



TARTU ÜLIKOOL

ÜLEVAATEURINGU II ETAPI ARUANNE

PÕLEVIKIVI PÕLETAMISE JA TÖÖTLEMISEGA SEOTUD TERVISEMÕJUD

KAARDISTAV ÜLEVAADE (ingl *MAPPING REVIEW*)

Uuringu pealkiri:

Metoodika väljatöötamine tuuleparkide ja teiste energiatootmise tehnoloogiate võimalike tervisemõjudega seotud teadusuuringute tulemuste tõlgendamiseks Eesti tingimustes



Rahastanud Euroopa Liit
NextGenerationEU



Eesti
tuleviku heaks

Tartu 2026

Uuringurühma koosseis:

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

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

Töö tellija: Kliimaministeerium

Sisukord

Sisukord	3
Sissejuhatus.....	4
Uuringu eesmärk.....	5
Meetodid	5
Tulemused ja arutelu.....	6
Põlevkivisektori mõju enneaegsete sündide ja madala sünnikaalu esinemisele	7
Põlevkivisektori mõju laste hingamisteede haiguste esinemisele.....	8
Põlevkivisektori mõju täiskasvanud elanike tervisele.....	11
Biomonitoringud põlevkivitööstuse piirkonnas	14
Põlevkivitööstuse tervisemõjude hindamised	15
Kokkuvõte ja järeldused	16
Soovitused.....	17
Kasutatud kirjandus	19

Sissejuhatus

Põlevkivi on olnud pikka aega väga oluline osa Eesti energiamajanduse struktuurist ning mänginud olulist rolli riigi energiajulgeoleku tagamisel. Samas on põlevkivitööstus kujundanud ka kogu Ida-Virumaa majandus- ja sotsiaalstruktuuri. Teisalt on põlevkivi kaevandamisel, töötlemisel ja põletamisel olulised keskkonnamõjud, mille hulka kuuluvad õhukvaliteedi halvenemine, tahkete jäätmete teke ning maastiku ja ökosüsteemide muutused (Raukas & Punning, 2009). Tähelepanuväärsed on ka õhusaaste heited, mis hõlmavad peenosakesi (PM_{10}), eriti peeneid osakesi ($PM_{2,5}$), lenduvaid orgaanilisi ühendeid (nt benseen, fenool, formaldehüüd) ning muid potentsiaalselt tervist kahjustavaid aineid (Orru et al., 2019).

Eelnevad uuringud on seostanud tööstuslike õhusaasteallikaid hingamissüsteemi ja kardiovaskulaarsete haiguste suurenemise, halvenenud laste sünninäitajate jmt tervisemõjudega (Chang et al., 2020; Khoshakhlagh et al., 2024; Veber et al., 2022). Eesti kontekstis on põlevkivitööstuse tervisemõjud koondunud peamiselt Ida-Virumaale, kus elanikkond võib kogeda pikaajalist ja korduvat kokkupuudet tööstusliku saastega ning halvenenud elukeskkonnaga. Sellest tulenevalt on vajalik kaardistada olemasolev teaduslik tõendus põlevkivitööstusega (nii põletamise kui töötlemisega) seotud terviseriskidest ning tulevikus võrrelda seda teistest energiaallikatest tulenevate tervisemõjudega.

Uuringu eesmärk

Käesoleva uuringu eesmärk on anda ülevaade põlevkivitööstusega (nii põletamise kui töötlemisega) kaasnevatest tervisemõjudest Eestis.

Meetodid

Käesolev uuring on kaardistav ülevaade eelnevalt viimase 10 aasta jooksul Eestis läbi viidud teadusuuringutest põlevkivitööstuse tervisemõjudest, ingl *mapping review*.

Kaardistav ülevaade on kirjanduse ülevaate tüüp, mille eesmärk on kaardistada olemasolev teaduskirjandus teatud uurimisvaldkonnas, kirjeldades uuringute mahtu, iseloomu, kasutatud meetodikaid ja temaatilisi fookusi. Selle lähenemise keskmes ei ole sekkumiste tõhususe hindamine ega tulemuste kvantitatiivne süntees, vaid tõendusbaasi ülevaatlik esitamine.

Kaasasime uuringusse uuringud, mis käsitlesid põlevkivi põletamise või töötlemise tagajärjelt tekkivaid tervisemõjusid Eestis, sealhulgas subjektiivselt või objektiivselt mõõdetud tervisesümptomid, haigestumust, suremust, samuti ka häiritust (nt ebameeldiva lõhna tõttu). Uuringusse kaasati kõik uuringutüübid, s.h riskianalüüsid.

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 põlevkivi põletamisega kokkupuudet töökeskkonnas, mitte elukeskkonnas
- Käsitlevad saasteaineid, kuid need pole seotud põlevkivitööstusega
- Käsitlevad põlevkivi põletamisega seotud terviseprobleeme, kuid need on läbi viidud teistes riikides

