



# Vähihaigestumus ja põlevkivisektori võimalikud mõjud: ökoloogiline uuring

JANE IDAVAIN, HANS ORRU, KATRIN LANG

Projekti rahastas SA Keskkonnainvesteeringute Keskus



KESKKONNAINVESTEERINGUTE  
KESKUS

## Sisukord

SISSEJUHATUS .....	2
Eelnevad põlevkivisektoris läbiviidud vähiuuringud .....	2
Vähi põhjused.....	4
Bronhi ja kopsu pahaloomuline kasvaja.....	4
Kõri pahaloomuline kasvaja .....	4
Naha muud pahaloomulised kasvajakad .....	5
Neeru (v.a neeruvaagna) pahaloomuline kasvaja .....	5
Maksa ja maksasiseste sapijuhade pahaloomuline kasvaja .....	5
Kusepõie pahaloomuline kasvaja .....	5
Mitte-Hodgini tüüpi lümfoom .....	6
Leukeemia .....	6
Radoon .....	6
METOODIKA .....	7
Ökoloogiline uuring .....	7
Vähki haigestumuse andmed ning uuritud vähipaikmed.....	7
Vähi haigestumuskordajate leidmine.....	8
Omavalitsuste grupeerimine .....	8
Radoon .....	8
TULEMUSED.....	10
Põlevkivi kaevandusmahud .....	10
Vähahaigestumus .....	11
Bronhi ja kopsu pahaloomuline kasvaja.....	11
Radoon kui oluline kopsuvähirisk Ida-Virumaal .....	12
Kõri pahaloomuline kasvaja .....	14
Naha muud pahaloomulised kasvajakad .....	15
Maksa ja maksasiseste sapijuhade pahaloomuline kasvaja .....	16
Neeru (v.a neeruvaagna) pahaloomuline kasvaja .....	17
Kusepõie pahaloomuline kasvaja .....	19
Mitte-Hodgkini tüüpi lümfoom .....	20
Leukeemia .....	22
UURINGU PIIRANGUD .....	23
KOKKUVÕTE.....	24
KASUTATUD KIRJANDUS.....	25

## SISSEJUHATUS

Vähk on üldnimi organismi paljudele erinevatele halvloomulistele kasvajatele. Põhimõtteliselt tähendab vähk raku kasvamise normaalsete protsesside häiret, mille tagajärjel hakkab rakk kontrollimatult kasvama. Vähk võidakse liigitada ka inimese pärilikkusest tulenevaks DNA muutusi põhjustavaks sündmuste ahelaks.

Vähihaigus on üpris tavaline. Eestis haigestub igal aastal vähki umbes 6 000 inimest ning esmahaigestumiste arv tasapisi kasvab. Selle peamiseks põhjuseks on ühelt poolt inimeste pikaealisus ning lisaks hakkavad suured vanusegrupid peale sõda sündinud inimesi jõudma ikka, mil sageneb ka haigestumine erinevatesse tõvedesse, sealhulgas vähki. Kõige enam diagnoositakse vähki üle 60-aastastel inimestel, kuid vähki esineb ka lastel, noortel ja keskealistel.

Kuigi kõiki vähi põhjuseid ei tunta, on aga mõned olulised põhjused ammu teada. Teatakse, et suitsetamine ja radoon põhjustavad kopsuvähki, ülemäärane ultraviolettkiirgus nahavähki, asbestitoolm kopsu- ja bronhivähki. Teatakse ka, et mitte kõik inimesed, kes suitsetavad, saavad liialt päikesekiirgust või puutuvad kokku asbestiga, ei haigestu vähki. Tänapäeval arvataksegi, et vähk on keerulise, koos mõjuvate tegurite ahela lõpptulemus. Rakkudes võib olla eelsoodumus vähi pärilikel põhjustel olemas. Seda omakorda võimendavad mitmed vähi teket soodustavad keskkonnategurid, milledest üheks võib olla põlevkivisektorist johtuv keskkonnasaaste.

Antud uuringu eesmärk on vaadelda vähi haigestumust põlevkivisektori saastega kokku puutuvates ning mitte kokku puutuvates piirkondades viimase 18. aasta vältel ning diskuteerida erinevate põhjuste üle, mis on seda võinud mõjutada.

### Eelnevad põlevkivisektoris läbiviidud vähiuuringud

Ülevaade eelnevatest põlevkivisektoris läbiviidud vähiuuringutest on toodud „Põlevkivisektori tervisemõjude uuringu“ kirjanduse ülevaates (Orru et al., 2014).

