



Työterveyslaitos

Rakennusmateriaaleista peräisin olevat sisäilman epäpuhtaudet

Eero Palomäki
vanhempi asiantuntija, arkkitehti SAFA



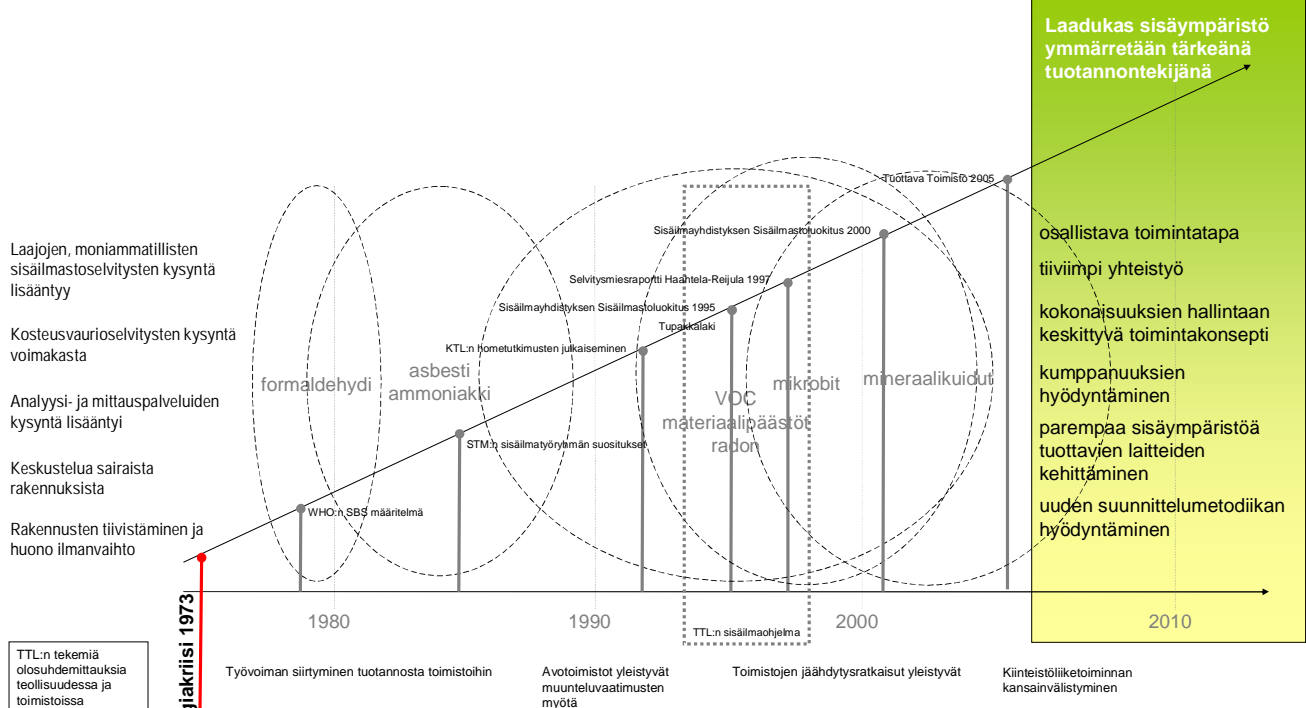
Työterveyslaitos

4.10.2011

Eero Palomäki

© Työterveyslaitos – www.ttl.fi

Sisäilman lyhyt historia



Työterveyslaitos

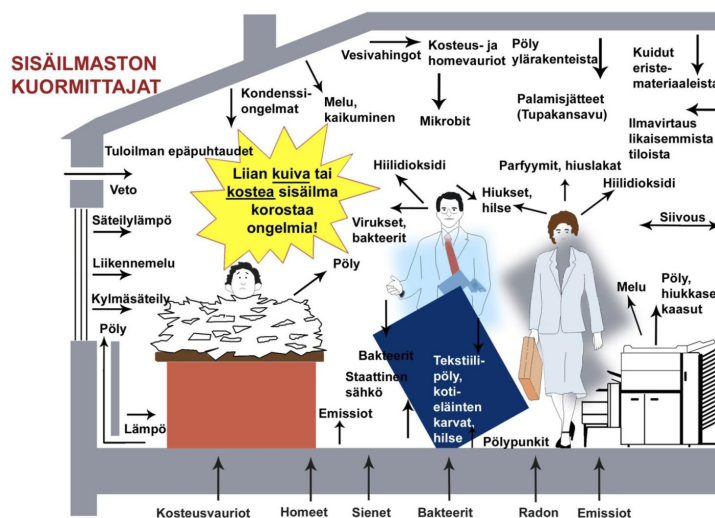
4.10.2011

Eero Palomäki

© Työterveyslaitos – www.ttl.fi

Epäpuhtauslähteitä rakennuksissa

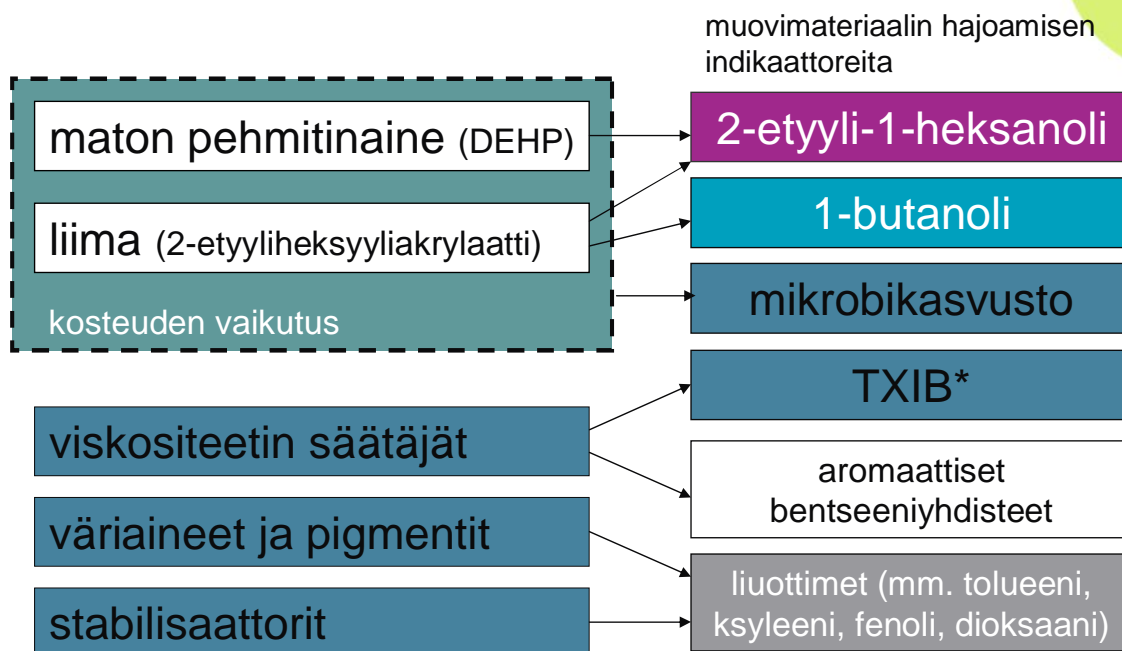
- Rakennus- ja pintamateriaalit
- Tuloilma
- Ilmanvaihto
- Ihminen
- Kojeet ja laitteet
- Kalusteet
- Siivous



Rakennus- ja pintamateriaalit

- liuotainainejäämät, haihtuvat hiilivedyt
- raaka-ainejäämät, monomeerit, esim. formaldehydi, ftalaatit
