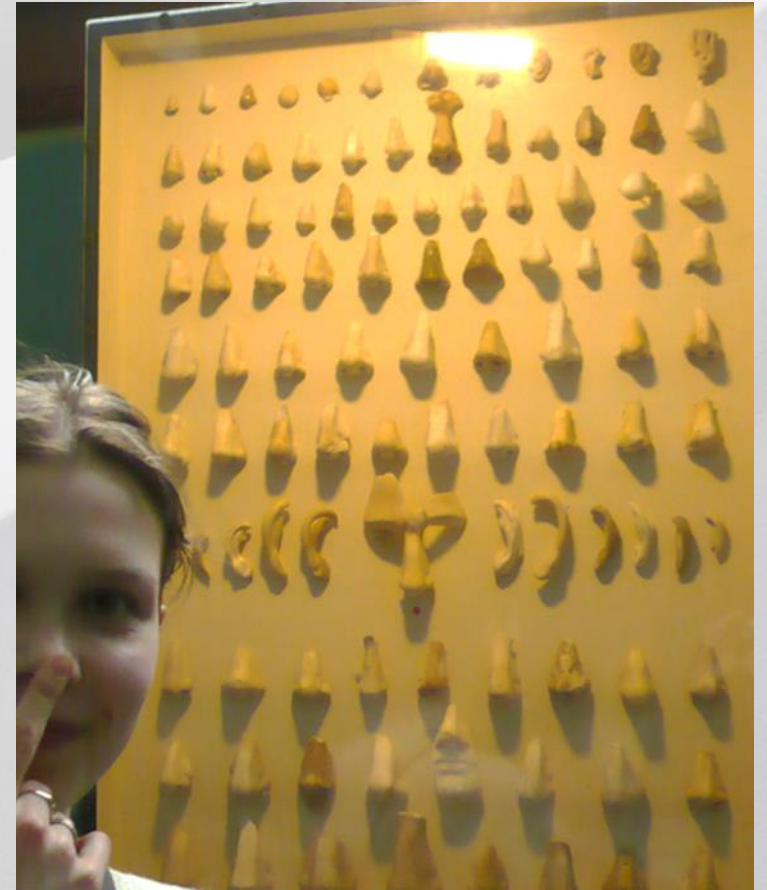


VANHAN TALON HAJUISTA

Anu Laurila
Arkkitehti, rakennusterveysasiantuntija (C-26465-26-21)
AFRY Rakennusfysiikka, sisäilmatiimi
AFRY Finland Oy



ESITYKSEN SISÄLLÖSTÄ

- Hajuista yleensä
- Lainsäädäntöä hajuihin liittyen
- Valitut vanhan talon hajut ja niiden tutkiminen

Hajuista yleensä

- Hajut voivat olla peräisin rakennusmateriaaleista, ulkoilmasta, siivouksesta, ihmisistä jne
- Eri yhdisteiden hajukynnyksissä on vaihtelua
- Hajut ovat harvoin vaarallisia, mutta voivat aiheuttaa viihtyvyyshaittaa
- Eri ihmiset kokevat hajut eri tavoin
- Hajut tuovat voimakkaita assosiaatioita
- Hajuja on vaikea mitata



Kuvassa laventelipussi, kuva Suomen kansallismuseo (CC BY 4.0)

Hajujen voimakkuuteen vaikuttavat

- Yhdisteen pitoisuus:
 - Jos materiaalissa on paljon helposti haihtuvia yhdisteitä, hajun esiintyminen on todennäköisempää
 - Tai jos materiaalia, joka toimii hajun lähteenä, on runsaasti
- Lämpötila ja kosteus:
 - Korkea lämpötila lisää yhdisteiden haihtumista
 - Ilmankosteus vaikuttaa myös hajuihin
- Ilmanvaihto:
 - Huonosti toimiva tai puutteellinen ilmanvaihto voi voimistaa hajuja
- Kokijan herkkyyys:
 - Ihmisten hajukynnys eli pitoisuus, jossa haistaa jonkin yhdisteen, vaihtelee ihmisten välillä



Huurteinen talvipäivä,
kuva Museovirasto
CC BY 4.0

Lainsäädäntöä ja terminologiaa

Terveydensuojelulaki ja asumisterveysasetus

Terveydensuojelulaki (763/1994):

26§: Asunnon ja muun sisätilan sisäilman puhtauden, lämpötilan, kosteuden, melun, ilmanvaihdon, valon, säteilyn ja muiden vastaavien olosuhteiden tulee olla sellaiset, ettei niistä aiheudu asunnossa tai sisätilassa oleskeleville terveyshaittaa.

Asunnossa ja muussa oleskelutilassa ei saa olla eläimiä eikä mikrobeja siinä määrin, että niistä aiheutuu terveyshaittaa.