Sellest selgus, et eelnevad andmed aastatel 1971–1981 ei erinenud põlevkivibasseinis halvloomulistesse kasvajatesse haigestumuse standardiseeritud näitajad statistiliselt oluliselt ( $p > 0,05$ ) riiklikust tasemest nii kõikide lokaliseerimiste kui peamiste lokaliseerimiste (kopsud, magu, nahk) kohta põlevkivibasseini vastavatest näitajatest aastatel 1969–1971. Seega antud 4519 inimest kaasanud epidemioloogilises uuringus põlevkivikeemia ja –energeetika tööstuse kantserogeenset mõju ei leitud (Etlin, 1989).

Samas hilisemates uuringutes on arvatud, et põlevkivisektor võiks siiski olla seotud suurema vähiriskiga (Hemminki ja Veidebaum, 1989). Enamus sellest teadmisest rajaneb töökeskkonnas läbi viidud mõõtmistel ja biomonitoringu andmetel. Lisaks on teada, et mitmed Ida-Virumaa (põlevkivi)-tööstusele omased saasteained nagu benseen, formaldehüüd ja peened osakesed on inimesele kindlalt kantserogeensed (Rahvusvahelise Vähiuuringute Agentuuri järgi kuuluvad gruppi 1).

Nii on eelnevates uuringutes Eestis leitud, et benseeni kontsentratsioon oli kaevandustes kaks korda kõrgem kui mõnes teises tootmisüksuses. Kuna kaevanduste ventilatsioonüsteemid olid nõrgad ning kaevandustest toimub tooraine käitlemine diiselkütust kasutavate masinatega, oli kaevanduse töötajatel benseeniga kokkupuude tunduvalt suurem kui töötajatel, kelle töökoht asus maa peal (Sørensen *et al.*, 2004). Hiljutistes suurtes kohortuuringutes USAs on leidnud kindlat tõestust seosed suurema diiselkütuse heitgaasidega kokkupuute ning kõrgema kopsuvägi ja selle allvormide haigestumuse vahel (Attfield *et al.* 2012; Gamble *et al.*, 2012).

Töötamine Eesti kaevanduses ja põlevkivitööstuses on põhjustanud ka DNA kahjustusi (Knudsen *et al.*, 2005) ning mitmeid muutusi biomarkerite sisaldustes nagu s-PMA ja t,t-MA hapete mõõtmistulemuste kõrgemad väärtused (Kivistö *et al.*, 1997; Sørensen *et al.*, 2004) ning 5-aminolevuleenhappe (ALH) suuremat aktiivsust (Muzyka *et al.*, 2004). Lisaks olid need näidud tunduvalt suuremad suitsetavatel kaevanduse töötajatel (65% kaevanduse töötajatest olid nende uuringute alusel suitsetajad) (Sørensen *et al.*, 2004; Muzyka *et al.*, 2004). Diiselmootorite heitgaasidega kokkupuude põhjustas ka heemi sünteesi muutusi, mille tulemuseks oli ALA ja PP kuhjumine kaevurite lümfotsüütides (Muzyka *et al.*, 2004). Lisaks märgiti, et diisli heitgaasidega kokkupuutuvate töötajate tervis sõltub üldiselt sellest, kui kaitsev on nende organism ja milline on kokkupuute tase (Muzyka *et al.*, 2002, 2004). Samas vereplasmas olevad vähile iseloomulikud *ras* (p21) valgud seost benseeniga ei andnud (Anderson *et al.*, 1999).

Avastatud on selge korrelatsioon ALH suurenemisega kehas ning maksavähi vahel (Monteiro *et al.*, 1991). ALH sisalduse kasv võib viidata immuunmehhanismide nõrgenemisele ekspositsioonil põlevkivitööstuse saatele, mis põhjustab olulisi häireid heemi süsteesis ja ainevahetuses (Pille jt., 2004). Biomonitoringu käigus on uuritud ka koksiahju töötajate kuseteede metaboolsete ensüümide geneetilise polümorfismi mõju mutageensusele, mõõtes 1-hüdroksüpüreeni (1-OHP) kontsentratsiooni kuseteedes ning valgete vereliblede aromaatsid DNA adukte. Eesti töötajad olid Soome töötajatest ligi 5 korda enam eksponeeritud, kuna püreeni hulk töötajate õhus oli keskmiselt 8,1  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  ning keskmine B(a)P kontsentratsioon oli 5,7  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (Kuljukkanen *et al.*, 2002). Uuringutes on leitud ka nii kaevuritel kui ka keemiatehase töötajatel nahal benso(a)püreenist (B(a)P) põhjustatud kahjustusi (Sørensen *et al.*, 2004).