- valmistusprosessin reaktio- tai hajoamistuotteet
- kosteusvauriot

Muovipäällysteiden päästöjä ei hoideta siivoamalla



*) 2,2,4-trimetyyli-1,3-pentaanidioli di-isobutyyraatti



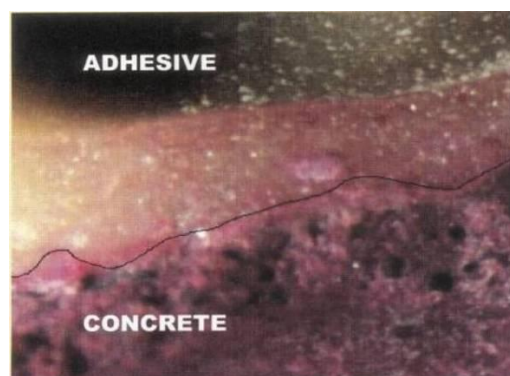
Ongelman havaitseminen

- päällysteessä ei teknistä vikaa
- usein tyypillinen haju
- maton poiston jälkeen haju voimistuu
- tasoite- ja liimakerros voi olla saippuoitunut
- kosteuspoikkeamia ei aina havaita pintakosteudenilmaisimella

Mattoliima

Saippuoitunut
mattoliima

pH n. 13



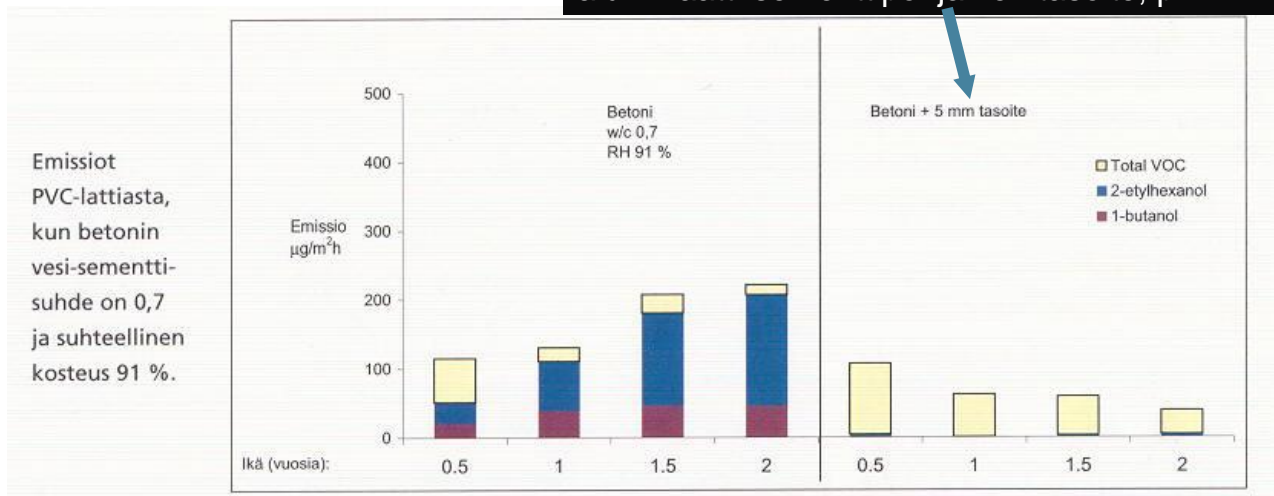
Oireet

- ärsytysoireita (nenä-, silmä-) = tyypillisimmät oireet
- ylähengitystieoireita
- iho-oireita
- toistuvia flunssia
- päänsärkyä, väsymystä
- astmaatikoit reagoivat joskus



