



TERVISEAMET

Keskkonnatervise uuringute keskus

Siseõhu saasteainete piirnormid erinevates Euroopa maades

Tartu 2015



TerVE



Uuring on rahastatud programmi „Tervishoiuteaduste võimekuse edendamise programm (TerVE)“ (3.2.1002.11-0002) raames loodud Keskkonnatervise uuringute keskuse (KTUK) eelarvest.

Töö autor:

Mihkel Pindus

Töö toimetajad:

Hedi Harzia

Gültšara Karajeva

Kaili Tuulik

Keskkonnatervise uuringute keskus 2015

SISUKORD

Kasutatavad lühendid ja ühikud	3
EESSÕNA	5
1. ÜLEVAADE SISEÕHU TUNTUMATEST SAASTEAINETEST	6
1.1 Peamised siseõhus levivad saasteained, piirnormid ja kokkupuute mõju tervisele.....	8
1.1.1 Süsinikmonooksiid (CO)	10
1.1.2 Süsinikdioksiid (CO ₂).....	10
1.1.3 Lämmastikdioksiidid (NO _x)	11
1.1.4 Radoon (Rn)	12
1.1.5 Osakesed	12
1.1.6 Tööstuslikud mineraalsed kiud	13
1.1.7 Lenduvad orgaanilised ühendid (LOÜ).....	14
1.1.8 Polütsüklilised aromaatsed süsivesinikud (PAH).....	16
1.1.9 Tubakasuits siseruumides	17
1.1.10 Pestitsiidid	17
1.1.11 Bioloogilised ohutegurid, k.a. allergeenid.....	18
2. SISEÕHUKVALITEEDI REGULATSIOON EESTIS	20
3. SISEÕHU KVALITEEDI REGULATSIOON EUROOPA LIIDUS	23
4. ERINEVATE EUROOPA RIIKIDE SISEÕHU SAASTEAINETE PIIRNORMID	25
4.1 Belgia.....	25
4.2 Norra.....	25
4.3 Prantsusmaa	26
4.4 Rootsi.....	26
4.5 Saksamaa	27
4.6 Soome	27
4.7 Suurbritannia	28
4.8 Šveits	28
4.9 Taani	28
4.10 Kokkuvõtte Euroopa riikide piirnormide erinevusest.....	29
5. SOOVITUSED EESTILE	30
6. VIIDATUD ALLIKAD	32
7. LISA 1. Kokkuvõtte peatükis 1.1 ja 4 esitatud saasteainete piirnormidest kogu siseõhule.	36
8. LISA 2. Euroopa Komisjoni poolt EL harmoniseeritud ning Saksamaal ja Prantsusmaal kasutatavad ühest tootest (ehitusmaterjalidest) emiteeruvate saasteainete piirnormid*	39

Kasutatavad lühendid ja ühikud

$\mu\text{g}/\text{m}^3$	mikrogrammi kuupmeetri õhu kohta
Al_2O_3	alumiiniumoksiid
Bq/m^3	bekrelli kuupmeetri õhu kohta
C_2Cl_4	tetrakloroetüleen
C_2HCl_3	trikloroetüleen
C_6H_6	benseen
CO	süsinikmonooksiid
CO_2	süsinikdioksiid
DE	Saksamaa
EK	Euroopa Komisjon
EL	Euroopa Liit (<i>European Union, EU</i>)
<i>EnVIE</i>	<i>Co-ordination Action on Indoor Air Quality and Health Effects</i>
Fe_2O_3	raud(III)oksiid
FR	Prantsusmaa
$\text{H}_2\text{C}=\text{O}$	formaldehüüd
Hg	elavhõbe
HONO	lämmastikushape
<i>IARC</i>	<i>International Agency for Research on Cancer, Rahvusvaheline</i> Vähiuuringute Agentuur
$\text{l/s} * \text{m}^2$	liitrit sekundis ruutmeetri kohta
<i>LCI</i>	<i>Lowest concentrations of interest; ohutu kontsentratsioon, millest allpool</i> ei tohiks tervisemõju avalduda
LOÜ	lenduvad orgaanilised ühendid (<i>Volatile Organic Compounds, VOC</i>)
$\text{mg}/\text{m}^2\text{h}$	milligrammi ruutmeetri kohta tunnis
mg/m^3	milligrammi kuupmeetri õhu kohta
Na^+	naatriumioon
ng/m^3	nanogrammi kuupmeetri õhu kohta
NO	lämmastikoksiid
NO_2	lämmastikdioksiid
NO_x	lämmastikoksiidid
<i>PAH</i>	polüaromaatne süsivesinik

<i>PCB</i>	polüklooritud bifenüül
PM_{10}	peened osakesed, mis 50 protsendil juhtudest läbivad kümne mikromeetri suuruse aerodünaamilise diameetriga mõõduselektiivse ava
$PM_{2.5}$	eriti peened osakesed, mis 50 protsendil juhtudest läbivad 2,5 mikromeetri suuruse aerodünaamilise diameetriga mõõduselektiivse ava
ppm	osakest miljoni osakese kohta
Rn	radoon
SiO ₂	ränidioksiid
WHO	<i>World Health Organization</i> , Maailma Tervishoiuorganisatsioon

EESSÕNA

Maailma Tervishoiuorganisatsiooni (WHO) sõnul on inimese põhiõiguseks võimalus hingata tervisele ohutut välis- ja siseõhku.

Eurooplane veedab siseruumides keskmiselt 8–16 tundi. Siseruumide õhus võivad erinevate saasteainete kontsentratsioonid olla välisõhuga võrreldes 10–20 korda kõrgemad. Arvestades olukorda, et enamuse ajast viibitakse reeglina suurema saasteainete kontsentratsiooniga siseruumides, mõjutab olenemata saaste päritolust inimese tervist olulisel määral just siseruumi õhk.¹⁰

Hetkel on Eestis sätestatud piirnormid välisõhu saasteainetele. Ühiskondliku kasutusega ruumides (kaubanduskeskused jt) vastavad normatiivid puuduvad, va lasteasutused, töökeskkond.^{11,15}

Käesoleva analüüsi koostamisel juhinduti Keskkonnatervise uuringute keskuse lähteülesandest, mis tulenes eelkõige Eesti Keskkonnastrateegia 2030-st. Strateegia kohaselt on üks arendamist vajavatest suundadest inimese tervisele ohutu ja tervise säilimist soodustav siseruum. Eesmärgi saavutamiseks on keskkonnastrateegias välja toodud ka vastavad meetmed nagu regulatsioonide väljatöötamine ja seiresüsteemi arendamine siseruumide seisundi ning tervisemõjude jälgimiseks (sh radoonimõõtmiste meetodika arendamine ja ehituslikud lahendused) ning spetsialistide ja elanikkonna teadmiste tõstmine siseruumi terviseriskidest.

Seetõttu oli ka antud ülevaate-uuringu peamiseks eesmärgiks kaardistada erinevate Euroopa riikide siseõhu saasteainete piirnormid. Uurida, kui paljudes maades piirnormid olemas on ja millised on kattuvaimad saasteained (prioriteetsemad või toksilisemad ained). Uuringu tulemused aitaksid kaasa Eesti ühiskasutusega ruumide õhu saasteainete piirnormide välja töötamisel, võttes aluseks meile kõige sarnasema taustaga riikide piirnormid.

1. ÜLEVAADE SISEÕHU TUNTUMATEST SAASTEAINETEST

Lisaks hapnikule, süsihappegaasile ja lämmastikule hingab inimene sisse ka muid õhus olevaid aineid, millest osad on teatud koguste juures tervisele ohtlikud (saasteained). Siseruumides levivad saasteained võivad avaldada tervisele nii lühiajalist (ägedat) kui ka pikemaajalist (kroonilist) mõju. Lühiajaliste mõjude poolt põhjustatud tervisevaevusi on ainete otsese mõjuga lihtsam seostada. Krooniliste haiguse pikk inkubatsiooni- e. peiteperiood (nt astma) teeb otseste tekkepõhjuse leidmise raskemaks.¹

Et hinnata siseõhu toimet inimese tervisele, tuleb arvesse võtta nii siseruumis veedetud aja pikkust, siseõhus levivate saasteainete kontsentratsiooni, välisõhust siseruumidesse emiteerivate saasteainete sisaldust, kui ka siseruumidest ventilatsiooni ja õhutuse kaudu väljuvate saasteainete sisaldust.¹

Euroopa Komisjoni rahastatud projektide raames on loodud erinevaid andmebaase, mis sisaldavad enamikke siseõhus levivate saasteainete mõõtmistulemusi. Peamine põhjus, miks loodud andmebaase vähe kasutatakse on seotud puuduliku info jagamisega, mis on tingitud nii intellektuaalomandi kasutamisega seonduvast kui ka poliitilistest ja majanduslikest probleemidest. Nii ei jõua olulised teadustulemused poliitikakujundajateni, kes saaksid uut infot kasutada seaduste tegemisel.¹

Siseõhu koostis hoonetes sõltub mitmetest aspektidest: kasutatud ehitusmaterjalid, võimalikud saasteallikad, suhteline õhuniiskus, inimeste arv, välised saasteallikad ning muud tegevused ja protsessid hoone sees.²

Tähtsamad siseõhu saasteallikad:

- tubakasuits;
- vee ja niiskuskahjustused;
- emissioonid hoone ehitusmaterjalidest ja sisustusest;
- tegevused siseruumides (toidu valmistamine, kemikaalidega puhastamine, õhuvärskendajate ja lõhnaainete kasutamine, pühkimine, tolmu imemine jt);
- kütmine, ventilatsiooniseadmed ja õhukonditsioneer, tolm ja mustus

ventilatsioonisüsteemis, mikroobide kasv, õhuniisutajad, biotsiidide vale kasutamine ja puhastusvahendid;

- saastunud välisõhk (õietolm, tolm, seeneeosed, tööstusest pärinevad saasteained, liiklusvahenditest tekkivad saasteained);
- gaasid pinnasest (radoon, saasteained maa varasemast kasutamisest, pestitsiidid);
- remonditööd (värvimine, liimimine, lakkimine jt);
- kahjuritõrje;
- ebasanitaarsed tingimused;
- tarvikud (lahustid, toonerid, ammoniaak);
- inimesed (kehalõhnad ja lõhnad kosmeetikast);
- õnnetusjuhtumid.²

Siseõhus levivad saasteainete poolt põhjustatud terviseprobleemid võib jagada järgmiselt:

1. Hoonega seotud haigused – need on näiteks allergiad või infektsioonid, mida saab otseselt seostada hoone siseõhus olevate saasteainetega. Leegionäride haigus ja hüpersensitiivne pneumoniit on ühed näited seda tüüpi haigustest, mis võivad põhjustada tõsiseid terviseseisundeid.¹
2. Allergilised haigused, mis on seotud saastunud siseõhuga:
 - riniit koos heinapalaviku sümptomitega – ninakinnisus, nohu, aevastamine, konjunktiviit, pisaratevool;
 - astma;
 - hüpersensitiivne pneumoniit koos akuutsete kopsupõletikulaadsete palavikupuhangutega, köha, raskustunne rinnus, kopsuinfiltmaat või kroonilise köha teke, õhupuudus;
 - õhuniisutajatest põhjustatud palavik, külmavärinad, lihasvalu ja üldine halb enesetunne (puudub otsene toime hingamisteedele).³
3. „Haige hoone sündroom“ – termin viitab hoonetele, kus enamus elanikke kogeb akuutset tervisemõju ja ebamugavustunnet ning tundub olevat seotud selle ajaga kui nad antud hoones viibivad.³ Kaebused võivad esineda kas mingis konkreetses hoone osas või kogu ehitises terviklikult. Tavaliselt on „haige hoone sündroomist“ põhjustatud sümptomid peavalu, väsimus, õhupuudus, ninaeritus, köha, aevastamine, silmade, nina ja kurgu ärritus, nahaärritus, pearinglus ja iiveldus. Lõhnu seostatakse tihti halva õhukvaliteediga ka siis kui need ei põhjusta

tervisekaebusi.¹

4. Mitme kemikaali koosmõjul tekkiv tundlikkuse sündroom – osa inimestest võivad olla tundlikud kemikaalidele juba väga väikeste kontsentratsioonide juures. See sündroom ei ole meditsiiniringkondades laialdaselt tunnustatud ja vajab veel täiendavaid uuringud.¹
5. Tundlikud inimesed (lapsed ja vanurid), kes on eriti vastuvõtlikud siseõhu saasteainetele. Sellistel inimestel esineb juba eelnevalt mõni terviseprobleem nagu allergia, astma, hingamisteede haigused, nõrk immuunsussüsteem, südamehaigused.¹

1.1 Peamised siseõhus levivad saasteained, piirnormid ja kokkupuute mõju tervisele

Sisekeskkonnas levivaid saasteaineid on palju ja kindlasti on neist osa veel avastamata. Teaduslike uuringute raames tehtud mõõtmised näitavad, et ruumiõhus on näiteks tolmu koostises mitmesugused saasteained nagu ftalaadid, *PAH*-d (polüaromaatsed süsivesinikud), *PCB*-d (polüklooritud bifenuülid) jt⁴. Olenevalt küttematerjalidest lendub ahi- ning keskküttest siseõhku eriti peeneid (< 2,5 µm) ja peeneid osakesi (< 10 µm), mis võivad sisaldada endas mitmesuguseid ioone ja ühendeid nagu SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃, Na⁺, tahma jt. Neid aineid seostatakse negatiivsete tervisemõjudega.⁵ Lisaks leidub siseõhus ka bioaerosoole (seente eosed), millest osade kontsentratsioon on siseõhus kõrgem kui välisõhus⁶; samuti mitmesuguseid baktereid, millest mitmed on ka patogeensed.⁷ Lisaks leidub ka kantserogeenseid ühendeid nagu lenduvad orgaanilised ühendid (*LOÜ*) ja aldehüüdid (formaldehüüd jt). Tihti on õhukvaliteedi halvenemise põhjustajateks ka erinevad mürgised toataimed, millest erituvad siseruumi õhku toksilised ühendid.