27§: **Jos asunnossa tai muussa oleskelutilassa esiintyy** melua, tärinää, **hajua**, valoa, mikrobeja, pölyä, savua, liiallista lämpöä tai kylmyyttä taikka kosteutta, säteilyä tai muuta niihin verrattavaa **siten, että siitä voi aiheutua terveyshaittaa** asunnossa tai muussa tilassa oleskelevälle, toimenpiteisiin haitan ja siihen johtaneiden tekijöiden selvittämiseksi, poistamiseksi tai rajoittamiseksi on ryhdyttävä viipymättä.

Asumisterveysasetus (545/2015):

15§: Haihtuvien orgaanisten yhdisteiden tolueenivasteella lasketun kokonaispitoisuuden toimenpideraja huoneilmassa on 400 µg/m³. Yksittäisen haihtuvan orgaanisen yhdisteen tolueenivasteella lasketun pitoisuuden toimenpideraja huoneilmassa on 50 µg/m³. **Naftaleenin hajua ei saa esiintyä.**

18§: Sisäilmassa ei saa toistuvasti esiintyä aistinvaraisesti tunnistettavaa tupakansavua, joka on kulkeutunut asuntoon tai muuhun oleskelutilaan ulkoa tai muualta rakennuksesta. Sisäilman tupakansavu ei saa ylittää nikotiinipitoisuutena mitattuna 0,05 µg/m³.

Terminologiaa

- **Toimenpideraja-arvo** tarkoittaa arvoa, jonka jälkeen on ryhdyttävä toimenpiteisiin tilanteen selvittämiseksi: mistä arvon ylitys johtuu, onko siitä haittaa, voiko haittaa poistaa tai vähentää jne
- **Viitearvo** tarkoittaa arvoa, jonka ylitys kuvaa epätavallista pitoisuutta, mutta ei välttämättä tarkoita ongelmaa, vaan että syy ylitykselle on selvitettävä
- **HTP-arvot** ovat työpaikan ilman epäpuhtauksille asetettuja arvoja, jotka työnantajan on otettava huomioon työn vaarojen selvittämisessä ja arvioinnissa sekä työympäristön suunnittelussa työpaikan ilman puhtautta, työntekijöiden altistumista ja mittaustulosten merkitystä arvioidessaan
HTP= "Haitalliseksi Tunnettu Pitoisuus"
- Terveyshaittaa arvioi terveydenhoidon asiantuntija (esim. lääkäri), ei rakennusalan asiantuntija

Vanhan talon (valikoidut) hajut

Vanhan talon hajuja

- **Kloorianisoli eli "mummonmökin" haju**
- **PAH-yhdisteet eli "vuoristoradan haju"**
- **Linoleumi**
- **Formaldehydi**
- **Mikrobit eli "kellarin haju"**
- Vanha tupakan tai sikaarin haju
- Vanhojen kirjojen haju
- "Pölyn" haju
- Viemärin haju
- Muita?



Kloorianisolit, ”mummonmökin haju”

- Kloorianisoleilla on erittäin alhainen hajukynnys ja niiden haju muistuttaa epämiellyttävää ja tunkkaista homeen hajua.
- Kloorifenoleita käytettiin yleisesti 1930–1980-luvuilla kyllästysaineina suojaamaan rakentamiseen käytettyä puumateriaalia lahoamiselta, sinistymiseltä ja homekasvulta.
- Tyypillisiä käyttökohteita kyllästetylle puumateriaalille olivat erilaiset alapohjan kosteudelle alttiit rakenteet kuten maavaraisiin betonilaattoihin suoraan kiinnitetyt puurakenteet ja rossipohjien alatukirakenteet.
- Hajun aiheuttaa yhdiste nimeltä 2,3,4,6-tetrakloorianisoli, joka on kloorifenolin hajoamistuote.
- Kloorianisoleja vapautuu sisäilmaan puun kostuessa ja mikrobien hajottaessa kloorifenoleilla kyllästettyä puumateriaalia.

Kloorianisoli, "mummonmökin haju"

- Jo hyvin pieni määrä kosteudesta johtuvaa mikrobiaktiivisuutta pystyy tuottamaan aistittavia määriä kloorianisoleita.
 - Joten niiden löytyminen sisäilmasta ei välttämättä tarkoita merkittävää kosteusvaurion aiheuttamaa mikrobikasvua rakenteissa.
- Kloorianisoleihin liittyvä haju voidaan kokea viihtyvyyshaittana.
- Haju tarttuu voimakkaasti muihin materiaaleihin, esimerkiksi vaatteisiin.
- THL:n mukaan "käytettävissä olevan, perinteisiä menetelmiä käyttävän toksikologisen tiedon perusteella asunnon sisäilmassa mitattuja kloorianisolipitoisuuksia ei voida liittää haitallisiin terveysvaikutuksiin."



