



TARTU ÜLIKOOL

## ÜLEVAATEURINGU II ETAPI ARUANNE

### AHIKÜTTE JA BIOMASSI PÕLETAMISEGA SEOTUD TERVISEMÕJUD ÜLEVAADE SÜSTEMAATILISTEST ÜLEVAADETEST (ingl *UMBRELLA REVIEW*)

#### Uuringu pealkiri:

**Metoodika väljatöötamine tuuleparkide ja teiste energiatootmise  
tehnoloogiate võimalike tervise mõjudega seotud teadusuuringute tulemuste  
tõlgendamiseks Eesti tingimustes**



Rahastanud Euroopa Liit  
NextGenerationEU



Eesti  
tuleviku heaks

Tartu 2026

## **Uuringurühma koosseis:**

Triin Veber (MSc, MPH), Tartu Ülikool, projektijuht ja ekspert

Ene Indermitte (MPH, PhD), Tartu Ülikool, ekspert

Emma Tolmats (MPH) Tartu Ülikool, spetsialist

Ele Kiisk (MA, MSc) Tartu Ülikool, nooremteodik

Hans Orru (PhD, MPH), Tartu Ülikool, teadusjuht

## **Töö tellija: Kliimaministerium**

# Sisukord

Sissejuhatus ja uuringu teaduslik taust .....	4
Uuringu eesmärk.....	5
Meetodid .....	6
Tulemused ja arutelu.....	8
Biomassi põletamisel tekkivad saasteained.....	9
Emissioonid välisõhku kodustest küttekolletest, sh ahiküttest.....	10
Emissioonid siseõhku kodustest küttekolletest.....	12
Tervisemõjud .....	14
Hingamisteede haigused.....	14
Südame-veresoonkonna haigused .....	17
Vaimne tervis .....	19
Sünninäitajad.....	20
Haiguskoormus.....	20
Elamine elektrijaamade ja koostootmisjaamade läheduses.....	22
Elamine jäätmepõletustehase läheduses.....	23
Kokkuvõte.....	25
Soovitused.....	27
Kasutatud kirjandus .....	28
Lisa 1.....	32
Lisa 2.....	33

## Sissejuhatus ja uuringu teaduslik taust

Biomassi (puitu, puidujääke, hakkepuitu, põllumajandusjätmed) saab energeetiliselt kasutada elektri ja soojuste tootmiseks (Freiberg et al., 2018). Eestis on levinud biomassi kasutamise viis ahiküte, mida kasutas aastal 2016 umbes 30% Eesti majapidamistest (Maasikmets et al., 2016). Kõige levinum kütus on puit (halupuud, brikett, pelletid) (TUT, 2008).

Puidu põletamist peetakse süsinikuneutraalseks energiaallikaks, sest puidu põletamisel atmosfääri paisatav kasvuhoonegaas CO<sub>2</sub> on võrdne selle CO<sub>2</sub> hulgaga, mille puu oma kasvamise ajal fotosünteesi kaudu sidus. Seetõttu võib puidu kasutamine kütmiseks ja toiduvalmistamiseks asendada fossiilkütuseid ning viia kokkuvõttes väiksema CO<sub>2</sub> heiteni (Cincinelli et al., 2019). Biomassist toodetud energia (bionenergia) loetakse taastuvate energiaallikate hulka, kui see on kestlikult toodetud – ei kahjusta toiduga varustatust ja elurikkust. Et bioenergia tootmine vastaks taastuvenergeetika nõuetele, on kehtestatud kriteeriumid Euroopa Liidu direktiiviga (EL direktiiv, 2023). Kuid kuna erinevalt enamikest teistest taastuvatest energiaallikatest tugineb bioenergia põletamisele, siis tekitab see ikkagi märkimisväärselt õhusaastet (Markandya & Wilkinson, 2007).

Kliimapoliitikatele ja kütusehindadele reageerides on biomassi põletamine (peamiselt puidu põletamine) kodude kütmiseks ja energia tootmiseks muutumas üha olulisemaks peente osakeste allikaks Euroopa Liidus. Järjest enam nähakse puidu ja biomassi põletamises odavat energiaallikat, eriti juhul kui kütust on võimalik kohapeal hankida. 2008. aasta majanduskriis suurendas biomassi kasutamist ka arenenud riikides, kuna see on tihti odavam kui kütteõli, elekter või gaas (Sigsgaard et al., 2015).

Eestis on puidu ja puitkütuste kasutus järjest kasvanud. 2022. aastal raiuti Eestis 12,077 mln m<sup>3</sup> puitu, millest kasutati riiklikult energeetikas 5,8 mln m<sup>3</sup> ja eksporditi puitgraanulitena 3 mln m<sup>3</sup> puitu ehk kokku põletatakse rohkem kui pool kogu Eestis raiutud puidust. Põletamisel kasutatakse ära raiejääke ja muuks tootmiseks sobimatut puitu. 2022 aastal toodeti puitkütustest 8,1 TWh elektri- ja soojusenergiat ja 2023. aastal 9,2 TWh (REKK 2030, 2025).

Lisaks kasutatakse energia saamiseks vähesel määral ka turvast, ent enamik turbast leiab kasutust aianduses. Auvere põlevkivi elektrijaamas võib kuni 50% kasutatavast kütusest olla biomass (netovõimsus 270 MW). 2023. aasta lõpuks oli Eestis taastuvelektrienergia osakaal 32%, kuhu panustas kõige enam biomass 1202 GWh, järgnesid tuuleenergia 696 GWh, päikeseenergia 693 GWh, hüdroenergia 25 GWh, ning muud taastuvad 52 GWh (REKK 2030, 2025).

# Uuringu eesmärk

Käesoleva ülevaate eesmärk on anda ülevaade tervisemõjudest, mis võivad elanikkonnal tekkida biomassi kasutamise tõttu Eestis soojuse ja elektri tootmiseks.

## Uuringu küsimused:

1. Millised on biomassi (puidu, hakkepuidu, pelletite) põletamisel tekkivad peamised saasteained? Eraldi vaatame katlamajasid ja koostootmisjaamu ning koduseid küttekoldeid.
2. Milline on biomassi põletamisel tekkivate saasteainete mõju inimese tervisele? Eraldi vaatame katlamajasid ja koostootmisjaamu ning koduseid küttekoldeid.
3. Milliseid tõendus põhiseid soovitusi saab anda poliitikakujundajatele, tööstuse sidusrühmadele ja mõjutatud kogukondadele inimeste tervise kaitsmiseks

# Meetodid

Uuring on koondülevaade juba samal teemal eelnevalt läbi viidud süstemaatilistest ülevaadetest, ingl *umbrella review*. Koondülevaade süstemaatilistest ülevaadetest on ülevaade, mis koondab ja hindab mitut süstemaatilist ülevaadet ja meta-analüüsi ühe teema kohta.

Kasutasime PECO (*population, exposure, comparison, outcome*) raamistikku süstemaatilise ülevaate küsimuste määratlemiseks.

Kaasasime uuringusse süstemaatilised ülevaated ja meta-analüüsid, mis käsitlesid:

- **Rahvastik** (ingl *population*): riikide elanikud, kes on Maailmapanga klassifikatsiooni järgi *upper middle income* või *high income* klassis. Välja jäid uuringud, mis käsitlesid Maailmapanga klassifikatsiooni järgi ainult "*low income*" ja "*lower middle income*" maid, sest seal põletatakse biomassi peamiselt toidu valmistamiseks ja väga erinevates tingimustes Eestist.
- **Kokkupuude** (ingl *exposure*): elamine bioenergia tehase, katlamaja või koostootmisjaama läheduses; kokkupuude biomassi põletamisega kodustes küttekolletes (ahjud, pliidid, katlad, kaminad jne)
- **Võrdlusrühm** (ingl *comparison*): isikud, kes ei ole kokkupuutes või on väiksemas kokkupuutes kui teised biomassi põletamisega kodustes küttekolletes ja ei ela bioenergiatehase, katlamaja või koostootmisjaama läheduses
- **Tervisetulem** (ingl *outcome*): kõik võimalikud tervisega seotud tulemid, sealhulgas subjektiivselt või objektiivselt mõõdetud tervisesümptomid, haigestumus, suremus, samuti ka häiritus (nt ebameeldiva lõhna tõttu)

Kaasasime uuringusse süstemaatilised ülevaated ja meta-analüüsid. Lisaks põhianalüüsi kaasatud ülevaateartiklitele kasutame tulemuste ja arutelu peatükis ka teisi allikaid, mis täpsemalt kirjeldavad olukorda Euroopas ja Eestis ning annavad üldiseid taustateadmisi.

Uuringute välistamiseks kasutati järgmiseid kriteeriume. Välistasime artiklid mis:

- Ei käsitle inimeste tervisemõjusid. Artiklid, mis käsitlevad ainult tehnilisi aspekte või on tehtud loomade, eluslooduse või katseloomade kohta
- Käsitlevad biomassi põletamisega kokkupuudet töökeskkonnas, mitte elukeskkonnas
- Käsitlevad saasteaineid, kuid need pole biomassi põletamise või ahiküttega seotud

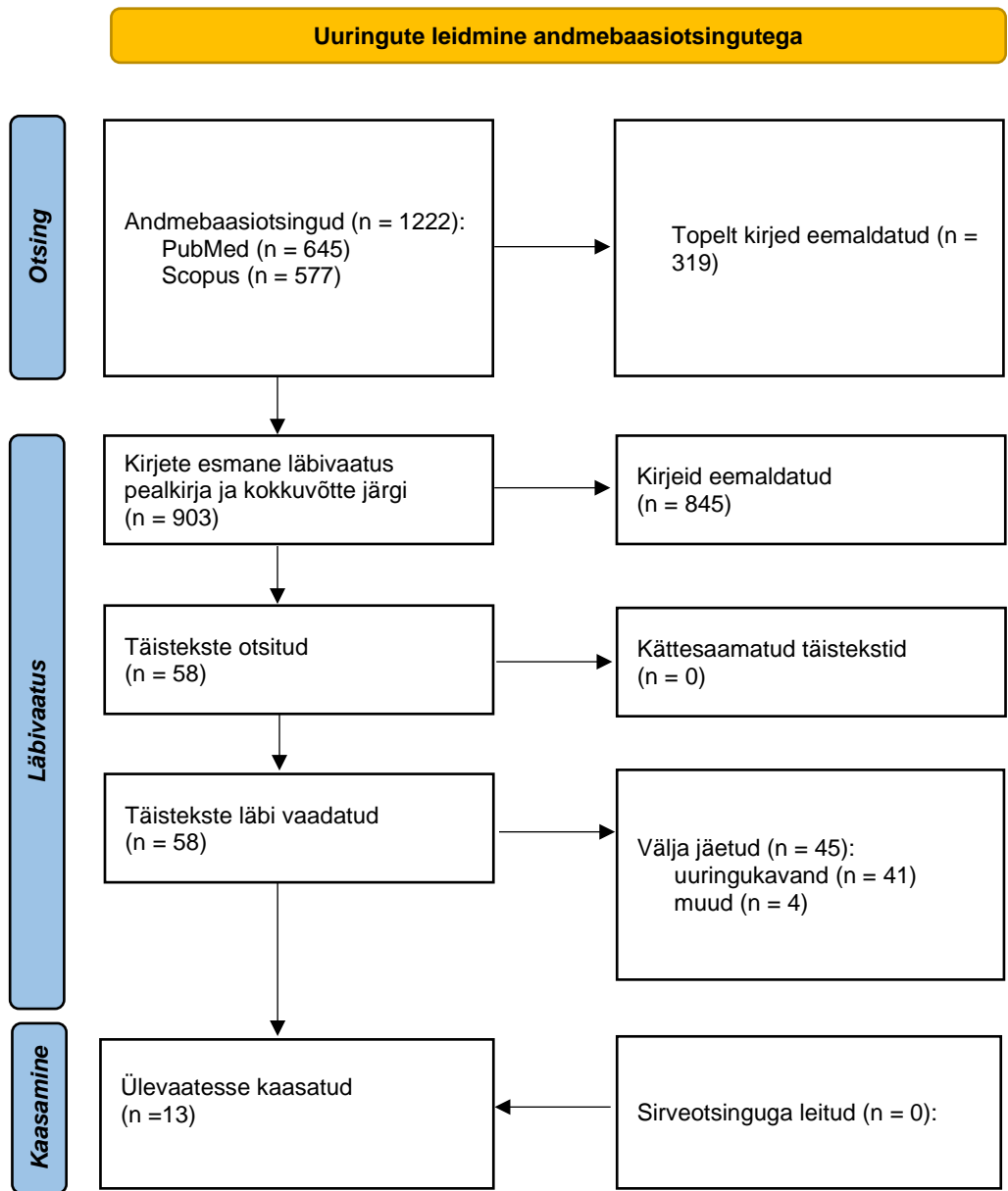
- Käsitlevad biomassi põletamisega seotud terviseprobleeme ainult *low income* ja *lower middle income* riikides
- On avaldatud enne 2015. aastat
- Narratiivsed ülevaated, originaaluuringud, kirjad, kommentaarid, juhtkirjad, konverentsi kokkuvõtted
- Teabeallikad, mis ei ole eelretsenseeritud teaduskirjandus
- Mitte-ingliskeelsed uuringud

Otsing viidi läbi ajavahemikus 01.01.2015 kuni 06.10.2025 teaduslikes andmebaasides *PubMed* ja *Scopus*. Kasutati järgmisi otsingutermineid: *biomass combustion emissions; biomass power plants; bioenergy; biofuel; bioenergy plants; residential wood combustion; biomass burning; household biomass combustion for heating; biomass combustion products; indoor emissions from biomass combustion; biomass smoke; power generation; domestic heating; solid fuel combustion; household air pollution; residential wood combustion; woodsmoke; biomass conversion*

Täpne *PubMed* andmebaasis kasutatud otsingu valem on esitatud Lisas 1. Viidete haldamiseks kasutasime *Endnote* ja *Mendeley* tarkvara. Pealkirjade ja kokkuvõtete sõelumisel rakendasime *rapid review* ülevaadete metoodikat. Üks töörühma liige sõelus otsinguvalemiga tuvastatud artiklite pealkirjad ja kokkuvõtted, kasutades eelpool mainitud kriteeriumeid potentsiaalse sobivuse hindamiseks. Sobivateks hinnatud artiklitele leiti teaduslikest andmebaasidest täistekstid. Kõik uuringud, mis valiti pealkirjade ja kokkuvõtete järgi potentsiaalselt sobivaks säilitati täistekstidena. Artiklite andmed sisestati MS Excelisse. Täistekstide läbivaatamisel tehti lõplik otsus artiklite kaasamiseks kahe uurimisrühma liikme osalusel.