Uuringute raames on siseruumides mõõdetud mitmeid erinevaid saasteaineid. Kõigile neile piirnormide välja töötamine pole otstarbekas. Valiku tegemise kriteeriumiteks on reeglina teaduspõhised uuringud, nii uuritava saasteaine-põhised kui ka epidemioloogilised, milles on tõestatud uuritava kemikaali kahjulik toime erinevates raskusastmetes (kantserogeen, allergeen jt).

WHO on 2010. aastal andnud välja juhised tuntumate saasteainete kohta siseõhus ja

toonud välja soovituslikud piirnormid, millest allpool ei tohiks tervise mõju avalduda (Lisa 1). *WHO* on välja valinud järgmised siseõhus levivad saasteained: benseen, süsinikoksiid ehk vingugaas, metanaal ehk formaldehüüd, naftaleen, lämmastikdioksiid, polütsükliilised aromaatsed süsivesinikud (PAH) (rohkem keskendunud bensopüreenile), radoon, trikloroetüleen ja tetrakloroetüleen.⁹

Täienduseks *WHO* raportile on Euroopa Komisjoni Ühendatud Uurimiskeskus oma raportis välja toonud piirnormid ka siseõhu saasteainetele, mis lenduvad mööblist ja ehitusmaterjalidest. Enamike kahjulike ainete kasutamist reguleeritakse läbi toodete (standardid, nõuded jms) ja Euroopa Liidus (EL) neid siseõhus ohtlikes kontsentratsioonides tavaliselt ei esine.

Lisaks *WHO* raportis väljatoodud saasteainele tuleks välja töötada piirnormid ka siseõhus lenduvatele osakestele (nt olmekütmisest, tubakasuitsust), mida on lisaks eelpool nimetatule uuritud Euroopa Komisjoni rahastatud projektis *EnVIE (Co-ordination Action on Indoor Air Quality and Health Effects)* (Lisa 2).¹⁰

EnVIE raporti järgi võib saasteained jagada järgmistesse rühmadesse:

1. Anorgaanilist päritolu saasteained: süsinikmonooksiid (CO), lämmastikoksiidid (nt NO₂, NO), osakesed (nt PM₁₀, PM_{2.5}), tööstuslikud mineraalsed kiud (nt asbest), süsinikdioksiid (CO₂);
2. Orgaanilist päritolu saasteained nagu lenduvad orgaanilised ühendid (LOÜ-d, nt metaan, aldehüüdid, ketoonid);
3. Tubakasuits;
4. Pestitsiidid;
5. Bioloogilised ohutegurid nagu viirused, bakterid, seened, parasiidid;
6. Allergeenid nagu seeneeosed, tolmulestad, koduloomadel tekkiv kõõm, prussakad, rohelised taimed (nt *Ficus benjamina* jt), välisõhust siseruumidesse leviv õietolm ja seeneeosed.¹

Järgnevalt on põhjalikumalt kirjeldatud ülalpool nimetatud peamiste siseõhus levivate saasteainete allikad, kirjeldatud nende mõju tervisele ja toodud välja *WHO* soovituslikud piirnormid (kokkuvõtvalt esitatud Lisa 1).

1.1.1 Süsinikmonooksiid (CO)

Vingugaas (CO) on inimesele märkamatu värvitu, mitte-ärritav ja maitsetu toksiline gaas. CO on vees hästi lahustuv ning reageerib hapniku, kloriini, fluoriini ja lämmastikoksiidiga. See tekib süsinikku sisaldavate kütuste (puit, mootorikütus, kivisüsi, looduslik gaas, petrooleum) mittetäielikul põlemisel.⁹ Samuti tekib seda nii tööstuslike kui ka bioloogiliste protsesside tulemusel. CO on siseruumides väga levinud gaas, emiteerudes õhku halvasti ventileeritud kütteseadmetest. Tubakasuits on samuti oluline vingugaasi allikas. CO reageerib veres hemoglobiiniga moodustades ühendi karboksühemoglobiini, mis halvendab hapniku transporti kudedesse. Kokkupuute mõju suurust hinnatakse selle ühendi sisalduse järgi veres ning seda saab konkreetselt seostada ka CO kontsentratsiooniga välisõhus.¹

Teadaolevalt kõrgeimad CO sisaldused (28,6 mg/m³) siseruumides on mõõdetud Guatemalaas garaažides ja köökides, kus toiduvalmistamisel kasutatakse primitiivseid, avatud tulekoldeid. Lisaks avatud tulekolletele mõjutavad siseõhu kvaliteeti ka ventileerimissüsteemita gaasiseadmeid, tubakasuits ja elamu läheduses paiknevad tiheda liiklusega maanteed. Madalaimad kontsentratsioonid on leitud hoonetest, kus pole sisemisi saasteallikaid ja mis asuvad tiheda liiklusega maanteedest rohkem kui 500 meetri kaugusel. Kõikide mürgistuste seas esineb väga palju suuremuse põhjusena just vingugaasi mürgistust. On hinnatud, et sisemiste saasteallikate puudumisel on CO sisaldus siseruumides võrdne välisõhu fooniga. Seda üks-ühele suhet mõjutab vaid eri aastaegadel mõõdetavad CO tulemused.⁹

WHO toob välja teadusuuringutele tuginevad soovituslikud piirnormid erinevate ajaliste ekspositsioonide korral:⁹

- 15 minutit – 100 mg/m³ (87,29 ppm)
- 1 tund – 35 mg/m³ (30,55 ppm)
- 8 tundi – 10 mg/m³ (8,73 ppm)
- 24 tundi – 7 mg/m³ (6,11 ppm)

1.1.2 Süsinikdioksiid (CO₂)

Tegemist on värvitu ja lõhnatu gaasiga, mida inimene hingab pidevalt välja koos veeauruga. Lisaks inimese enda poolt produtseeritavale kogusele on siseruumides

peamisteks CO₂ allikateks gaasi, petrooleumi või puidu põletamine, mille tasemeid mõjutavad peamiselt ruumi ja küttekollete ventilatsiooni efektiivsus. Kütteseadmete puudumisel peetakse CO₂-te heaks ventilatsiooni tõhususe indikaatoriks, sest selle kaudu saab hinnata, kas ruumis on tagatud minimaalne välisõhu juurdevool.¹

WHO ei ole CO₂-le piinormi seadnud. Küll aga on olemas piinormid Eesti õigusaktides, mis reguleerivad lasteasutuste tervisekaitsenõudeid, milleks on ühes liitris ruumiõhus lubatud CO₂ kontsentratsioon kuni 1000 ppm.¹¹

1.1.3 Lämmastikdioksiidid (NO_x)

Välisõhust võib kokku leida seitset tüüpi lämmastikoksiide (NO_x), kuid peamiselt siiski lämmastikoksiidi (NO) ja lämmastikdioksiidi (NO₂), mis tekivad põlemisprotsessi tulemusel. Lämmastikushape (HONO) on tavaline saasteaine siseruumides, mis tekib NO₂ ja vee reageerimisel. NO reageerib õhus NO₂-ks, mis vedelas olekus võib olla nii värvitu kui ka pruun. Normaalses tingimustes jääb NO₂ gaasilisse vormi. Selles vormis on ta lenduv, redisekarva pruun, õhust raskem ja alates kontsentratsioonist 188 µg/m³ terava lõhnaga. Samuti on ta tugev oksüdant, söövitava toimega ja halvasti vees lahustuv.⁹

NO₂ allikad siseruumides on seotud põlemisprotsessiga ja lisaks olmekütmisele tekib teda ka tubaka suitsetamisel ning majapidamisgaasi ja petrooleumi põlemisel. Välisõhus on NO₂ peamiseks allikaks liiklus. Normaalses oludes varieerub NO₂ sisalduse suhe siseõhus ja välisõhus 0,88-1,00.⁹

NO₂ sisaldust siseõhus mõjutavad mitmed faktorid, nagu näiteks kütteseadmed ja nende kasutuse intensiivsus, tubakasuits, mootorsõidukite lähedus, eluruumide suurus, ruumi õhuvahetus ja suhteline õhuniiskus.⁹

Tervisemõju avaldub peamiselt ärritusena hingamisteedes, mis aitab kaasa astma ja bronhiidi tekkele; samuti tekitab ta hingamisteede muid põletikulisi protsesse ja nõrgendab immuunsussüsteemi.⁹

WHO poolt seatud soovituslikud NO₂ piinormid:

- 200 µg/m³ – 1 tunni keskmine kontsentratsioon;
- 40 µg/m³ – aasta keskmine kontsentratsioon.⁹

1.1.4 Radoon (Rn)

Tegemist on looduslikku päritolu radioaktiivse gaasiga, mis tekib raadiumi lagunemisel pinnases ja kivimites. Radooni isotoop, mida leidub siseruumides arvestatavas koguses on ^{220}Rn . Otseselt radooniga on inimestel vähene kokkupuute oht. Rohkem puututakse kokku tema lagunemisproduktidega (nt poloonium).⁹

Siseõhku satub radoon pinnasest ja siseneb hoonesse pragude kaudu. Kõrgemad kontsentratsioonid on mõõdetavad enamasti keldrites. Ka põhjavesi võib sisaldada kõrgetes kontsentratsioonides radooni. Rusikareegel on, et kui majapidamise tarbevees on $10\,000\text{ Bq/m}^3$ radooni siis sealt eraldub siseõhku umbes 1 Bq/m^3 .⁹

Organismi sattub radoon peamiselt saastunud õhu sisse hingamisel. Saastunud vee joomisel on doosid palju väiksemad ja risk haigestuda samuti oluliselt madalam. Alates 1960-ndatest tehtud uuringud on näidanud, et kaevuritel tõstab pikaajaline kokkupuude radooniga kopsuvähki haigestumise riski ja alates 1988. aastast on radoon arvatud IARC (*International Agency for Research on Cancer*) poolt kartsinogeensete ainete nimekirja.⁹

WHO on seadunud soovituslikud piirnormid eluaegsele radooniga kokkupuutele vastavalt kopsuvähi juhu esinemise riskile:

- Suitsetajatel 1 juht 100 inimese kohta – 67 Bq/m^3 ja 1 juht 1000 inimese kohta – $6,7\text{ Bq/m}^3$;
- Mittesuitsetajatel 1 juht 100 inimese kohta – 1670 Bq/m^3 ja 1 juht 1000 inimese kohta – 167 Bq/m^3 .⁹

1.1.5 Osakesed

Õhus levivad osakesed (*Particulate matter, PM*) varieeruvad oma mõõtmetelt ja jaotuvad vastavalt suurusele eri kategooriatesse (väiksemad kui $2,5\ \mu\text{m}$, väiksemad kui $10\ \mu\text{m}$).¹ Nende keemiline koostis on väga erinev; koosnedes näiteks tahkest (räni, raskmetallid jm) ja vedelast komponendist või siis ainult tahkest materjalist. Osakeste kontsentratsioon nii sise- kui ka välisõhus ei ole püsiv nagu teiste saasteaine puhul. Osakeste tekkeallikaid on väga palju ja nende koostis sõltub päritolust. Levinumateks allikateks on teetolm, sõidukite pidurite ja rehvide kulumine, olmekütmine, õietolm ja erinevad tööstuslikud protsessid.¹⁰

Osakekestest tingitud negatiivset tervisemõju on kinnitanud paljud epidemioloogilised uuringud. Osakeste puhul kehtib seaduspära, et mida väiksem, seda ohtlikum inimese tervisele. Peamiselt avaldub mõju põletikulistes protsessides, sest tihedalt sisaldavad osakesed mõnda toksilist raskmetalli oma koostises. Uuringud on leidnud peamiselt negatiivset mõju hingamisteedele ja südame-veresoonkonnale, sest osakesed, mis on väiksemad kui 2,5 µm tungivad kopsu alveoolidesse ning sellest veel väiksemad (0,1 µm) juba vereringesse.¹⁰

Siseõhus PM₁₀ ja PM_{2.5} kontsentratsioonidele ei ole WHO poolt piirnorme seatud. Piirnormid on kehtestatud välisõhus levivale PM₁₀ ja PM_{2.5} kontsentratsioonile.