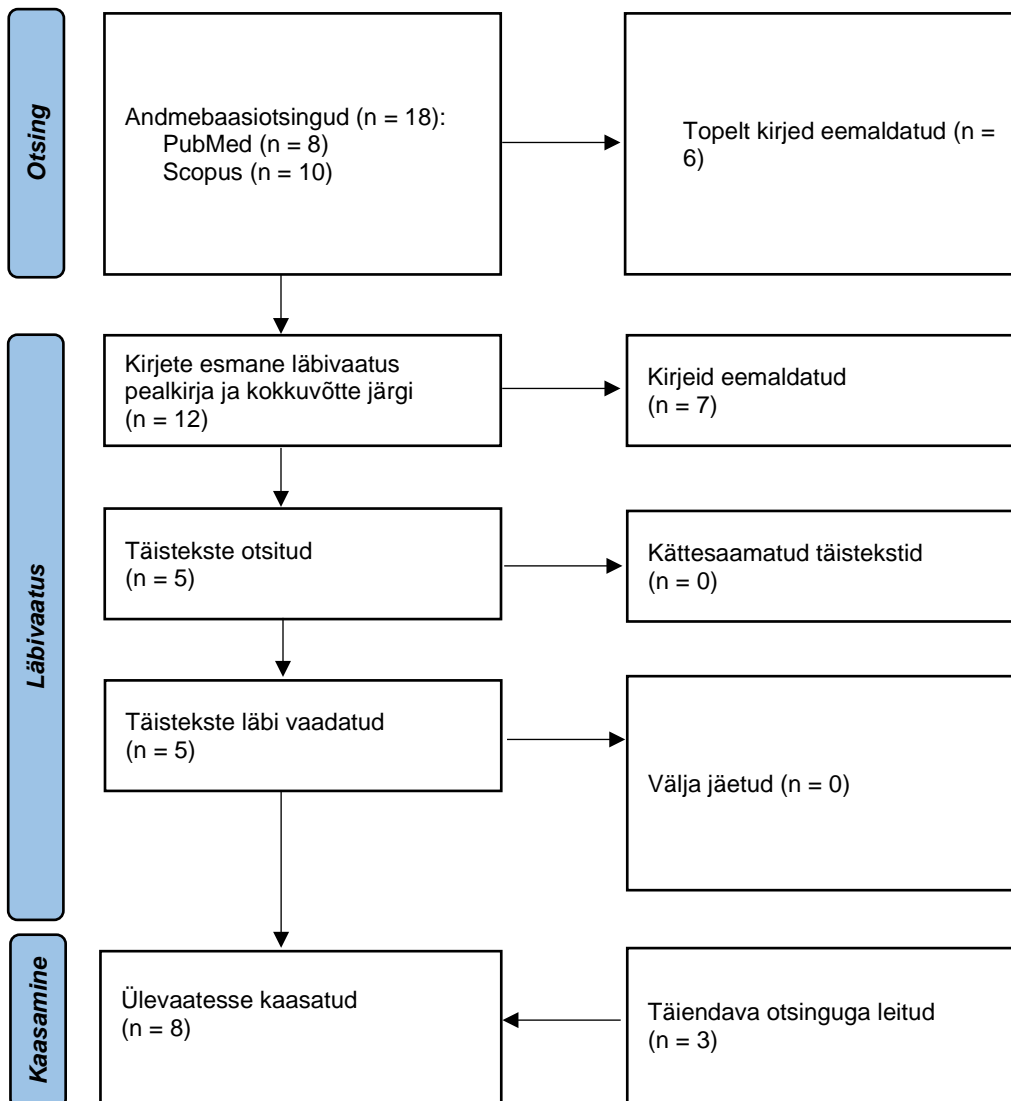
Otsing viidi läbi ajavahemikus 01.01.2015 kuni 16.02.2025 teaduslikes andmebaasides *PubMed* ja *Scopus*. Lisaks kaasasime ka asjakohaseid eestikeelseid uuringuid.

Kasutati järgmiseid otsingutermineid: *oil shale; health; Estonia*.

Duplikaatide eemaldamiseks andmebaasist kasutati *Endnote* bibliograafilist tarkvara ja 'duplikaatide eemaldamise' funktsiooni. Duplikaadid salvestati eraldi faili.

Tulemused ja arutelu

Andmebaasiotsinguga leiti 18 kirjet (teadusartiklit), millest 12 puhul otsustati, kas uuring vastab meie seatud kaasamiskriteeriumitele ainult pealkirja ja kokkuvõtte järgi. Täistekste vaadati läbi 5 juhul. Kaasamiskriteeriumitele vastas 5 teadusartiklit eelretsenseeritavast teadusajakirjast (Joonis 1). Lisaks kaasati ka kaks teemakohast eetikeelset tervisemõjude hindamist (Orru, 2014; Orru et al., 2022) ja üks eetikeelne uuring (Orru et al., 2019). Käesoleva uuringu analüüsis kasutati 8 uuringu tulemusi.



Joonis 1. PRISMA voodiagramm teaduskirjanduse otsingute kirjeldamiseks.

Põlevkivisektori mõju enneaegsete sündide ja madala sünnikaalu esinemisele

Otsingu käigus leiti üks uuring, mis käsitles, kuidas mõjutab enneaegsete sündide ja madala sünnikaalu esinemist kokkupuude tööstusliku saastega või elamine põlevtööstusettevõtete läheduses (Dahal et al., 2022). Käesolev artikkel (Dahal et al., 2022) põhines Eestis läbiviidud uuringul „Laste sünniregistri andmete uuring ning nende vanemate küsitlus kokkupuute kohta põlevkivisektori saastega“. Selle raames uuriti rasedusaegse tervise ebavõrdsust Eestis, keskendudes tööstuslikule Ida-Viru maakonnale, et võrrelda seda Eesti keskmiste näitajatega. Uuring kasutas Eesti Meditsiinilise Sünniregistri andmeid ning hõlmas 208 313 sündi ajavahemikul 2004 – 2018. Eesmärk oli hinnata ebasoodsate sünnitulemite nagu enneaegsus (sünd enne 37. rasedusnädalat) ja väike sünnikaal (alla 2500 g) esinemist ning nende seoseid keskkonna- ja sotsiaaldemograafiliste teguritega.

Uuringus ilmnas, et enneaegseid lapsi sünnib kõikidest maakondadest kõige enam Ida-Virumaal (5,9%). Väikseim enneaegsete sündide osakaal on Läänemaal (4,2%) ning Eestis kokku oli uuringu-perioodil enneaegseid sündi keskmiselt 4,9%. Ajalisi, kuid väikese sünnikaaluga lapsi oli Ida-Virumaal samuti statistiliselt oluliselt enam kui mujal Eestis (1,6% vs. 0,9%). Ida-Virumaal oli uuringuperioodil sünnikaal keskmiselt 125,4 g väiksem kui Eestis keskmiselt.

Uuritud sotsiaal-demograafilistest näitajatest mõjutas sünninäitajaid kõige enam ema vanus – mida vanemas eas sünnitatakse, seda suurem on võimalus, et sünnib enneaegne laps. Peale selle mõjutas sünnikaalu ja -aega ema haridus (madala haridusega risk kõrgem), rahvus (mitte-eestlastel risk kõrgem) ning tavategevusala (väikseim risk töötavatel emadel).

Õhusaaste mõju analüüsil ilmnas, et suurem kokkupuude eriti peente osakestega ($PM_{2,5}$) esimesel trimestril (1.–13. rasedusnädal) suurendas enneaegsuse riski ning kokkupuude $PM_{2,5}$ -ga raseduse kolmandal trimestril (28.–40. rasedusnädal) mõjutas väikese sünnikaalu riski, kusjuures mõju sünnikaalu vähenemisele ilmnas vaid Ida-Virumaal. Kokkupuude $PM_{2,5}$ -ga raseduse esimesel trimestril suurendas enneaegse sünni riski 12% iga $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ kontsentratsiooni tõusu kohta (OR = 1,12; 95% CI: 1,02–1,23). Kolmanda trimestri $PM_{2,5}$ kokkupuude oli Ida-Viru maakonnas oluliselt seotud väikese sünnikaaluga (OR = 1,56; 95% CI: 1,16–2,08 iga $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ kontsentratsiooni tõusu kohta), kuid riigi tasandil see seos ei ilmnenu. PM_{10} -ga ja NO_2 -ga kokkupuutega statistiliselt olulist mõju ei ilmnenu. Nimetatud saasteainetest iseloomustab põlevkivitööstuse saastet kõige paremini just kokkupuude $PM_{2,5}$ -ga Ida-

Virumaal: PM_{2.5} kirjeldab paremini põlemisprotsesse kui PM₁₀, kus suurem roll tolmul ning NO₂ peamine allikas on liiklusest tulenevad heited.