Kuvassa Meilahdentie 3, Helsinki; "Mummon mökki", "Martan mökki", Huvila 28b, Meilahden huvila-alue. Kuva Helsingin kaupunginmuseo CC BY 4.0

PAH-yhdisteet

- PAH=Polysykliset aromaattiset hiilivedyt
- PAH-yhdisteiden hajua voisi kuvailla Linnanmäen "vuoristoradan hajuksi" tai "ratapölkkyjen hajuksi".
- Kivihiilen kuivatislauksessa syntyvä kivihiiliterva ja siitä tislattu öljy sisältävät PAH-yhdisteitä.
- Suomalaisissa rakennustuotteissa on käytetty varsin yleisesti PAH-yhdisteitä sisältäviä materiaaleja kuten kivihiilipikeä, kivihiilitervaa ja kreosoottiöljyä.
- Myös ulkomuseoissa kuten Seurasaarella hajua saattaa havaita, koska kivihiilitervaa eli kreosoottia käytettiin 1950-luvulla konservointiaineena.
- Käytetty rakentamisessa 1800-luvun alkupuolelta alkaen aina 1960-luvulle.



Helsingin Asfaltti-Osakeyhtiön mainoslehti 1897.
Kansalliskirjaston digitaaliset aineistot.

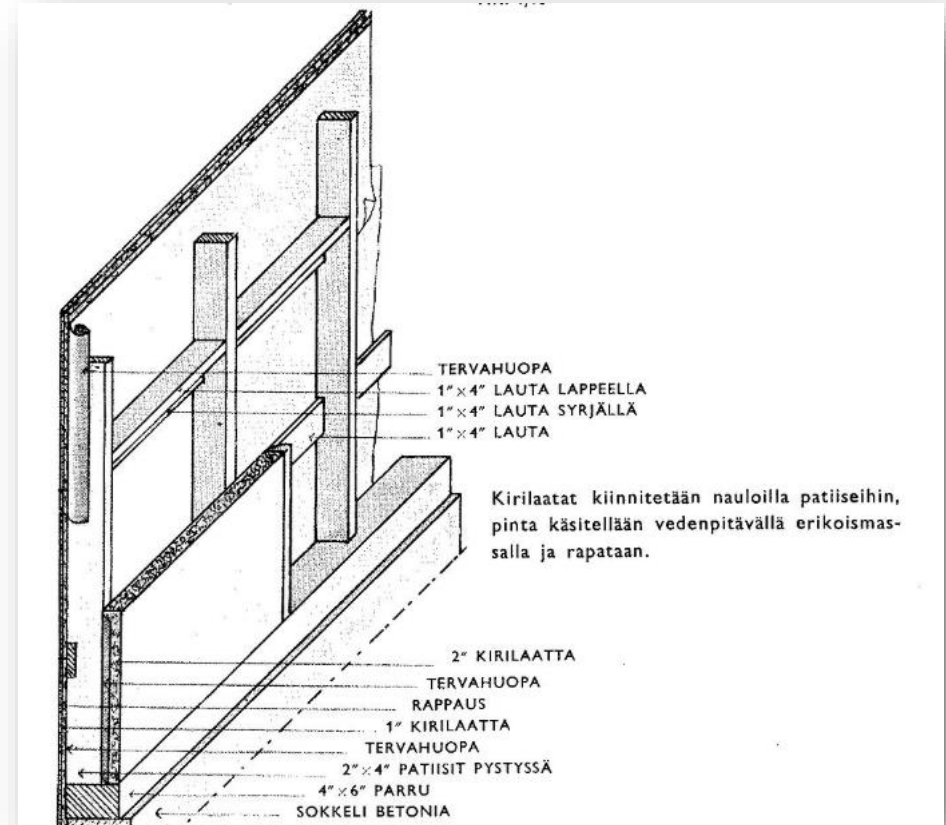
PAH-yhdisteet

- TTL:n ja AFRYn Tutkimusprojekti "PAHSIS"
- Selvitettiin PAH-yhdistepitoisten materiaalien historiaa, sisäilmavaikutuksia ja annettiin suositus, miten tutkia.
- Yhdisti teoriaa ja käytäntöä, tehtiin mittauksia "aidoissa" kohteissa, joissa tehtiin kuntotutkimuksia tai korjauksia.
- Todettiin, että terminologia ollut sekavaa; kreosootti, kivihiiliterva, kárboliterva, kárbolihapo, jne
- PAH-yhdisteitä esiintyy monenlaisissa materiaaleissa, esim.:
 - Tervapahvi, tervapaperi
 - Sivelyt (kosteudeneristeenä)
 - Pikihuovat
 - Valuasfaltti
 - Tervatut eristeet kuten riveet
 - Pikiliima