Alkaalisen kosteuden vaikutus - 1

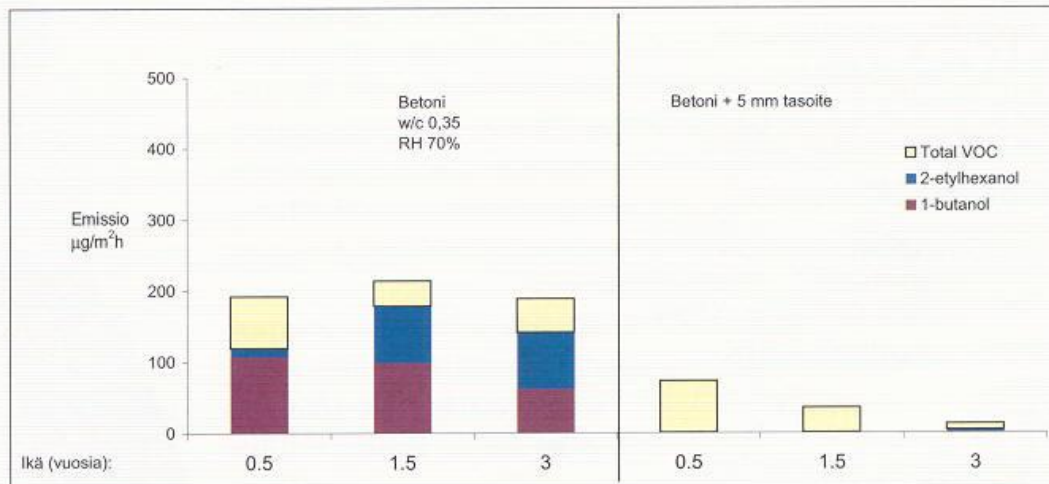
aluminaatti-sementtipohjainen tasoite, pH <11



Eronen et al. (1998) Päällystettyjen betonilattoiden emissiot. TTK

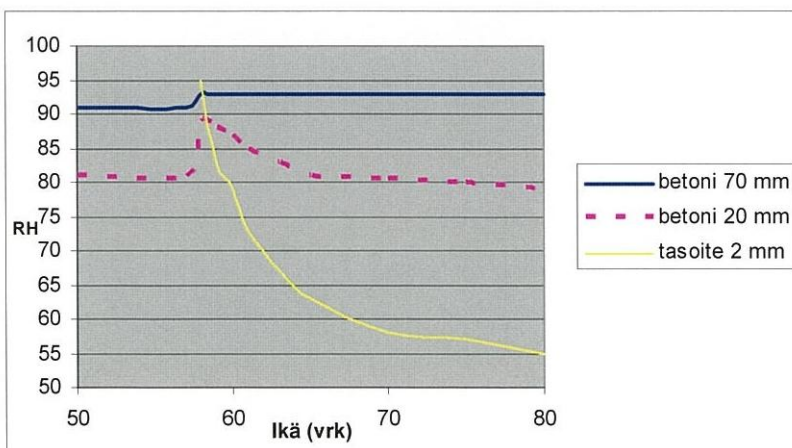
Alkaalisen kosteuden vaikutus - 2

Emissiot PVC-lattiasta, kun betonin vesi-sementti-suhde on 0,35 ja suhteellinen kosteus 70 %.



Eronen et al. (1998) Päällystettyjen betonilattioiden emissiot. TTK

Tasoitetun betonirakenteen kuivuminen



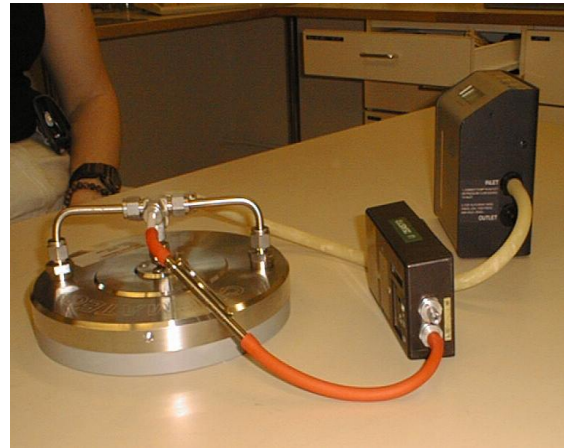
Kun betonirakenteen, jonka suhteellinen kosteus (RH) 20 mm:n syvyydellä rakenteen pinnasta mitattuna on 80 %, pintaan levitetään 3 mm:n paksuinen hienotasoitekerros, betonin kosteus voi nousta lähes 10 % -yksikköä. Betonin kuivuminen samaan kosteuteen kuin mitä se oli ennen tasoittamista voi kestää lähes viikon. Tasoite itse kuivuu hyvinkin nopeasti.