Lisaks analüüsi, kuidas mõjutab sünnitulemusi elukoht põlevtööstuse läheduses: ≤3 km, ≤5 km ja ≤10 km võrreldes enam kui 10 km kaugusel elamisega. Kõikidele teguritele kohandatud analüüsis ilmnes, et enneaegse sündide puhul on oluline seos eelkõige ≤3 km kaugusel elamisega (OR = 1,58; 95% CI: 1,26–1,98). Madala sünnikaalu (LBW) puhul oli oluline seos nii ≤3 km (OR = 1,51; 95% CI: 1,21–1,88) kui ka ≤5 km (OR = 1,18; 95% CI: 1,04–1,33) kaugusel elamisega. Ka ≤10 km puhul oli seos oluline kui kohandati vaid ema sotsiaaldemograafilistele näitajatele, kuid muutus ebaoluliseks, kui arvesse võeti ka ema tervises seisundit. Üldiselt vähenes risk koos kauguse suurenemisega põlevkivitööstusest ning risk oli suurem elades ≤3 km kaugusel enneaegse sünni korral ning ≤5 km kaugusel väikese sünnikaalu korral.

Uuringus ilmnes nii madalam keskmine sünnikaal kui suurem enneaegsete sündide ja väikese sünnikaaluga laste osakaal oli põlevkivisektori piirkonnas (Ida-Viru maakond) kui riigis keskmiselt. Halvenenud sünninäitajaid mõjutas nii kokkupuude eriti peente osakestega (PM_{2.5}) raseduse ajal kui elamine põlevkivitööstustevõtete läheduses kuni 5 km kaugusel. See näitab olulist perinataalset ebavõrdsust põlevkivitööstuse piirkonnas, mis omakorda rõhutab vajadust õhusaaste vähendamise ja sotsiaalsete ebavõrdsuste leevendamise poliitikate järele parandamiseks emade ja vastsündinute tervist ning vähendamaks regionaalset tervise ebavõrdsust.

Põlevkivisektori mõju laste hingamisteede haiguste esinemisele

Otsingu käigus leiti üks uuring, mis käsitles põlevkivitööstusest pärinevate õhusaasteainete mõju laste hingamisteede haiguste esinemisele (Idavain et al., 2019). Käesolev artikkel põhines Eesti läbiviidud uuringul „Põlevkivisektori tervisemõjude uuring“. Uuringu eesmärk oli hinnata hingamisteede sümptomite ja astma levimust koolilaste seas, analüüsida väljahingatava õhu lämmastikoksiidi fraktsiooni (FeNO) taset kui objektiivset hingamisteede põletiku markerit Eesti eri piirkondades ning leida võimalikke seoseid tööstuspiirkonna õhusaaste tasemetega.

Ristlääbilõikelises uuringus¹ kasutati standardiseeritud küsimustikke hingamisteede sümptomite ja arsti diagnoositud astma hindamiseks ning mõõdeti fraktsioneeritud lämmastikoksiidi (FeNO) taset valideeritud meetodil. FeNO sisalduse mõõtmine väljahingatavas õhus on maailmas laialdaset kasutatav

¹Ristlääbilõikeline uuring on epidemioloogiline uuring, kus andmed kogutakse uuritava nähtuse ja tunnuste kohta ühel kindlal ajahetkel, et kirjeldada nende levimust ja seoseid rahvastikus.

hingamisteede põletiku hindamise meetod. Individuaalsed FeNO väärtused mõnevõrra erinevad, kuid suurenenuks peetakse FeNO sisaldust üle 15 ppb (ingl *parts per billion*) ning Idavain et al. (2019) uuringus peeti suurenenud FeNO sisalduseks ≥ 30 ppb. Ida-Viru maakonnas osales kliinilises uuringus 871 õpilast ning küsimustikele vastas 787 õpilast, Lääne-Viru maakonnas osales kliinilises uuringus 181 õpilast ning küsimustikele vastas 173 õpilast ning Tartu maakonnas osales kliinilises uuringus 226 õpilast ning küsimustikele vastas 206 õpilast.

Uuringu tulemused näitasid, et Ida-Virumaa tööstuspiirkondades elavatel lastel esines sagedamini hingamisteede sümptomeid ja astmat. Niisamuti olid kõrgemad nende FeNO tasemed, viidates suurenenud hingamisteede põletikule. Seosed püsisid ka pärast oluliste segavate tegurite arvesse võtmist.

Kooliõpilaste tervisekaebuste seostamiseks vaadati kõigist modelleeritud saasteainete sisaldustest välja põlevkivitööstusega rohkem seostuvad saasteained nagu benseen, fenool, formaldehüüd, peenosakesed (PM₁₀) ja eriti peened osakesed (PM_{2.5}). Eraldi vaadati kõigist allikatest johtuvaid saasteainete sisaldusi ning ainult põlevkivitööstuse heidetest johtuvat saastatust.

Analüüs näitas, et suurema tööstusspetsiifiliste õhusaasteainete, eriti benseeni, tasemega piirkondades elavatel lastel olid statistiliselt oluliselt kõrgemad šansside suhted (OR) mitmete hingamisteede sümptomite esinemiseks (põlevkivitööstusest pärineva benseeni puhul OR = 1,03–1,06; 95% CI: 1,01–1,11 iga 1 ng/m³ kontsentratsiooni tõusu kohta). Ilmnud kaebuste hulka kuulusid nohu ilma külmetushaiguseta, astmahood, öine kuiv köha viimase 12 kuu jooksul, kuiv köha ilma külmetushaiguseta ning röga esinemine teatud päevadel aasta jooksul. Samuti oli nendes põlevkivi tööstuspiirkondades suurem kõrge FeNO väärtustega (≥ 30 ppb) laste osakaal, mis viitab sagedasemale tugevamale hingamisteede põletikule.