PAH-yhdisteet

- PAH-yhdisteet ovat puoli haihtuvia (SVOC) tai haihtumattomia orgaanisia yhdisteitä.
- Osa PAH(16)-yhdisteistä voi esiintyä kaasumaisessa muodossa ilmassa. (naftaleeni, asenaftyleeni, ase-nafteeni, fluoreeni, fenantreeni ja antraseeni)
- Osa PAH(16)-yhdisteistä voi esiintyä sekä kaasufaasissa että hiukkasiin sitoutuneena. (fluoranteeni ja pyreeni)
- Raskaimmat PAH(16)-yhdisteet esiintyvät ilmassa vain hiukkasiin sitoutuneina. (bentso[a]antraseeni, kryseeni, bentso[b]fluoranteeni, bentso[k]fluoranteeni, bentso[a]pyreeni, indeno[1,2,3-cd]pyreeni, dibentso[a,h]antraseeni, bentso[ghi]peryleeni)
- Työterveyslaitoksen aineistossa suurimmasta osasta tutkituista sisäilmanäytteistä löydettiin naftaleenia ja fenantreenia pääkomponentteina.



Kiri-laattojen mainoslehtinen. Kansalliskirjaston digitaaliset aineistot.

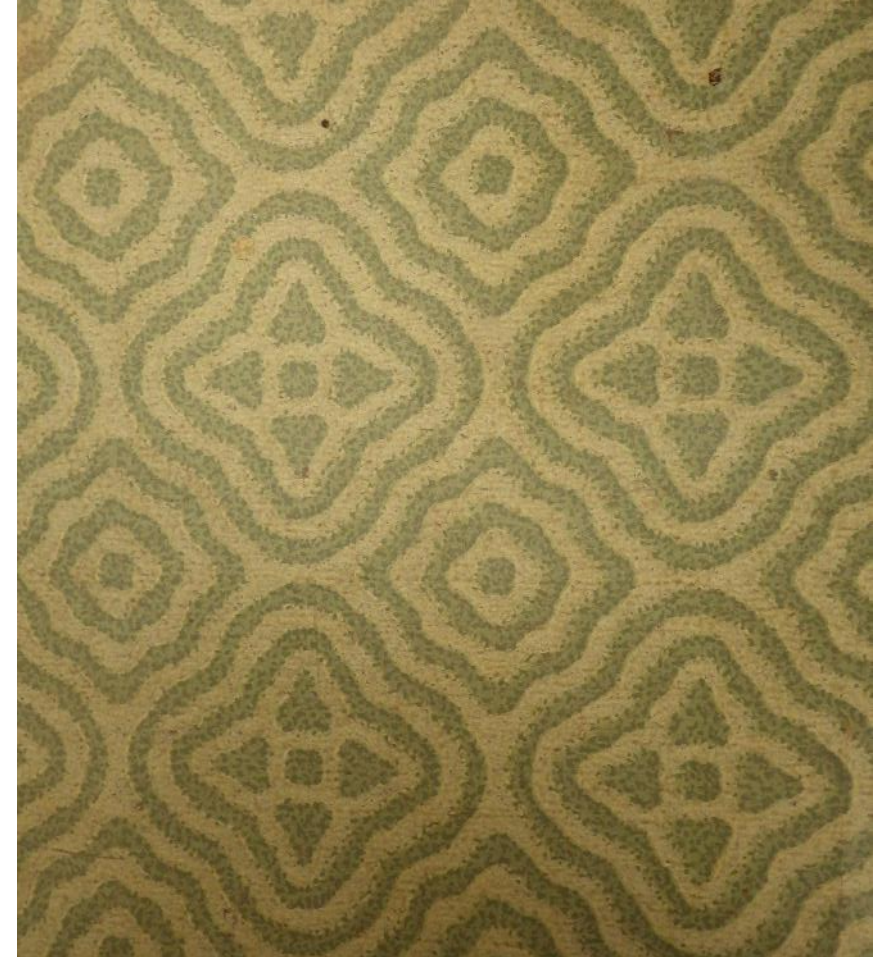
PAH-yhdisteet

- Ainoa yhdiste, jonka toimenpiderajana asumisterveysasetuksessa on, ettei hajua (naftaleeni) saa esiintyä.
- Paperimaisista materiaaleista usein haihtuvimmat yhdisteet haihtuneet jo varhain.
- Siveltävissä materiaaleissa pinta usein "lasittunut", mutta pinnan alla edelleen emissiopotentiaalia, eli jos pinnan rikkoo, haju on voimakas.
- Vaikka PAH-yhdistepitoisia materiaaleja olisi rakenteissa, ne eivät aina aiheuta hajua sisäilmaan.
- Joskus rakenteen muuttaminen tai korjaaminen voi aiheuttaa hajua, jos PAH-yhdisteitä sisältävää materiaalia rikotaan.
- Erittäin korkeatkaan rakennusmateriaalien
- PAH-yhdisteiden pitoisuudet eivät yleensä nosta haihtuvien PAH-yhdisteiden pitoisuuksia sisäilmassa terveydelle haitalliselle tasolle normaaleissa rakennusten käyttötilanteissa.
- Terveystieteellisesti haitallisia PAH-pitoisuuksia saattaa kuitenkin syntyä rakenteita rikottaessa. Tällöin on riski myös ihokontaktille.
- Kokonaisriskin kannalta oleellista on kuitenkin kumulatiivinen altistuminen, minkä takia olemassa olevat raja-arvotkin on asetettu ajatellen pitkäaikaista, koko työuran aikaista altistumista.