Ongelman tutkiminen

- haihtuvien orgaanisten yhdisteiden määrittäminen:
 - ilmasta → toimii huonosti, hankala tulkittava
 - pintaemissioiden määrittäminen FLEC-laitteistolla → ok, työläs
 - emissioiden mittaaminen ns. kupunäytteellä → varauksin
 - materiaalista → yksinkertaisin, halvin, toimii

Pintaemissio: 2-etyyli-1-heksanoli
>10 % TVOC:sta poikkeavaa

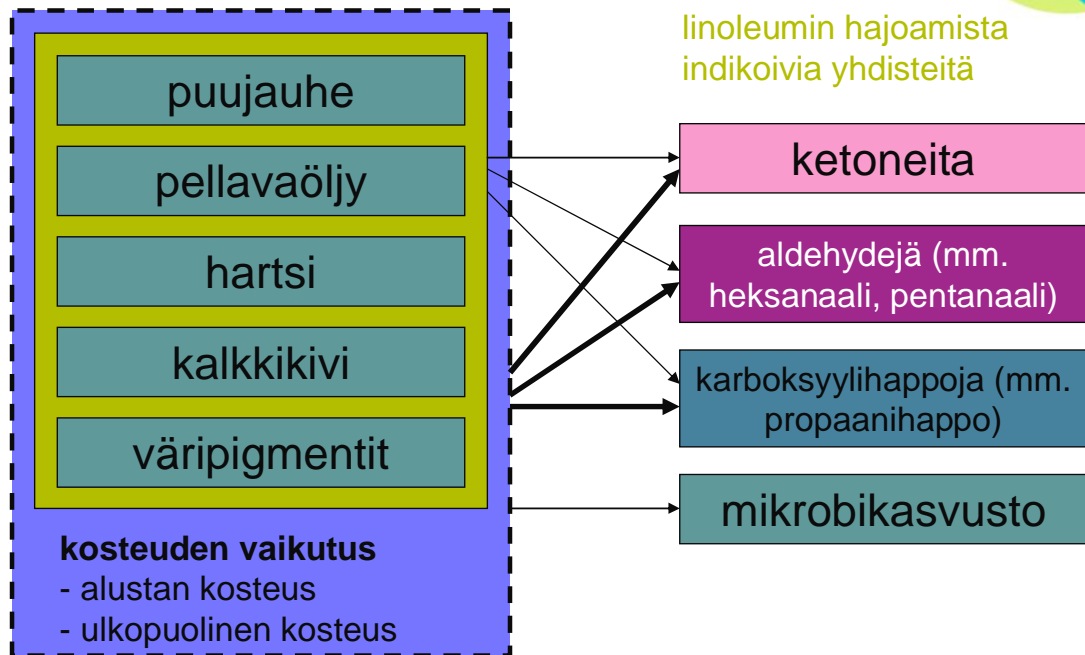
Materiaalinäyte: 2-etyyli-1-heksanoli
>50 % TVOC:sta poikkeavaa



Ongelman ratkaisu

- vioittuneen päällysteen poistaminen
- tasoitteen ja liiman poistaminen
- betonialustaan absorboituneiden yhdisteiden kapselointi (esim. epoksilla) tai poistaminen (esim. Penetrox-S)
- kosteusvaurioiden syiden korjaaminen ja rakenteen kuivatus (jos ei kapseloida)
- matala-alkaalinen tasoite väh. 5 mm
- uuden päällysteen asentaminen
- PVC-päällyste sinällään ei ole huono ratkaisu!

Linoleumpäällysteen päästöt



Kuinka pilata linoleumpäällyste siivoamalla?

- *linoleum ei kestä kosteutta*
- *linoleum ei kestä alkaaleja (pH >9-10)*

Kun vahanpoisto tehdään muovimatoille tarkoitetuilla aineilla (pH >10)

- linoleumin pinta vaurioituu
- kemialliset hajoamisprosessit käynnistyy
- vaha ei tartu

→ päällyste on vaihdettava

→ OPETTELE EROTTAMAAN MUOVI- JA LINOLEUMPÄÄLLYSTE

Linoleumin "dilemma" päällystyskelpoisuudesta

- SisäRYL2000
 - päällystyskelpoisuuden raja-arvo RH 90%
 - sovelletaan vain uusissa rakenteissa
- Valmistajien suositukset
 - Forbo: RH 90%
 - Upofloor: RH 85%
 - Tarkett: RH 85%
- Betonirakentamisen päällystämisen ohjeet (2007)
Suomen Betonitieto Oy, Lattian- ja seinäpäällysteliitto ry
 - uusi mittaussyvyys 20 mm pinnasta: RH <75%

→ vaikutus rakentamisaikaan

→ kuivaussuunnitelma välttämätön

→ "kosteuskonsultti" valvomaan

Mitä tiedämme kokolattiamatoista?