1.1.6 Tööstuslikud mineraalsed kiud

Enim tähelepanu pööratakse just klaasjatele kiududele, mida toodetakse kas klaasist, looduslikust kivimist või teistest mineraalidest. Neid jagatakse vastavalt nende algmaterjalile. Näiteks klaasvilla ja kivivilla toodetakse kas klaasist või looduslikust kivimist. Looduslikult esinevad sellised kiud kristalli kujul, kuid enamik inimtekkelisi aga amorfsete silikaatidena. Siseruumides võib selliste kiududega kokku puutuda näiteks soojus- ja tuleisolatsiooni materjali näol. Laialdaselt kasutatust leidnud tulekindel materjal on asbest, mille kiud tekitavad pikaajalisel kokkupuutel kopsudes asbestoosi nimelist haigust.¹

Siseruumidesse levivad sellised kiud peamiselt soojustusmaterjalidest. Mõõtmisi selles vallas leidub vähe, kuid võib oletada, et suuremad kontsentratsioonid õhus on nende materjalide paigaldamisel ja eemaldamisel.¹

Mineraalsed kiud käituvad ärritajatena. Kiud, mis on pikemad kui 4,5–5 µm, ärritavad kehaga välisel kokkupuutel limaskesti ja nahka (punetus, sügelus, ekseem). Õhus lenduvad kiud satuvad ka hingamisteedesse, põhjustades erinevaid terviseprobleeme. Tervisemõjud avalduvad peamiselt töölistel, kes on igapäevaselt eksponeeritud kiududele (nt kaevurid). Sellest tulenevalt on terviseprobleemide diagnoosid (asbestoos, silikoos) arvatud ka kutsehaiguste nimistusse. Asbesti tüüpe on mitmeid ja mõned kiud on lenduvamad kui teised. Asbest on IARC-i poolt klassifitseeritud kantserogeeniks.¹

WHO poolt ei ole soovituslikku piirnormi seatud. Eestis on olemas piirnorm

töökeskkonna õhus: töötaja asbestiga kokkupuute päevane piirnorm on 0,1 kiudu sissehingatava õhu ühes cm^3 -s (100 000 kiudu ühes m^3 -s), mis on mõõdetud või arvutatud 8-tunnise kokkupuuteaja aja kaalutud keskmisena.¹²

1.1.7 Lenduvad orgaanilised ühendid (LOÜ)

Neid saab defineerida keemispunkti vahemiku järgi; alumine piir 50–100 °C ja ülemine piir 240–260 °C. Nad levivad kõikjal siseruumides. Tihti on mõõdetud LOÜ sisaldus siseõhus kõrgem kui välisõhus.¹

LOÜ-de allikaid on mitmeid. Liimpuidust pressitud mööblel, PVC materjalid, värvid, lakid ja poleerimisvahendid on ühed vähestest LOÜ-de tekkeallikatest. LOÜ-de kontsentratsioon õhus sõltub õhutemperatuurist, suhtelisest õhuniiskusest, inimeste tegevustest ja ventilatsioonist.¹

Kokkupuude LOÜ-dega võib põhjustada silmade ja hingamisteede ärritust. Peamisteks sümptomiteks on väsimus, peavalu, uimasus, pearinglus, nõrkus, ähmane nägemine, silmade ja hingamisteede ärritus. Kõrgetes kontsentratsioonides on nad aga potentsiaalsed narkootilised ained põhjustades kesknärvisüsteemi kahjustusi, maksa- ja neerukahjustusi.¹

WHO toob lenduvatest orgaanilistest ühenditest siseruumides välja 4 olulisemat (enim uuritud): formaldehüüd, benseen, trikloroetüleen ja tetraalkloroetüleen.

Järgnevalt on toodud välja nende ainete täpsem kirjeldus, ohtlikus inimese tervisele ja soovitusikud piirnormid:

- **Benseen (C_6H_6)** on läbipaistev, värvitu, kergesti süttiv, omapärase lõhnaga aroomaatne ühend. See lahustub kergesti vees ja seda kasutatakse lipiidide (õlid, vahad jt) koostises lahustina. Õhus leidub teda gaasilisel kujul. Siseruumidesse satub teda kas väliskeskkonnast või näiteks ehitusmaterjalidest, mööblist, küttesüsteemist, lahustitest ja mujalt. Väliõhu allikateks on peamiselt liiklus, kütusetanklad ja kütuste käitlemisega tegelevad ettevõtted. Siseruumides on benseeni leitud PVC ja teiste plastmasside koostises; vineeri, värvide ja lahustite koostises. Reeglina on emissioonid kõrgemad uutes hoonetes, kus on tehtud

värske remont ja olemas uus mööbel; ajapikku emissioonid langevad. Üle 90% juhtudest puutub inimene benseeniga kokku seda sisse hingates ja selle üheks allikaks on ka tubakasuits. On leitud, et siseõhu ja välisõhu kontsentratsiooni suhe võib jääda vahemikku 0,6-3,4. Tervise mõju ulatus sõltub metabolismi kiirusest ja selle sümptomid on sarnased LOÜ-de puhul kirjeldatutele. Benseeni sisaldust inimese organismis määratakse uriinis fenoolsete ühendite esinemise kaudu. Benseen on kantserogeenne ühend. *WHO* leiab, et ei ole võimalik kehtestada piirnormi, millest allpool tervise mõju ei avalduks.¹

- **Formaldehüüdi ($H_2C=O$)** peetakse kõige lihtsamaks ja tavalisemaks aldehüüdiks, mida keskkonnas leidub. See on üks oluliseim siseõhus leviv saasteaine oma laia leviku ja tugeva ärritava potentsiaali tõttu. Enamik allikaid paiknebki just siseruumides, nagu sigaretisuits, põlemisprotsessid, ehitusmaterjalid jm. Aine emiteerub siseõhku pikema perioodi jooksul ja ajapikku selle kontsentratsioon väheneb. Formaldehüüdil on omapärane lõhn ja ärritavad omadused ning lühiajalisel kokkupuutel avalduvad need silmade, nina ja kurgu ärritusena, pisaratevooluna, aevastamisena, kõhana, iivelduse ja hingeldusena. Nagu iga saasteainete puhul on ka sellele tundlikud inimeste grupid (lapsed, vanurid) vastuvõtlikumad. Kõrgetes kontsentratsioonides mõjub bronhiaalsetele retseptoritele.¹ Head biomarkerit formaldehüüdi kindlaks tegemiseks ei ole veel leitud. Seni on seda proovitud määrata nii uriinist kui verest, mis ei ole häid tulemusi andnud. *WHO* soovituslik piirnorm on $0,1 \text{ mg/m}^3$ (30-minuti keskmine kontsentratsioon);⁹
- **Trikloroetüleen (C_2HCl_3)** on laialdaselt kasutatav tööstuses lahustina. See on lenduv ja värvitu magusa lõhnaga vedelik, mis leiab kasutust keemilises puhastuses, printimisel, värvide tootmisel jt. Peamisteks kokkupuute viisideks on sissehingamine ja kontakt nahaga, aga seda võib leida ka joogiveest. Mõned uuringud on leidnud selle ühendi esinemist ka toidus. Siseõhus võib selle aine kontsentratsioon jääda emiteerivate allikate olemasolul alla $1 \text{ } \mu\text{g/m}^3$. Inimesel avalduvad sümptomid on sarnased LOÜ-de puhul kirjeldatutele. Määrata saab seda nii väljahingatavast õhus, verest kui ka uriinist.⁹ Peetakse loomadele kantserogeenseks.

Piirnormid eluaegsel kokkupuutel riskiga vähki haigestumisel (stohhastiline mõju):

- 1 juht 10000 elaniku kohta – $230 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ (42,8 ppm);

- 1 juht 100000 elaniku kohta – 23 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (4,28 ppm);
 - 1 juht 1000000 elaniku kohta 2,3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0,43 ppm).⁹
- **Tetrakloroetüleen (C_2Cl_4)** on suhteliselt lenduv, värvitu, eetri lõhnaga vedelik. Seda kasutatakse puhastusvahendites rasva eemaldajana metallpindadelt, tööstusliku lahustina, tekstiilitööstuses, värvitööstuses ja muudes puhastusvahendites. Peamine kokkupuude toimub kas sisse hingates, joogivee või toidu kaudu. Tervisemõju on sama nagu kõigil LOÜ-del ja selle määramine sama, mis trikloroetüleenil puhul. Aastakeskmise piirnorm on 0,25 mg/m^3 .⁹ Peetakse loomadele kantserogeenseks.

1.1.8 Polütsükliised aromaatsed süsivesinikud (PAH)

Sellesse ainerühma kuuluvad nii atmosfääris gaasilises olekus kui ka osakestega seotud ühendid. Viimaseid loetakse just inimese tervisele kõige ohtlikemateks. Vähki põhjustavate PAH-ide markerina kasutatakse sellist saasteainet nagu benso(a)püreen. PAH-id lahustuvad halvasti vees, kuid hästi enamikes orgaanilistes lahustites.⁹

PAH-d tekivad fossiilsete kütuste põlemisel kõrgel temperatuuril. Siseruumide õhku satub see lisaks välistele allikatele näiteks tubakasuitsust, lahtisest tulekoldest ja majapidamisgaasi põlemisest. Rootsis on leitud, et olmekütmise tagajärjel võib ligi kolmandik PAH-e sattuda siseõhku. Kontsentratsioone mõjutab siseruumides kindlasti olmekütmine, tubakasuits ja hoone üldine seisukord. PAH-de suhe sise- ja välisõhus varieerub 0,09-3,34 vahel.⁹

Põhiline kokkupuude PAH-idega toimub sissehingamisel. Ka saastunud toidu ja vee joomine ning kontakt nahaga võivad olla organismis aine toime avaldumisel kokkupuute teedeks. Tegemist on mutageensete ja kartsinogeensete ühenditega. Täpselt ei ole teada palju PAH-e absorbeerub inimeste kopsudes. Seni on uuritud seda katseloomade peal. Siiski on teada, et nad imenduvad inimese organismis kiiresti ja enamik on ka organismis määratavad. On leitud, et kokkupuude PAH-ide, ja eriti benso(a)püreen-ga, suurendab kopsuvähki haigestumise riski.⁹

Kindlat piirnormi ei ole kindlaks määratud ja seetõttu peetakse kokkupuudet PAH-idega igas kontsentratsioonis inimese tervist mõjutavaks.⁹

1.1.9 Tubakasuits siseruumides

Hoonetes on tubakasuits oluline saasteaine siseõhus ja see võib moodustada kuni 50–90% kogu osakeste massist. Passiivne suitsetamine on ka aktiivse suitsetamise kõrval üks tähtis kokkupuute allikas.