Kõrge formaldehüüdi tasemega aladel elavatel koolilastel esines samuti kõrgem hingamisteede sümptomite ja arsti diagnoositud astma risk. Neil täheldati ka kõrgemaid šansside suhteid suurenenud FeNO tasemele (OR = 1,22; 95% CI 1,06–1,41 iga 1 µg/m³ formaldehüüdi kontsentratsiooni tõusu kohta), kusjuures seos oli veelgi tugevam nende laste seas, kellel puudus samaaegne astmadiagnoos (OR = 1,26; 95% CI 1,06–1,50 iga 1 µg/m³ kontsentratsiooni tõusu kohta). Lisaks oli kõrge fenooli ja mittemetaanete süsivesinike (NMHC) tasemega piirkondades elavatel lastel suurem tõenäosus kõrge FeNO väärtusteks (vastavalt OR = 1,01; 95% CI 1,00–1,01 iga 1 ng/m³ kontsentratsiooni tõusu kohta ja OR = 1,75; 95% CI 1,75–2,62 iga 1 µg/m³ kontsentratsiooni tõusu kohta, võttes arvesse vaid heiteid

põlevkivisektorist). PM_{2.5} puhul ilmnes vastupidine seos: madalamad eriti peente osakeste tasemed seostusid kõrgeenenud FeNO väärtustega nii astmadiagnoosiga kui ka ilma selleta lastel.

Lisaks kirjeldatud uuringule teostati sarnane kordusuuring „Metoodika väljatöötamine ja rakendamine välisõhuseisundi ning lapsea astma ja teiste allergiahaiguste vaheliste seoste leidmiseks põlevkivitööstusest mõjutatud aladel – METRAK“ Ida-Virumaal aastatel 2018–2019 (Orru et al., 2019). Uuringu eesmärk oli töötada välja ja rakendada metoodikat, mis võimaldab hinnata keskkonna ja laste tervisliku seisundi omavahelisi seoseid põlevkivitööstusest mõjutatud aladel. Antud projekti raames teostati õhusaaste mõõtmised, õhusaaste modelleerimine, küsitlus III–IV klassi õpilaste ja nende vanemate hulgas ning FeNO tasemete ja allergia esinemise kliinilised uuringud.

Laste hingamisteede haiguste ja kaebuste raporteerimine oli sarnane 2015. aastal läbiviidud „Põlevkivisektori tervisemõjude uuringuga“. Mõnevõrra oli tõusnud diagnoositud astma levimus, mis ulatus nüüd 13,8%ni. Samas ilmnes 602 lapse hulgas tehtud kliinilises uuringus oluliselt vähem FeNO kõrgeenenud sisaldusi (≥ 30 ppb) kui neli aastat varem. Kõrgeenenud sisalduste vähenemine võis töö autorite sõnul viidata asjaolule, et astma on võrreldes 2015. aastaga mõnevõrra paremini diagnoositud, lapsed saavad ravi ning nende hingamisteede põletike hulk on vähenenud (Orru et al., 2019).

Õhusaaste tasemete ja haiguste vahelisest seoste analüüsist ilmnes, et peamisteks haigestumist põhjustavaks saasteaineteks on Ida-Virumaal benseen, peenosakesed ja eriti peened osakesed. Benseeni puhul ilmnes statistiliselt oluline seos paljude uuritud haiguste või sümptomitega, kas siis kokkupuutega koolis või kodus. Kui võrrelda seoseid kõigist allikatest ning vaid põlevkivisektori allikatest tuleneva benseeni vahel, siis oli põlevkivi tööstusest pärineval benseenil veidi suurem mõju (suuremad šansside suhted, mis väljendab suuremat riski haiguste esinemiseks põlevkivitööstusest enam saastunud aladel võrreldes vähem saastunud aladega). Õhusaaste modelleerimiste alusel tulebki valdav osa benseeniga kokkupuutest põlevkivitööstuse allikatest.

Peenosakeste ja eriti peente osakeste puhul ilmnes negatiivne mõju tervisele vaid põlevkivisektori allikatest tulenevate osakeste puhul, samas kui valdav osa õpilaste kokkupuutest õhusaaste osakestega tuleb hoopis muudest allikatest. Põlevkivisektorist pärinevate eriti peente osakeste sisaldus kodu juures seostus kopsupõletiku ja bronhiidi esinemisega esimese kahe eluaasta jooksul (vastavalt OR = 1,83; 95% CI 1,33–2,51 ja OR = 1,26; 95% CI 1,04–1,53 iga 1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ kontsentratsiooni tõusu kohta), kroonilise nohuga OR = 1,53; 95% CI 1,07–2,19), suurenenud allergiariskiga (OR = 1,26; 95% CI 1,00–1,58;

Phadiatop >0,35 Ku/L) ning kõrgeenenud FeNO väärtustega OR = 1,43; 95% CI 1,00–2,09; FeNO \geq 30 ppb).

Põhjuseks, miks mõju ilmnes vaid põlevkivitööstusest pärineva saastega, võib olla põlevkivitööstusest pärinevate osakeste suurem toksilisus või on need indikaatoriks tööstussaastele üldisemalt, kuna nende heited on täpsemalt mõõdetud ja paremini kontrollitud ning õhusaaste hajumismudel paremini valideeritud. Uuringust ilmnes ka, et õhusaaste võib mõjutada nii otseselt hingamisteede haiguste esinemist kui ka kaudselt suurendada atoopilist või allergilist sensibiliseerumist ja selle kaudu hingamisteede haigusnähtude teket. Seda näitasid seosed õhusaastega kokkupuute ja allergiate vahel ning omakorda allergiate ja hingamisteede kaebuste vaheliste seoste analüüs.

Mõlema uuringu tulemused viitavad sellele, et mitmed tööstuslikud õhusaasteained võivad olla seotud laste hingamisteede sümptomite sagenemise ja põletikumarkerite tõusuga Ida-Virumaal, mis toetab hüpoteesi keskkonnasaaste olulisest rollist laste hingamiseldkonna tervise kujunemisel. Uuringu tugevuseks oli objektiivse biomarkeri FeNO kasutamine koos küsimustikupõhiste andmetega, mis võimaldas terviseriskide mitmetasandilist hindamist. Samas piirab uuringu ristlääbilõikeline disain põhjuslike järelduste tegemist.

Põlevkivisektori mõju täiskasvanud elanike tervisele

Otsingu käigus leiti kaks uuringut, mis käsitlevad põlevkivisektori mõju täiskasvanud elanike tervisele (Idavain et al., 2020; Orru et al., 2018). Mõlemad artiklid põhinevad Eesti läbiviidud uuringul (*Põlevkivisektori Tervisemõjude Uuring*, 2015).