- Vuonna 2007 lattian tekstiilipinnoitteita myytiin Suomessa reilut 410 000 m², vuonna 2008 n. 530 000 m².
- Tekstiililattioiden kysyntä kasvaa tasaisesti mm. avotoimistojen yleistymisen myötä. Tekstiilimatoilla halutaan parantaa mm. avotoimistotilojen akustisia ominaisuuksia.
- Tekstiilipinnoitteiden myyntiosuus kaikista Suomessa myytävistä pinnoitemateriaaleista on n. 3 %.
- Amerikassa, Keski-Euroopassa ja Iso-Britanniassa tekstiilimatot ovat olleet yleisiä kautta vuosien. Niiden osuus kaikista lattiapinnoitteiden myynneistä on reilusti yli 50 %.

Kokolattiamattojen tausta

- Kokolattiamatot yleistyivät 1950-luvulla.
- Neulahuopamatot olivat yleisiä 1960- ja 1970-luvulla, mutta niiden laatu ei aina vastannut käyttötarkoitustaan.
- Tekstiilimattojen suosio romahti 1980-luvulla mm. sen vuoksi, että niiden epäiltiin olevan osallisina terveydellisiin haittoihin, suurimpana epäilyjen kohteena olivat lähengitysteiden allergiat.
- Tutkimukset osoittivat, että tekstiilimatot eivät olleet yksin syyllisiä. Yhdeksi syylliseksi osoittautui tekstiilimattojen huonolaatuinen ylläpitosiivous.
- Myös mattojen rakenne ja materiaalit olivat silloin erilaisia ja niistä emittoitui ilmaan päästöjä. Tekstiilimattojen pohjarakenne oli usein lateksivaahtoa, joka hajosi ja muuttui pölyäväksi kosteuden ja kulutuksen vaikutuksesta.
- Myös kiinnitysalustan ominaisuudet, kuten esim. betonin liiallinen kosteus, saattoivat olla yhtenä tekijänä tekstiilipinnoitteiden ongelmiin.

Tekstiilipäällysteiden rakenne - 1

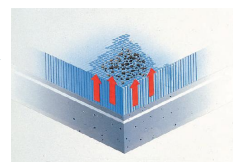
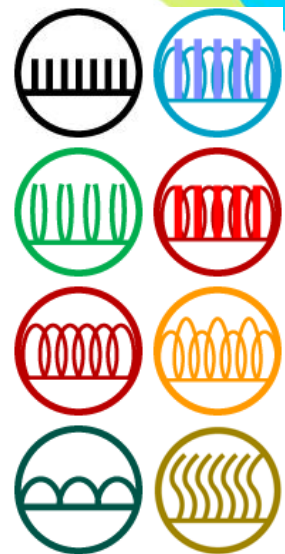
- Tekstiilimattojen rakenne on kerroksellinen.
- Maton näkyvin osa, pintarakenne:
 - yleisimmin nukkapintainen
 - voi myös olla kudottu tekstiilikangasta muistuttava nukaton pinta
- Nukan laadulla ja rakenteella on merkitystä maton puhdistettavuuteen ja puhdistuvuuteen.
 - Synteettiset kuidut, polyamidi, polyesteri, polyakryyli ja polypropyleeni, ovat yleisimpiä tekstiilimattojen pintarakenteen kuituja edullisemman hintansa, paremman kulutuskestävyytensä sekä helpomman puhdistettavuutensa vuoksi
 - Ne myös kestävät paremmin emäksisiä pesuaineita.
- Lähes kaikki tekstiilimattojen synteettiset pintakuidut käsitellään antistaattisiksi ja likaa hylkiviksi.
 - Luonnonkuidut, villa, puuvilla, pellava, sisal ja kookos, sitovat itseensä vettä ja samalla likaa ja ne myös kuivuvat hitaammin.

Tekstiilipäällysteiden rakenne - 2

- Pintarakenteen alla on välikerros ja pohjakerros, jotka molemmat voivat mattotyypistä riippuen muodostua useammista kerroksista, esim. liima-, sideaine-, pohjakangas- ja vahvistuskerroksista.
 - Välikerroksen tarkoitus on kiinnittää pintarakenne ja joissakin tapauksissa muodostaa tiivis kalvo suojaamaan alustaa ja pohjarakennetta kosteudelta.
 - Pohjarakenne on pinnoitteen alustaa vasten tuleva rakenne, joka varmistaa pinnoitteen kestävyuden - kuosissaan pysymisen.

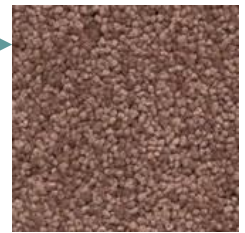
Tekstiilipinnoitetyypit

- Tekstiilimatot ryhmitellään valmistustekniikkansa mukaan
 - kudottuihin
 - tuftattuihin
 - flokattuihin
 - neulattuihin ja poimupuristettuihin mattoihin.
- Kutominen on vanhin ja 1950-luvulle asti ainoa kokolattiamattojen valmistustapa.
- Tuftatut matot ovat nykyään yleisimpiä tekstiilimattotyyppisiä
- Flokattujen mattojen suosio on kasvamassa pinnoitteen hyvän kulutuskestävyyden ja puhdistettavuuden vuoksi



Tuftatut matot

- Tuftatut matot valmistetaan pistelemällä nukkalanka koneellisesti naulaamalla pohjakankaan läpi.
- Valmis nukkapinta kiinnitetään lateksiliimalla alapuolelta pohjakankaaseen.
- Lateksinen välikerros on vettä läpäisemätön.
- Tuftatun maton pohjakangas on juuttia, keinokuitua tai vaahtolateksia.
- Tuftatut matot ovat joko
 - silmukkanukkaisia,
 - aukileikattuja tai
 - niiden yhdistelmiä.
- Synteettisistä kuiduista valmistettu nukka käsitellään lopuksi likaa hylkiväksi, luonnonkuiduille käsittelyä ei tehdä. Kuidut voidaan myös käsitellä pysyvästi antistaattisiksi.