Tubakasuitsu eraldumist suitsetaja poolt võib jagada järgmiselt:

- suits, mis eraldub sisse- ja välja hingates;
- suits, mis eraldub kui parasjagu ei suitsetata;
- gaasilised komponendid, mis eralduvad läbi sigareti paberi.¹

On leitud, et umbes 85%-l saame tubakasuitsu otsesel tubaka põlemisel ja 15% hingab suitsetaja sisse. Suitsu väljahingamisel ja sigareti põlemisel ilma seda suitsetamata eralduvad erineva koostisega saasteained. Näiteks CO emissioon võib olla 2,5 korda ja PM-ide sisaldus kuni 3 korda kõrgem suitsu puhul, mis tekib passiivselt põlevast tubakast. Sama kehtib ka mitmete muude tubakasuitsus sisalduvate toksiliste ja kantserogeensete ainete puhul.¹

Tervisemõjud avalduvad enim just tundlikel gruppidel (lapsed ja vanurid). Teadusuuringutes on tubakasuitsu ekspositsiooni kohta laste puhul leitud järgmist:

- kokkupuutel suureneb risk alumiste hingamisteede infektsioonidele, nagu näiteks bronhiit ja kopsupõletik;
- astmahaigetel lastel on täheldatud sümptomite ägenemist;
- risk astma tekkeks lastel, kellel pole varem astmat diagnoositud;
- ülemiste hingamisteede ärritus ja mõõdukas kopsufunktsiooni halvenemine.¹

Peamised kaebused, mis esinevad tubakasuitsuga kokkupuutel, on ebameeldiv lõhn, silmade ja ülemiste hingamisteede ärritus, köha ja peavalu.¹

Piirnormi ei ole seatud. Enamikes EL maades on rangelt reguleeritud avalikus ruumis suitsetamine.

1.1.10 Pestitsiidid

Siseõhu saasteainete nimistusse kuuluvad ka pestitsiidid, mida kasutatakse kahjurit

(hiired, rotid, putukad) tõrjeks; inimestele on need ained toksilised. Sõltuvalt aine kontsentratsioonist võivad kokkupuutel esineda tõsised terviseprobleemid alates limaskestast ärritusest kuni süsteemsete mõjudeni. Pestitsiidide koostisest moodustavad aktiivsed komponendid ainult 0,5–5%. Inertsed komponendid nagu ksüleen, metüületüülbenseen ja kumeen lahustavad aktiivseid pestitsiidi komponente. Nii aktiivsed kui ka inertsed on ühtemoodi kahjuliku toimega.¹

Üldist piinormi pestitsiididele pole seatud. Piinormid on olemas mõningatele pestitsiidide segudes olevatele lisaainetele (Lisa 2).

1.1.11 Bioloogilised ohutegurid, k.a. allergeenid

Bioloogiliste ohutegurite alla kuuluvad bakterid, seened ja nende eosed, viirused, vetikad, parasiidid, algloomad, koduloomadel tekkiv kõõm, tolmulestade allergeenid, õietolm ja kahjurputukate allergeenid. Mitmed teadusuuringud on leidnud seoseid inimestel avalduvate tervisemõjude ja mikroorganismide toime vahel. Peamiselt põhjustavad erinevad tekitajad ärritusi, infektsioone, hingamisteede vaevusi ja ülitundlikkust (allergiat).¹ Mikroorganismid (sh viirused, bakterid) on inimese elukeskkonna lahutamatuks osaks. Viimaste aastakümnete jooksul on aga suurenenud teatud mikroorganismi patogeensus ja vastupanuvõime (resistentsus) ravimitele.

Bioloogiliste ohutegurite levikut soodustavad tegurid, allikad ja keskkonnad on:

- mikroorganismide allikad: välisõhk, ventilatsioon, õhuniisutus, hoone ehitusmaterjalid ja sisustus, elanikud, koduloomad ja toataimed;
- veekeskkonnad: katus ja vihmaveerennid, kondensatsioon, toataimed, õhuniisutajad, inimesed ja akvaariumid;
- toiduallikad: tolm, mustus, toit, vesi, toataimed, ehitusmaterjalid ja sisustuse pinnad;
- temperatuur: õhu- ja pinnatemperatuurid, mis jäävad mikroorganismide kasvuks sobivasse vahemikku.¹

Põhjused, miks just viimastel kümnenditel on täheldatud bioloogiliste tegurite ohu tõusu sisekeskkonnas on:

- õhuruumid hoonete erinevate osade vahel on vähenenud;

- ventilatsiooni ja õhukonditsioneeride süsteemides kasutatakse vähem välisõhku (õhu retsirkulatsioon);
- inimeste poolt siseõhku sattunud mikroorganismide mass ei ole välisõhuga segatuna hästi lahjendunud;
- energiasäästu eesmärgil on hoonete sisse hakanud kogunema rohkem niiskust (majade isolatsioon), mis on mikroorganismidele heaks kasvukeskkonnaks;
- ebapiisav koristamise tulemusena on kogunenud mustus, mis on mikroorganismidele heaks kasvukeskkonnaks.¹

Viirused

Mõningad viirushaigused (tavaline külmetus ja leetrid) võib seostada siseõhuga, eriti kui on tegemist sundventilatsiooniga hoonetega. Üldiselt levivad enamus viirushaiguseid otsese kontaktiga (piisknakkus).¹

Bakterid

Inimesed ja loomad on peamised bakterite allikad siseõhus; seisev tolm koos bakteritega samuti. Potentsiaalsed õhus lenduvate bakterite allikad on õhuniisutajad.¹

Õhuniisutajate ning seente ja bakterite koosmõjul võib tekkida „haige hoone sündroomist“ põhjustatud palavik (ingl. k. *Humidifier fever*). On teada, et teatud bakterid (*Bacillus subtilis*, *Pseudomonas aeruginosa*) on kopsuhaiguste põhjustajad. Tuberkuloositekitaja *Mycobacterium tuberculosis* bakteri levikut võib soodustada hooldamata ventilatsioonisüsteem. Teine näide on bakteriperekond *Legionella*, mis põhjustab Leegionäride haigust ja Pontiaci palavikku.¹

Leegionäride haigus on ägeda kuluga nakkushaigus, mille põhiliseks haigusvormiks on kopsupõletik. Tegemist on väga tõsise haigusega, millel on suur suremusmäär. Epideemiad on harva esinevad. Vähem kui 5% inimestel, kes on eksponeeritud, areneb see haiguseks ja neist omakorda 10–15% surevad selle haiguse tüsistuste tagajärjel.¹

Pontiaci palavik sai oma nime 1968. aastal Ameerika Ühendriikides Pontiac-i linnas aset leidnud *Legionella* poolt põhjustatud mitte-kopsupõletikulise palaviku leviku tõttu. Haigus kestab 2–5 päeva ja taandub. Surmajuhtumeid ei ole seni raporteeritud. Haigusele on

omane epideemilised puhangud ja kõikidest eksponeeritud inimestest umbes 95% haigestuvad.

Seened (eeskätt hallitusseened)

Termin „hallitus“ tähendab nii seente kui ka mõningate bakterite kasvu niiskustingimustes. Igasugune hallitus hoonetes on halva õhukvaliteedi näitaja ja reeglina on seda raske kontrolli alla saada. Mitmed teadusuuringud on tõestanud hallituse ohtlikust tervisele. Siseruumides levinuimad hallitusseente perekonnad on *Cladosporium*, *Penicillium*, *Alternaria* ja *Aspergillus*.¹

Mükotoksiine toodavad mitmed hallitusseened. Üldteada on, et alla neelatult põhjustavad need tõsiseid tervisehäireid ja isegi surmaga lõppevaid haigestumisi nii inimestel kui ka loomadel. Sissehingamisel kõrgetes kontsentratsioonides mõjutavad nad tugevalt hingamisteid. Seened toodavad erinevaid lenduvaid aineid nagu alkoholid, estrid, aldehüüdid, hüdrokarbonid jt, mille sissehingamine põhjustab peapööritust.¹

Koduloomade kõõm

Koduloomad tekitavad inimestel erinevaid allergiaid. Loomadelt pärit allergeenideks on enamasti kõõm, karvad, sülg ja/või uriin. Kassidelt pärit enam levinud allergeen on kõõm, mis muutub lenduvaks kuivades ja jääb suurusvahemikku 1–10 µm. Kassi kõõma seostatakse näiteks astma tekkega. Kodudes, kus on vähemalt üks kass, varieerub allergeenide kontsentratsioon 250–1140 ng/m³ vahel. Koertega seotud allergeeni võib leida kodust, kus on vähemasti 1 koer, rohkem kui 10 ng 1 g-st tolmust. Allergeenide sisalduse vähendamisele ruumiõhus saab saavutada nii kodu korrashoiu kui ka tekstiilkattega mööbli, vaipkatete ja pehmete mänguasjade vähendamisega.

2. SISEÕHUKVALITEEDI REGULATSIOON EESTIS

Hetkel ei ole Eestis kehtestatud veel ühtset õigusakti, mis seaks piirnormid kõigile enim teaduskirjanduses kajastamist leidnud siseõhus levivatele saasteainetele. Vabariigi Valituse määrusega nr. 38 on hästi reguleeritud ainult eluruumide füüsilised (müra, ventilatsioon, ruumi mõõtmed) ja mikrokliima (õhuniiskus, õhutemperatuur) nõuded.¹⁴ Samuti on määrustega reguleeritud koolide ja koolieelse lasteasutuse ruumidele esitatavad

nõuded ning seal on lisaks füüsikalistele parameetritele ja mikrokliimale kehtestatud piirnormid ka CO₂ sisaldusele siseõhus (ühes liitris kuni 1000 ppm) ja aasta keskmisele radooni sisaldusele (< 200 Bq/m³).^{11, 15}

Bioloogilised ohutegurid töökeskkonnas on kaetud Vabariigi Valitsuse määrusega nr. 144, mille lisas 3 on loetletud bioloogiliste ohutegurite ohurühmad. Antud määrus jagab ohutegurid nelja ohurühma tulenevalt nende patogeensusest:

1. ohurühma kuuluvad need, kes ei põhjusta inimeste haigestumist;
2. ohurühma kuuluvad need, kes võivad põhjustada inimeste haigestumist, ei põhjusta elanikkonnale nakkusohtu ja nende vastu on ennetus- ja ravivahendid olemas;
3. ohurühma kuuluvad need, kes põhjustavad inimeste rasket haigestumist; võivad põhjustada nakkusohtu elanikkonnale, kuid nende vastu on olemas ennetus- ja ravivahendid;
4. ohurühma kuuluvad need, kes põhjustavad inimeste rasket haigestumist; võivad põhjustada elanikkonnale nakkusohtu ja nende vastu tõhusad ennetus – ja ravivahendid tavaliselt puuduvad.¹⁶

Eesti standard „Sisekeskkonna algandmed hoonete energiatõhususe projekteerimiseks ja hindamiseks, lähtudes siseõhu kvaliteedist, soojuslikust mugavusest, valgustatusest ja akustikast“ reguleerib aga hoone materjalidest eralduvate saasteainete kontsentratsioone nii, et jagab hooned ja siseruumid saasteainete eraldumise (materjalidest emiteeruv saasteainete hulk) järgi sisekliima klassidesse ja nende põhised on välja arvatud ventilatsiooni efektiivsuse näitajad. Näiteks sisekliima klassis II peaks madala saasteainete tootlikkusega hoones olema õhuvooluhulk 0,7 l/s* m². CO₂ soovituslikud sisaldused on aga reguleeritud seotuna välisõhu tasemega; näiteks sisekliima klassis II on soovituslik CO₂ kontsentratsioon üle välisõhu taseme 500 ppm.¹⁷

Kõnealusel standardis on määratud erinevate saasteainete tasemed eraldumisega materjalide pinnalt ja jaotatud hooned selle järgi klassidesse:

1. madala saasteainete eraldumise tasemega hooned, kus on kasutatud looduslike traditsioonilisi ehitusmaterjale, näiteks kivi ja klaas. Nendes peavad nimetatud saasteained vastama järgmistele tunnikesksetele piirkontsentratsioonid:
 - summaarne LOÜ (*Total Volatile Organic Compounds, TVOC*) < 0,2 mg/m²h;

- formaldehüüd < 0,05 mg/m²h;
- ammoniaak < 0,03 mg/m²h;
- kartsinogeensed ühendid (*Carcinogenic Compounds, IARC*) < 0,005 mg/m²h;

2. väga madala saasteainete eraldumise tasemega hooned, kui kõik hoones paiknevad materjalid on madala saasteaine eraldumisega nagu kivi, klaas ja metall ning ei esine suitsetamist:

- summaarne LOÜ (*Total Volatile Organic Compounds, TVOC*) < 0,1 mg/m²h;
- formaldehüüd < 0,02 mg/m²h;
- ammoniaak < 0,01 mg/m²h;
- kartsinogeensed ühendid < 0,002 mg/m²h.¹⁷

Kokkuvõtteks võib öelda, et Eestis on siseõhus levivad saasteained (osaliselt) reguleeritud ainult uute hoonete ja töökeskkonna õhukvaliteeti reguleerivate õigusaktidega lähtudes ehitusmaterjalidest eralduvatest saasteainetest. Heal tasemel on reguleeritud just bioloogiliste ohutegurite (bakterid, viirused, seened, parasiidid) nimistu ja määratud ohuklassid. Eesti standardis on keskendutud saasteainetele, mis lenduvad ehitusmaterjalidest.¹⁷ Sama lähenemist on kasutanud Euroopa Komisjoni Ühendatud Uurimiskeskus oma raportis selle olulise erinevusega, et nende saasteainete nimistu on põhjalikum.¹³

3. SISEÕHU KVALITEEDI REGULATSIOON EUROOPA LIIDUS

Eesti siseõhu kvaliteedi regulatsioon sõltub otseselt EL nõuetest. Direktiividega reguleeritud piirnõrmed peavad olema juurutatud liikmesriikide seadusandlusesse. Iga liikmesriik võib kehtestada ka karmimaid piirnõrme kui EL direktiivides on ette antud. Samuti võib täiendavatele saasteainetele seada piirnõrmed, mida pole EL direktiividega välja toodud, kuid on antud liikmesriigi puhul olulised (prioriteetsed ained).

