pintaemissiotutkimukset – kammiotekniikka

- Menetelmä perustuu standardeihin ISO 16000-9 ja EN 16516
- Näytteen pinta-ala testikammiossa määräytyy eurooppalaisen 30 m<sup>3</sup> mallihuoneen perusteella
  - katto/lattia 12 m<sup>2</sup> → 0,4 m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup>
  - seinät 31 m<sup>2</sup> → 1 m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup>
  - pienet pinnat 1,6 m<sup>2</sup> → 0,05 m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup>
  - erittäin pienet pinnat 0,2 m<sup>2</sup> → 0,007 m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup>



*Kuva: M1 Emission Classification of Building Materials: Protocol for Chemical and Sensory Testing of Building Materials, version 15.11.2017*

# Pintaemissiotutkimukset – kammiotekniikka

- Lyhyen aikavälin emissiot
  - näytekappaleita vanhennetaan 3 vrk vakioituissa olosuhteissa
- Pitkän aikavälin emissiot
  - näytekappaleita vanhennetaan  $28 \pm 2$  vrk vakioituissa olosuhteissa
- Jos tutkitaan käytettyjä materiaaleja, stabiloidaan näytteitä 3 vrk kammiossa
- Emissionäytteet kerätään kammiosta aktiivisesti pumpun avulla



# Pintaemissiotutkimukset – kammiotekniikka

- Tarkoitettu etenkin VOC-, aldehydi- ja ammoniakkiemissioiden mittaamiseen, mutta voidaan soveltaa myös muille altisteille
- Vaatii isohkot, ehdottoman ehjät näytekappaleet
- Kemiallisiin testeihin voidaan yhdistää myös aistinvarainen arviointi
- Pintaemissionopeuden (area specific emission rate, SER) [mg/m<sup>2</sup>h] lisäksi saadaan myös ilmapitoisuus mallihuoneessa [µg/m<sup>3</sup>]
  - tuloksia voidaan verrata tietyin varauksin M1-luokituksen raja-arvoihin
- Koska näytteenkäsittely, näytteenotto ja analyysit on standardoitu, tulokset ovat vertailukelpoisia

# Materiaalipäästöjen tutkimusmenetelmien hyvät ja huonot puolet

ominaisuus	menetelmä	bulk	FLEC	kammio
analyysin hinta		+	+/-	-
mittausaikataulujen joustavuus		+	+/-	-
näytteenoton helppous		+	-	+/-
näytteenoton vaurioittamattomuus		+/-	+	-
tulosten tulkinnan helppous		-	+/-	+
tulosten vertailtavuus		-	+/-	+
tulos hyödynnettävissä sisäilman laadun arvioinnissa (eli muutettavissa mallihuonepitoisuudeksi)		-	+/-	+

Merkkien selitykset: + = hyvä, +/- = kohtalainen, - = huono

# Yhteenveto

- Sisäilman kemiallinen tutkimusvalikoima on laaja ja sisältää paljon muutakin kuin VOC-analyysin
- Laboratoriot ovat vastuussa vain analyysien suorittamisesta, mutta asiantunteva laboratorio tarjoaa myös
  - tukea mittaussuunnitelman laadintaan ja tulosten tulkintaan
  - neuvoja siihen, mikä on kustannustehokkain ja tarkoituksenmukaisin tutkimusmenetelmä kussakin tapauksessa
- Sisäilma-asioissa korostuu kommunikointi ja tulosten tulkinta: yhden mittaustuloksen perusteella ei voida vielä tehdä kovin pitkälle vietyjä johtopäätöksiä

Työterveyslaitos

**KIITOS!**

**Kysymyksiä?**



ttl.fi



@tyoterveys  
@fioh



tyoterveyslaitos



tyoterveys



Tyoterveyslaitos