Lisaks on Eestis leitud põlevkivisektorist pärineval saastatusel genotoksilist mõju (näiteks Kahn *et al.*, 1986; Pruul *et al.*, 1996).

## Vähi põhjused

Vähkkasvaja tekib erinevate põhjuste koosmõjul ning ühest selgepiirilist põhjust on tavaliselt raske tuua. Kinnitust on leidnud, et nii kopsuvähi, kusepõievähi, kõrivähi kui neeruvähi korral on peamiseks vähi tekitajaks suitsetamine. Neeruvähi korral ka rasvumine. Radooni peetakse teiseks kopsuvähi põhjustajaks suitsetamise järel. Kahe kahjuliku teguri koosmõju (radoon ja suitsetamine) suurendavad vähki haigestumuse riski. Alates 2013. aastast on Rahvusvaheline Vähiuuringute Keskus (*International Agency for Research on Cancer, IARC*) lisanud õhusaaste (peened osakesed ja transpordist tingitud saastatus) kui üheks olulisemaks keskkonnast tulenevaks vähkkasvaja tekitajaks.

Antud uuringu vähkkasvajate paikmete valim (vt järgnevalt välja toodud paikmete nimetusi) on koostatud eelnevalt kirjanduses uuringutega kinnitust leidnud erinevate vähijuhtude esinemissagedusest nii põlevkivi kui ka nafta töötlemise jm tootmise sektoris (Twort, Ing, 1928; Hueper, 1953; Smith, Witschi, 1983; IARC, 1985; Miller *et al.*, 1986; Seldén, 1986; Wilson, Holland, 1988; Sans *et al.*, 1995; Wilkinson *et al.*, 1999; Petruskaite *et al.*, 2002; Belli *et al.*, 2004; Tsai *et al.*, 2004; Edwards *et al.*, 2006; Simonsen *et al.*, 2010). Järgnevalt kirjeldatakse lühidalt iga paiget ja tuuakse välja keskkonnateguritega eelnevalt seostatud põhjused.

### Bronhi ja kopsu pahaloomuline kasvaja

Kopsuvähi all mõeldakse kasvajarakkude kontrollimatut kasvumist ühes või mõlemas kopsus. Vähk tekib mitme aasta või isegi aastakümnete jooksul rakkudes toimuvate muutuste tõttu. Tihti on tekkepõhjused kombineeritud, osadel juhtudel võib olla tegemist geneetilise eelsoodumusega, millele lisanduvad muud tervist kahjustavad tegurid.

Keskkonnateguritest on bronhi ja kopsu pahaloomuliste kasvajatega seostatud suitsetamist, loodusliku radooni olemasolu, asbesti, õhu saastatust, diiselmootori heitgaase.

### Kõri pahaloomuline kasvaja

Kõri pahaloomulise kasvaja all mõeldakse peamiselt kõri piirkonna erinevaid pahaloomulisi kasvajaid. Nagu paljude teiste kasvajate puhul, pole ka kõrivähi tekkemehhanism praeguseks täiesti välja selgitatud. Kõige rohkem esineb kõrivähki kõripealise piirkonnas (seal, kus on anatoomiline ühendus söögitoru ja hingetoru vahel).

Keskkonnateguritest on kõri pahaloomulise kasvajaga seostatud suitsetamist ja liigset alkoholi tarbimist, kokkupuudet asbesti, puutolmu propüülalkoholi ja tekstiilitööstuse kemikaalidega.

## Naha muud pahaloolumised kasvadjad

Nahakasvadjad on kõige sagedasemini esinevad vähivormid (maailmas diagnoositud kõikidest vähijuhtudest on iga kolmas nahavähk), mis tekivad naha pindmise kihi, epidermise rakkudest. Esineb kolme tüüpi nahavähki: basaalrakk nahavähk, lamerakk nahavähk, melanoom. Kõikidest nahavähi juhtudest umbes 80% on basaalrakk nahavähk, 10% lamerakk nahavähk ja 10% melanoom. Eestis on aastas 800-900 esmast nahavähi juhtu, nendest ~130 on melanoomi esmasjuhud. Kuna aga melanoomi on seostatud eeskätt ultraviolettkiirguse, mitte aga muu keskkonna saastusega, jäeti melanoom käesolevast analüüsist välja.

Keskkonnateguritest on naha muude pahaloolumiste kasvadjatega seostatud lisaks ultraviolettkiirgusele ka suitsetamist, inimese papilloomviirust, arseeni ning tõrvas, õlis ja söes olevaid süsivesinikke.