Orru et al. (2018) uurimus käsitles tööstusliku õhusaaste ja elanike enesehinnanguliste tervisemõjude ning häirituse vahelist seost tööstuspiirkonnas. Uuringu lähtekohaks oli arusaam, et keskkonnatervise mõjud ei piirdu üksnes objektiivselt mõõdetavate füsioloogiliste näitajatega, vaid hõlmavad ka elanike subjektiivseid kogemusi ja keskkonnariskide tajumist. Eesmärk oli hinnata, kas kõrgema õhusaaste tasemega piirkondades elavad inimesed raporteerivad sagedamini tervisekaebusi ning suuremat häiritust, ning analüüsida nende seoseid keskkonnasaaste näitajatega.

Uuring põhines 3415 uuritava küsitlusandmetel, mille abil koguti teavet hingamisteede sümptomite (nt köha, hingamisraskused), limaskestade ärrituse (silmade ja kurgu kipitus), peavalu, üldise halva enesetunde ning muude tervisekaebuste kohta. Samuti hinnati vastajate tajutud häiritust õhusaaste, ebameeldivate lõhnade ja muude tööstuspiirkonnale iseloomulike keskkonnategurite suhtes.

Küsitlusandmed seostati piirkondlike õhusaaste modelleerimistulemustega, mis hõlmasid tööstusheitega seotud saasteaineid, sealhulgas eriti peeneid osakesi (PM_{2.5}), benseeni ja fenooli.

Tulemused näitasid, et Ida-Virumaa elanike seas on enam õhusaastest häirituid kui Lääne-Virumaa või Tartu elanike seas. Võrreldes nendega, kes ei ole õhusaastest häiritud, oli nende seas, kes on häiritud, oluliselt enam neid, kes näevad, et õhusaaste halvendab nende elukvaliteeti ($p < 0,05$). Võrreldes õhusaastest mitte-häiritutega on häiritute seas enam isikuid, kes kaebavad pikaajalist kõha ning kes on viimase 12 kuu jooksul üles ärganud kõhahoo või õhupuuduse tõttu, raskustundega rinnus või tundnud rinnus kiuneid ja vilinaid ($p < 0,05$). Viiendik ida-virumaalastest oli viimase nelja nädala jooksul tundnud välisõhus tihti või pidevalt ebameeldivat lõhna, mis on statistiliselt oluliselt enam kui Lääne-Virumaal ja Tartumaal.

Statistilisel analüüsil ilmnnes, et suuremal kokkupuutel fenooliga oli oluliselt kõrgem šans raskustundeks rinnus (šansside suhe OR = 1,44, 95% CI 1,03–2,00, fenooli sisalduse muutusel keskkvartiili kohta) ning pikaajaliseks kõhaks (OR = 1,48, 95% CI 1,06–2,07 fenooli sisalduse muutusel keskkvartiili kohta). Suurem kokkupuude nii peente kui eriti peente osakestega oli seotud suurema raskustundega rinnus, õhupuuduse ja astmahoo šansiga vastavalt 1,16 (95% CI 1,03–1,32), 1,16 (95% CI 1,01–1,34) ja 1,26 (95% CI 1,05–1,51) (šansside suhted ülipeente osakeste muutusel keskkvartiili kohta).

Kõige kõrgemad statistiliselt olulised šansside suhted ilmnesisid saasteainete seostel südameinfarkti või stenokardiaga. Benseeniga kokkupuute suurenemisel elukohas keskkvartiili võrra suureneb südameinfarkti raporteerimise šanss 1,98 (95% CI 1,11–3,53) korda ja fenooli puhul 2,17 (95% CI 1,23–3,83) korda.

Kõik statistiliselt olulised seosed jäid oluliseks, kui modelleeriti saasteainete sisaldused vaid põlevkivitööstusest johtuvate emissioonide põhjal. See viitab sellele, et põlevkivitööstusel on oluline roll nende haiguste riski suurenemisel. Samas teiste uuritud tervisekaebuste puhul statistiliselt olulisi seoseid ei ilmnunud ($p > 0,05$).

Kokkuvõttes näitas Orru et al. (2018) uuring, et tööstusliku õhusaastega piirkonnas elamine on seotud nii suurenenud tervisekaebuste kui ka kõrgema häirituse tasemega. Küll oli tegemist ristlabilõikelise uuringuga, mistõttu ei saa siit välja tuua selgeid põhjuslikke seoseid. Samas näitavad need tulemused vajadust integreerida keskkonna- ja rahvatervise poliitikatesse nii objektiivse saaste vähendamise meetmed kui ka kogukonna riskitaju ja heaolu käsitlevad lähenemised, et vähendada tööstuspiirkondade elanike tervisealast ebavõrdsust.

Idavain et al. (2020) uurimus käsitles vähi haigestumuse ajalisi trende, keskendudes eelkõige Ida-Virumaale kui Eesti suurimale tööstus- ja energeetikakeskusele. Uuringu eesmärk oli analüüsida, kas pikaajaline kokkupuude põlevkivitööstusega seotud keskkonnasaastega võib kajastada piirkondlikes erinevustes vähi haigestumuses võrreldes Eesti keskmiste näitajatega ning ka hinnata ajalisi muutusi.

Analüüs põhines Eesti Vähiregistri andmetel, mis võimaldas hinnata vähi esmahaigestumust soo, vanuserühma ja vähipaikmete lõikes pikema ajaperioodi vältel. Uuringus võrreldi Ida-Virumaa eri piirkondade (põlevkivi kaevandatud või töödeldud omavalitsused ning seda mitte teinud omavalitsused) vähihaigestumust ülejäänud Eestiga ning analüüsiti trende erinevate paikmete kaupa, pöörates erilist tähelepanu vähivormidele, mida varasem kirjandus on seostanud tööstusest pärinevate õhusaaste heidetega (nt kopsuvähk, ülemiste hingamisteede kasvaja, põievähk).

Aastatel 1992–2015 registreeriti Eestis kokku 51 525 ning Ida-Viru maakonnas 6 752 vähijuhtu. Üldine vähihaigestumus Ida-Virumaal on ajas muutunud sarnaselt riiklike trendidega, kuid mõnede vähipaikmete puhul ilmnisid piirkondlikud eripärad. Uuringus ilmnis meeste kõrgem kopsuvähi esinemissagedus põlevkivitööstuse piirkonnas võrreldes ülejäänud Ida-Virumaa omavalitsuste ning ka Eesti keskmisega. Samas on täheldatud langustrendi haigestumiskordajas (põlevkivitööstuse piirkonnas vähenes vanuse järgi standarditud haigestumuskordaja 28,9% ($p < 0,05$)), mis peegeldab tõenäoliselt lisaks õhusaaste tasemete vähenemisele ka muutusi tervisekäitumises. Samuti analüüsiti teiste potentsiaalselt keskkonnaga seotud vähivormide esinemist, kuid tulemused ei viidanud oluliselt kõrgematele näitajatele kõigi uuritud paikmete lõikes.