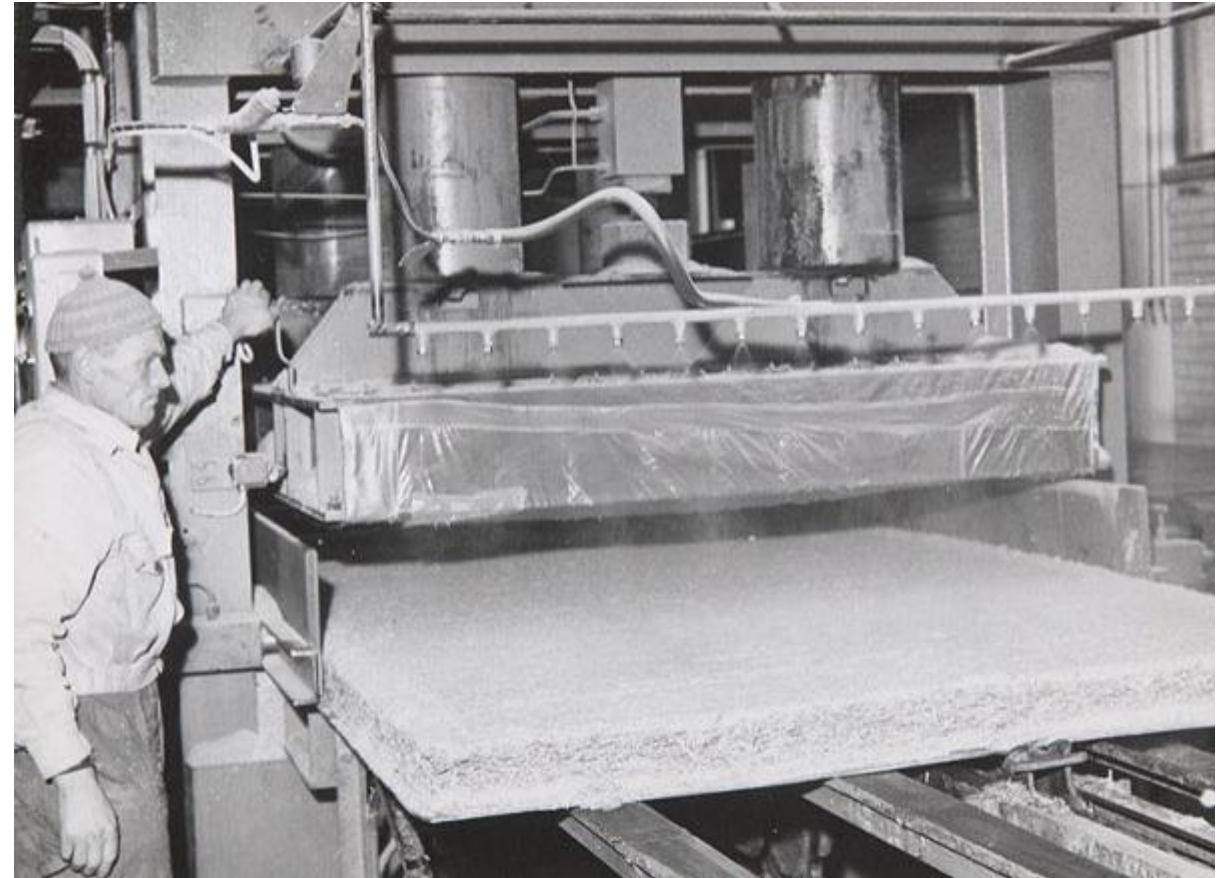
Linoleumi

- Linoleumi tehdään korkkijauheesta, hartsista, väriaineista ja pellavaöljyvernissasta sekä pohjan juuttikankaasta.
- Haju johtuu pääosin pellavaöljystä.
- Linoleumin on keksinyt ja patentoinut F. Walton Englannissa 1860-luvulla. Linoleumi on ollut käytössä Suomessa jo 1890-luvulta lähtien.
- Alun perin ei mattojen pintaan ilmeisesti tehty mitään vahausta tai muita käsittelyitä tehtaalla, vaan valmiissa matossa oli kylmävalssilla aikaansaatu tiivis ja sileä pinta. Viimeistään 1960-luvulla mattojen pintaa alettiin käsitellä jo tehtaassa vahalla.
- Ainoana varsinaisena hättänä linoleumissa on aina pidetty pellavaöljystä johtuvaa hajua, joka voi aluksi olla voimakaskin, mutta heikkenee vähitellen.
- Pellavaöljyn hajoamisen seurauksena sisäilmaan voi emittoitua haihtuvia orgaanisia yhdisteitä (VOC).
- Linoleumia ei ole pidetty kosteutta kestäväenä siinä mielessä, että se on aina pitänyt kiinnittää ehdottoman kuivalle alustalle. Kastuneessa linoleumissa myös pohjan juuttikangas voi haista.
- Haju on viihtyvyyshaitta.



Formaldehydi

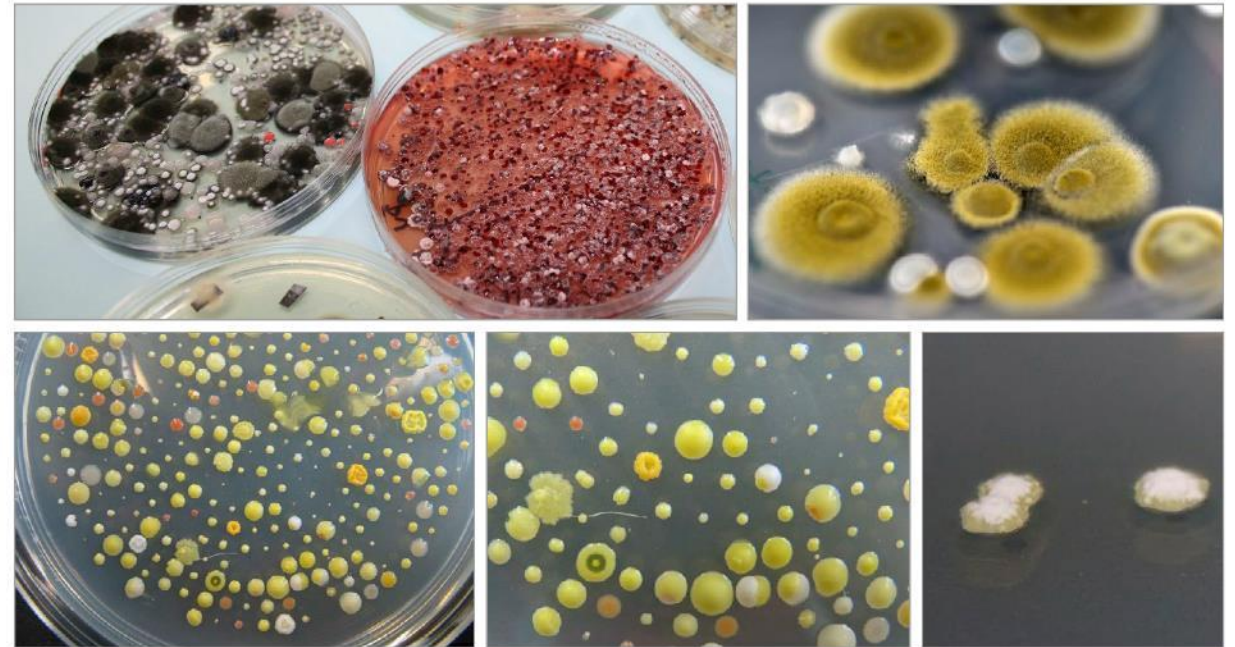