# Tulemused ja arutelu

Andmebaasiotsinguga leiti 1222 kirjet (teadusartiklit), millest 903 puhul otsustati, kas uuring vastab meie seatud kaasamiskriteeriumitele ainult pealkirja ja kokkuvõtte järgi. Täistekste vaadati läbi 58 juhul. Kaasamiskriteeriumitele vastas ja käesoleva uuringu analüüsis kasutati 12 uuringut, millest 8 olid metaanalüüsid ja 4 süstemaatilised ülevaated (Joonis 1). Kõikide kaasatud artiklite olulisemad tulemused on kokkuvõtvalt kirjeldatud Lisas 2 Tabelis 1.



Joonis 1. PRISMA voodiagramm teaduskirjanduse otsingute kirjeldamiseks.

Lisaks põhianalüüsi kaasatud ülevaateartiklitele kasutame tulemuste ja arutelu peatükis ka teisi allikaid, mis täpsemalt kirjeldavad olukorda Euroopas ja Eestis ning annavad üldiseid taustateadmisi, nt Kohv et al., 2014, Maasikmets et al., 2016, Mehta et al., 2023, Orru, 2007, Orru, Teinemaa et al., 2022.

## **Biomassi põletamisel tekkivad saasteained**

Biomassi (sealhulgas puidu) põletamisel eraldub õhku erineva keemilise koostisega õhusaaste osakesi (ingl *particulate matter* PM) ning erinevaid gaasilisi aineid. Kuigi sageli arvatakse, et puidusuits on looduslik ja seetõttu ohutu, on nüüdseks hästi teada, et puuküttega ahjud ja kaminad paiskavad õhku märkimisväärses koguses ohtlikke saasteaineid. Õhusaaste osakesed võivad olla väga erineva keemilise koostisega ja jagatakse suuruse järgi peenosakesed ( $PM_{10}$ ), eriti peened osakesed ( $PM_{2,5}$ ) ja ultrapeened osakesed ( $PM_{0,1}$ ) (Audignon-Durand et al., 2023; Orru, 2007). Peenosakeste ( $PM_{10}$ ) diameeter jääb alla 10 mikromeetri, eriti peenetel osakestel ( $PM_{2,5}$ ) alla 2,5 mikromeetri ja ultrapeenetel ( $PM_{0,1}$ ) osakestel alla 0,1 mikromeetri ehk alla 100 nm. Peened osakesed on piisavalt väikesed, et läbida hingamisteede ülemised osad ja jõuda kopsudesse ning sealt edasi vereringesse (Audignon-Durand et al., 2023; Cincinelli et al., 2019; Orru, 2007). Gaasilistest ainetest tekivad biomassi põlemisel süsinikmonooksiid ( $CO$ ), lämmastikoksiidid ( $NO_x$ ), vääveldioksiid ( $SO_2$ ) ja ammoniaak ( $NH_3$ ) (Li et al., 2022). Kodusel biomassiga (sh puiduga) kütmisel vabanevad polütsükliilised aromaatsed süsivesinikud (PAH), PAH-ide hulka kuuluv benzo[a]püreen (B[a]P) ja lenduvad orgaanilised ühendid (VOC). Juhul kui biomass või puit on töödeldud kemikaalidega või põletatakse sellega koos ka jäätmeid, vabanevad sealt ka dioksiinid, furaanid ning ka plii ja elavhõbe (Dillon et al., 2022; Karanasiou et al., 2021).

Spetsiaalselt Eestis ahiküttest tekkivaid saasteaineid on uuritud katseliselt Eesti Keskkonnauuringute Keskuse laboris (Maasikmets et al., 2016), kus viidi läbi 18 põletuseksperimenti, kasutades Eesti kõige levinumat vana tüüpi pottsepaahju. Kõikides katsetes oli põhikütuseks hall lepp, millele oli lisatud jäätmeid vastavalt eeldatavale inimeste käitumisele ja prügi koostisele erinevatel aastatel: 1990, 1995, 2000, 2005, 2010 ja 2013. Prügi koostis ja kogused põhinesid Eestis läbi viidud prügi sorteerimise uuringutel. Lisati prügi, mida inimesed sagedamini oma ahjudes lisaks puidule põletavad, nt plastpakendid, mähkmed, kingad, tetrapakendid. Puidu kogus ühes katses varieerus vahemikus 3,55 kg kuni 4,52 kg. Kõige suurem prügi osakaal oli 2000. aasta simulatsioonis, kus puidule lisati 1,606 kg segaprügi. Kõige väiksem prügi kogus oli 2010. aasta simulatsioonis (0,888 kg). Uuringust selgus, et kütuse kloorisisaldus on otseses korrelatsioonis toksiliste ühendite, nagu dioksiinide (PCDD/F),

heksaklorobenseeni (HCB) ja vesinikkloriidi (HCl) tekkega (Maasikmets et al., 2016). Kõige olulisem klooriallikas prügis on polüvinüülkloriid (PVC), mida leidub torudes ja kaablite isolatsioonis, aknaraamides ja põrandakatetes, vinüültapeetides, kunstnahas, vihmamantlites. Samuti võib seda sisaldada klooriga pleegitatud paber ja papp, teatud tekstiilide värvid ja töötlusained (Zhang et al., 2015)

Maasikmets et al., (2016) uuring näitab, et ka madal kloorisisaldus kütuses põhjustab ohtlikult kõrgeid toksiliste ainete heitmeid, mistõttu tuleks prügi põletamist kodustes küttekolletes täielikult vältida. Kolmes eksperimendis (imiteerides aastaid 1990, 1995 ja 2000) olid keskmised dioksiinide (PCDD/F) tasemed kõrgemad kui tööstuslikele jäätmepõletusjaamadele kehtestatud piirnorm ( $0,1 \text{ ng I-TEQ Nm}^{-3}$ ). 2016. aastal hinnati, et põletamine kodustes küttekolletes on Eestis oluline saasteallikas, moodustades hinnanguliselt 78% PAH-i, 53% dioksiinide ja 70% HCB-i kogusemissioonist (Maasikmets et al., 2016). Tänapäevaks võib prügi põletamise osakaal ning seetõttu ka PAH-i ja dioksiidide osakaal olla siiski väiksem, kuna läbi on viidud mitu jäätmereformi ja inimeste põletamiskäitumine võib olla muutunud, kuid uuemad Eestit käsitlevad uuringud selle kohta puuduvad.

### **Emissioonid välisõhku kodustest küttekolletest, sh ahiküttest**

Õhusaaste osakesed välisõhus on üks peamisi muret tekitavaid saasteaineid Euroopas, kuna ELi direktiiviga 2008/50/EÜ kehtestatud välisõhu  $\text{PM}_{10}$  ja  $\text{PM}_{2,5}$  ööpäevased keskmised piirväärtused ning  $\text{PM}_{10}$  aastane keskmine piirväärtus ületatakse paljudes Euroopa piirkondades sageli. Õhusaaste osakesed välisõhus pärinevad lisaks biomassiga kütmisele ka põllumajandusest, tööstusest ja transpordist. Euroopa Liidus on rakendatud meetmeid, et vähendada peenosakeste heidet tööstusest, elektrijaamadest ja transpordist, kuid elamutes toimuvat puidu põletamist on juba aastaid peetud taastuvenergia allikaks ja selle osakaal üldises õhusaastes on suurenenud (Cincinelli et al., 2019). Euroopa Liidus on alates 2005. aastast juba vähendanud üldist  $\text{SO}_2$  heidet üle 80 %,  $\text{NO}_x$  heidet 50 % ning metaanita VOC ja  $\text{PM}_{2,5}$  heidet üle 30%. Õhusaaste üldisest vähenemisest hoolimata on selle mõju tervisele ja ökosüsteemidele endiselt tõsine probleem. 2022. aastal puutus enamik ELi linnapiirkondades elavaid inimesi kokku õhusaastega tervistkahjustaval tasemel. Euroopa Keskkonnaagentuuri hinnangul on õhusaaste suurim keskkonnaalane terviserisk Euroopas (Euroopa Komisjon, 2025).

Chowdhury et al. (2023) süstemaatiline ülevaade koondas uuringud, mis hindasid inimeste kodudes kütmisest ja toidu valmistamisest tekkiva õhusaaste panust üldisesse eriti peente osakeste ( $\text{PM}_{2,5}$ ) tasemesse välisõhus (Chowdhury et al., 2023). Uuringus leiti, et Euroopas ja Põhja-Ameerikas kasutatakse tahkete kütuste (puit, pelletid, biomass, kivisüsi) põletamist koduses majapidamises peamiselt kütmiseks

ning toiduvalmistamisest pärinev õhusaaste on nullilähedane. Seetõttu tõuseb kodumajapidamisest pärit  $PM_{2,5}$  osakaal välisõhus oluliselt talvisel kütteperioodil ning võib olla kuni 10 korda kõrgem kui suvel ning kodune põletamine võib talvel olla mõnedes Euroopa linnades peamiseks  $PM_{2,5}$  allikaks. Kui arvestada aasta-keskmiseid kontsentratsioone, on peamisteks  $PM_{2,5}$  allikateks Euroopas siiski põllumajandus, tööstus ja transport (Chowdhury et al., 2023).

Kodustest küttekolletest tulev õhusaaste on oluline probleem eelkõige linnades, kus asustustihedus on suurem. Puidu põletamisel tekkiva suitsu osakaal õhusaaste heitkogustes varieerub Euroopa linnade lõikes suuresti sõltuvalt aastaajast, tehnoloogiast ja topograafiast. Antud uuringu alusel moodustab talvisel ajal nn puidusuits 68%  $PM_{2,5}$  heitkoguste kogumassist Grenoble (Prantsusmaa) linnas. Põhja-Rootsis ja Lõuna-Saksamaal on koduse puidu põletamise osakaal  $PM_{10}$  heitkoguste kogumassist vahemikus 36–82%. Väiksem on  $PM_{2,5}$  osakaal Milanos (Itaalia), Pariisis (Prantsusmaa) ja Firenzes (Itaalia) (15–23%), ning kõige väiksem osakaal on Austria linnades (Viin, Graz, Salzburg), kus põletamise panus  $PM_{10}$  heitkoguste kogumassi jääb vahemikku 5,1–13% ning Belgias, kus suvel on mõju marginaalne (0,51–1,14%), kuid talvel tõuseb see 8,6–11,3%-ni ( $PM_{10}$ ). Barcelonas (Hispaania) peetakse puidu põletamise mõju õhusaastusele nullilähedaseks. Elamutes toimuva puidu põletamise heidete koguse hinnang on siiski väga ebatäpne, kuna puudub täpne teave kodude ahjudes ja kateldes põletatava puidu koguse, puiduliigi, puidu kuivuse (kuiv või märg) ning põletamise tehnoloogiate kohta (Cincinelli et al., 2019).

Samas on maapiirkondades puidukütte kasutamine enamlevinud ning mõned Taani ja Rootsi uuringud on näidanud, et puidupõletamisest pärineva õhusaaste kontsentratsioonid maapiirkondades, kus liiklus on vähene, on samas suurusjärgus kui liiklusest tingitud saaste suurlinnades (Sigsgaard et al., 2015).