Metoodiliselt tugines uuring registripõhisele andmestikule, mis on oluline tugevus, kuna tagab suure valimi ja pikaajalise ajaperspektiivi. Samas oli metodoloogiliselt tegemist ökoloogilise uuringudisainiga² (epidemioloogilise uuringu tüüp) ehk teada oli vaid uuritavate omavalitsus ja puudusid täpsemad andmed uuritavate elukoha, töökoha ning tervisekäitumise kohta. Seega uuring ei võimaldanud otseselt mõõta (Idavain et al., 2020) üksikisikute tegelikku kokkupuudet saasteainetega ega eristada keskkonna- ja elustiilitegurite mõju.

Kokkuvõttes näitab uurimus, et kuigi põlevkivitööstuse piirkonnas esineb mõningaid erinevusi vähihaigestumuses võrreldes riigi keskmisega, ei ilmne üheselt selget ja laiapõhjalist tööstusreostusest

²Ökoloogiline uuring on epidemioloogiline uuring, kus analüüsiüksuseks on rahvastikurühm või piirkond ning uuritakse keskkonnategurite ja tervisenäitajate vahelisi seoseid rahvastiku, mitte üksikisiku tasandil.

tingitud vähi esinemissageduse suurenemist. Täheldatud mustrid on suuresti kooskõlas üldiste riiklike trendidega ning neid mõjutavad tõenäoliselt mitmed tegurid, sealhulgas sotsiaalmajanduslikud ja käitumuslikud riskid. Uuring rõhutas vajadust jätkata pikaajalist terviseaset piirkondades ning vajadust koguda täpsemaid andmeid, mis võimaldavad täpsemalt hinnata individuaalse keskkonnakokkupuute ja vähi tekkeriski seoseid (Idavain et al., 2020).

Biomonitoringud põlevkivitööstuse piirkonnas

Otsingu käigus leiti üks ülevaateuuring, mis käsitles eelnevalt läbi viidud biomonitoringuid põlevkivitööstuse piirkonnas (Orru et al., 2020/1). Antud artikkel põhines Eesti läbiviidud uuringul „Biomonitoringu läbiviimine põlevkivi sektoriga kokku puutuva elanikkonna seas (töötajad ja elanikud). Eeluuring – biomarkerite väljaselgitamine (alategevus 2.3.2.4)“ (Orru et al., 2020/2).

Orru et al. (2020/1) uurimuse eesmärk oli süstematiseerida senised biomonitoringu programmid, hinnata nende meetodilist arengut ning arutleda, kuidas biomonitoringut tulevikus tõhusamalt integreerida keskkonnatervise seiresse ja poliitikakujundamisse Ida-Virumaal. Inimbiomonitoring tähendab kemikaalide või nende metaboliitide mõõtmist inimese bioloogilistes proovides (nt veri, uriin, juuksed), võimaldades hinnata reaalselt kokkupuudet keskkonnasaastega.

Ilmnes, et varasemad biomonitoringu programmid Ida-Virumaal on olnud keskendunud eeskätt tööstuslike saasteainete markeritele, sealhulgas polüaromaatsete süsivesinike (PAH) metaboliitidele uriinis ja raskmetallide tasemetele veres, hõlmates nii täiskasvanuid kui ka lapsi. Tulemused on üldiselt näidanud, et teatud saasteainete nagu plii ja kaadmiumi puhul võis Ida-Virumaa lastel ja täiskasvanutel täheldada kõrgemaid kontsentratsioone võrreldes vähem tööstuslike piirkondadega. Samas mitmete teiste raskmetallide puhul ei olnud saastetasemed Ida-Virumaa elanikes alati kõrgemad, viidates suuremale kokkupuutele toidu kaudu (näiteks elavhõbe Lääne-Eestis, mis tulenes tõenäoliselt Läänemere kalade söömisest).

Orru et al., (2020/1) uuring rõhutas biomonitoringu kui tööriista olulisust keskkonnariskide hindamisel, kuna erinevalt õhu- või pinnaseproovide analüüsist peegeldab biomonitoring individuaalset kokkupuudet, arvestades nii sissehingamist, allaneelamist kui ka naha kaudu imendumist. Samuti võimaldab see hinnata erinevate kokkupuuteallikate koostoimet. Käesoleval hetkel (aastatel 2024–2027) on Eestis käimas suuremahuline biomonitoringu uuring „Biomonitoringu läbiviimine põlevkivi sektoriga kokkupuutuva elanikkonna seas (töötajad ja elanikud)“, kus eeldatavalt 500 uuritavat tuleb Ida-Virumaalt.

Põlevkivitööstuse tervisemõjude hindamised

Lisaks eelpool kirjeldatud epidemioloogilistele uuringutele on põlevkivitööstuse mõju hinnatud tervisemõjude hindamiste kaudu. Uuringus „Valdkondlike stsenaariumidega eeldatavalt kaasneva õhusaaste põhjustatud tervisemõju muutuste hindamine kasutades saasteindikaatorina ülipeente osakeste sisaldusi ENMAK 2030+ raames“ hinnati muuhulgas põlevkivitööstusest pärineva õhusaaste mõju tervisele (Orru, 2014). Ilmnes, et 2012. aastal põhjustas elektri tootmine Ida-Virumaal hinnanguliselt 19,9 varajast surma, millele lisandus 4,7 varajast surma põlevkivi töötlemise tõttu. Kuigi võrreldes muude õhusaasteallikatega, nagu transport, kodused küttekolded, kaugküte jm soojamajandus on elektri ja põlevkiviõli tootmise mõju üle-eestiliselt väike (~8% kogumõjust), on see kontsentreerunud Ida-Virumaale, kus see andis 2012. aastal 56 % kaotatud eluaastatest ning hinnati, et aastaks 2030 võiks see halvima stsenaariumi korral suurenedagi 59 %-ni.