- Haju on pistävä. Sisäilman formaldehydi on yleensä peräisin lastulevyjen liima-aineena käytetystä ureaformaldehydistä.
- Formaldehydiä vapautuu ilmaan myös puutuotteista, maaleista, lakoista, pinnoitteista, tekstiileistä, kiintokalusteissa ja huonekaluissa käytetyistä liimoista, tupakansavusta ja kosmetiikasta.
- Korkea sisäilman kosteus tai materiaalien kastuminen saattavat myös lisätä formaldehydipäästöjä.
- Sisäilmassa formaldehydi voi aiheuttaa ärsytysoireita.



"Ennen prässiin menoa lastulevy kostutetaan". Kuvaaja Teollisuusvalokuvaamo Mannelin 1960-63.
Kuva Metsäteollisuus ry:n kokoelma, Lusto-Suomen Metsä museo. CC BY 4.0

Mikrobiperäiset hajut

- Mikrobiperäiset hajut voivat olla monenlaisia: tunkkainen, maakellarimainen, pistävä, kitkerä tai jopa makeahko tai hedelmäinen haju.
- Eri lajit tuottavat erilaisia hajuja.
- Yleisin mikrobiperäinen ”kellarin haju” eli multamainen haju johtuu aktinomykeettien eli sädesienen tuottamasta geosmiini-nimisestä yhdisteestä.
- Jos havaitaan mikrobiperäistä hajua rakennuksessa, se on usein seurausta kosteusvauriosta.
- Mutta myös kukkien multa saattaa haista.
- Tai biojätteet.
- Haju on vähintään viihtyvyyshaitta.