## Neeru (v.a neeruvaagna) pahaloolumine kasvaja

Neeruvähk on neerukoest lähtunud pahaloolumine kasvaja. Kõige sagedasem neeruvähi vorm on neerurakuline kartsinoom. Keskkonnateguritest on neeru pahaloolumiste kasvadjatega seostatud suitsetamist, rasvumist, C- hepatiiti.

## Maksa ja maksasiseste sapijuhade pahaloolumine kasvaja

Maksa ja maksasiseste sapiteede vähk, tähendab seda, et kasvaja asub maksas ja seal olevates sapiteedes. Peamiseks riskifaktoriks maksavähi tekkel on maksatsirroos, mis on alkoholi liigtarbimise või B-hepatiidi tagajärjel tekkinud. Teisel kohal riskitegurite hulgas on maksa parasitaarsed haigused (malaaria jt) ja alkoholism koos alatoitumusega.

Keskkonnateguritest on maksa ja maksasiseste sapijuhade pahaloolumist kasvajat seostatud alfa-toksiinidega (mürgised seened, mis tekivad teraviljadel, kaunviljadel, pähklitel).

## Kusepõie pahaloolumine kasvaja

Üle 90% kusepõievähkidest areneb kuseteede seinu katvas koes (sarnaselt ka neeruvaagnas, kusejuhades, kusitis), sellist kasvajat nimetatakse transitoorakuliseks ehk uroteliaalseks kartsinoomiks. Teistest kasvajatüüpidest võib kusepõies esineda veel adenokartsinoom, mille teket seostatakse pikaajaliste -ja sagedaste põletike ning kroonilise ärritusega ning lamerakuline vähk, mille riskifaktorid on sarnased adenokartsinoomile. Ülemaailmselt on kusepõievähk kuues enamlevinud vähkkasvaja. Mehed haigestuvad üle kahe korra sagedamini kui naised. Haigestumus sageneb vanemas eas eriti üle 65-aastaste inimeste hulgas, 5% esineb alla 45-aastaste seas. Keskkonnateguritest on kusepõie pahaloolumise kasvadjaga seostatud suitsetamist, osasid tööstuslikke toorained nagu aromaatsed amiinid, nitrosoamiinid ja bensidiin.

## Mitte-Hodgini tüüpi lümfoom

Mitte-Hodgini lümfoom on rühm erinevaid lümfaatilisi kasvajaid, kuhu kuuluvad erinevad lümfoomi vormid. Mitte-Hodgini lümfoomid jagatakse kaheks peamiseks vormiks: (1) B-rakulised lümfoomid (arenevad ebanormaalsest B-lümfirakkudest) ja (2) T-rakulised lümfoomid (arenevad ebanormaalsest T-lümfirakkudest).

Keskkonnateguritest on mitte-Hodgini lümfoomi seostatud benseeni, PCBde ja dioksiinidega.

## Leukeemia

Leukeemia on vere ja luuüdi vähk. Vähi ja nõrgenenud immuunsüsteemi tõttu saavad geneetiliselt muteerunud valged verelibled kontrollimatult paljuneda, võttes sellega ära teiste rakkude eluruumi. Olenevalt sellest, mis tüüpi valged verelibled muteeruvad ja seega vähirakuks muutuvad, saab eristada erinevaid leukeemia vorme. Igal juhul muutub vere koostis haiguse tulemusel nii palju, et see võib olla eluohtlik. Leukeemiat on nelja vormi: (1) akuutne ehk äge lümfoidne leukeemia, (2) krooniline lümfoidne leukeemia, (3) akuutne ehk äge müeloidne leukeemia ja (4) krooniline müeloidne leukeemia.

Keskkonnateguritest on leukeemiat seostatud ioniseeriva kiirguse, benseeni ja naftakeemiaga.

## Radoon

Radoon on keskkonnas esinev loodusliku päritoluga värvitu, lõhnatu ja maitsetu radioaktiivne mürkgaas. Radoon tekib maapinnas ja kivimites asuva uraani radioaktiivse lagunemise tulemusena. Oma gaasilise oleku tõttu liigub radoon vabalt pinnases ning võib tungida pragude kaudu hoonetesse. Eriti ohtlik on radoon kaevanduses töötavate inimeste jaoks.

Pikaajaline elamine ja töötamine suure radoonikontsentratsiooniga elamutes põhjustab kopsuvähki haigestumise tõenäosuse kasvu. Riski suurus sõltub radooni kontsentratsioonist ning perioodist, mille vältel on mingis hoones elatud. Kõrgenenud riskiks kopsuvähki haigestumisel on kõrge radooni sisalduse juures ka siseruumides suitsetamine (IARC, 2012).