Sarnaselt on tervisemõju hinnatud uuringus „Välisõhu kvaliteedi mõju võrdlus inimeste tervisele Eestis aastatel 2010 ja 2020 ning õhusaaste tervisemõjude prognoos aastaks 2030“ (Orru et al., 2022). Selle raames hinnati kodustest küttekolletest tuleneva saaste ja liiklusest tulenevate heitgaaside, liiklusest tuleneva teetolmu ning muudest allikatest, s.h tööstussaastest, tulenevat tervisemõju. Suhteliselt oli muude allikate tervisemõju suurim Ida-Virumaal, kus see moodustas 2020. aastal 28,7 varajast surma, mis moodustab peaaegu viiendiku kogumõjust. Samas oli see osakaal oluliselt väiksem kui Orru et al. (2014) teostatud uuringus. See viitab sellele, et tervisemõjude hindamise meetodika on tundlik sisendandmete, millest üks olulisemaid on õhusaastega kokkupuude, mis omakorda sõltub õhusaaste heitkoguste andmestikust. Küll on mõlemas uuringus hinnatud tööstussaaste (esimesel juhul vaid põlevkivitööstuse, teisel juhul kogu Ida-Virumaa tööstuse) tekitatud juhtude arvud sarnased: vastavalt 24,6 ja 28,7 varajast surma aastas. Kokkuvõttes kinnitavad mõlemad uuringud, et kuigi põlevkivi- ja muu tööstussektori panus õhusaaste kogumõjusse võib riigi tasandil olla suhteliselt väiksem kui liiklusest ja kodustest küttekolletest, on selle mõju Ida-Virumaal märkimisväärne ning kujutab endast püsivat ja olulist rahvatervise probleemi. Ida-Virumaa tööstusest tuleneva õhusaaste kuludeks ühiskonnale (väliskuludeks) on hinnatud 2020. aastal 11,9 miljonit eurot, millest 2/3 tekib Narvas ja Kohtla-Järvel.

Kokkuvõte ja järeldused

Käesolev kaardistav ülevaade andis ülevaate viimase kümne aasta jooksul Eestis läbi viidud teadusuuringutest, mis käsitlevad põlevkivitööstusega seotud tervisehäiringuid. Analüüsi kaasati uuringud, mis hõlmasid nii epidemioloogilisi uuringuid, registripõhist analüüsi, biomonitoringuid kui ka tervisehäiringute hindamisi.

Tulemused näitavad, et põlevkivitööstusest pärinev õhusaaste mõju avaldub eelkõige Ida-Virumaal. Leitud on seoseid põlevkivitööstusest pärineva õhusaaste ja ebasoodsate sündimuste (enneaegsus, madal sünnikaal), laste hingamisteede haiguste sh astma ja hingamisteede põletikuliste haiguste tõusu, täiskasvanute hingamisteede kaebuste ning südame-veresoonkonnahaiguste suurema esinemise vahel. Vähihaigestumuse osas ei ilmnenud üheselt laiapõhjalist tööstusreostusest tingitud tõusu, kuid meeste kopsuvähi puhul täheldati ajalooliselt suuremat haigestumist põlevkivitööstuse piirkonnas. Biomonitoringu uuringud kinnitavad, et Ida-Virumaa elanikel võib esineda kõrgem kokkupuude mõnede tööstuslike saasteainetega.

Täiendavalt uuringusse kaasatud tervisehäiringute hindamised näitavad, et kuigi riigi tasandil on põlevkivitööstuse panus õhusaaste kogumõjusse väiksem kui näiteks liikluses või kodustel küttekolletel, on mõju regionaalselt tugevalt kontsentreerunud ning põhjustab Ida-Virumaal olulise osa enneaegsetest surmadest (1,3% kogusuremusest, Orru et al. 2022 andmetel) ja kaotatud eluaastatest, millel on omakorda märkimisväärne rahaline kulu ühiskonnale. Viimase kümne aasta jooksul on vähenenud nii põlevkivi kasutus kui ka trend põlevkivi kasutamiseks põlevkiviõli tootmiseks elektrienergia tootmise asemel (Rohetiiger, 2025). Võrreldes energiatootmisega on õli tootmisel tekkivad saasteainete kogused küll väiksemad, ent ka põlevkiviõli tootmisel on oluline mõju tervisele: ENMAK hinnangutes projetteeriti, et suurenev põlevkiviõli tootmine ja sellest tulenev peenosakeste õhusaaste tekitab aastal 2030 kuni 14,0 varajast surma.

Küll oli enamik kaasatud epidemioloogilistest uuringutest ristlääbilõikelise või ökoloogilise disainiga (*vt definitsioone lk 8 ja 13*), mis piirab põhjuslike järelduste tegemist. Samas viitab olemasolev tõendusmaterjal sellele, et põlevkivisektorist pärinev õhusaaste on seotud mitmete ebasoodsate tervisehäiringutega. See koos sotsiaalmajanduslike probleemidega süvendab regionaalset tervisehäiringute riski, mida näitab oluliselt lühem oodatav eluiga ja väiksem tervena elatud eluaastate arv Ida-Virumaal võrreldes Eesti keskmisega.

Soovitused

Arvestades seoseid põlevkivitööstuse õhusaaste ning ebasoodsate sünnitulemuste ning hingamisteede ja südame-veresoonkonna haiguste vahel, tuleks prioriteediks seada põlevkivitööstuse heitmete edasine vähendamine. See peaks hõlmama jätkuvat tootmis- ja puhastustehnoloogiate uuendamist. Samuti tuleks kiirendada üleminekut mitte-saastavatele energiatootmise lahendustele, mis vähendab piirkondlikku saastekoormust ja tervise ebavõrdsust. Praeguses olukorras tarbitakse Ida-Virumaal toodetud elektrit üle Eesti, põlevkiviõli üle maailma, ent tervisemõjud tekivad Ida-Virumaal.

Uuringud on näidanud, et tervisemõjude uuringute tulemused on tundlikud saasteainetega kokkupuute hindamise täpsuse suhtes. Seetõttu on vajalik täpsemalt hinnata tööstusest tulenevaid heiteid (nii meie eelnevad tööd kui ka Riigikontroll on viidanud heitkoguste alaraporteerimisele), mis võimaldab parendada hajumismudelite täpsust. Võiks olla ka enam mõõtekampaaniaid Ida-Virumaa eri paigus, mis võimaldab laialdasemat hajumismudelite valideerimist: sellega paraneb jällegi saasteainetega kokkupuute hindamise täpsus. See on vajalik ka käimas oleva biomonitoringu uuringu jaoks, kus kogutakse vere, uriini ja juukse proovid kokku 500 Ida-Virumaa elanikult ning analüüsitakse nendes muuhulgas polüaromaatsete süsi-vesinike (PAH) metaboliite, raskmetalle, benseeni jt orgaanilisi saasteaineid. Kogutud andmed ja uuritavate sidumine terviseregistritega võimaldab luua pikaajalise kohordi, mille abil hinnata põhjuslikke seoseid ning jälgida tervisemuutusi. See aitab ületada ristläbilõikeliste ja ökoloogiliste uuringute piiranguid.