1990. aastal oli Eestis peamiseks õhusaaste osakeste allikaks põlevkivi kasutatav energiasektor (62%), millele järgnesid tööstuslikud põlemisprotsessid (32%). Aastaks 2012 oli heitmete struktuur oluliselt muutunud: mittetööstuslik põletamine, eelkõige ahiküte, moodustas 57,0%  $PM_{10}$  ja 69,8%  $PM_{2,5}$  koguheitest. Elektri- ja soojusootmise osakaal  $PM_{2,5}$  heites oli 15,4%, tööstusliku põletamise osakaal 7,2% ning transpordi osakaal 4,3%. Polütsükliliste aromaatsete süsivesinike (PAH) koguheitest pärines 2012. aastal valdav osa ahiküttest (79%). Samuti moodustas kodune põletamine 42,8% dioksiinide koguheitest, samas kui energiaspektori panus (kütuse põletamine kütte- ja energiatööstuses) oli 43,1% (Kohv et al., 2014).

Puidu põletamisel tekkinud õhusaaste sisaldused on sageli kõige suuremad majade vahetus läheduses ja sellel ajal kui põletamine toimub. Samuti mõjutavad seda ilmastikutingimused, vihma ja tuule korral on saateainete kontsentratsioon õhus väiksem (Sigsgaard et al., 2015).

Samuti sõltub saateainete emissioon ahju tüübist ja inimeste käitumisest ahju kütmisel. Uuemad ahjud eritavad vähem saasteaineid. Eriti peente osakeste (PM<sub>2,5</sub>) emissioon on kaasaegsete ahjude puhul 40–300 mg 1 MJ energia kohta, kuid traditsiooniliste ahjude puhul võib see ulatuda 50–2000 mg-ni 1 MJ energia kohta. Niiske kütuse ja halvasti isoleeritud ahjude kasutamisel võivad PM<sub>2,5</sub> heited olla oluliselt suuremad (Sigsgaard et al., 2015). Põlemine võib olla aga liiga intensiivne, kui hästi isoleeritud ahjudes kasutatakse väga kuiva kütust, mille tulemusena tekivad nn õhupuuduses põlemistingimused. Selline põlemine võib anda kõrgeimaid kantserogeensete polütsükliiliste aromaatsete süsivesinike (PAHid) heiteid ning seda iseloomustab tahma osakeste ülekaal. Kaasaegsed biomassi põletamise tehnoloogiad, nagu automaatsed puidupelletite põletusseadmed ja suuremad kodumajapidamiste küttesüsteemid, on üldiselt tõhusamad ning nende puhul jäävad PM<sub>2,5</sub> heited vahemikku 10–50 mg 1 MJ kohta (tüüpiliselt <30 mg). Selliste seadmete heidetes võivad orgaanilised ained ja tahm olla väga väikeses koguses ning heidetes domineerivad anorgaanilised soolad, nagu kaaliumsulfaadid ja -kloriidid, ning väikestes kogustes leidub ka tsinki (Sigsgaard et al., 2015).

### **Emissioonid siseõhku kodustest küttekolletest**

Kodusel biomassi põletamisel eraldub osa tekkivatest saasteainetest ka ruumide siseõhku. Eriti suureks probleemiks on see arengumaades ning Aafrika ja Aasia riikides, kus biomassi põletatakse palju ja tihti kasutades lahtist tuld halvasti ventileeritud ruumides, kuid siseõhu saastus on suurem ahiküttega kodudes ka Euroopas võrreldes muud kütuseid kasutavate kodudega (nt gaas, elekter) (Sigsgaard et al., 2015).

Uuringute tulemused selle kohta, kuivõrd erinevad on siseõhu saastuse näitajad puukütteseadmetega ja ilma puukütteseadmeteta kodudes, on andnud erinevad tulemusi. Mõned uuringud on leidnud väiksesid erinevusi, samas kui teistes uuringutes on leitud märkimisväärseid erinevusi. Ühes uuringus leiti, et benzo(a)püreeni ja mitmete teiste PAH-ide tasemed olid kolm kuni viis korda kõrgemad kodudes, kus kasutati puukütteseadmeid, võrreldes kodudega, kus neid ei kasutatud (Sigsgaard et al., 2015). Ameerika Ühendriikides läbi viidud uuringud on näidanud, et eriti peente osakeste (PM<sub>2,5</sub>) tase on oluliselt kõrgem kodudes, kus kasutatakse puuküttega ahju, võrreldes kodudega, kus ahju ei ole (Mehta et al., 2023).

Süsteemaatiline ülevaade ja meta-analüüs (Audignon-Durand et al., 2023) võrdles omavahel kodustes tingimustes aset leidvate erinevate tegevuste ultrapeenete osakeste ( $PM_{0,1}$ ) ( $<100$  nm) sisaldusi. Ülevaatesse kaasati 69 uuringut, milles tuvastati kokku 346 kokkupuuteolukorda, millest kütmisega seotud tegevusi käsitleti üheksas kaasatud uuringus (Audignon-Durand et al., 2023)

Uuriti järgmisi ultrapeenete osakeste allikad kodus: toiduvalmistamine, suitsetamine, õhuvärskendajate kasutamine, koristamine, kütmine, isiklik hügieen / kehahooldus, printimine, remonditööd ning muud tegevused. Kõige kõrgemaid keskmisi kontsentratsioone ( $1\ 000\ 000$  osakest/ $cm^3$ ) mõõdeti toidu valmistamise ajal, millest kõige saastavamaks tegevuseks osutus toidu grillimine (keskmiselt  $14\ 400\ 000$  osakest/ $cm^3$ ). Kõrgeid sisaldusi tekitas ka küüналde ja viirukite põletamine ning koristamine (Audignon-Durand et al., 2023).

Kõige madalamaid keskmisi sisaldusi kõikidest uuritud tegevustest tekitas ahiküte ( $18\ 000$  osakest/ $cm^3$ ). Kuigi ahiküte põhjustas keskmiselt madalamat saastatust kui toiduvalmistamine või suitsetamine, ületasid kõik mõõdetud sisaldused tavapärasest linnakeskkonna saastetaset välisõhus (umbes  $10\ 000$  osakest /  $cm^3$ ).

Puukütteseadmetest tekitavad kõige rohkem saastust siseõhku avatud kaminad  $128\ 000$  osakest/ $cm^3$ , suletud kaminad on veidi puhtamad  $68\ 500$  osakest/ $cm^3$  ning suletud puiduga köetavad ahjud kõige puhtamad ( $18\ 000$  osakest/ $cm^3$ ). Samas on ahjude puhul iseloomulikud kõrged hetkelised saastepiigid, mis ulatuvad keskmiselt tasemeni  $163\ 000$  osakest/ $cm^3$  ja võivad küündida isegi kuni  $988\ 000$  osakest/ $cm^3$ . Peamine saastepiik tekib ahjuukse avamisel, mil suur kogus osakesi pääseb eluruumi, kuid põlemisprotsessi jätkudes osakeste kontsentratsioon ruumis jälle väheneb. Samuti on osakeste sisaldus suurem halva tõmbe korral. Vähem saastet oli ventileeritud ja suurema ruumimahuga ruumides (Audignon-Durand et al., 2023).

# Tervisemõjud

## Hingamisteede haigused

Hingamisteede haiguste seost koduse biomassi põletamisega on käsitlenud kaks suurt ülemaailmselt meta-analüüsi (Lee et al., 2020; Puzzolo et al., 2024). Lisaks on käesolevasse ülevaatesse kaasatud üks süstemaatiline ülevaade, mis käsitles hingamisteede haiguseid seoses biomassi põletamisega põlisrahvaste lastel Ameerikas ja Alaskal (Barros et al., 2018), meta-analüüs (Bruce et al., 2015), mis käsitles seost koduse biomassi põletamise ja kopsuvähi vahel ning meta-analüüs, mis keskendus biomassi põletamise tervisemõjudele välisõhu saastetasemete lühiajalise suurenemise ajal, nagu näiteks kütteperiood või metsapõleng (Karanasiou et al., 2021).

Lee et al., (2020) meta-analüüs hõlmas 476 uuringut 15,5 miljoni osalejaga 123 riigist. Kaasatud uuringutest seitse olid randomiseeritud kontrollitud katsed, 75 prospektiivsed kohortuuringud, 139 juht-kontrolluuringud, 16 retrospektiivsed kohortuuringud ja 239 ristlääbilõikelised uuringud (Lee et al., 2020). Kokkupuutena käsitleti Lee jt (2020) uuringus inimeste kodudes kivisöe, puidu, puusöe, põllumajandusjäätmete, loomasõnniku või kütteõli (ingl *kerosene*) kasutamist. Kõiki neid nimetatud kütuseid käsitleti koos ning neid nimetati kokkuvõtvalt „saastavateks kütusteks“ (ingl *polluting fuels*). Meta-analüüs näitas, et võrreldes nendega, kes ei kasutanud kodus „saastavaid kütuseid“, oli nende kasutajatel suurenenud risk astma, obstruktiivse kopsuhaiguse, kopsuvähi, kopsutuberkuloosi ja ägedate hingamisteede infektsioonide tekkeks nii täiskasvanutel kui ka lastel (Lee et al., 2020). Kodustest küttekolletest pärineva siseõhu lämmastikdioksiidi (NO<sub>2</sub>) ja peente osakeste PM<sub>2,5</sub> kontsentratsioonide suurenemisel täheldati suuremat riski ka köha ja hingeldamise tekkeks (Lee et al., 2020).

Puzzolo et al., (2024) suur ülemaailmne meta-analüüs kaasas 116 uuringut (avaldatud aastatel 1980–2021) 34st riigist. Kaasatud uuringutest kaks olid juhuslikustatud kontrollitud katsed (RCT), 13 juht-kontrolluuringud, 23 kohortuuringud ja 78 ristlääbilõikelised uuringud. Kaasatud uuringutest 60 (52%) uuringut käsitles tervisemõjusid madala ja keskmise sissetulekuga riikides ning 54 (47%) uuringut kõrge sissetulekuga riikides. Enamik uuringutest (79%) keskendus saastavate kütuste (biomass, puit, kivisüsi, kütteõli) kasutamisele toidu valmistamisel, 17 (15%) hindas saastavate kütustega kütmist ja seitse (6%) hindasid nii kütmist kui ka toidu valmistamist (Puzzolo et al., 2024). Uuringu eesmärgiks oli võrrelda, milline on gaasiliste kütuste (maagaas, biogaas) kasutamise mõju tervisele võrreldes saastavate kütuste (biomass, puit, kivisüsi, kütteõli) kasutamisega ning puhaste kütuste (peamiselt elekter) kasutamisega

inimeste kodudes toiduvalmistamiseks ja kütmiseks. Tulemused näitasid, et võrreldes saastavate kütuste kasutamisega vähendas gaasi kasutamine toidu valmistamiseks või kütmiseks inimeste kodudes oluliselt mitmete hingamisteede haiguste ja sümptomite riski. Statistiliselt oluliselt vähenes kopsupõletiku risk (OR 0,54; 95% CI 0,38–0,77), vilistava hingamise risk (OR 0,42; 0,30–0,59), köha risk (OR 0,44; 0,32–0,62), hingeldamise esinemise risk (OR 0,40; 0,21–0,76), kroonilise obstruktiivse kopsuhaiguse risk (OR 0,37; 0,23–0,60), bronhiidi risk (OR 0,60; 0,43–0,82), kopsufunktsiooni vähenemise risk (OR 0,27; 0,17–0,44) ja raske respiratoorse haiguse või surma risk (OR 0,27; 0,11–0,63). Astma osas olid tulemused vastuolulised (Puzzolo et al., 2024).

Mõlema meta-analüüsi autorid järeldasid, et kodune biomassi (sh puidu) põletamine suurendab oluliselt hingamisteede haiguste riski ning üleminek gaasi (maagaasi või biogaasi) või elektri kasutamisele vähendab haigestumist ja suremust hingamisteede haigustesse. Siiski ei ole need tulemused otse üle kantavad Eestisse, sest need suuremahulised analüüsid tuginesid peamiselt Aasias (Indias, Hiinas) ja Aafrikas läbi viidud uuringutele, kus lahtise tule kasutamine toidu valmistamisel ja kütmisel on palju levinum kui Eestis. Lisaks ei kasutata Eestis ja kodude kütmiseks märkimisväärselt kivisütt ja kütteõli. Puidu kasutamist kinnistes ahjudes, mis on iseloomulik Eestile, nendes metanalüüsides eraldi ei käsitletud.