Vaikutukset sisäilmaan

- Tämän päivän tekstiilimattojen materiaalien ja valmistuksen on täytettävä niille asetetut laatuvaatimukset ja päästörajoitukset, mm. M1-luokitus.
- Hyvin hoidettujen ja siivottujen tekstiilimattojen ei ole todettu aiheuttavan allergisia sairauksia.
- Huonepölypitoisuudet voivat olla jopa alempia kuin tiloissa, joissa on kovapintaiset lattiapinnoitteet.
- Koska tekstiilipinnoite on hyvin likaa kätkevä, huolellisen hoidon ja ylläpitosiivouksen merkitys on suuri huoneilman laadun kannalta.

Johtopäätökset

- EN-standardi tekstiilipinnoitteiden siivous- ja ylläpito-ohjeista on valmistumassa vuoden 2011 keväällä.
- Ylläpitosiivouksen laatua nykyisillä laitteilla ja puhdistusmenetelmillä olisi hyvä varmistaa tutkimuksin. Myös painehuuhtelupesun vaikutus tekstiilimaton rakenteeseen ja veden mahdollinen kulkeutuminen tekstiilipinnoitteen alle olisi hyvä selvittää.
- Lattian tekstiilipinnoitteet soveltuvat oikein valittuina ja huolellisesti hoidettuina sekä toimistoihin että koteihin.
- Näkemystä tukevat
 - julkisten tilojen tekstiilimattojen käyttäjäkokemukset (mm. Senaatti-kiinteistöt) sekä
 - allergiajärjestöjen tekstiilipinnoitteille antamat hyväksynät

I lmanvaihtojärjestelmä

- Tuloilmakammio (lumi, lika)
- suodattimet; likaisuus, kastuminen
- kostutus, jäähdytys; seisova vesi
- äänenvaimentimet; mineraalikuidut
- kanavat; kertyvä lika, kastuminen, rakennusaikaiset jäämät



Mineraalikuidut ongelmana

- ilmanvaihtojärjestelmä
 - äänenvaimentimet, ääniloukut
 - tuloilmaelimet
 - eristetyt kanavat
 - "villit säätötoimet"
 - alaslasketut katot
 - kauttaaltaan pinnoittamaton akustovillalevy
 - äänenvaimennusvilla alum.sälekaton päällä
 - suojaamaton mineraalivilla
- tutkitaan pölynäyttein laskeutuneesta pölystä
- teippimenetelmä (BM Dustlifter)
 - pölyn elektronimikroskooppianalyysi

Mineraalikuitujen aiheuttamat oireet

- kuivuuden tunne
- silmien kutina, kirvely tai ärsytys
- nenän ärsytys, tukkoisuus tai vuoto
- käheys tai kurkun kuivuus
- kasvojen ihon kuivuus tai pnoitus
- päänahan tai korvakäytävän hilseily
- kuitujen ärsyttämät limakalvot voivat olla myös alttiimpia virus- ja bakteeri-infektioille sekä reagoida voimakkaammin muihin sisäilmassa esiintyviin epäpuhtauksiin

Kuituongelman korjaus

- iv-järjestelmä
 - kuitulähteiden paikannus (näytteenotto)
 - kuitulähteiden poistaminen, korvaaminen (dacron tai Cleantek/Isover) tai pinnoitus
 - kanaviston nuohous ja ilmamäärien säätö
 - pintojen siivous (ns. pölyttömäksi)
- alaslasketut katot
 - vain kokonaan pinnoitettuja akustovillalevyjä
 - paljaan villan poistaminen sisätiloista

Miksi homekasvu rakenteissa on niin haitallista?

- "normaalilähteiden" itiöt tulevat ja menevät, "normaali" ilmiö
- mikrobikasvustosta kulkeutuu sisäilmaan haitallisia kaasumaisia ja hiukkasmaisia päästöjä, mm. vuotoilman mukana
- rakennusmateriaalit kasvualustana indusoivat usein mikrobin toksiinituottoa



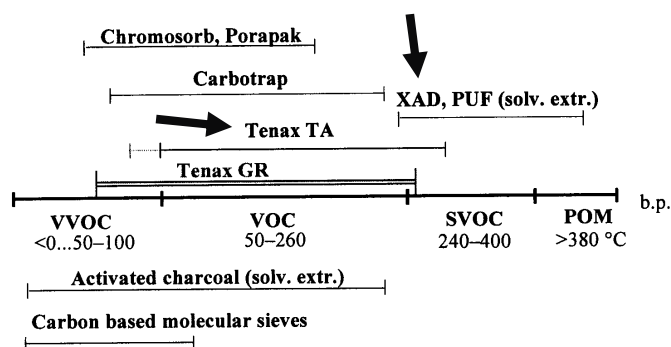
Epäpuhtauksien tutkimusmenetelmät

- Ilmasta tehtävät mittaukset
 - VOC, PAH, formaldehydi
 - mikrobien itiöt (keräys 6-vaiheimpaktorilla, Andersen-keräin)
- Pölystä tehtävät mittaukset
 - mmmf (mineraalikuidut)
 - mikrobit laskeutuneesta pölystä, ns. pinnanäyte
 - toksiinit?
- Materiaalista tehtävät mittaukset
 - mikrobikasvu materiaalinäytteestä laimennos- tai suoraviljelymenetelmällä
 - VOC