EL siseõhu kvaliteeti kas otseselt või kaudselt reguleerivad direktiivid:

- Euroopa Parlamendi ja Nõukogu määrus (EL) nr 305/2011, 9. Märts 2011, millega sätestatakse ehitustoodete ühtlustatud turustustingimused ning tunnistatakse kehtetuks nõukogu direktiiv 89/106/EMÜ
- Euroopa Parlamendi ja Nõukogu direktiiv 2002/91/EÜ, 16. detsember 2002, ehitiste energiatõhususe kohta;
- Euroopa Nõukogu direktiiv, 29. juuni 1990, küttegaasiseadmeid käsitletavate liikmesriikide õigusaktide ühtlustamise kohta (90/396/EMÜ);
- Euroopa Nõukogu direktiiv 92/42/EMÜ, 21. mai 1992, uute vedel- ja gaaskütusega köetavate kuumaveekatelde efektiivsusnõuete kohta;
- Euroopa Parlamendi ja Nõukogu direktiiv 2005/32/EÜ, 6. juuli 2005, mis käsitleb raamistiku kehtestamist energiat tarbivate toodete ökodisaini nõuete sätestamiseks ja millega muudetakse nõukogu direktiivi 92/42/EMÜ ning Euroopa Parlamendi ja nõukogu direktiive 96/57/EÜ ja 2000/55/EÜ;
- Euroopa Parlamendi ja Nõukogu direktiiv 2001/95/EÜ, 3. detsember 2001, üldise tooteohutuse kohta;
- Euroopa Parlamendi ja Nõukogu direktiiv 2006/121/EÜ, 18. detsember 2006, millega muudetakse nõukogu direktiivi 67/548/EMÜ ohtlike ainete liigitamist, pakendamist ja märgistamist käsitlevate õigus- ja haldusnormide ühtlustamise kohta, et kohandada seda määrusega nr 1907/2006, mis käsitleb kemikaalide registreerimist, hindamist, autoriseerimist ja piiramist (*REACH*) ja millega asutatakse Euroopa Kemikaalide Agentuur.¹⁸
- Euroopa Parlamendi ja Nõukogu direktiiv 2000/54/EÜ, 18. september 2000, töötajate kaitse kohta bioloogiliste mõjuritega kokkupuutest tulenevate ohtude

eest töö. ¹⁹

Euroopa Komisjoni Ühendatud Uurimiskeskuse raportis on olemas materjalidest (ehitusmaterjalid, mööbel) emiteerivate ainete ja ühendite loend, mille juures on ära toodud ka soovituslikud piirnormid, millest allapoole jäävate väärtuste korral ei tohiks negatiivset mõju inimese tervisele avalduda. Seal kirjeldatakse just neid saasteaineid, mis on Euroopa liikmesriikides hinnatud ohtlikeks inimese tervisele lähtuvalt Euroopa Kemikaaliameti soovitustest. Antud raportis kirjeldatud piirnorme ei saa üheselt võrrelda WHO raportis esitatuga, sest WHO soovituslikud piirnormid kehtivad kogu siseõhule, mitte ainult ühest tootest sisekeskkonda sattuvate saasteainete piirnormid.⁹ Lisas 2 on välja toodud ülal nimetatud raportis kirjeldatud sisekeskkonna levivad saasteained ja nende piirnormid, mis lenduvad ühest ehitusmaterjalist ning mille abil on saadud inimesele ohutu kokkupuute tase tema eluea jooksul (ohutu kontsentratsioon, millest allpool ei tohiks inimestel tervisemõju avalduda; *Lowest concentrations of interest, LCI*). Antud piirnorm saadi kui hinnati saasteainete piirnorme testkambris 28 päeva jooksul vastavalt Euroopa Komisjon standardile CEN/TS 16516:2013.¹³ Need piirnormid (*LCI*) hindavad vastava saasteaine emissiooni siserõhku ühest tootest; seega ei saa seda päris võrdsustada WHO raportis esitatud piirnormidega. Samas mõlemad piirnormide kehtestamisel on lähtunud inimesele ohutust kontsentratsioonist.

Ka EL-is puudub ühtne õigusakt, kus oleks kehtestatud piirnormid enim levinud siseõhu saasteainetele, välja arvatud direktiiv bioloogiliste ohutegurite kohta. Raport ehitusmaterjalidest lenduvatele ainetele ja ühenditele annab küll põhjaliku nimistu. Kuid need piirkontsentratsioon ei ole taandatud kogu siseõhule, sest ühte saasteainet võib emiteerida mitmest allikast. Seega Eesti võiks juhendada eeskätt WHO soovitustest, kus on keskendunud enim tervisele ohtlikumatele saasteainetele. EL riikidest näiteks Soome on juba ohtlikumatele saasteainetele siseõhus piirnormid kehtestanud. Need on vastavuses WHO piirnormidega, vähemasti formaldehüüdi osas.

4. ERINEVATE EUROOPA RIIKIDE SISEÕHU SAASTEAINETE PIIRNORMID

4.1 Belgia

Belgia juhindub oma siseõhu saasteainete piirkontsentratsioonide sätestamisel Euroopa Komisjoni Ühendatud Uurimiskeskuse siseõhus levivate saasteainete piirkontsentratsioonidest (Lisa 2).²⁰

4.2 Norra

Norras ei olnud veel 1990ndate alguses ühtki riikliku regulatsiooni formaldehüüdi sisalduse kohta toodetes. Aine soovituslik piirnorm ruumiõhus ($0,06 \text{ mg/m}^3$) seoti Norra õigusaktidega 1991. aastal.²¹

Juba 1990ndate lõpus uuendas Norra Rahvatervise Instituut siseõhu juhendmaterjale. Seal on toodud piirnorm järgmistele saasteainetele:

- Tubakasuits:
 - Nikotiin ei tohi ületada kontsentratsiooni $1,0 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ (kehtib ruumidele, mis on tubakasuitsuvabad, kuid emissiooniallikad võivad olla ruumi läheduses);
 - Nikotiin ei tohi ületada kontsentratsiooni $10 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ (kehtib ruumides kus suitsetamine on lubatud kindlates ruumides);
- Niiskus ja mikrobioloogiline saaste:
 - Üleliigset niiskust ei tohi esineda; nähtavat hallitust ei tohi esineda; bakteritele ei saa piirnormi seada;
- Radoon – uutes majades ei tohi ületada 200 Bq/m^3 ;
- Lenduvad orgaanilised ühendid
 - Formaldehüüd – $100 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ (0,08 ppm);
 - Asbest – $0,001 \text{ kiudu/m}^3$ õhu kohta;
- Tehislikud kiud – $0,01 \text{ kiudu/m}^3$ õhu kohta;
- Peened osakesed (PM_{2.5}) – $20 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ (24 tunni keskmine);
- Süsinikdioksiid (CO₂) – 1800 mg/m^3 (1000 ppm);
- Süsinikoksiid (CO) – 10 mg/m^3 (8,73 ppm) (8 tunni keskmine) ja 25 mg/m^3 (21,82

ppm) (1 tunni keskmine);

- Osoon – ei ole mõistlik piirnormi esitada.²²

4.3 Prantsusmaa

Prantsusmaa kehtestas siseõhus ehitusmaterjalidest lenduvatele saasteainetele piirkontsentratsioonid 2008 aastal. Paljuski on juhitud teiste riikide kogemustest (Saksamaa, USA, Euroopa Liit).²⁰ Vastupidiselt Saksamaale, kes uuendab oma piirkontsentratsioone igal aastal, on Prantsusmaa normid püsivad muutumatuna, erinedes ka Euroopa Liidu omadest (Lisa 2).

4.4 Rootsi

Kemikaalidega üldiselt ja ka nende levimisega siseõhus tegeleb Rootsi Kemikaalide Agentuur, mis läbi õigusakti „Kemikaalitooteid ja biotehniliste organismide korraldus, vastu võetud 14. mai 2008“ reguleerib muuhulgas ka sisekeskkonnas kasutatavatest materjalidest lenduvaid saasteaineid.²³ Vastavalt Euroopa Komisjoni direktiivile 1272/2008 on need jaotatud toimepõhiselt: kartsinogeensed, mutageensed, toksilised, allergeensed jt.²⁴

Selles õigusaktis on defineeritud mitmed saasteained, millest osad esinevad ka siseruumides. Reguleeritud on LOÜ-de kasutamine värvides ja lahustites ja 1,4-diklorobenseeni sisaldavate toodete müük. Lisaks on keelatud elavhõbeda (Hg) kasutamine uutes mõõteinstrumentides.²⁴

Formaldehüüdi sisaldust puitmaterjalides on piiratud vastavalt sellele kui palju tohib seda õhku emiteeruda vastavalt Rootsi standardile SSEN 717-1:2004; on piirkontsentratsiooniks seatud 0,124 mg/m³ (0,1 ppm).²⁴ Siseõhus on alates 1989. a seatud piirnormiks 0,2 ppm.²¹

Rootsi Kemikaalide Agentuur on läbi viinud uurimuse erinevate ühendite sisaldustest mänguasjades. Nende seas on ka mitmed ained, mida määratakse siseõhus. Näiteks on reguleeritud tolueni sisaldus värvides ja liimides (ei tohi ületada 0,1 % kogu kaalust). Dimetüülfumaraat, mida kasutatakse peamiselt hallituse tõrjumiseks on nüüdseks toodetes keelatud.²⁵

Agentuur on muuhulgas uurinud ka kodumajapidamistes kasutatavates tekstiilides leiduvaid aineid ja nende ohtlikkust inimese tervisele. Kahjuks ei ole uuringu tulemusena välja töötatud vaadeldud ainete soovituslikke piirkontsentratsioone.²⁶

4.5 Saksamaa

Saksamaal seati juba aastal 1977 piirnorm formaldehüüdi sisaldusele siseõhus (0,1 ppm).²¹

Saksamaal annab Ehitusmaterjalide Tervislikkuse Hindamise komitee iga 1-2 aasta tagant välja uuendatud nimekirja siseõhus levivate saasteainete piirkontsentratsioonidest. Alates 1997. aastast kasutatakse Euroopa Komisjonis välja töötatud nimekirja siseõhus levivatest saasteainetest ja lisatakse järjest uusi saasteaineid tuginedes uutele teadusuuringutele. Aastatega on algselt kasutusele võetud nimekirjast eemaldatud ja lisatud mitmeid saasteaineid ning 2015.aasta seisuga on nimekirjas 196 keemilist ühendit. Saasteainete kontsentratsioonid mõõdeti kontrollitud mikrokliima tingimustes katsekambris; täpsem mõõtemetoodika kirjeldus on leitav peatükis 4 (Kättesaadav: http://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/355/dokumente/agbb-bewertungsschema_2015_0.pdf). Algses *EnVIE* nimekirjas oli vaid 102 nimetust (Lisa 2).²⁷

4.6 Soome

Soomes jõustus 15.05.2015 Sotsiaal- ja tervishoiuministeriumi poolt välja antud määrus olemasolevate hoonete kohta. Seal on sätestatud piirnormid ka mitmete siseõhus levivatele saasteainetele:

- Kõik lenduvad orgaanilised ühendid (LOÜ) – 400 µg/m³;
- Tolueen – 50 µg/m³;
- 2,2,4-trimetüülpentaandiool diisobutüraat (TXIB) – 10 µg/m³;
- 2-etüül-1-heksanool – 10 µg/m³;
- Naftaleen – ei tohi olla siseruumis lõhna, 10 µg/m³;
- Stüreen – 40 µg/m³;
- Formaldehüüd – aastakeskmise 50 µg/m³ ja 30 minuti keskmine kontsentratsioon

- ei tohi ületada $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$;
- Vingugaas (CO) – $7 \text{ mg}/\text{m}^3$;
- Tubakasuitsus oleva nikotiini sisaldus ei tohi ületada $0,05 \mu\text{g}/\text{m}^3$;
- Peente osakeste (PM₁₀) 24 tunni keskmine kontsentratsioon ei tohi ületada $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, ülipeentel osakestel (PM_{2.5}) $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$;
- Tööstuslikke mineraalseid kiude ei tohi olla 2 nädala jooksul pinnale laskunud tolmus rohkem kui $0,2 \text{ kiudu}/\text{cm}^2$ kohta;
- Asbestikiudude sisaldus siseõhus ei tohi ületada $0,01 \text{ kiudu}/\text{cm}^3$ kohta.