Sigsgaard et al. (2015) kaasas uuringud, mis olid läbi viidud arenenud riikides: USA, Kanada, Taani, Uus-Meremaa, Tšiili. Kaasatud uuringutes oli peamiseks kodudes kasutatud kütteks puit. Uuringus järeldati, et kodusest puidu põletamisest pärinev  $PM_{2,5}$  ja  $PM_{10}$  on seotud hingamisteede tervise halvenemisega. Seoseid leiti suuremusega hingamisteede haigustesse, astmahoogude esinemisega lastel, imikute bronhioliidi, keskkõrvapõletiku ja hingamisteede haiguste haiglaraviga. Iga  $5 \mu g \cdot m^{-3}$  vähenemise kohta välisõhu  $PM_{2,5}$  puidust pärinevate eriti peente osakeste sisalduses USAs täheldati vähenemist järgmiste sümptomite sageduses koolilastel: vilistav hingamine (27%), ärritusnähud nagu vesised silmad (33%), nohu (25%), bronhiit (55%), gripp (52%) ja kurguinfektsioon (45%) (Sigsgaard et al., 2015).

Karanasiou et al. (2021) käsitles oma metaanalüüsis välisõhus biomassist pärinevate saasteainete lühiajalise suurenemise mõju inimeste tervisele. Analüüsi kaasati 81 teadusartiklit, mis olid avaldatud ajavahemikus 1980–2020. Kõige rohkem uuringuid pärines USA-st (kokku 40 uuringut), kuid kaasatud oli mitmeid uuringuid ka Austraaliast, Euroopast, Aasiast. Ühtegi uuringut polnud Aafrika kohta. Kaasati uuringud, mis käsitlesid lühiajalist välisõhu kaudu toimuvat kokkupuudet biomassist põletamisest pärinevate heidetega. See hõlmas metsatulekahjusid, põllumajandusjääkide põletamist ja elamute kütmist biomassiga. Välistati uuringud, mis käsitlesid biomassist põletamist siseruumides, nt toiduvalmistamine või

küte, kui selle mõju ei hinnatud välisõhu kaudu. Enamikes uuringutes oli uuringuperiood alla kuue kuu (nt metsatulekahju, kütteperiood), samas 17 uuringut analüüsisid pikaajalisi andmeridasid, mis kestsid üle aasta. Kuigi suur osa uuringuid keskendub metsatulekahjudele, tuuakse allikates välja ka spetsiifilised elamute kütmisega seotud tervisemõjud.

Ameerika Ühendriikides läbi viidud uuringus leiti, et kaminahooajal (*fireplace season*), kui  $PM_{2.5}$  tase ületas  $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , suurenes täiskasvanutel risk sattuda astma tõttu erakorralise meditsiini osakonda. Risk suurenes 19–20% teisel ja kolmandal päeval pärast saastetaseme suurenemist. Kalifornias läbi viidud uuring kinnitas, et biomassi põletamisest pärinev  $PM_{2.5}$  on statistiliselt oluliselt seotud kiirabivisiitidega hingamisteede haiguste tõttu. Kopenhaagenis leiti seos biomassist pärineva  $PM_{10}$  ja eakate hingamisteede haiguste tõttu haiglasse sattumise vahel (Karanasiou et al., 2021).

Barros et al. (2018) süstemaatiline ülevaade käitles puidu põletamist riskitegurina ning uuriti Ameerika indiaani/Alaska põlisrahvaste lapsi. Lisaks puidu kasutamisele uuriti mitmete muude keskkonnategurite mõju põlisrahvaste lastele nagu näiteks reostatud ala olemasolu elamu läheduses; või torustiku puudumine majapidamises. Tervisetulemitena käsitleti hingamisteede haiguseid ja sümptomeid: alumiste hingamisteede infektsioone, kopsupõletikku ning ägedaid respiratoorseid sümptomeid, sealhulgas köha. Kokkupuutena käsitleti puiduküttega ahju või pliidi olemasolu või puiduküttest pärinevate otseselt siseõhus mõõdetud saasteainete sisaldusi, sealhulgas lenduvate orgaaniliste ühendite (VOC) ja peente osakeste ( $PM_{2.5}$ ) sisaldusi (Barros et al., 2018). Meta-analüüs näitas, et puidu põletamisega seotud kodune siseõhu saaste oli seotud suurema hingamisteede haigestumise riskiga lastel. Kodune puidu kasutamine suurendas alumiste hingamisteede infektsioonide riski, ning alla viieaastastel lastel kõrgemat kopsupõletiku esinemissagedust. Samuti seostus kõrgem VOC-de ja  $PM_{2.5}$  sisaldus sagedasema respiratoorse haigestumisega (Barros et al., 2018).

### **Kopsuvähk**

Rahvusvaheline Vähiuurimiskeskus (*The International Agency for Research on Cancer IARC*, 2010) on liigitanud koduse biomassi (peamiselt puidu) põletamisel tekkivad siseõhu heited rühma „tõenäoliselt inimestele kantserogeensed“ (rühm 2A) (IARC, 2010).

Puidu põletamisel tekkiva suitsu kantserogeensusele viitab polütsükliiliste aromaatsete süsivesinike (PAH) sealhulgas Benzo[a]püreeni ja teiste kantserogeensete ühendite esinemine puidusuitsus. Samuti on leitud

tõendid puidusuitsu mutageensuse kohta ning ning mitmeid uuringuid, mis näitavad tsütogeneetilisi kahjustusi inimestel, kes puutuvad kokku puidusuitsuga (De Guzman & Schiller, 2025).

Benzo[a]püreen on polütsükline aromaadne süsivesinik (PAH), mis tekib orgaanilise materjali mittetäielikul põlemisel (nt puidu, kivisöe, tubaka, bensiini, diisli). Tegemist on tugeva kantserogeeniga, mida seostatakse eelkõige kopsu-, naha- ja seedetrakti vähiga (De Guzman & Schiller, 2025). Puidusuitsus sisalduvad keemilised ained tekitavad kudedes oksüdatiivset stressi, põletikku ning otsest DNA kahjustust, mis loovad tingimused vähkkasvajate tekkeks (De Guzman & Schiller, 2025).

Meta-analüüsis, mis kaasas 14 juhtkontrolluuringut analüüsiti seoseid koduse biomassi põletamise ja kopsuvähi vahel. Biomasskütuseks loeti puidu kõrval ka taimsed jäägid põllumajandusest ja kuivatatud loomade väljaheidet, ning võrreldi nende kasutajaid peamiselt gaasi ja elektri kasutajatega. Enamik analüüsi kaasatud uuringutest pärines Aasiast (nt India, Hiina), kuid lisaks käsitleti ka uuringuid Euroopast, USA-st ja Kanadast. Meta-analüüs näitas, et biomassi kasutamine toidu valmistamiseks või kütmiseks suurendab kopsuvähi riski: šansisuhe (OR) oli 1,17 (95% CI 1,01-1,37) (Bruce et al., 2015).

Andmed Euroopa kohta pärinesid peamiselt juhtkontrolluuringust (Lissowska et al., 2005), kus vaadeldi puidu kasutamist nii kütmiseks kui ka toiduvalmistamiseks võrreldes elektri, gaasi ja kütteõli kasutamisega. Lissowska uuring hõlmas aastatel 1998–2002 kogutud andmeid Tšehhis, Ungaris, Poolas, Rumeenias, Venemaal, Slovakkias ja Ühendkuningriigis. Uuringus leiti, et nendel, kes kasutasid kütmiseks puitu oli suurem risk saada kopsuvähk võrreldes nendega, kes kasutasid elektrit, gaasi või kütteõli: OR 1,31 (95% CI: 1,06–1,61). Seitsme Euroopa, USA ja Kanada juhtkontrolluuringu andmeid ühendava uuringu tulemused näitasid, et võrreldes elektri, gaasi või kütteõli kasutajatega oli peamiselt puitu kasutavatel inimestel suurem kopsuvähi risk (OR = 1,21; 95% CI 1,06–1,38) (Dean Hosgood et al., 2010).

## Südame-veresoonkonna haigused

Kaasatud ülevaateuuringutest käsitlesid südame-veresoonkonna haiguseid (Dillon et al., 2022; Fatmi & Coggon, 2016; Karanasiou et al., 2021; Lee et al., 2020).

Süsteemiline ülevaade (Fatmi & Coggon, 2016) koondas tõenduse 25-st epidemioloogilisest uuringust tahkekütuste põletamisest tuleneva siseõhu saaste seostest südame-veresoonkonna haigustega. Uuringud hõlmasid piirkondi: Lõuna-Aasia (India, Pakistan, Bangladesh), Hiina, Türgi, Iraan ning Kesk- ja Lõuna-Ameerika. Euroopast polnud uuringuid kaastatud. Enamik uuringuid klassifitseeris kokkupuute selle järgi,

kas kasutati tahket kütust (biomass või kivisüsi), teised aga hindasid kokkupuudet konkreetsete saasteainete mõõdetud kontsentratsioonidega siseõhus. Uuringus ei analüüsitud tulemusi kütusetüübi järgi eraldi (puit, kivisüsi, muu biomass), ent enamik uuringuid käsitles siiski biomassi (sh puidu) kasutamist.

Tulemused näitasid, et pikaajaline kokkupuude tahkekütuste suitsuga siseõhus võib suurendada koronaarhaiguste (sh südame isheemiatõbi) riski 2 kuni 4 korda. Kõige enam oli uuritud hüpertensiooni (kõrgvererõhktõbe) – kümme analüüsitud uuringut kaheteistkümnest leidsid statistiliselt olulise seose tahkekütusest pärineva saaste ja kõrgema vererõhu esinemise või diagnoositud hüpertensiooni vahel. Sekkumisuuringud, kus vähendati kokkupuudet biomassi põletamisel tekkiva õhusaastega paigaldades vähem saastavaid küttekoldeid, näitasid vererõhu ja põletikunäitajate alanemist (Fatmi & Coggon, 2016). Suurenenud haigestumise põhjuseks võib olla see, et tahkekütuste põlemisel tekkivad osakesed (PM<sub>10</sub> ja PM<sub>2,5</sub>) ja vingugaas (CO) stimuleerivad põletikulisi protsesse, mis soodustavad ateroskleroosi (veresoonte lupjumine) ja tromboosi teket. Need protsessid on sarnased aktiivsest ja passiivsest suitsetamisest tulenevate ohtudega (Fatmi & Coggon, 2016).

Dillon et al. (2021) süstemaatilisse ülevaatesse ja meta-analüüsi on kaasatud kokku 10 teadusartiklit, mis hõlmasid kokku 93 724 naist. Analüüs keskendus naistele, kuna maailma paljudes piirkondades on toiduvalmistamine sooliste normide tõttu naiste ülesanne, mis põhjustab neile ebaproportsionaalselt suure kokkupuute õhusaaste ainetega. Ka võivad naised olla tundlikumad õhusaastusele kui mehed, kuna neil on väiksemad kopsud. Kokkupuutena määratleti biomassi, puidu, puusöe või kivisöe kasutamine kütmiseks või toidu valmistamiseks. Euroopast uuringuid polnud kaasatud, uuringud olid läbi viidud Hiinas, Indias, Nikaraaguas, Guatemaalas, Nepaalis, Peruus. Neli uuringut keskendusid hüpertensiooni kliinilisele diagnoosile ja hõlmasid osalejatest lõviosa ehk 92 042 inimest. Kuus uuringut analüüsisid süstoolset ja diastoolset vererõhku, hõlmates kokku 1682 osalejat (Dillon et al., 2022).

Meta-analüüs tuvastas väikese, ent statistiliselt olulise seose koduste küttekollete olemasolu ja vererõhu tõusu vahel. Süstoolse ehk ülemise vererõhu puhul oli korrelatsioonikordaja  $r = 0,15$  ( $p = 0,001$ ) ja diastoolse ehk alumise vererõhu puhul  $r = 0,09$  ( $p = 0,002$ ). Seos kliiniliselt diagnoositud hüpertensiooni ja koduste küttekollete olemasolu vahel jäi ebaselgeks (Dillon et al., 2022).

Ülemaailmses meta-analüüsis (Lee et al., 2020) leiti, et inimeste kodudes kivisöe, puidu, puusöe, põllumajandusjäätmete, kuivatatud loomsete väljaheidete või kütteõli põletamine suurendab südame-veresoonkonna haiguste riski. Meta-analüüsil leiti järgmised suhtelised riskid (RR): südame isheemiatõbi

1,10 (95% CI 1,09–1,11); ajuveresoonkonna haigused, nt insult 1,09 (95% CI 1,04–1,14); suuremus südame-veresoonkonna haigustesse 1,07 (95% CI 1,04–1,11).

Karanasiou et al. (2021) meta-analüüs leidis, et biomassi põletamisest tulenev PM<sub>2,5</sub> lühiajaline suurenemine välisõhus näiteks metsatulekahju või kütteperioodi tõttu suurendab kardio-vaskulaarselt suuremust, kuid seos polnud statistiliselt oluline ning kardio-vaskulaarse haigestumise kohta olid tulemused vasturääkivad (Karanasiou et al., 2021).