I Ilmasta otettavat näytteet - VOC

- kerätään pumpulla adsorbenttiin

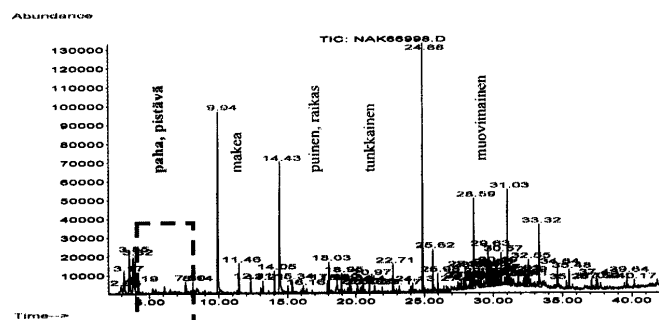


- passiivisesti diffuusiokeräimellä
 - 3M (VOC), formaldehydi

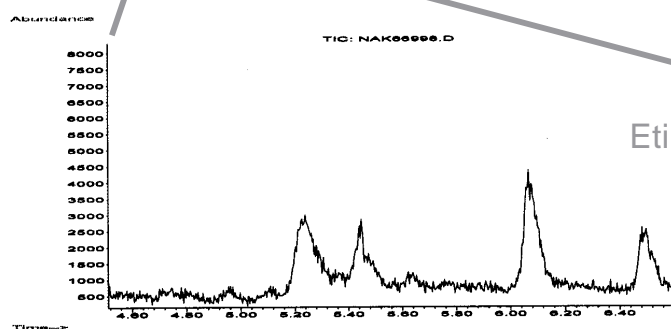
Pölystä otettavat näytteet

- mineraalikuidut
 - teippinäytteet (BM Dustlifters)
 - SEM-analyysi (elektronimikroskooppianalyysi)
 - iv-kanavasta suodattimelle
- mikrobinäytteet
 - pinnoille laskeutuneesta pölystä (2 vkoa)
 - seinäpinnalta
- punkit
 - suodattimelle

Hajut



Kuva 10a. Hajunkuvausten merkuseminen totaali-ionikromatogrammiin.



Hajut - tunkkainen

Compound	N/122	GM ¹⁾	Keskiarvo	Max
1-Heksanoli, 2-etyyli- *	58	5	6	18
1-Propanoli *	7	1	2	5
Bentsyylialkoholi *	44	2	3	22
Fenoli, 2,6-bis(1,1-dimetyylietyyli)-4-metyyli- (BHT) *	5	2	2	3
Butanaali *	15	1	1	3
Nonanaali *	98	7	9	24
2-Pentanoni *	11	1	1	2
dl-Limoneeni *	76	10	16	124
Karboksyylihapot ryhmänä *	80	3	4	22
Ketonit ryhmänä*	110	10	23	495
Silyyliyhdisteet ryhmänä**	25	3	12	163

Korrelaatiotarkastelut: Joka viikko kyseisiä oireita kokevat henkilöt vs. ei koskaan kyseisiä oireita kokevat henkilöt

* $p < 0,05$, ** $p < 0,01$ ¹⁾ Geometrinen keskiarvo

Villberg et al. (2004). Sisäilman laadun hallinta. VTT julkaisu 540.



Hajut - epämiellyttävä

	N /84	GM ¹⁾	Keskiarvo	Max
1-Heksanoli, 2-etyyli- *	39	5	6	16
1-Propanoli *	5	1	2	5
Fenoli *	17	2	3	12
Butanaali *	15	1	2	3
Dekanaali *	73	4	4	14
Bentseeni, 1,3-dietyyli- *	6	3	3	3
Bentseeni, 1,3-dimetyyli *	18	6	9	17
Etanoli, 2-(2-butoksietoksi)-, asetaatti **	12	2	2	8
2-Pentanoni **	13	1	1	2
Sykloheksanoni *	33	2	2	4
Etanoni, 1-fenyyli- **	16	1	1	1
Mentholi *	5	2	2	2
Karboksyylihapot ryhmänä **	58	3	5	22
Esterit ryhmänä *	84	10	19	138
Silyyliyhdisteet ryhmänä **	16	3	9	46

* $p < 0,05$, ** $p < 0,01$ ¹⁾ Geometrinen keskiarvo

Villberg et al. (2004). Sisäilman laadun hallinta. VTT julkaisu 540.