Saasteainete mõõtemetoodikat pole antud määrukses kirjeldatud, kuid kui võrrelda formaldehüüdi 30 minuti kontsentratsiooni WHO soovitusetega, siis need kattuvad. Teiste saasteaineteid ei ole WHO oma raportis välja toonud.²⁸

4.7 Suurbritannia

Formaldehüüdi sisaldus puittoodetes ja siseruumi õhus on reguleeritud standardiga BS 5618. Piirnorme pole õigusaktides seatud.²¹

Suurbritannia Parlament on välja andnud infomaterjali siseruumides levivatest saasteainetest. Piirnorm on seni seatud vaid radoonile (Rn), mille puhul on lubatav kuni $200 \text{ Bq}/\text{m}^3$. Samuti plaanitakse reguleerida olmekütmisest pärit saasteainete emissioone sellega, et viiakse läbi regulaarset kütteseadmete kontrolli ja teostatakse nende plaanilist hooldust.²⁹

4.8 Šveits

Aastal 1987 seadis Šveitsi Riiklik Terviseamet soovituslikud piirnormid ja tegevused formaldehüüdi erinevate kontsentratsioonide korral siseõhus:

- $0 - 0,24 \text{ mg}/\text{m}^3$ – pole vaja mõõtmisi teostada;
- $0,24 - 0,36 \text{ mg}/\text{m}^3$ – tuleb tõhustada ventilatsiooni ja alustada mõõtmistega;
- $> 0,36 \text{ mg}/\text{m}^3$ – ruume ei tohi kasutada elamiseks (v.a kontoriruumid või klassiruumid).²¹

4.9 Taani

Formaldehüüdi emissiooni piirkontsentratsioon ($0,124 \text{ mg/m}^3$) puitu sisaldavatest ehitusmaterjalidest on paika pandud õigusaktis DN/EN 13986:2004.³⁰

Aastal 1996 tõi Taani Keskkonnaministeerium oma raportis välja puitmaterjalides sisalduvate LOÜ-de nimekirja, kasutades Euroopa Komisjoni Ühendatud Uurimisasutuse piirkontsentratsioone. Kuna Taani raport keskendus puidule, siis on seal detailselt ära toodud LOÜ piirkontsentratsioon iga puuliigi lõikes.³¹

4.10 Kokkuvõte Euroopa riikide piirnormide erinevusest

Piirnormid kogu siseõhule on riigiti erinevad. Mõnedes riikides on leitav piirnormid üksikule saasteainele, nt formaldehüüd. Rohkem on kehtivaid õigusakte ehitusmaterjalidest emiteeruvatele saasteainetele, mille baasilt on arvutatud inimesele ohutu kontsentratsioon. Euroopa Komisjoni Ühendatud Uurimiskeskus oma raportis on võtnud kokku erinevatest Euroopa riikides (Saksamaa, Prantsusmaa) kehtivad saasteainete kontsentratsioonid ehitusmaterjalidest, kuid neid ei saa rakendada aga kogu siseõhule.

Sellel aastal võttis aga Soome vastu määruse, kus tõi välja siseõhu saasteainete piirnormid. Seal on toodud näiteks formaldehüüdi, tubakasuitsu, tolueni ja osakeste piirnormid. Vähemasti formaldehüüdi osas on see kooskõlas WHO soovitusetega. Seega antud määrus on sobilik alusmaterjal ka näiteks Eestile.

5. SOOVITUSED EESTILE

Eestis on reguleeritud CO₂ sisaldus ja mikrokliimale esitatavad nõuded lasteasutustes (lasteaiad ja koolid). Samuti on seatud piirnorm radoonile. Töökeskkonna siseõhu kvaliteedinormid (sh saasteained) on Eestis paremini reguleeritud, eeskätt just bioloogiliste ohutegurite osas. Standardis on kirjeldatud uute hoonete puhul kasutatavatest ehitusmaterjalidest lenduvate saasteainete piirnormid.

Õigusaktidega on osaliselt reguleeritud siseõhu kvaliteedi nõuded töökohtadel ja avalikes ruumides. Kodukeskkonda saame mõjutada seades piirnormid eelkõige hoonetes kasutatavatest ehitusmaterjalidest ning mööblist emiteeruvatele saasteainetele. Lisaks on võimalik vähendada võimalikke emissioone kontrollides regulaarselt kütteseadmeid (lokaalsed kütteallikad). Ühe olulise meetmena tuleb tõhustada seniseid teavituskampaaniaid. Tänapäevaks on avalikkust teavitatud enim tubakasuitsu kahjulikkusest üldisemalt ja suitsuandurite olulisusest (seadusega kohustatud). Vajalik oleks pöörata tähelepanu ka teistele saasteainetele.

EL kehtivad hetkel ainult soovituslikud siseõhu saasteainete piirkontsentratsioonid mis mõõdetud ühest ehitusmaterjalist ja puudub ühtne õigusakt, kus oleksid piirnormid kogu siseõhule. See on samas ka mõistetav, kuna kõik liikmesriigid on erineva võimekusega nende saasteainete seire korraldamise osas. Heaks eeskujuks on näiteks Saksamaa, kus lisaks kontsentratsioonide kehtestamisele toimub ka nende pidev uuendamine vastavalt teaduse võimekuse kasvule ja sealt tuleva uue informatsiooni olulisusele. Seda eeskätt just saasteainete emiteerimisele ehitusmaterjalidest.

Eestile on igati sobiv aluseks võtta *WHO* poolt välja toodud enim uuritud ja tervisele ohtlikumad saasteained (Lisas 1) ja lisada uuest Soome hoonete määrusest veel mõningad saasteained. Seal on lähtutud vähemasti formaldehüüdi kontsentratsiooni puhul *WHO* soovitustest. Seega tuleks need lõimida eelkõige õigusaktidesse, mis on seotud avalikke asutuste (ametiasutused, koolid, lasteaiad) õhukvaliteedi reguleerimisega. Lisaks on oluline osa juba eelnevalt nimetatud elanikele suunatud teavituskampaaniatel. Samuti võiks kohandada bioloogiliste ohutegurite määrust, lisades juurde märked tekitajatele, mille leviku puhul on teada, et need esinevad ka kodude siseõhus.

Kõik eelpool loetletud tegevused annaks eelise ka juhul, kui EL tasandil hakataks tulevikus siseõhu saasteainete valdkonda rangemini reguleerima, kohustades liikmesriike konkreetsemateks toiminguteks.



6. VIIDATUD ALLIKAD

1. Franchi M, Carrer P, Kotzias D, et al. Towards healthy air in dwellings in Europe. The THADE Report. 2006. Kättesaadav: http://ec.europa.eu/health/ph_projects/2001/pollution/fp_pollution_2001_frep_02.pdf
2. Etkin DS and Vogt C. Indoor air quality in schools. Cutter Information Corporation. 1996.
3. Maroni M, Seifert B, Lindvall T and (eds). Indoor Air Quality. A comprehensive reference book. Elsevier; 1995.
4. Rudel RA, Camann DE, Spengler JD, Korn LR and Brody JG. Phthalates, alkylphenols, pesticides, polybrominated diphenyl ethers, and other endocrine-disrupting compounds in indoor air and dust. *Environ Sci Technol*. 2003;37:4543–4553.
5. Lighty JS, Veranth JM and Sarofim AF. Combustion aerosols: Factors governing their size and composition and implications to human health. *J Air Waste Manage*. 2000;50:1565–1618.
6. Taylor M, Gaskin S, Bentham R and Pisaniello D. Airborne fungal profiles in office buildings in metropolitan Adelaide, South Australia: Background levels, diversity and seasonal variation. *Indoor Built Environ*. 2014;23:1002–1011.
7. Gauzere C, Godon JJ, Blanquart H, et al. 'Core species' in three sources of indoor air belonging to the human micro-environment to the exclusion of outdoor air. *Sci Total Environ*. 2014;485:508–517.
8. Fischer A, Langer S and Ljungstrom E. Chemistry and indoor air quality in a multi-storey wooden passive (low energy) building: Formation of peroxyacetyl nitrate. *Indoor Built Environ*. 2014;23:485–496.
9. WHO. WHO guidelines for indoor air quality: selected pollutants. 2010. World

Health Organization, Bonn. Kättesaadav:

http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0009/128169/e94535.pdf

10. de Oliveira Fernandes E, Jantunen M, Carrer P, et al. EnVIE: Co-ordination Action on Indoor Air Quality and Health Effects. 2009. Kättesaadav:

<http://cordis.europa.eu/documents/documentlibrary/126459681EN6.pdf>

11. RT I 11.10.2011. Tervisekaitsenõuded koolieelse lasteasutuse maa-alale, hoonetele, ruumidele, sisustusele, sisekliimale ja korrashoiule, Vabariigi Valitsuse määrus nr 131.

12. RT I 2007, 55, 370. Asbestitööle esitatavad tervishoiu ja tööohutuse nõuded, Vabariigi Valitsuse määrus nr 224.

13. Kephelopoulos S, Geiss O, Annys E, et al. EUROPEAN COLLABORATIVE ACTION URBAN AIR, INDOOR ENVIRONMENT AND HUMAN EXPOSURE: Harmonisation framework for health based evaluation of indoor emissions from construction products in the European Union using the EU-LCI concept. 2013.

Kättesaadav:

http://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC83683/eca%20report%2029_final.pdf

14. RT I 1999 9. Eluruumidele esitatavate nõuete kinnitamine, Vabariigi Valitsuse määrus nr 38.

15. RT I 31.05.2013. Tervisekaitsenõuded koolidele, Vabariigi Valitsuse määrus nr 84.

16. RT I 2000, 234. Bioloogilistest ohuteguritest mõjutatud töökeskkonna töetervishoiu ja tööohutuse nõuded, Vabariigi Valitsuse määrus nr 144.

17. EVS-EN 15251:2007 . Sisekeskkonna algandmed hoonete energiatõhususe projekteerimiseks ja hindamiseks, lähtudes siseõhu kvaliteedist, soojuslikust mugavusest, valgustusest ja akustikast; Eesti Standardikeskus. Kättesaadav:

<http://www.evs.ee/tooted/evs-en-15251-2007>

18. Kephelopoulos S, Gallo G, Fuchs M, et al. EC Actions on Indoor Air Quality. 2008. Kättesaadav:

http://www.inive.org/members_area/medias/pdf/Inive/EnVIE/Kephelopoulos.pdf

19. Direktiiv 2000/54/EÜ, 18. september 2000. Töötajate kaitse bioloogiliste mõjuritega kokkupuutest tulenevate ohtude eest tööl. Euroopa Parlament. Kättesaadav: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/ET/TXT/PDF/?uri=CELEX:32000L0054&from=EN>

20. Federal Public Health, Safety of the food Chain and Environment. List of LCI values for the Belgian Royal Decree of 8/5/2014 regarding threshold values for emissions towards the indoor environment of construction products for certain intended uses. Kättesaadav:

http://www.eurofins.com/media/10299194/belgium_royal_decree_emissions_kb_emissions_lcivalues_v1_.pdf

21. Commission of the European Communities, Directorate General for Science, Research and Development, Joint Research Centre - Environment Institute. Indoor Air Pollution by Formaldehyde in European Countries. Report No. 7. 1990. Kättesaadav: http://www.inive.org/medias/eca/eca_report7.pdf

22. Becher R, Hongslo JK, Bakke JV, et al. Revised Guidelines for Indoor Air Quality in Norway. *Indoor Air*. 1999;99:171-176.