Sigsgaard et al. (2015) narratiivne ülevaade arenenud riikide kohta näitas samuti, et tõendus koduse puidu põletamise ja südameveresoonkonna haiguste vahelise seose kohta on varieeruv. Talvisel perioodil, mil kodune kütmine on intensiivne, on täheldatud kardiovaskulaarse suuremuse kasvu. Eakate (üle 65-aastaste) seas on leitud seos õhusaaste osakeste ja südame-veresoonkonna haiguste tõttu haiglasse sattumise vahel. Ühes uuringus täheldati märkimisväärseid 18% vähenemist meeste suuremuses südame-veresoonkonna haigustesse pärast valitsuse koordineeritud kütusevahetuse programmi, mis vähendas ahiküttest tulevaid saasteaineid (Sigsgaard et al., 2015).

## Vaimne tervis

Li et al. (2022) süstemaatiline ülevaade ja meta-analüüs käsitles kodumajapidamistes kasutatavate tahkekütuste põletamisest tuleneva siseõhu saastuse seost depressiooni esinemisega. Eraldi analüüs tehti ka ainult biomassi (nt puit, põllumajandusjäätgid, loomade kuivatatud väljaheidet, puusüsi) põletamise kohta. Tahkekütuse kasutus (koos kivisöe kasutusega) seostus 22% kõrgema depressiooniriskiga (OR 1,22; 95% CI 1,09–1,36). Biomassi eraldi käsitlev analüüs statistiliselt olulist seost ei näidanud, mis viitab sellele, et seos võib olla mõjutatud kivisöe kaasamisest, sest kivisüsi tekitab üldiselt kõrgema saastekoormuse kui biomassi põletamine. Euroopas (Soomes) läbi viidud uuringutest oli kaasatud vaid üks ristlääbilõikeline uuring, mis ei leidnud seost puidu põletamise ja eneseraporteeritud depressiooni vahel OR 0.78 (0.43–1.41) (Li et al., 2022). Arvestades, et enamik kaasatud uuringutest pärines madala ja keskmise sissetulekuga riikidest, kus biomassi kasutatakse sageli igapäevaseks toiduvalmistamiseks halvasti ventileeritud eluruumides, ei ole riskisuuruste otsene ülekandmine Eesti konteksti põhjendatud.

Bin Mahfoz jt. (2021) süstemaatiline ülevaade ja meta-analüüs analüüsis, kuidas kokkupuude siseõhu saastega mõjutab eakate inimeste vaimset tervist ja kognitiivseid võimeid. Analüüsi kaasati 9 uuringut, mis hõlmasid kokku 73 876 osalejat Hiinast, USA-st, Indiast ja Mehhikost. Osalejate keskmine vanus jäi vahemikku 57,6 kuni 82,0 aastat ning enamikes kaasatud uuringutes moodustasid naised suurema osa

valimist (57,2%–100%). Uuringust ei selgunud, milliseid siseõhu saasteallikaid autorid oma otsingustrateegiasse kaasasid, juttu on tahketest kütustest nagu biomass, kivisüsi, aga ka kütteõlist, liiklussaastest, tubakasuitsust, ehitusmaterjalidest tulenevast saastest ja viirukite põletamisest. Meta-analüüsi järelduseks oli, et siseõhu saastatus, mis tuleneb peamiselt toiduvalmistamiseks ja kütmiseks kasutatavatest kütustest, on oluliselt seotud kognitiivse düsfunktsiooniga eakate naiste seas. Siseõhu saasteainetega kokkupuude mõjutab kõige sagedamini verbaalset õppimist, teadvust, loogilist mõtlemist, ja lühiajalist mälu. Samuti leiti seoseid dementsuse ja Alzheimeri tõvega. Mõju võib tuleneda sellest, et peened osakesed (PM) võivad jõuda ajju, põhjustades aju põletikku ja oksüdatiivset stressi, mis võib viia kognitiivsete võimete languseni (Bin Mahfoz et al., 2021). Uuringus pole selgelt raporteeritud kaasatud uuringutes leitud seoseid ja puuduvad ka viited kaasatud uuringutele. Kuna antud uuringus enamik uuringuid pärines sellistest riikidest, kus toidu valmistamine ja kütmine on teistsugune kui Eestis (Hiina, India) (va üks uuring USAst) ning pole selge milliseid siseõhusaastuse allikaid täpselt uuriti, pole autorite hinnangul tulemused Eestisse otseselt üle kantavad.

## Sünninäitajad

Toetudes ülemaailmsele meta-analüüsile Lee jt (2020), mõjutab inimeste kodudes kivisöe, puidu, puusöe, põllumajandusjäätmete, kuivatatud loomsete väljaheidete või kütteõli põletamine vastsündinute sünninäitajaid. Nimetatud kütustega kokku puutunud emadele sündinud imikud olid sünnil keskmiselt 149 g (95% CI 101–196) kergemad. Saastavate kütustega kokkupuutuvatel emadel on märgatavalt kõrgem risk madala sünnikaaluga lapse saamiseks (suhteline risk RR1,36 95% CI 1,19–1,55) ning surnult sünni esinemiseks 1,22 (95% CI 1,06–1,41) (Lee et al., 2020). Ka teise ülemaailmse meta-analüüsi tulemused näitasid, saastavad kütused (kivisüsi, puit, puusüsi, põllumajandusjäätmed, kuivatatud loomseed väljaheidete või kütteõli) asendati gaasiga vähenes enneaegse sünnituse risk (OR 0,66; 0,45–0,97) ning madala sünnikaalu risk (OR 0,70; 0,53–0,93) (Puzzolo et al., 2024). Metsatulekahjudest tekkiv biomassi põlengute suits välisõhus tõstab madalama sünnikaalu esinemise riski (Karanasiou et al., 2021). Ka vaid arenenud riikides läbi viidud uuringute põhjal tehtud Sigsgaard et al. (2015) narratiivne ülevaade kinnitab, et puidu põletamine suurendab madala sünnikaalu ja enneaegse sünni riski (Sigsgaard et al., 2015).

## Haiguskoormus

Lee et al. (2020) tervisemõjude hinnangu kohaselt põhjustas 2017. aastal kivisöe, puidu, puusöe, põllumajandusjäätmete, kuivatatud loomade väljaheidete või kütteõli põletamine kodustes küttekolletes

(ahjud, pliidad, katlad) 0,7 miljonit surmajuhtumit ja 45,7 miljonit DALY-t (haiguskoormuse tõttu kaotatud eluaastat) hingamisteede haiguste tõttu. Hingamisteede haigused moodustavad peamise osa (75%) kodustest küttekolletest põhjustatud DALY-dest. Nakkuslikud hingamisteede haigused (nt äge respiratoorne infektsioon, tuberkuloos) põhjustasid 27,4 miljonit DALY-t, kroonilised hingamisteede haigused (astma ja KOK) 18,4 miljonit DALY-t ja kopsuvähk 5,5 miljonit DALY-t.

Kodustest küttekolletest põhjustatud südame isheemiatõve ja ajuveresoonkonna haiguste tõttu suri maailmas aastal 2017 hinnanguliselt 0,3 miljonit inimest ja need põhjustasid 9,5 miljonit DALY-t. Erinevalt hingamisteede haigustest, mille haiguskoormus on langustrendis, suurenes isheemilise südamehaigusega seotud haiguskoormus ajavahemikus 2000–2017 2% võrra, kuigi üldine kodustest küttekolletest tingitud suremus on vähenenud (Lee et al., 2020).

Kodustest küttekolletest põhjustatud haiguskoormus on maailmas jaotunud äärmiselt ebaühtlaselt, koondudes peaaegu täielikult madala ja keskmise sissetulekuga riikidesse. 2017. aasta andmetel langes nende riikide arvele 60,8 miljonit DALY-t, samas kui kõrge sissetulekuga riikides oli see näitaja vaid 0,09 miljonit. Suurimat koormust kannab Lõuna-Ida-Aasia piirkond, ulatudes 23,3 miljoni DALY ja 0,57 miljoni varajase surmani aastas. Selles piirkonnas asub ka maailma suurima haiguskoormusega riik India (17,3 miljonit DALY-t ja 0,4 miljonit varajast surma). Suuruselt teise haiguskoormusega piirkond on Aafrika (18,3 miljonit DALY-t), kus riikidest on suurima haiguskoormusega Nigeeria. Ajavahemikus 2000–2017 on kodustest küttekolletest põhjustatud haiguskoormus globaalselt langenud 30%. Suurim haiguskoormuse vähenemine on toimunud Euroopas (71%), samas kui madalaim vähenemine leidis aset Lääne-Vaikse ookeani regioonis (21%) ja Aafrika regioonis (22%) (Lee et al., 2020).

Euroopas on kodustest küttekolletest põhjustatud haiguskoormus kõige madalam. See on tingitud asjaolust, et Euroopas on rohkem üle mindud puhtamatele kütustele (elekter, gaas, kaugküte), samas kui madala sissetulekuga riikides kasutatakse peamiselt koduseid põletusseadmeid toidu valmistamiseks ja kütmiseks (Lee et al., 2020). Hinnanguliselt põhjustab peamiselt puidu põletamine kodustes küttekolletes Euroopas umbes 20 000 (7000–50 000) enneaegset surma (Chowdhury et al., 2023). USAs kasutab puidu põletamist vaid 2% majapidamistest ning hinnanguliselt põhjustab see 8600 (6500–9600) enneaegset surma aastas (Shlipak et al., 2026).

Põhjamaade linnades läbi viidud tervisemõjude hindamine näitas, et igal aastal põhjustas puiduküttest pärinev eriti peente osakeste (PM<sub>2.5</sub>) saaste ligikaudu 19 enneaegset surmajuhtumit Umeås, 85 Helsingis, 78 Kopenhaagenis ja 232 Oslos. Kõik neli uuritud linna kasutavad märkimisväärsel määral kodustes

küttekolletes põletamist, kusjuures puiduküte on üks peamisi PM<sub>2.5</sub> allikaid nendes linnades (Orru, Olstrup, et al., 2022).

Eestis moodustab põletamine kodustes küttekolletes (ehk kohtküte) erinevatest õhusaaste allikatest (transport, tööstus) kõige rohkem haigestumist ja suremust. 2020. aastal põhjustas Eestis põletamine kodustes küttekolletes (peamiselt puidu põletamine ahjudes, pliitides, kateldes) hinnanguliselt 571 varajast surma aastas. Sellele järgnes liiklus 433 varajase surmaga. Muud õhusaaste allikad, mis ei ole kodustes küttekolletes põletamine, liiklus ega teetolm põhjustasid aastal 2020 umbes 188 varajast surma. Kodustes küttekolletes biomassi põletamine tõi kaasa 6902 kaotatud eluaastat 2020. aastal. Keskmiselt väheneb Eesti elaniku oodatav eluiga koduse biomassi põletamise tõttu ligi 5 kuud. Perioodil 2010–2020 on toimunud Eestis oluline õhusaaste tasemete vähenemine, ning kõige suurem on vähenemine olnud kodustest küttekolletest tuleneva saaste osas (26%) (Orru, Teinemia, et al., 2022).

## **Elamine elektrijaamade ja koostootmisjaamade läheduses**

Elektrijaamades ja koostootmisjaamades (samaaegne elektri ja soojuse tootmine) biomassi põletamise seost tervisenäitajatega on vähe uuritud. Meie otsinguga tuli välja ainult üks süstemaatiline kaardistav ülevaade (*scoping review*) (Freiberg et al., 2018), milles vaid kaks artiklit käsitles mõju elanikele, ülejäänud artiklid olid töökeskkonna ohtudest bioenergia kasutamisega seoses. Uuring kaasas kõikvõimalikud erinevad biomassist elektri tootmise viisid: biomassi põletamisel põhinevad elektrijaamad, biogaasijaamad, puidu gaasistamise jaamad, taimse õli elektrijaamad, tselluloositööstuse elektrijaamad, reoveegaasijaamad ning prügilagaasijaamad.