Sisäilmakorjauksien ongelmatilanteet



Viestintä



Prosessin hallinta



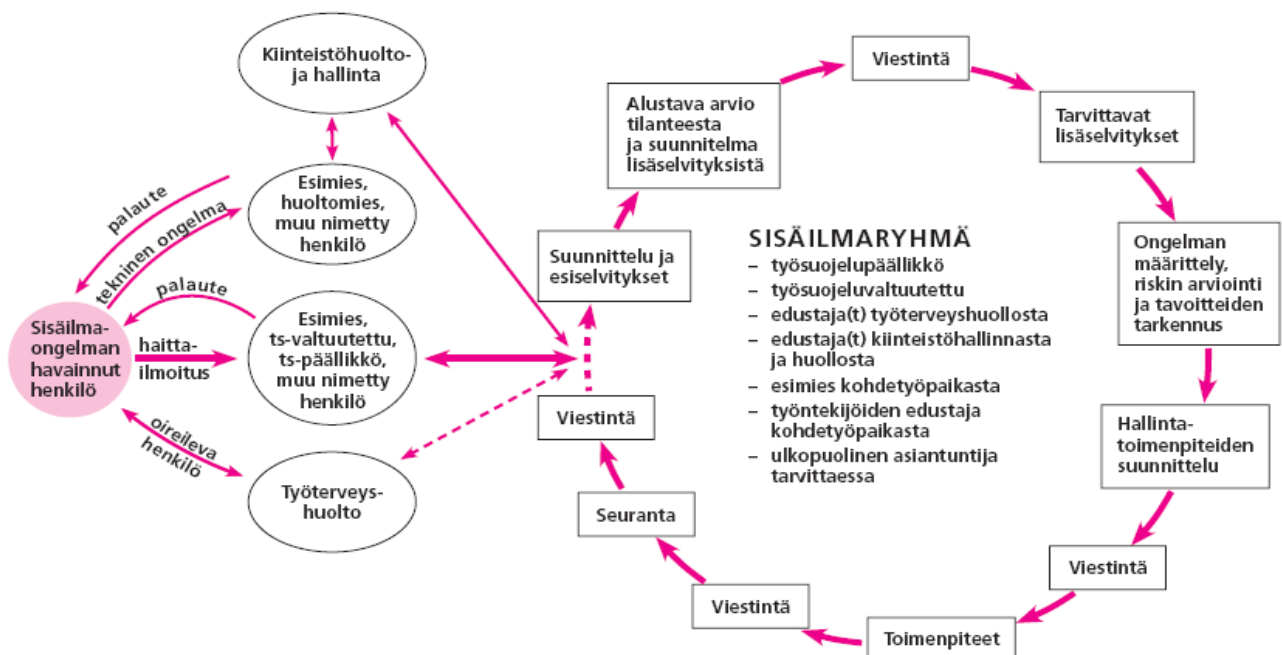
Korjausten toteutus



Korjauskustannukset



Toimintamalli sisäilmaongelmien ratkaisemiseksi



Selvitysprosessin onnistumisen edellytykset työpaikoilla

- Johdon sitoutuminen
- Henkilökunnan ottaminen mukaan
- Systemaattinen selvitysprosessi
- Tiedon kulun varmistaminen (viestintä, sama "kieli")
- Asiantuntijat käyttävät näyteanalyysissä laadukkaita laboratorioita ja vakiintuneita menetelmiä
- Asiantuntijat tekevät tuloksista selvät, ymmärrettävät johtopäätökset ja antavat jatkotoimenpidesuositukset
- Päätösten tekijät mukana prosessissa
- Kaikilla osapuolilla on yhteinen näkemys ongelman luonteesta ja tarvittavista korjauksista

Onnistumisen arviointi

- Onnistumista ei ensisijaisesti suositella arvioitavan sisäilmamittauksilla
- vaan koko korjausprosessin arvioinnilla
- Paras tulos saavutetaan, kun alkutilanteessa kaikki osalliset sitoutuvat ongelmanmääritys- ja korjausprosessiin
- Jälkikäteen tehtävä arviointi kohdistettava koko prosessiin eikä vain toteutettuihin korjaustoimenpiteisiin

Korjausprosessin arviointi

1. Tehdyt tutkimukset ja selvitykset	<ul style="list-style-type: none">• ongelman laajuuden määrittely (esim. kysely)• tekniset selvitykset• näytteenotto• seurannasta sopiminen• viestintä
2. Korjaus-suunnittelu	<ul style="list-style-type: none">• rakennus- ja iv-tekninen suunnittelu• työmaa- ja suojaussuunnittelu• seurannasta sopiminen• viestintä
3. Korjausten toteutus	<ul style="list-style-type: none">• korjaustenaikainen suojaus ja tilan alipaineistaminen• vaurion syyn ja vaurioituneen materiaalin poistaminen• purkumateriaalin käsittely• korjaustyön toteutus ja ilmanvaihdon säätäminen• viestintä
4. Korjausten jälkeinen siivous	<ul style="list-style-type: none">• pintojen imurointi (HEPA-suodatin)• kaikkien pintojen pyyhintä• suojausten purkaminen• viestintä
5. Korjausten jälkeinen seuranta	<ul style="list-style-type: none">• sovitun seurannan toteutus• sovittujen mittausten tekeminen• viestintä• jatkoseurannasta sopiminen

Henkilökunnan terveyden seuranta

- tulisi sopia tavoista ennen korjaustoimenpiteitä
- kysely ennen ja jälkeen (MM40 tai uudistettu Työterveyslaitoksen sisäilmastokysely)
- oireilun ja sairastuvuuden seuranta työterveyshuollon vastuulla
- voi esiintyä ns. hyperreagoivia henkilöitä, joiden sijoittaminen rakennukseen ei onnistu (Haverinen-Shaughnessy *et al.* 2004, Rudblad *et al.* 2004)