23. KEMI, The Swedish Chemicals Agency. Kättesaadav: <http://www.kemi.se/en/>

24. KEMI, The Swedish Chemicals Agency. The Swedish Chemicals Agency's Chemical Products and Biotechnical Organisms Regulations (KIFS 2008:2). 2008. Kättesaadav: http://www.kemi.se/Documents/Forfattningar/Docs_eng/K08_2_en.pdf

25. KEMI, The Swedish Chemicals Agency. Development of enforcement activities conducted by the Swedish Chemicals Agency with the help of Rapex. 2011.

Kättesaadav:

http://www.kemi.se/Documents/Publikationer/Trycksaker/Tillsyn/Tillsyn3_11_Rapex_EN.pdf

26. KEMI, The Swedish Chemicals Agency. Chemicals in textiles - Risks to human health and the environment. 2014. Kättesaadav:

<http://www.kemi.se/Documents/Publikationer/Trycksaker/Rapporter/Report6-14-Chemicals-in-textiles.pdf?epslanguage=en>

27. AgBB, German Committee for Health-related Evaluation of Building Products. Vorgehensweise bei der gesundheitlichen Bewertung der Emissionen von flüchtigen organischen Verbindungen (VVOC, VOC und SVOC) aus Bauprodukten. 2015.

Kättesaadav:

http://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/355/dokumente/agbb-bewertungsschema_2015_0.pdf

28. Eluaseme ja muude elutingimuste tervisliku seisundi nõuded. Sotsiaal- ja tervishoiuministeeriumi määrus (jõustunud 15.05.2015). Kättesaadav:

<http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2015/20150545>

29. Parliament Office of Science and Technology. UK Indoor Air Quality. Kättesaadav:

http://www.parliament.uk/documents/post/postpn366_indoor_air_quality.pdf

30. Kolarik B, Gunnarsen LB, Winther Funch L. Emission of formaldehyde from indoor surface materials. In: Proceedings of the 9th International Healthy Buildings Conference and Exhibition. Santanam S, Bogucz EA, Zhang JS, Khalifa HE (Eds). Kättesaadav:

<http://vbn.aau.dk/files/18312272/160.pdf>

31. Miljøministeriet Miljøstyrelsen. Emission of Volatile Organic Compounds from Wood and Wood-Based Materials. 1998. Kättesaadav:

<http://www2.mst.dk/udgiv/Publications/1999/87-7909-501-1/pdf/87-7909-500-3.pdf>

7. LISA 1. Kokkuvõte peatükis 1.1 ja 4 esitatud saasteainete piirnormidest kogu siseõhule.

Saasteaine nimi	Piirnorm	Märkused
Süsinikmonooksiid (CO)	15 minutit – 100 mg/m ³ 1 tund – 35 mg/m ³ 8 tundi – 10 mg/m ³ 24 tundi – 7 mg/m ³ Hetkeline sisaldus – 7 mg/m ³	Maailma Tervishoiuorganisatsioon Soome
Süsinikmonooksiid (CO ₂)	1000 ppm	Eesti Vabariigi Valitsus
Lämmastikdioksiid (NO ₂)	1 tunni keskmine kontsentratsioon – 200 µg/m ³ aasta keskmine – 40 µg/m ³	Maailma Tervishoiuorganisatsioon
Radoon (Rn)	Eluaegse kokkupuute korral: <ul style="list-style-type: none"> • suitsetajatel 1 kopsuvähi juht 100 inimese kohta – 67 Bq/m³ ja 1 kopsuvähi juht 1000 inimese kohta – 6,7 Bq/m³ • mittesuitsetajatel 1 kopsuvähi juht 100 inimese kohta – 1670 Bq/m³ ja 1 kopsuvähi juht 1000 inimese kohta – 167 Bq/m³ 	Maailma Tervishoiuorganisatsioon

Osakesed (PM₁₀, PM_{2,5})	(PM ₁₀) 24 tunni keskmine kontsentratsioon ei tohi ületada 50 µg/m ³ Ülipeentel osakestel (PM _{2,5}) 25 µg/m ³	Soome Soome
Inimtekkelised mineraalsed kiud	Ei tohi olla 2 nädala jooksul pinnale laskunud tolmus rohkem kui 0,2 kiudu/cm ² kohta Asbestikiudude sisaldus siseõhus ei tohi ületada 0,01 kiudu/cm ³ kohta.	Soome
Kõik LOÜ-d	400 µg/m ³	Soome
Tolueen	50 µg/m ³	Soome
2,2,4-trimetüül-pentaandiool diisobutüraat (TXIB)	10 µg/m ³ (arvutatuna tolueenile)	Soome
2-etüül-1-heksanool	10 µg/m ³ (arvutatuna tolueenile)	Soome
Naftaleen	ei tohi olla siseruumis lõhna, 10 µg/m ³ (arvutatuna tolueenile)	Soome
Stüreen	40 µg/m ³ (arvutatuna tolueenile)	Soome
Formaldehüüd (H₂C=O)	30 minuti keskmine kontsentratsioon – 0,1 mg/m ³ aastakeskmine 50 µg/m ³	Maailma Tervishoiuorganisatsioon, Soome Soome
Trikloroetüleen	Eluaegse kokkupuute korral:	Maailma

(C₆H₃Cl₃)	<ul style="list-style-type: none"> • 1 vähijuht 10000 elaniku kohta – 230 µg/m³ • 1 vähijuht 100000 elaniku kohta – 23 µg/m³ • 1 vähijuht 1000000 elaniku kohta – 2,3 µg/m³ 	Tervishoiuorganisatsioon
Tetrakloroetüleen (C₂Cl₄)	Aastakeskmine – 0,25 mg/m ³	Maailma Tervishoiuorganisatsioon
Polütsüklilised aromaatsed süsivesinikud (PAH)	Kõigis kontsentratsioonides ohtlik inimese tervisele	Maailma Tervishoiuorganisatsioon
Tubakasuits siseruumides	Tubakasuitsus oleva nikotiini sisaldus – 0,05 µg/m ³	Soome
Bioloogilised ohutegurid	Määratud ainult ohuklassid	Eesti Vabariigi Valitsus

8. LISA 2. Euroopa Komisjoni poolt EL harmoniseeritud ning Saksamaal ja Prantsusmaal kasutatavad ühest tootest (ehitusmaterjalidest) emiteeruvate saasteainete piirnormid*

Jrk nr	CAS nr.	Nimi	Kontsentratsioon, $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Märkused Euroopa Komisjon (EK)– seisuga 2015 Saksamaa (DE) (võetud üle Euroopa Komisjoni kontsentratsioonid) Prantsusmaa (FR) – seisuga 2009
1		AROMAATSED SÜSIVESINIKUD		
1.1	108-88-3	Tolueen	2900 300	EK, DE FR
1.2	100-41-4	Etiülbenseen	850 750	EK, DE FR
1.3	1330-20-7 106-42-3 108-38-3 95-47-6	Ksüleen (orto-, meta- ja para- isomeerid) ning segu orto-, meta- ja para-ksüleen-i isomeeridest	500 200	EK, DE FR
1.4	98-82-8	Isopropülbenseen (kumeen)	500	DE
1.5	103-65-1	N-propüülbenseen	950	EK, DE
1.6	637-50-3	1-propenüülbenseen (beeta- metüülstürool)	2400 1200	DE FR
1.6	108-67-8 95-63-6 526-73-8	Trimetüülbenseen (1,2,3-;1,2,4- ;1,2,5)	450 1000	EK, DE FR
1.7	611-14-3	2-etüültolueen	550 200	EK, DE FR
1.8	527-84-4 535-77-3 99-87-6 25155-15-1	Kumeen (orto-, meta-, para-) (1- isopropüül-2(3,4)-metüülbenseen) ja segu orto-, meta-, ja para- kumeen-st	1000	EK, DE, FR
1.9	95-93-2	1,2,4,5-tetrametüülbenseen	500 200	EK, DE FR

1.10	104-51-8	n-butüülbenseem	1100 200	EK, DE FR
1.11	99-62-7 100-18-5	Diisopropüülbenseen (1,3-;1,4-)	750 200	EK, DE FR
1.12	2189-60-8	Fenüül oktaan ja nende isomeerid	1100 200	EK, DE FR
1.13	104-72-3	1-fenüül dekaan ja nende isomeerid	1100 200	DE FR
1.14	6742-54-7	1-fenüülundekaan	1100 200	DE FR
1.15	4994-16-5	4-fenüülsükloheksaan	400 250	DE FR
1.16	100-42-5	Stüreen	250	EK, DE, FR
1.17	536-74-3	Fenüülatsetüleen	200 250	DE FR
1.18	98-83-9	2-fenüülpropeen (alfa-metüülstürool)	2500 1200	EK, DE FR
1.19	25013-15-4	Vinüültuluool (kõik isomeerid: o-,m-,p-metüülstürool)	4900 2400	DE FR
1.20	91-20-3	Naftaleen	5 10	DE FR
1.10	95-13-6	Indeen	450	EK, DE, FR
1.11	1074-17-5	1-metüül-2-propüülbenseen	200	FR
1.12	1074-43-7	1-metüül-3-propüülbenseen	200	FR
1.13	91-17-8	Dekahüdronaftaleen	1000	FR
2		KÜLLASTUNUD ALIFAATSED SÜSIVESINIKUD (n-, iso- ja tsüklo-)		
2.1	110-54-3	n-Heksaan	72 700	EK, DE FR
2.2	110-82-7	Tsükloheksaan	6000	EK, DE, FR
2.3	108-87-2	Metüülsükloheksaan	8100	EK, DE, FR
2.4	142-82-5	n-Heptaan	21000	EK
2.5		Teised küllastunud alifaatsed süsivesinikud C6 kuni C8	10000	FR
2.6		Teised küllastunud alfaatsed süsivesinikud C9 kuni C16	6000	EK, DE, FR
3		TERPEENID		
3.1	498-15-7	3-kareen	1500	EK, DE, FR

3.2	80-56-8	α -pineen	2500 450	EK, DE FR
3.3	127-91-3	β -pineen	1400	EK, DE, FR
3.4	138-86-3	Limoneen	5000 450	EK, DE FR
3.5		Teised terpeenide hulka kuuluvad süsivesinikud	1400	EK, DE, FR
4		ALIFAATSED ALKOHOLID		
4.1	75-65-0	2-metüül-2-propanool	620 600	EK, DE FR
4.2	78-83-1	2-metüül-1-propanool	3100 1500	DE FR
4.3	71-36-3	1-butanool	3000	EK, DE, FR
4.4	71-41-0 30899-19-5 94624-12-1 6032-29-7 584-02-1 137-32-6 123-51-3 598-75-4 75-85-4 75-84-3	1-pentanool (kõik isomeerid)	730 700	EK, DE FR
4.5	111-27-3	1-heksanool	2100	EK, DE, FR
4.6	108-93-0	Tsükloheksanool	2000	EK, DE, FR
4.7	104-76-7	2-etüül-1-heksanool	300 1100	EK, DE FR
4.8	111-87-5	1-oktanool	500 1100	DE FR
4.9	123-42-2	4-hüdroksü-4-metüül-2-pentaan	960 950	EK, DE FR
4.10	105-08-8	1,4-tsükloheksaandimetanool	1600	DE
5		AROMAATSED ALKOHOLID		
5.1	108-95-2	Fenool	10 20	DE FR
5.2	128-37-0	BHT (2,6-di-tert-butüül-4-metüülfenool)	100	EK, DE, FR
5.3	100-51-6	Bensüülalkohol	440 450	EK, DE FR