Kõik peale ühe uuringu Tais viidi läbi Euroopas: Taanis, Soomes, Ühendkuningriigis, Rootsis ja Saksamaal. Üks kahest Freiberg (2018) ülevaatesse lisatud uuringust (Claeson et al., 2013) uuris Rootsis puidu gaasistamise tehase läheduses esinevat lõhnahäiringut ja tervisekaebusi elanikel. Uuritavas jaamas gaasistati biomassi (peamiselt puitu) ja toodeti nii elektrit kui soojust kaugkütte võrku ning sellest eraldus lõhna, kuid mitte toksilisi aineid tervisele ohtlikul tasemel. Lõhnaained pärinesid peamiselt rafineeritud biokütuse tootmisel niiskest saepurust, kuivatatud ja jahvatatud puukoorest ja hakkpuidust. Uuringus kasutati radade analüüsi mudelt (*path-analytic model*), mis kirjeldab objektiivselt mõõdetud õhusaaste, tajutud saaste, terviseriski tajumise, häirituse ning tervisesümptomite omavahelisi seoseid. Uuring näitas, et õhusaastuse tase (hinnatud elukoha kauguse järgi jaamast) ei olnud seotud häirituse ja eneseraporteeritud tervisesümptomite esinemisega, küll aga mõjutas sümptomite esinemist ja häiritust see,

kuivõrd inimene tajus saastuse olemasolu ja oli mures selle tervise mõjude pärast. Terviseriski suurem tajumine suurendas muret tervise mõjude pärast ja see omakorda suurendas häirituse ja sümptomite (väsimus, iiveldus, pearinglus, silmade ärritus ja hingamisteede sümptomid) esinemist (Claeson et al., 2013)

Freiberg viitab oma ülevaateuuringus ka teisele ristlääbilõikelisele uuringule mis viidi läbi Tais (Juntarawijit, 2013). Uuring näitas kahe väikese biomassi-elektrijaama lähedal elavatel elanikel suuremat riski haigestuda hingamisteede haigustesse (astma, KOK), allergiatesse ning kogeda teatud sümptomeid nt naha sügelus/lööve, silmaärritus, köha, ninakinnisus, allergilised sümptomid, kurguvalu ja hingamisraskused. Üks neist jaamadest oli 6 MW võimsusega auruturbiini elektrijaam ja teine oli 1 MW seade, mis kasutas gaasistustehnoloogiat ja sisepõlemismootorit. Biomassina kasutati riisikestasid ning mõlemad elektrijaamad olid riisitööstuse läheduses. Elanikud jaotati rühmadesse vastavalt nende elukoha kaugusele jaamast: I rühm (0–0,5 km), II rühm (0,5–1,0 km) ja kontrollrühm (>1 km). Elektrijaamadest vähem kui 1 km kaugusel esines suurem allergiate (OR = 2,4, 95% CI: 1,5–4,0), astma (OR = 2,1, 95% CI: 1,0–4,4) ja kroonilise obstruktiivse kopsuhaiguse (KOK) (OR = 2,7, 95% CI: 1,0–8,4) risk. Elanikud kes elasid vähem kui 0,5 km kaugusel, oli suurem risk (OR = 2,5–8,5) naha sügeluse/lööbe, silmaärrituse, köha, ninakinnisuse, allergiliste sümptomite, kurguvalu ja hingamisraskuste tekkeks võrreldes nendega kes elasid enam kui 1 km kaugusel. Naha sügeluse/lööbe, silmaärrituse, ninakinnisuse ja hingamisraskuste osas olid leitud šansisuhted erakordselt kõrged (OR = 6,3–8,5). Kuigi kokkupuude biomassi suitsus leiduvate erinevate saasteainetega, nagu peenosakesed (PM<sub>10</sub>), lämmastikoksiidid, osoon või muud toksilised kemikaalid, võivad põhjustada neid sümptomeid, viitavad õhusaastuse mõõtmise andmed sellele, et peamiseks terviseriskiks selles uuringus oli tolmu, mis tekib seoses riisitööstusega. Mõõtmistulemused näitasid, et peenosakeste tasemed olid uuringu piirkonnas madalad. Saasteainete kontsentratsioonid jäid vahemikku 38–75 µg/m<sup>3</sup> PM<sub>10</sub> puhul, ilma et kauguse suurenedes ilmneks selget vähenemistrendi. Kõrged olid aga tavalise tolmu (ingl *coarse particles*) tasemed. Riisi kestade tolmu ja tuhki võisid olla nende tervisetulemuste põhjustajateks, kuna ka riisiterade eraldamine kestadest toimus samas tehases. Kuigi biomassipõletusest näib olevat märkimisväärne panus, võivad teised jaama tegevused, mis on seotud riisi ja selle kõrvalproduktidega, olla samuti avaldanud olulist mõju.

## Elamine jäätmepõletustehase läheduses

Süsteemaatiline ülevaade (Cole-Hunter et al., 2020) käsitles orgaaniliste jäätmete põletamisest (biomassi põletamisest) põhjustatud tervise mõjusid kontrollitud tingimustes jäätmepõletustehases. Süsteemaatilise

ülevaatesse kaasati 19 uuringut. Kaasatud epidemioloogilised uuringud ei näidanud seoseid põletustehase läheduses elamise ja ebasoodsate tervisetulemite vahel. Siiski on epidemioloogilisi uuringuid vähe tehtud ja järeldus põhineb vaid kahel kohortuuringul. Keskkonnaseire ja terviseriski hindamise uuringud viitasid, et kaasaegsed ja nõuetekohaselt toimivad jäätmepõletustehased, kus kasutatakse sorteeritud orgaanilisi jäätmeid ja tõhusaid puhastusseadmeid, ei suurenda oluliselt terviseriske ega ka vähiriski. Mitmes elutsükli analüüsis leiti, et kontrollitud tingimustes toimuv jäätmete põletamine võib kogu elutsükli arvestades olla seotud väiksema keskkonna- ja tervisekahjuga kui jäätmete ladestamine prügilasse või kontrollimatu põletamine. Samas põletusprotsessiga kaasnevate jääkide (tuhk) käitlemine ning raskmetallide sisaldus jäävad potentsiaalseteks riskiteguriteks. Cole-Hunter et al., järeldasid, et selliste rajatiste kasutamine eeldab ranget regulatiivset järelevalvet, põhjalikke terviseriski hindamisi ning pidevat seiret, et vältida võimalikke kahjulikke tervisemõjusid (Cole-Hunter et al., 2020).

## Kokkuvõte

Tihti levib elanikkonnas arusaam, et puidust tekkiv suits on looduslik ja seetõttu inimeste jaoks ohutu. Ülevaateuuringud aga näitavad, et biomassi, sh puidu, põletamisel eraldub õhku mitmesuguseid tervisele kahjulikke saasteaineid: õhusaaste osakesi (PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub> ja PM<sub>0,1</sub>) ning gaase nagu CO, NO<sub>x</sub> ja SO<sub>2</sub>. Puidusuits sisaldab tuhandeid kemikaale, sealhulgas kantserogeenseid ühendeid, näiteks polütsükklilised aromaatsed süsivesinikud ja lenduvad orgaanilised ühendid. Juhul kui kodustes küttekolletes põletatakse ka kemikaalidega töödeldud puitu või prügi, eralduvad keskkonda ka dioksiinid ja raskmetallid.

Euroopas on välisõhu peenosakeste saaste endiselt tõsine probleem, kuigi tööstuse ja transpordi heiteid on viimastel kümnenditel oluliselt vähenenud. Kodustest küttekolletest pärineva õhusaastuse osakaal üldises õhusaastuse kasvab. Talvisel kütteperioodil on kodune puidu põletamine mitmes Euroopa linnas ja ka Eestis peamine õhusaaste osakeste allikas.

Põletamisel õhku eralduvate saasteainete hulk sõltub oluliselt ahju tüübist, kütuse omadustest ja kütiskäitumisest. Kaasaegsed ahjud ja pelletikütteseadmed paiskavad õhku märksa vähem õhusaaste osakesi kui vanad traditsioonilised ahjud. Niiske kütus ja halb tõmme suurendavad heiteid.

Lisaks välisõhule mõjutab puidu põletamine ka siseõhu kvaliteeti. Küttekolletega (pliidid, ahjud, kaminad) kodudes on sageli kõrgemad õhusaaste osakeste sisaldused võrreldes nendega, kus neid ei kasutata. Kuigi ahiküte tekitab keskmiselt vähem ultrapeeneid osakesi kui näiteks toiduvalmistamine või suitsetamine, ületab see siiski välisõhus esinevat keskmist saastetaset. Samuti esinevad kütmise ajal lühiajalised väga kõrged saastepiigid süütamisel ja ahjuukse avamisel. Seega kujutab kodune biomassi põletamine endast olulist välis- ja siseõhu saasteallikat.

Biomassi põletamisel tekkinud saasteained tungivad sügavale kopsudesse ja sealt edasi vereringesse, jõudes kõigi peamiste organiteni. Kokkupuude biomassi põletamisest tulenevate saasteainetega kahjustab hingamissüsteemi ning võib põhjustada kopsuvähki, kroonilist obstruktiivset kopsuhaigust (KOK), astma ägenemist, köha ja sagedasemaid respiratoorseid haiguseid nii lastel kui täiskasvanutel. Samuti on näidatud, et raseduseaegne kokkupuude kõrge õhusaaste tasemega on seotud madalama sünnikaaluga, mis omakorda on riskiteguriks mitmetele haigustele hilisemas elus. On näidatud, et kodusest kütmisest tulenev õhusaastus suurendab riski südame-veresoonkonna haiguste tekkimiseks, nagu südame isheemiatõbi, infarkt, insult ja kõrgvererõhktõbi.

Eestis on põletamine kodustes küttekolletes hinnatud aastal 2020 suurimaks tervisemõjude põhjustajaks erinevate õhusaaste allikate hulgas (liiklus, tööstus). Biomassi põletamine kodustes küttekolletes põhjustas 2020. aastal 571 varajast surma. Keskmiselt väheneb Eesti elaniku oodatav eluiga koduse biomassi põletamise tõttu ligi 5 kuud.

Elektri tootmiseks kasutatavad koostootmisjaamad, kaugkütte katlamajad ja biojätmeid põletavad tehased emiteerivad oluliselt vähem saasteaineid kui kodune ahiküte ning seetõttu on terviseriskid samuti oluliselt madalamad. Lisaks kasutatakse seal puhastusseadmeid ja korstnad juhivad heite kõrgemale võrreldes kodumajapidamistes aset leidvate heidetega, mis vabanevad otse ruumidesse või majade vahetusse lähedusse.

## Soovitused

Selleks, et koduste põletus-seadmete mõju tervisele viia miinimumini, on mitmetes riikides seatud koduste kütteseadmete heidetele piiranguid. Näiteks on Saksamaal uutele ahjudele kehtestatud piirangud õhusaaste osakestele ja CO emissioonidele (vastavalt 40 mg/m<sup>3</sup> PM ja 1 250 mg/m<sup>3</sup> CO). Mitmetes Euroopa riikides on ette nähtud rahalised toetused, et julgustada majapidamisi asendama vanu ahjusid ja tahkeküttekatalaid uuemate keskkonnasõbralikemate kütteseadmetega, näiteks Tšehhis, Austrias ja Norras. On mitmeid uuringuid, mis näitavad, et kui asendada puiduküte muude küttekiikidega (nt gaas, elekter), väheneb oluliselt õhusaaste osakeste tase välisõhus. Kui Austraalias vähenes ahiküttega kodude osakaal 66%-lt 30%-le, vähenes ka talvine PM<sub>10</sub> saaste välisõhus 38% võrra.

Ka Eestis on toetused küttekollete väljavahetamiseks ja majade soojustamiseks, et vähendada küttevajadust. Soovitame sarnaste toetustega jätkata, et ka Eestis soodustada ahiküttelt üleminekut teistele vähem saastavatele küttevõimalustele nagu elekter, gaas või kaugküte. Samuti soovitame soodustada traditsiooniliste ahjude välja vahetamist vähem saastavate kütteseadmete vastu nagu pelletikatlad või muud uuemad madala saastega põletusseadmed, mis on loodud maksimeerima energia efektiivsust ja minimeerima õhusaaste heidet.

Prügi põletamist kodustes küttekolletes tuleks täielikult vältida, kuna see põhjustab väga kõrgeid toksiliste ainete heitmeid, mis soodustavad kopsuvähi ja muude haiguste teket. Ahju kütmisel tuleb vältida niiskeid puid ja ahju ust avada võimalikult vähe kordi. Ka sundventilatsiooni paigaldamine aitab vähendada ahiküttest tulenevat siseõhu saastust. Elanike teadlikkust tuleks tõsta ahiküttega ja prügi põletamisega seotud terviseriskidest ja nende maandamise võimalustest.