Kuva 6.2. Mikrobipesäkkeitä kasvatusmaljoilla laboratoriossa. Ylärivissä home- ja hiivasienipesäkkeitä ja alarivissä bakteeri- ja sädesienipesäkkeitä. Kuvat: U. Vuori, Mikrobioni Oy.

Kuvakooste julkaisusta ”Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus”, Ympäristöministeriön Ympäristöopas 2016

Hajujen tutkiminen ja hajuhaittojen hallinta

Hajujen tutkiminen

- Vaikeaa
- Hajua saattaa esiintyä vain tietyissä olosuhteissa kuten lämpimällä säällä, ilmankosteuden ollessa korkea tai ilmanvaihdon ollessa pois päältä tai toimiessa huonosti.
- Eri yhdisteille on "hajukynnyksiä" eli pienimpiä pitoisuuksia, joissa ihminen hajun haistaa.
- VOC-mittauksilla voidaan tunnistaa tiettyjä haihtuvia yhdisteitä (Volatile Organic Compounds).
- Homekoira haistaa sen, mitä sille on opetettu, eikä se kerro suoraan hajun lähdettä.



Homekoiran käyttö mikrobiperäisten hajujen havainnoimisessa

Opas tilaajalle, koiranohjaajalle ja kuntotutkijalle



Hajujen tutkiminen: kloorianisolit

- Kloorianisoleja syntyy mikrobitoiminnan johdosta niin pieniä määriä, että niitä ei voi havaita tavanomaisella VOC-analyysillä.
- Ihminen haistaa 2,4,6-trikloorianisolin keskimäärin pitoisuustasolla 5 ng/m³; johon verrattuna esimerkiksi formaldehydin hajukynnys, 35 µg/m³, on noin 7000 kertaa korkeampi. (Mäkelä, Labroc)
- Kloorianisoleja voidaan tutkia sekä ilmanäytteistä että materiaalinäytteistä.
- Kloorianisoleille ei ole olemassa virallisia raja-arvoja Suomessa, mutta mikäli rakennuksen ilmasta löydetään kloorianisoleja, voidaan yhteyttä kloorifenoleilla kyllästettyjen puurakenteiden olemassaoloon pitää suhteellisen varmana.
- Kosteusvaurion mahdollisuus on suljettava pois, vaikka sisäilmasta löytyisikin kloorianisoliyhdisteitä.

Hajujen tutkiminen: PAH-yhdisteet

- PAH-yhdiste naftaleeni on ainoa yhdiste, jolle on asumisterveysasetuksessa toimenpiderajana haju.
- Naftaleenin pitoisuudelle ilmanäytteessä on lisäksi toimenpideraja-arvo $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$
- PAH-yhdisteitä voidaan mitata sisäilmasta.
 - Haihtuvat PAH-yhdisteet kerätään ilmasta kalibroidun ja tarkastetun pumpun avulla lasiseen XAD-putkeen.
 - Haihtumattomat eli hiukkasmaiset PAH-yhdisteet kerätään ilmasta kalibroidun ja tarkastetun pumpun avulla suodattimelle.
- Terveysperustaisia HTP-arvoja eli haitalliseksi tunnettuja pitoisuuksia on asetettu työpaikoille, joissa työprosessit sisältävät kivihiilipohjaisten materiaalien kuumentamista.
- Haitta-ainetutkimuksessa ilmoitetaan, ylittääkö materiaali "vaarallisen jätteen raja-arvon", mutta se ei kerro mitään materiaalin sisäilmavaikutuksista, vaan käsittelystä jätteenä ja purkutyön toteutuksesta, jos materiaali puretaan.



Hajujen tutkiminen: formaldehydi

- Voidaan mitata sisäilmasta.
- Formaldehydin hajukynnys on noin $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$, mutta ärsytysoireita voi ilmetä jo pienemmissä pitoisuuksissa ($5\text{--}10 \mu\text{g}/\text{m}^3$).
- Asumisterveysasetuksen mukaan sisäilman formaldehydipitoisuuden vuosikeskiarvo ei saa ylittää $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ja lyhyen ajan keskiarvopitoisuus 30 minuutin mittauksen aikana ei saa ylittää $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$.
- Vuosikeskiarvon määrittäminen voidaan tehdä vuoden pituisen näytteenoton sijaan esimerkiksi eri olosuhteissa tehdyillä analyysillä.