Kuna uuringud viitavad selgelt rasedusaegsele ja laste hingamisteede tervise haavatavusele Ida-Virumaal, tuleks kujundada sihitud sekkumised rasedatele, imikutele ja koolilastele, näiteks tervisekontrolli programmid, õhusaaste riskiteavitus, koolide ja lasteaedade õhukvaliteedi parandamise meetmed (nt kodude ventilatsioonilahenduste toetamine (lisaks õhukvaliteedi üldisele parandamisele)). See aitaks vähendada regionaalset terviseebavõrdsust ning ennetada pikaajalisi tervisekahjusid.

Arvestades, et põlevkivitööstuse tervisemõjud on Ida-Virumaal olulised, tuleks regulaarselt hinnata õhusaaste mõju tervisele ja elukvaliteedile (probleemiks võib olla ka ebameeldiv lõhn) ning nendega seotud väliskulusid. Vajalik oleks Tervisekassa andmete regulaarne analüüs koos keskkonnaandmetega, mis võimaldaks varakult tuvastada negatiivseid trende ning reageerida ennetavalt. Oluline on majanduslike stiimulite kasutamine saaste vähendamiseks ning tervisemõjude arvestamine energiapoliitilistes otsustes (tuuleenergia, tuumaenergia, gaasijaamad, päikesepargid jne). Ettevõtted peaks alati täitma keskkonna-

nõudeid ja mitte taotlemata nende täitmiseks lisaiega (selle vältel saab kahjustada elanike tervis). Oluline on suunata Ida-Virumaale lisaressursse ja jätkata õiglase üleminekuga ka peale 2029. aastat.

Kasutatud kirjandus

- Chang, W. W., Boonhat, H., & Lin, R. T. (2020). Incidence of Respiratory Symptoms for Residents Living Near a Petrochemical Industrial Complex: A Meta-Analysis. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(7). <https://doi.org/10.3390/IJERPH17072474>
- Dahal, U., Veber, T., Åström, D. O., Tamm, T., Albrecht, L., Teinmaa, E., Orru, K., & Orru, H. (2022). Perinatal Health Inequalities in the Industrial Region of Estonia: A Birth Registry-Based Study. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(18). <https://doi.org/10.3390/IJERPH191811559/S1>
- Idavain, J., Julge, K., Rebane, T., Lang, A., & Orru, H. (2019). Respiratory symptoms, asthma and levels of fractional exhaled nitric oxide in schoolchildren in the industrial areas of Estonia. *The Science of the Total Environment*, 650(Pt 1), 65–72. <https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2018.08.391>
- Idavain, J., Lang, K., Tomasova, J., Lang, A., & Orru, H. (2020). Cancer Incidence Trends in the Oil Shale Industrial Region in Estonia. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(11). <https://doi.org/10.3390/IJERPH17113833>
- Khoshakhlagh, A. H., Mohammadzadeh, M., Gruszecka-Kosowska, A., & Oikonomou, E. (2024). Burden of cardiovascular disease attributed to air pollution: a systematic review. *Globalization and Health* 2024 20:1, 20(1), 37-. <https://doi.org/10.1186/S12992-024-01040-0>
- Orru, H. (2014). *Valdkondlike stsenaariumidega eeldatavalt kaasneva õhusaaste põhjustatud tervisemõju muutuste hindamine kasutades saaste-indikaatorina ülipeente osakeste sisaldusi ENMAK 2030+ raames.* https://energiatalgud.ee/sites/default/files/images_sala/0/02/Orru%2C_H._ENMAK_2030._%C3%95husaaste_tervisem%C3%B5ju.pdf
- Orru, H., Idavain, J., Pindus, M., Orru, K., Kesanurm, K., Lang, A., & Tomasova, J. (2018). Residents' Self-Reported Health Effects and Annoyance in Relation to Air Pollution Exposure in an Industrial Area in Eastern-Estonia. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 2018, Vol. 15, 15(2). <https://doi.org/10.3390/IJERPH15020252>

- Orru, H., Teinemaa, 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>
- Orru, H., Veber, T., Julge, K., Rebane, T., Muusikus, M., Maasikmets, M., Sikk, A., Sudakova, D., Tamm, T., Parsova, D., Lukk, M., Aidla, K., Albreht, L., Ruut, J., & Tomasova, J. (2019). *Metoodika väljatöötamine ja rakendamine välisõhuseisundi ning lapsee astma ja teiste allergiahaiguste vaheliste seoste leidmiseks põlevkivitööstusest mõjutatud aladel-METRAK Lõpparuanne*. https://www.terviseamet.ee/sites/default/files/documents/2025-01/metrak_lopparuanne.pdf
- Orru, H., Viitak, A., Herodes, K., Veber, T., & Lukk, M. (2020/1). Human Biomonitoring in the Oil Shale Industry Area in Estonia—Overview of Earlier Programmes and Future Perspectives. *Frontiers in Public Health*, 8, 582114. <https://doi.org/10.3389/FPUBH.2020.582114/BIBTEX>
- Orru, H., Viitak, A., Herodes, K., Veber, T., & Lukk, M. (2020/2). *Biomonitoringu läbiviimine põlevkivi sektoriga kokku puutuva elanikkonna seas (töötajad ja elanikud). Eeluring-biomarkerite väljaselgitamine (alategevus 2.3.2.4). Lõpparuanne*. https://www.terviseamet.ee/sites/default/files/documents/2025-01/Biomonitoringu_l%C3%A4biviimine_p%C3%B5levkivi_sektoriga_kokku_puutuva_elanikkonna_seas.pdf
- Põlevkivisektori tervisemõjude uuring. (2015). https://www.terviseamet.ee/sites/default/files/documents/2025-01/0_Polevkivisektori_tervisemojude_uuringu_sisukokkuvote.pdf
- Raukas, A., & Punning, J. M. (2009). Environmental problems in the Estonian oil shale industry. *Energy & Environmental Science*, 2(7), 723–728. <https://doi.org/10.1039/B819315K>
- Rohetiiger. (2025). Rohetiigri Maakasutuse teekaart 2040. <https://maakasutus.rohetiiger.ee/wp-content/uploads/Rohetiiger-maakasutuse-teekaart-1.pdf>

Veber, T., Dahal, U., Lang, K., Orru, K., & Orru, H. (2022). Industrial Air Pollution Leads to Adverse Birth Outcomes: A Systematized Review of Different Exposure Metrics and Health Effects in Newborns. *Public Health Reviews*, 43. <https://doi.org/10.3389/PHRS.2022.1604775>