## Kasutatud kirjandus

- Audignon-Durand, S., Ramalho, O., Mandin, C., Roudil, A., Le Bihan, O., Delva, F., & Lacourt, A. (2023). Indoor exposure to ultrafine particles related to domestic activities: A systematic review and meta-analysis. In *Science of the Total Environment* (Vol. 904). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.166947>
- Barros, N., Tolve, N. S., Heggem, D. T., & Bailey, K. (2018). Review of built and natural environment stressors impacting American-Indian/Alaska-Native children. In *Reviews on Environmental Health* (Vol. 33, Number 4, pp. 349–381). De Gruyter. <https://doi.org/10.1515/reveh-2018-0034>
- Bin Mahfoz, T. M., Alzahrani, M., Shaik, R. A., Ahmad, M. S., Ahmad, R. K., Yusuf, M., Khan, M., Almutairi, A. B., Alghuyaythat, W. K. Z., & Almutairi, S. B. (2021). *Association of indoor air pollution on cognitive dysfunction among elderly*.
- Bruce, N., Dherani, M., Liu, R., Hosgood, H. D., Sapkota, A., Smith, K. R., Straif, K., Lan, Q., & Pope, D. (2015). Does household use of biomass fuel cause lung cancer? A systematic review and evaluation of the evidence for the GBD 2010 study. *Thorax*, 70(5), 433–441. <https://doi.org/10.1136/thoraxjnl-2014-206625>
- Chowdhury, S., Pillarisetti, A., Oberholzer, A., Jetter, J., Mitchell, J., Cappuccilli, E., Aamaas, B., Aunan, K., Pozzer, A., & Alexander, D. (2023). A global review of the state of the evidence of household air pollution's contribution to ambient fine particulate matter and their related health impacts. In *Environment International* (Vol. 173). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2023.107835>
- Cincinelli, A., Guerranti, C., Martellini, T., & Scodellini, R. (2019). Residential wood combustion and its impact on urban air quality in Europe. *Current Opinion in Environmental Science & Health*, 8, 10–14. <https://doi.org/10.1016/J.COESH.2018.12.007>
- Claeson, A. S., Lidén, E., Nordin, M., & Nordin, S. (2013). The role of perceived pollution and health risk perception in annoyance and health symptoms: a population-based study of odorous air pollution. *International Archives of Occupational and Environmental Health*, 86(3), 367–374. <https://doi.org/10.1007/S00420-012-0770-8>
- Cole-Hunter, T., Johnston, F. H., Marks, G. B., Morawska, L., Morgan, G. G., Overs, M., Porta-Cubas, A., & Cowie, C. T. (2020). The health impacts of waste-to-energy emissions: A systematic review of the literature. In *Environmental Research Letters* (Vol. 15, Number 12). IOP Publishing Ltd. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/abae9f>
- De Guzman, R., & Schiller, J. (2025). Air pollution and its impact on cancer incidence, cancer care and cancer outcomes. *BMJ Oncology*, 4(1), e000535. <https://doi.org/10.1136/BMJONC-2024-000535>
- Dean Hosgood, H., Boffetta, P., Greenland, S., Lee, Y. C. A., McLaughlin, J., Seow, A., Duell, E. J., Andrew, A. S., Zaridze, D., Szeszenia-Dabrowska, N., Rudnai, P., Lissowska, J., Fabiánová, E., Mates, D., Bencko, V., Foretova, L., Janout, V., Morgenstern, H., Rothman, N., ... Lan, Q. (2010).

In-Home Coal and Wood Use and Lung Cancer Risk: A Pooled Analysis of the International Lung Cancer Consortium. *Environmental Health Perspectives*, 118(12), 1743.  
<https://doi.org/10.1289/EHP.1002217>

- Dillon, D. T., Webster, G. D., & Bisesi, J. H. (2022). Contributions of biomass/solid fuel burning to blood pressure modification in women: A systematic review and meta-analysis. *American Journal of Human Biology*, 34(1). <https://doi.org/10.1002/ajhb.23586>
- EL direktiiv. (2023). *Euroopa Parlamendi ja nõukogu direktiiv (EL) 2023/2413, 18. oktoober 2023, millega muudetakse direktiivi (EL) 2018/2001, määrust (EL) 2018/1999 ja direktiivi 98/70/EÜ seoses taastuvatest energiaallikatest toodetud energia kasutamise edendamise ja ning tunnistatakse kehtetuks nõukogu direktiiv (EL) 2015/652*. <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2023/2413/oj?locale=et>
- Euroopa Komisjon. (2025). *Neljas puhta õhu poliitika aruanne T*.  
<https://europa.eu/eurobarometer/surveys/detail/2660>
- Fatmi, Z., & Coggon, D. (2016). Coronary heart disease and household air pollution from use of solid fuel: A systematic review. In *British Medical Bulletin* (Vol. 118, Number 1, pp. 91–109). Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/bmb/ldw015>
- Freiberg, A., Scharfe, J., Murta, V. C., & Seidler, A. (2018). The Use of Biomass for Electricity Generation: A Scoping Review of Health Effects on Humans in Residential and Occupational Settings. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15(2).  
<https://doi.org/10.3390/IJERPH15020354>
- IARC. (2010). *Household Use of Solid Fuels and High-temperature Frying*.  
<https://publications.iarc.fr/Book-And-Report-Series/Iarc-Monographs-On-The-Identification-Of-Carcinogenic-Hazards-To-Humans/Household-Use-Of-Solid-Fuels-And-High-temperature-Frying-2010>
- Juntarawijit, C. (2013). Biomass power plants and health problems among nearby residents: a case study in Thailand. *International Journal of Occupational Medicine and Environmental Health*, 26(5), 813–821. <https://doi.org/10.2478/S13382-013-0142-Y>
- Karanasiou, A., Alastuey, A., Amato, F., Renzi, M., Stafoggia, M., Tobias, A., Reche, C., Forastiere, F., Gummy, S., Mudu, P., & Querol, X. (2021). Short-term health effects from outdoor exposure to biomass burning emissions: A review. *Science of The Total Environment*, 781, 146739.  
<https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2021.146739>
- Kohv, N., Heintalu, H., Mandel, E., & Link, A. (2014). *Estonian Informative Inventory Report 1990-2012*.  
[https://energiatalgud.ee/sites/default/files/images\\_sala/5/54/Keskkonnaagentuur.\\_Estonian\\_Informative\\_Inventory\\_Report\\_1990-2012.\\_2014.pdf](https://energiatalgud.ee/sites/default/files/images_sala/5/54/Keskkonnaagentuur._Estonian_Informative_Inventory_Report_1990-2012._2014.pdf)
- Lee, K. K., Bing, R., Kiang, J., Bashir, S., Spath, N., Stelzle, D., Mortimer, K., Bularga, A., Doudesis, D., Joshi, S. S., Strachan, F., Gummy, S., Adair-Rohani, H., Attia, E. F., Chung, M. H., Miller, M. R., Newby, D. E., Mills, N. L., McAllister, D. A., & Shah, A. S. V. (2020). Adverse health effects associated with household air pollution: a systematic review, meta-analysis, and burden estimation

study. *The Lancet. Global Health*, 8(11), e1427–e1434. [https://doi.org/10.1016/S2214-109X\(20\)30343-0](https://doi.org/10.1016/S2214-109X(20)30343-0)

- Li, N., Song, Q., Su, W., Guo, X., Wang, H., Liang, Q., Liang, M., Qu, G., Ding, X., Zhou, X., & Sun, Y. (2022). Exposure to indoor air pollution from solid fuel and its effect on depression: a systematic review and meta-analysis. In *Environmental Science and Pollution Research* (Vol. 29, Number 33, pp. 49553–49567). Springer Science and Business Media Deutschland GmbH. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-20841-7>
- Lissowska, J., Bardin-Mikolajczak, A., Fletcher, T., Zaridze, D., Szeszenia-Dabrowska, N., Rudnai, P., Fabianova, E., Cassidy, A., Mates, D., Holcatova, I., Vitova, V., Janout, V., Mannetje, A. A. T., Brennan, P., & Boffetta, P. (2005). Lung cancer and indoor pollution from heating and cooking with solid fuels: the IARC international multicentre case-control study in Eastern/Central Europe and the United Kingdom. *American Journal of Epidemiology*, 162(4), 326–333. <https://doi.org/10.1093/AJE/KWI204>
- Maasikmets, M., Kupri, H. L., Teinmaa, E., Vainumäe, K., Arumäe, T., Roots, O., & Kimmel, V. (2016). Emissions from burning municipal solid waste and wood in domestic heaters. *Atmospheric Pollution Research*, 7(3), 438–446. <https://doi.org/10.1016/J.APR.2015.10.021>
- Markandya, A., & Wilkinson, P. (2007). Electricity generation and health. *Lancet*, 370(9591), 979–990. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(07\)61253-7/ATTACHMENT/61341AA8-D9CC-4EA8-964F-9A7E266E735B/MMC5.PDF](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(07)61253-7/ATTACHMENT/61341AA8-D9CC-4EA8-964F-9A7E266E735B/MMC5.PDF)
- Mehta, S. S., Elizabeth Hodgson, M., Lunn, R. M., Ashley, C. E., Arroyave, W. D., Sandler, D. P., & White, A. J. (2023). Indoor wood-burning from stoves and fireplaces and incident lung cancer among Sister Study participants. *Environment International*, 178, 108128. <https://doi.org/10.1016/J.ENVINT.2023.108128>
- Orru, H., Olstrup, H., Kukkonen, J., López-Aparicio, S., Segersson, D., Geels, C., Tamm, T., Riikonen, K., Maragkidou, A., Sigsgaard, T., Brandt, J., Grythe, H., & Forsberg, B. (2022). Health impacts of PM2.5 originating from residential wood combustion in four nordic cities. *BMC Public Health*, 22(1). <https://doi.org/10.1186/s12889-022-13622-x>
- Orru, H., Teinmaa, E., Maasikmets, M., Keernik, H., Paju, M., Sikk, A., Tamm, T., Lainjärv, H. M., Kriit, H. K., & Lõhmus Sundström, M. (2022). *Välisõhu kvaliteedi mõju võrdlus inimeste tervisele Eestis aastatel 2010 ja 2020 ning õhusaaste tervisemõjude prognoos aastaks 2030*. <https://keskkonnaportaal.ee/et/valisohu-kvaliteedi-moju-vordlus-inimeste-tervisele-eestis-aastatel-2010-ja-2020-ning-ohusaaste>
- Puzzolo, E., Fleeman, N., Lorenzetti, F., Rubinstein, F., Li, Y., Xing, R., Shen, G., Nix, E., Maden, M., Bresnahan, R., Duarte, R., Abebe, L., Lewis, J., Williams, K. N., Adahir-Rohani, H., & Pope, D. (2024). Estimated health effects from domestic use of gaseous fuels for cooking and heating in high-income, middle-income, and low-income countries: a systematic review and meta-analyses. *The Lancet Respiratory Medicine*, 12(4), 281–293. [https://doi.org/10.1016/S2213-2600\(23\)00427-7](https://doi.org/10.1016/S2213-2600(23)00427-7)

- REKK 2030. (2025). *Eesti riikliku energia-ja kliimakava aastani 2030 ajakohastatud versioon*.  
<https://kliimaministerium.ee/energeetika-maavarad/energiapoliitika/energia-ja-kliimakava>
- Shlipak, K. K., Camilleri, S. F., Lang, V. A., Montgomery, A., Schnell, J. L., & Horton, D. E. (2026). Ambient air quality and health impacts of PM<sub>2.5</sub> from US residential wood combustion. *Science Advances*, 12(4), 189. <https://doi.org/10.1126/SCIADV.ADZ0189>
- Sigsgaard, T., Forsberg, B., Annesi-Maesano, I., Blomberg, A., Bølling, A., Boman, C., Bønløkke, J., Brauer, M., Bruce, N., Héroux, M. E., Hirvonen, M. R., Kelly, F., Künzli, N., Lundbäck, B., Moshhammer, H., Noonan, C., Pagels, J., Sallsten, G., Sculier, J. P., & Brunekreef, B. (2015). Health impacts of anthropogenic biomass burning in the developed world. *The European Respiratory Journal*, 46(6), 1577–1588. <https://doi.org/10.1183/13993003.01865-2014>
- TUT. (2008). *Hinnang eramute kütmisest välisõhku eralduvate saasteainete heitkoguste kohta Eestis Tallinna Tehnikäilikool soojustehnika instituut Soojustehnika instituut Lepingu nr 7082 aruanne*.  
<https://kliimaministerium.ee/sites/default/files/documents/2021-12/Hinnang%20eramute%20k%C3%BCtmisest%20v%C3%A4lis%C3%B5hku%20eralduvate%20saasteainete%20heitkoguste%20kohta%20Eestis%20%28I%29.pdf>
- Zhang, M., Buekens, A., Jiang, X., & Li, X. (2015). Dioxins and polyvinylchloride in combustion and fires. *Waste Management & Research : The Journal of the International Solid Wastes and Public Cleansing Association, ISWA*, 33(7), 630–643. <https://doi.org/10.1177/0734242X15590651>

# Lisa 1

Andmebaasis *PubMed* kasutati järgmist otsinguvalemit:

```
((("Biomass"[Mesh] OR biomass[Title/Abstract] OR woodchips[Title/Abstract] OR wood chips[Title/Abstract] OR wood pellets[Title/Abstract] OR fuel pellets[Title/Abstract] OR pellets[Title/Abstract] OR wood smoke[Title/Abstract] OR wood[Title/Abstract]) AND (environmental exposure[Title/Abstract] OR "Environmental Exposure"[Mesh] OR vicinity[Title/Abstract] OR "living near"[Title/Abstract] OR neighborhood[Title/Abstract] OR distance[Title/Abstract] OR living[Title/Abstract] OR residing[Title/Abstract] OR residential[Title/Abstract] OR surrounding[Title/Abstract] OR proximity[Title/Abstract] OR household[Title/Abstract])) AND (electricity generation[Title/Abstract] OR power generation[Title/Abstract] OR power plants[Title/Abstract] OR heating[Title/Abstract])) AND (("2015/01/01"[Date - Publication] : "2025/10/06"[Date - Publication]))
```