6		GLÜKOOLID, GLÜKOEETRID		
6.1	57-55-6	Propüleenglükool	2500 100	DE FR
6.2	107-21-1	Etüleenglükool	260 400	DE FR
6.3	111-76-2	Etüleenglükoolmonobutüüleeter	1100 1000	EK, DE FR
6.4	111-46-6	Dietüleenglükool	440 450	EK, DE FR
6.5	112-34-5	Dietüleenglükoolmonobutüüleeter	670 650	EK, DE FR
6.6	122-99-6	2-fenoksüetanool	1100	FR
6.7	96-49-1	Etüleenkarbonaat	400	FR
6.8	107-98-2	1-metoksü-2-propanool	2000	FR
6.9	110-63-4	1,4-butaandiool	2000	EK, DE FR
6.10	110-98-5 25265-71-8	Dipropüleenglükool	670 650	EK, DE FR
6.11	6846-50-0	2,2,4-trimetüül-pentaandiool diisobutüraat (TXIB)	450	EK, DE, FR
6.12	111-96-6	Dietüleenglükool-dimetüüleeter (1- metoksü-2-(2-metoksü-etoksü)- etaan)	28 30	EK, DE FR
6.13	25265-77-4	2,2,4-trimetüül-1,3-pentaandiool- monoisobutüraat	600	EK, DE, FR
6.14	7397-62-8	Butüül hüdroksüatsetaat	550 1300	DE FR
6.15	73506-93-1	1,2-dietoksüetaan	70	FR
6.16	109-59-1	2-metüületoksüetanool	220 200	EK, DE FR
6.17	111-90-0	Etüldiglükool	350	EK, DE, FR
6.18	2807-30-9	2-propoksüetanool	860 850	EK, DE FR
6.19	111-76-2	Etüleenglükool-monobutüüleeter	1100	EK
6.20	112-34-5	Dietüleenglükool-monobutüüleeter	670	EK
6.21	124-17-4	Butüüldiglükoolatsetaat	850	EK, DE, FR
6.22	122-99-6	2-fenoksüetanool	1100	EK
	96-49-1	Etüleenkarbonaat	370	DE
6.23	107-98-2	1-metoksü-2-propanool	3700	DE

6.24	1589-47-5	1-propüleenglükool-2-metüüleeter (2-metoksü-1-propanool)	19 20	EK, DE FR
6.25	70657-70-4	1-propüleenglükool-2-metüüleeter- atsetaat (2-metoksü-1- popüülatsetaat)	28 30	EK FR
6.26	109-86-4	2-metoksüetanool	3 20	EK, DE FR
6.27	110-80-5	2-etoksüetanool	8 70	EK, DE FR
6.28	110-71-4	1,2-dimetoksüetaan	4 20	DE FR
6.29	629-14-1	1,2-dietoksüetaan	10	DE
6.30	110-49-6	2-metoksüetüülatsetaat	5 90	AGW AFSSET
6.31	111-15-9	2-etoksüetüülatsetaat	11 300	EU-OEL AFSSET
6.32	112-07-2	2-butoksüetüülatsetaat	1300 150	DE FR
6.33	34590-94-8	Dipropüleenglükool- monometüüleeter	3100	EK, DE FR
6.34	112-59-4	2-(2-heksüülöksüetoksü)-etanool	740 650	DE FR
6.35	63019-84-1 89399-28-0 111109-77-4	Dipropüleenglükool-dimetüüleeter	1300	EK, DE, FR
6.36	112-25-4	2-heksoksüetanool	1400 1000	DE FR
6.37	623-84-7	Propüüleenglükooldiatsetaat	5300 6500	DE FR
6.38	29911-28-2 35884-42-5	Dipropüleenglükoolmono-n- butüüleeter	810 650	DE FR
6.39	132739-31-2 (Gemisch)	Dipropüleenglükoolmono-t- butüüleeter	810	DE
6.40	29911-27-1	Dipropüleenglükoolmono-n- propüüleeter	740 650	DE FR
6.41	88917-22-0	Dipropüleenglükool- monometüüleeteratsetaat	3900 3100	DE FR
6.42	20324-33-8 25498-49-1	Tripropüleenglükool- monometüüleeter	2000 1000	DE FR

6.43	112-49-2	Trietüleenglükooldimetüüleeter	7 20	DE FR
6.44	7777-85-0	1,2-proppüleenglükool- dimetüüleeter	25 20	DE FR
6.45	108-32-7	Propüleenkarbonaat	250	DE
6.46	107-41-5	Heksüleenglükool	490	DE
6.47	2517-43-3	3-metoksü-1-butanool	500	DE
6.48	1569-01-3 30136-13-1	1,2-propüleenglükool-n- propüüleeter	1400	DE
6.49	5131-66-8 29387-86-8 15821-83-7 63716-40-5	1,2-propüleenglükool-n-butüüleeter	1600	DE
6.50	104-68-7	Dietüleenglükool-fenüüleeter	1450	DE
6.51	126-30-7	Neopentüülgükool	1000	DE
7		ALDEHÜÜDID		
7.1	75-07-0	Atseetaldehüüd	1200	EK, DE
7.2	123-72-8	Butanaal	650	EK, DE FR
7.3	110-62-3	Pentanaal	800 1700	EK, DE FR
7.4	66-25-1	Heksanaal	900 650	EK, DE FR
7.5	111-71-7	Heptanaal	900 650	EK, DE FR
7.6	123-05-7	2-etiül-heksanaal	900 650	EK, DE FR
7.7	124-13-0	Oktanaal	900 650	EK, DE FR
7.8	124-19-6	Nonanaal	900 650	EK, DE FR
7.9	112-31-2	Dekanaal	900 650	EK, DE FR
7.10	4170-30-3 123-73-9 15798-64-8	2-butenaal	1 6	DE FR
7.11	1576-87-0 764-39-6 31424-04-1	2-pentanaal	12 6	DE FR

7.12	16635-54-4 6728-26-3 505-57-7 1335-39-3	2-heksanaal	14 6	EK, DE FR
7.13	2463-63-0 18829-55-5 29381-66-6	2-heptanaal	6	DE, FR
7.14	2363-89-5 25447-69-2 20664-46-4 2548-87-0	2-oktanaal	1 6	DE FR
7.15	2463-53-8 30551-15-6 18829-56-6 60784-31-8	2-nonaal	20 6	DE FR
7.16	3913-71-1 2497-25-8 3913-81-3	2-decanaal	22 6	DE FR
7.17	2463-77-6 53448-07-0	2-undekanaal	24 6	DE FR
7.18	98-01-1	Furfuraal	20 8	DE FR
7.19	111-30-8	Glutaaraldehüüd	2 0,08	DE FR
7.20	100-52-7	Bensaalaldehüüd	90	DE FR
7.21	75-07-0	Atsetaalaldehüüd	1200 200	DE FR
7.22	50-00-0	Formaldehüüd	100 10	DE FR
7.23	123-38-6	Propanaal	8	FR
8		KETOONID		
8.1	78-93-3	2-butanoon (etüülmetüülketoon)	5000	EK, DE, FR
8.2	563-80-4	3-metüül-2-butanoon	7000	EK, DE, FR
8.3	120-92-3	Tsüklopentanoon	900	EK, DE, FR
8.4	108-94-1	Tsükloheksanoon	410	EK, DE, FR
8.5	583-60-8	2-metüültsükloheksanoon	2300	EK, DE, FR
8.6	98-86-2	Atsetoonfenoon	490 500	EK, DE FR

8.7	108-10-1	Metüülisobutüülketoon	830 3000	DE FR
8.8	1120-72-5	2-metüültsükloentanoon	1000 900	DE FR
8.9	116-09-6	1-hüdroksüatsetoon (1-hüdroksü-2-propanoon)	2400 400	DE FR
8.10	67-64-1	Atsetoon	1200	DE
9		HAPPED		
9.1	79-09-4	Propioonhape	310	EK, DE
9.2	64-19-7	Äädikhape	1250 250	DE FR
9.3	79-31-2	Isobutaanhape (Isovõihape)	370 300	DE FR
9.4	107-92-6	Võihape	370 300	DE FR
9.5	75-98-9	Pivaalhape	420 300	DE FR
9.6	109-52-4	n-palderjanhape	420 300	DE FR
9.7	142-62-1	n-kaproonhape	490 300	DE FR
9.8	111-14-8	n-heptaanhape	550 300	DE FR
9.9	124-07-2	n-oktaanhape	600 300	DE FR
9.10	149-57-5	2-eüülheksaanhape	150	DE
10		ESTRID JA LAKTOONID		
10.1	108-21-4 109-60-4	Propüülatsetaat (n-, iso-)	4200	EK, DE, FR
10.2	108-65-6	2-metoksü-1-metüületüülatsetaat	2700	EK, DE, FR
10.3	592-84-7	n-butüülformiaat	2000 1200	DE FR
10.4	110-19-0	Isobutüülatsetaat	4800	EK, DE, FR
10.5	123-86-4	1-butüülatsetaat	4800	EK, DE, FR
10.6	96-33-3	Metüülakrülaat	180 200	EK, DE FR
10.7	140-88-5	Etüülakrülaat	210 200	EK, DE FR
10.8	141-32-2	n-butüülakrülaat	110	EK, DE

			100	FR
10.9	103-11-7	2-etüülheksüülakrülaad	380 400	EK, DE FR
10.1 0		Teised akrülaadid	110 100	EK, DE FR
10.1 1	627-93-0	Dimetüüladiipaat	50	EK, DE, FR
10.1 2	106-65-0	Dimetüülsuksinaat	50	EK, DE, FR
10.1 3	1119-40-0	Dimetüülglutaraat	50	EK, DE, FR
10.1 4	105-75-9	Dibutüülfumaraat	50	EK, DE
10.2 1	105-76-0	Dibutüülmaleaat	50	EK, DE
10.2 2	13048-33-4	Heksametüleendiakrülaad	10	EK, DE, FR
10.2 3	80-62-6	Metüülmetakrülaad	2100 50	DE FR
10.2 4		Teised metakrülaadid	2100	DE
10.2 5	103-09-3	2-etüülheksüülatsetaat	350 1100	DE FR
10.2 6	96-48-0	Butürolaktoon	2700 1800	DE FR
10.2 7	71195-64-7	Diisobutüülgluraat	100	DE
10.2 8	925-06-4	Diisobutüülsutsinaat	100	DE
10.2 9	107-31-3	Metüülformaat	1200	FR
10.3 0	115-95-7	Linalüülatsetaat	200	FR
11		KLOREERITUD SÜSIVESINIKUD		
11.1	127-18-4	Tetrakloroetüleen	250	FR
11.2	56-23-5	Tetraklorometaan	35	FR
11.3	106-46-7	1,4-diklorobenseen	60	FR
12		MUUD AINED/ÜHENDID		

12.1	105-60-2	Kaprolaktaam	300 100	EK, DE FR
12.1	872-50-4	N-metüül-2-pürrolidoon	400 800	EK, DE FR
12.2	556-67-2	Oksametüülsüklotetrasiloksaan (D4)	1200	EK, DE, FR
12.3	100-97-0	Heksametüüleen-tetramiin	30	EK, DE, FR
12.4	26172-55-4	5-kloor-2-metüül-2H-isotiatsool-3-oon (CIT)	1	EK, DE
12.5	2682-20-4	2-metüül-4-isotiatsoliin-3-oon (MIT)	100	EK, DE, FR
12.6	123-91-1	1,4-dioksaan	73 3000	DE FR
12.7	96-29-7	2-butanoksiim	20 90	DE FR
12.8	78-40-0	Trietüülfosfaat	75	DE
12.9	121-44-8	Trietüülamiin	42 7	DE FR
12.1 0	541-02-6	Dekametüülsüklopenta-siloksaan (D5)	1500	DE
12.1 1	540-97-6	Dodecametüülsükloheksa-siloksaan (D6)	1200	DE
12.1 2	109-99-9	Tetrahüdrofuraan	1500	DE
12.1 3	68-12-2	Dimetüülformamiid	15	DE
12.1 4	107-50-6	Tetradecametüülsüklohepta-siloksaan (D7)	1200	DE
12.1 5	2687-91-4	n-etüül-2-pürrolidoon	430	DE

* Tabeli andmed pärinevad: ^{13,20,27} ja on tõlgitud käesoleva töö autori poolt. Toodud väärtused ei kehti kogu siseõhule ja ei ole nt WHO piirnormide soovitustega võrreldavad.

Mõõtemetoodika Saksamaal (DE) kehtestatud saasteainete kontsentratsioonidele (peatükk 4):

http://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/355/dokumente/agbb-bewertungsschema_2015_0.pdf

Euroopa Komisjoni (EK) raportis esitatud saasteainete kontsentratsioonide mõõtemetoodika lähtub

Euroopa Komisjoni standardist CEN/TS 16516:2013. Kättesaadav:

http://standards.cen.eu/dyn/www/?p=204:32:0:::FSP_ORG_ID,FSP_LANG_ID:531950,25&cs=1E1CEDFBAEBA3FDA5EE4A8863F9A45B78