Hajujen tutkiminen: linoleumi ja mikrobit

- Ei ole olemassa erityisesti linoleumin hajua tai mikrobien hajua selvittävää tutkimusmenetelmää.
- Linoleumin hajua havaitaan aistinvaraisesti.
- Linoleumin hajua aiheuttavia yhdisteitä voidaan tutkia jossain määrin VOC-mittauksella sisäilmasta.
 - Huoneilmasta voidaan havaita VOC-mittauksella linoleumista helposti haihtuvia aldehydejä ja osittain haihtuvia karboksyylihappoja, joista aldehydien hajukynnys on hyvin matala.
- Myös mikrobien aineenvaihduntatuotteena voi erittyä VOC-yhdisteitä, mutta niitä voi emittoitua myös materiaaleista, joten mikrobeja ei voi VOC-mittauksella tunnistaa.
- Mikrobit tunnistetaan viljelymenetelmillä materiaalinäytteistä.



Hajujen tutkiminen, VOC-mittaus

Mitattavat yhdisteet:

- Alifaattiset hiilivedyt
- Aldehydit
- Alkoholit
- Aromaattiset hiilivedyt
- Esterit
- Fenolit
- Glykolieetterit
- Halogenoidut hiilivedyt
- Ketonit
- Orgaaniset piiyhdisteet
- Terpeenit
- Pelkkä VOC-mittaus ei ole tutkimus, vaan tulokset vaativat tulkintaa.
- VOC-yhdisteille on julkaistu viitearvoja, joiden ylittyminen tarkoittaa epätavallista pitoisuutta.
- On arvioitava:
 - Minkä yhdisteiden pitoisuudet ylittävät hajukynnyksen.
 - Minkä yhdisteiden pitoisuudet ylittävät tunnetut viitearvot.
 - Mistä todetut yhdisteet voisivat olla peräisin.
- Ei useinkaan suoraan kerro hajun lähdettä.

Hajuhaittojen hallinta

- Hajut ovat usein viihtyvyshaittoja.
- Tiloissa on oltava ilmanvaihto, joko painovoimainen tai koneellinen.
- Ilmanvaihdon tehtävä on:
 - Poistaa hajuja ja epäpuhtauksia
 - Laimentaa hajuja ja epäpuhtauksia
 - Tuoda puhdasta ilmaa
- PAH-yhdisteitä voidaan kapseloida, vaatii suunnittelua ja ymmärrystä toimivista materiaaleista.
- Formaldehydipäästöjä voidaan joissain tapauksissa vähentää erikoismaaleilla. Usein on lastulevyt kuitenkin poistettava.
- Kloorianisolilla kyllästetty puumateriaali on poistettava, jos halutaan eroon hajusta.
- Linoleumia ei kannata pestä vedellä.
- Kosteusvauriot on korjattava tai jopa ehkäistävä niiden syntyminen.



Lopuksi

Muista ainakin nämä:

Vanhan talon hajuista vain naftaleeni (PAH-yhdiste) ja formaldehydi mainitaan sisäilmahaittana lainsäädännössä.

Hajuille ei ole terveysperustaisia raja-arvoja.

Hajujen kokeminen on hyvin yksilöllistä ja ihmiset havaitsevat hajut hyvin eri pitoisuuksilla (hajukynnys).

Hajujen mittaaminen on vaikeaa, kaikkia ei voida mitata.

Hajujen hallintaan paras keino on toimiva ilmanvaihto (painovoimainen tai koneellinen).

Kosteusvaurioiden ehkäiseminen tai syntyneiden vaurioiden korjaaminen auttaa myös hajuhaittojen hallinnassa.

Lisää tietoa

Kloorianisolit:

THL:n lausunto kloorianisoliin terveyshaitoista asunnon sisäilmassa

23.11.2022 <https://thl.fi/documents/155392151/190159780/Lausunto.+Kloorianisoliin+terveyshaitat+asunnon+sis%C3%A4ilmassa.pdf>

Labrocin laboratorion artikkeli <https://labroc.fi/wp-content/uploads/2021/09/Ymparisto-ja-Terveys-5-2021-Kloorianisolit-Jani-Makela.pdf>

PAH-yhdisteet:

PAH-yhdisteiden sisäilmavaikutukset hankkeen loppuraportti: <https://www.julkari.fi/handle/10024/148666>

Linoleumista:

Selvitys linoleumin sisäilmavaikutuksista:

https://www.senaatti.fi/app/uploads/2021/12/Linoleumiselvitys_Vahanen-30.11.2021.pdf

Kandidaatin työ, Henri Hakala, Lattiamateriaaleista haihtuvat orgaaniset yhdisteet ja niiden analysointi:

<https://oulurepo oulu.fi/bitstream/handle/10024/7180/nbnfioulu-201606022140.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Kiitos!

Anu Laurila / anu.k.laurila@afry.com