## Lisa 2

Tabel 1. Kaasatud uuringud

Allikas	Uuringu tüüp	Kaasatud uuringute ilmumise aeg	Kaasatud uuringute arv	Uuritud kokkupuude	Tulem	Peamine tulemus meie uuringu kontekstis
Audignon-Durand et al 2023	MA <sup>1</sup>	Kuni 2022	69	Ultrapeenete osakeste (<100 nm) allikad kodus: toiduvalmistamine, suitsetamine, õhuvärskendajate kasutamine, koristamine, kütmine, isiklik hügieen / kehahooldus, printimine, remonditööd ning muud tegevused.	Mõõdetud ultrapeenete osakeste (<100 nm) kontsentratsioon siseõhus	Kõige kõrgemaid keskmisi kontsentratsioone (1 000 000 osakest/cm <sup>3</sup> ) mõõdeti toidu valmistamise ajal, millest kõige saastavamaks tegevuseks osutus toidu grillimine (keskmiselt 14 400 000 osakest/cm <sup>3</sup> ). Kõrgeid kontsentratsioone tekitas ka küünaledede viirukite põletamine ja koristamine. Kõige madalaimad keskmisi kontsentratsioone tekitas ahiküte 18 000 osakest/cm <sup>3</sup> , kuigi ahju ukse avamine suurendas hetkeliselt siseõhu saastust. Avatud kamin tekitas rohkem õhusaastust, keskmiselt 128 000 osakest/cm <sup>3</sup>
Barros et al 2018	SÜ <sup>2</sup>	1986-2016	35	Ameerika indiaani/Alaska põlisrahvaste lapsi mõjutavad keskkonnategurid: reostatud ala elamu läheduses; torustiku puudumine ja puidu kasutamine kütteks ja söögi tegemiseks.	Laste hingamisteede haigused (sh alumiste hingamisteede infektsioonid, pneumoonia, köha, vilistav hingamine)	Kuues uuringus vaadeldi puidu põletamist kodus keskkonnas ning viies leiti, et see oli seotud laste suurenenud respiratoorse haigestumisega. Puidukütte olemasolu kodus oli seotud kõrgema alumiste hingamisteede infektsiooni riskiga (OR 2.21; 95% CI 1.20–4.10; OR 4.85; 95% CI 1.69–12.91; OR 5.0; 95% CI 0.6–42.8), kopsupõletiku riskiga <5-aastastel lastel (OR 2.1; 95% CI 0.6–7.2) ning köha sagedasema esinemisega (OR 3.18; p=0.027). Kui ahiküttest pärinev lenduvate orgaaniliste ühendite (VOC) tase siseruumides oli üle 100 µg/m <sup>3</sup> või PM <sub>2.5</sub> tase üle 25 µg/m <sup>3</sup> suurenes risk astma tekkimiseks ja köha ning külmetushaiguste põdemiseks.
Bruce et al 2015	MA	1990-2010	14	Biomassi (puit, põllumajandusjätmed, puusüsi, kivisüsi) kasutamine kütteks või toidu valmistamiseks	Kopsuvähk. Kopsuvähina oli defineeritud mistahes tüüpi primaarne vähk	Meta-analüüs näitas, et šanss haigestuda kopsuvähki (OR) on 1,17 (95% UI 1,01 kuni 1,37) korda kõrgem neil, kes kasutavad biomassi toidu valmistamiseks või

				võrreldes kontrollrühmaga kes kasutavad gaasi või elektrit	kopsudes, hingetorus või bronhides.	kütmiseks võrreldes nendega, kes kasutasid elektrit või gaasi.
Chowdhury et al 2023	SÜ	2014-2022	9	Kodus majapidamises tekkiva õhusaaste (PM <sub>2,5</sub> ) tahkekütuste (biomassi, kivisöe, puidu) põletamisest	Kodus majapidamises tekkiva õhusaaste osakaal kogu välisõhu saastusest (PM <sub>2,5</sub> ) ja sellest põhjustatud surmade arv globaalselt ja regiooniti (nt Euroopas)	Suurem osakaal on kodumajapidamistest pärineval õhusaastusel (PM <sub>2,5</sub> ) Kesk- ja Ida-Euroopa linnades, ulatudes Poolas kuni 48%, kuid alla 5% jääb see Saksamaa, Ühendkuningriigi, Belgia ja Skandinaavia linnades. Hinnanguliselt põhjustab tahkete kütuste põletamine Euroopas aastas umbes 20 000 (7000–50 000) enneaegset surma.
Cole-Hunter et al 2020	SÜ	Kuni 2020	19	Elanike kokkupuude orgaaniliste jäätmete põletamisel tekkivate õhuheitmetega kontrollitud tingimustes jäätmepõletustehases	Kõik tervise mõjud	Kaasatud uuringud ei leidnud seoseid prügipõletustehase läheduses elamise ja ebasoodsate tervisetulemite vahel
Fatmi ja Coggon 2016	SÜ	2005-2015	25	Kodus majapidamises tahkekütuste (biomassi ja kivisöe) põletamisest tulenev siseõhu saaste (tahkete kütuste põletusseadmete kasutamine või PM <sub>2,5</sub> /CO mõõtmised).	Koronaarhaigus/südameisheemiatõbi ja kardiovaskulaarse riskiga seotud tervisenäitajad.	Kodune õhusaaste tahkekütuste põletamisel suurendab koronaarhaiguste riski. Sekkumisuuringud (nt pliidi parandamine) vähendasid PM <sub>2,5</sub> taset ja alandasid vererõhku 3-5 mmHg. Uuringute põhjal oli biomassi põletamine kodumajapidamistes seotud kõrgema süstoolse ja diastoolse vererõhuga ning mõnel juhul ka ateroskleroosi varajaste markerite tõusuga. Kõrgeimad saasteainete tasemed esinesid halvasti ventileeritud ruumides, ja ebaefektiivsete kütteseadmetekasutamisel. Euroopast uuringuid polnud kaasatud.
Freiberg et al 2018	SÜ	2000-2018	9	Kõik jaamad milles kasutatakse biomassi elektri tootmiseks: biogaasijaamad, taimeõlil töötavad elektriijaamad, puidukatlad, puidugaasistamise jaamad, tselluloositööstuse elektriijaamad, reoveegaasijaamad ja prügimäegaasijaamad	Kõik võimalikud mõjud inimese tervisele (kaebused, haigused)  Kõik võimalikud ohud töökeskkonnas	Ühe Tais läbi viidud madala kvaliteediga ristlääbilõikelise uuringu põhjal tuvastati, et biomassi elektriijaamade läheduses elavatel inimestel võib olla suurem risk haigestuda astmase ja kroonilisse obstruktiivsesse kopsuhaigusesse (KOK). Samuti täheldati sagedasemat allergiate esinemist ning selliseid sümptomeid nagu kõha, kurguvalu, raskendatud hingamine, silmade ärritus ja nahalööve või sügelus. Nende tervisetulemite tekkimise põhjuseks võis olla bioelektri

						tootmise kõrval ka riisitööstusest pärinev tolm ja tuhk, kuna ka riisiterade eraldamine kestadest toimus samas tehases.
Karanasiou et al 2021	MA	1980–2020	81	Biomassi põletamine sealhulgas metsapõlengud, kontrollitud põletamised, põllumajanduslikud põletamised, elamute puiduküte ning elektri- ja soojusenergia tootmine.	Suremus ja haigestumus südame-veresoonkonna, hingamisteede ja ajuveresoonkonna haigustesse lühiajalise välisõhu saastega kokkupuute	PM <sub>10</sub> suurenemine 10 µg/m <sup>3</sup> võrra suurendas üldsuse riski 1,3% ja PM <sub>2,5</sub> suurenemine 1,9%. PM <sub>10</sub> suurenemine 10 µg/m <sup>3</sup> võrra suurendas hingamisteede haiguste tõttu haiglaravile sattumise riski 4,8% ja PM <sub>2,5</sub> suurenemine 4,1%. Kardiovaskulaarsel suremusel oli PM <sub>2,5</sub> --ga positiivne seos, kuid see polnud statistiliselt oluline ning kardiovaskulaarse haigestumise kohta olid tulemused vasturääkivad.
Li et al 2022	MA	2012-2022	9	Siseõhu saastus tahkete kütuste põletamisest: kivisüsi, biomass, puusüsi	Depressioon või depressiivsed sümptomid, määratletuna arsti diagnoosi/ravi või standardiseeritud küsimustiku alusel	Tahkete kütuste (biomass ja kivisüsi) põletamine suurendab depressiooni riski 22%. Ainult biomassi (puit, sõnnik, jäätmed) kasutamine suurendab depressiooni riski 18% (OR = 1,18), kuid see seos pole statistiliselt oluline. Euroopas (Soomes) läbi viidud uuringutest oli kaasatud vaid üks ristlääbilõikeline uuring, mis ei leidnud seost puidu põletamise ja eneseraporteeritud depressiooni vahel OR 0.78 (0.43–1.41).
Bin Mahfoz et al 2021	MA	Kuni 2021	9	Siseõhu saastus tahkete kütuste põletamisest: kivisüsi, biomass, puusüsi.	Küsimustikud ja testid kognitiivsete võimete kohta: Alzheimeri tõi, dementsus, mälu, orienteerumine, tähelepanu; visuaalne võimekus, verbaalne võimekus	Siseõhu saastatus on oluliselt seotud kognitiivse düsfunktsiooniga, eriti eakate naiste seas. Uuringid Euroopast polnud kaasatud, ebaselge millistest allikatest siseõhu saastusega seos leiti.
Dillon et al 2021	MA	Kuni 2017	10	Siseõhu saastus tahkete kütuste põletamisest: kivisüsi, biomass, sõnnik	Diagnoositud hüpertensioon ja mõõdetud vererõhk	Biomassisuitsuga kokkupuude on seotud vererõhu tõusuga, kuid mitte kliinilise hüpertensiooni diagnoosiga naistel. Euroopast polnud uuringuid kaasatud.

Lee et al 2020	MA	Kuni 2020	476	Kodumajapidamise õhusaastega kokkupuude määratleti saastavate kütuste kasutamisenä (kivisüsi, puit, puusüsi, põllumajandusjätmed, kuivatatud loomasõnnik või petrooleumi õli ( <i>kerosene</i> )).	Uuriti seoseid südame-veresoonkonna, hingamisteede haigustega, üldsuresmusega ja sünninäitajatega	Võrreldes nendega, kes ei kasutanud kodumajapidamises uuritud kütuseid oli nende kasutajatel suurenenud risk astma, obstruktiivse kopsuhaiguse, kopsuvähi, kopsutuberkuloosi ja ägedate hingamisteede infektsioonide tekkeks nii täiskasvanutel kui ka lastel. Samuti täheldati positiivseid seoseid südame isheemiatõve ja tserebrovaskulaarsete haigustega. Kokkupuude uuritud kütuste kasutamisega suurendas kardiovaskulaarsete, hingamisteede haiguste ning üldsuresmuse riski. Samuti oli see seotud väiksema sünnikaalu ja suurema surnult sünni riskiga.
Puzzolo et al 2024	MA	1980–2021	116	Gaasiliste kütuste (maagaas, biogaas) kasutamine võrreldes saastavate kütuste (biomass, puit, kivisüsi või petrooleum) ja puhaste kütuste (nt elekter) kasutamisega	Kõik haigestumised, jäeti välja vigastused (nt põletused) ja mürgistused (nt vingugaasi mürgistus)	Võrreldes saastavate kütuste kasutamisega vähendas gaasi kasutamine oluliselt kopsupõletiku riski (OR 0,54; 95% CI 0,38–0,77), vilistava hingamise riski (OR 0,42; 0,30–0,59), kõha riski (OR 0,44; 0,32–0,62), hingeldamise esinemise riski (OR 0,40; 0,21–0,76), kroonilise obstruktiivse kopsuhaiguse riski (OR 0,37; 0,23–0,60), bronhiidi riski (OR 0,60; 0,43–0,82), kopsufunktsiooni vähenemise riski (OR 0,27; 0,17–0,44), raske respiratoorse haiguse või surma riski (OR 0,27; 0,11–0,63), enneaegse sünnituse riski (OR 0,66; 0,45–0,97) ning madala sünnikaalu riski (OR 0,70; 0,53–0,93).

<sup>1</sup>MA – Meta-analüüs ja süstemaatiline ülevaade

<sup>2</sup>SÜ – Süstemaatiline ülevaade