Radoon on maailmas number üks kopsuvähi põhjustaja. USAs haigestub radooni põhjustatud kopsuvähki aastas 22 000-25 000 inimest. Kopsuvähk on ka Eestis kõige sagedasem vähivorm, mis põhjustab 21% kõigist vähisurmajuhtudest. Eesti Vähiregistri andmeil registreeritakse igal aastal keskmiselt 700 uut kopsuvähijuhtu. Vastavalt Karolinska Instituudi epidemioloogilisele uuringule radoonist tuleneva kopsuvähiriski kohta teostati sarnane uuring ka Eestis, millest selgus, et radoon põhjustab 12% ehk ligikaudu 90–100 uut kopsuvähijuhtu aastas. Keskmiselt radooni põhjustatud 95 juhust vaid 13% oli seotud mitte suitsetajatega (Pahapill, 2003).

## METOODIKA

### Ökoloogiline uuring

Epidemioloogia on teadusharu, mis uurib inimesi, rahvastikurühmi ja nende haigusi: haigestumist, põhjusi ja tagajärgi, ja haiguste võimalikku kontrolli all hoidmist. Seoste uurimisel omavad tähtsust järgmised terminid: ekspositsioon ehk kokkupuude – tegur, mille seost meid huvitava terviseseisundi või tervisesündmusega me uurime ja tulem – terviseseisund või tervisesündmus, mille vastu me huvi tunname. Põlevkivitööstuse võimalike mõjude uurimisel rahvastikus on ekspositsiooniks kas elu- või töökeskkonnast tulev kokkupuude põlevkiviga seotud kahjulike ainetega ning tulemiks mingi haigus, näiteks vähkkasvaja. Oluliseks teguriks ekspositsiooni mõju uurimisel on ekspositsiooni aeg ehk siis antud olukorras põlevkiviga seotud kahjulike ainetega kokkupuutumise aeg.

Keskkonnaepidemioloogias on kasutusel ka uuringud, mis võrdlevad ekspositsiooni ja tulemi esinemist rühma tasandil, analüüsi ühikuks on rühm. Neid nimetatakse ökoloogilisteks uuringuteks. Ökoloogilised uuringud kasutavad sageli rutiinselt kogutud andmeid. Nad on sobivad esimese etapina võimaliku põhjusliku seose selgitamiseks. Ökoloogilist uuringut peetakse sobivaks meetodiks rühma tasemel toimivate tegurite uurimisel. Ka elu- ja töökeskkonnast tulenev ekspositsioon toimib rühmatasandil ning see asjaolu muudab antud uuringukavandi selles kontekstis sobivaks.

### Vähki haigestumuse andmed ning uuritud vähipaikmed

Vähiuuringu teostamiseks Ida-Virumaal on kasutatud Eesti Vähiregistri andmeid. Vähijuhtudest teatamine antud registrisse on kohustuslik kõigile Eestis töötavatele arstidele, kes diagnoosivad või ravivad vähki. Uuringu alguseks võeti aasta 1992 ehk Eesti taasiseseisvumine, kuna meie analüüs käib valdade kohta. Enne seda oli haldusjaotus teine ning andmete saamine sellisel tasemel raskendatud. Vähiregistris olid uuringu tegemise ajal korrastatud andmed järjepidevalt olemas kuni aastani 2009.

Vähiregistri ökoloogilises uuringus võeti arvesse inimese vähki haigestumise aasta (1992–2009) ning analüüsiti erinevaid pahaloomuliste kasvajate paikmeid (klassifikatsiooni kood(id) johtuvalt Rahvusvahelisest Haiguste Klassifikaatorist (RHK 10):

- maksa ja maksasiseste sapijuhade pahaloomuline kasvaja [C22],
- kõri pahaloomuline kasvaja [C32],
- bronhi ja kopsu pahaloomuline kasvaja [C34],
- naha muud pahaloomulised kasvavad [C44],
- neeru (v.a neeruvaagna) pahaloomuline kasvaja [C64],
- kusepõie pahaloomuline kasvaja [C67],
- mitte-Hodgkini tüüpi lümfoom [C82-C85],
- leukeemia [C91-C95].

## Vähi haigestumuskordajate leidmine

Haigestumuskordajad arutati valla tasandil 100 000 elaniku kohta eraldi meeste ja naiste hulgas. Selleks jagati haigusjuhtude arv vallas läbi elanike arvuga antud vallas antud aastal. Kuna väikestes valdades võivad haigestumuse kordajad erinevatel aastatel oluliselt erineda, arutati nende põhjal keskmised kordajad 6-aastastel perioodidel: 1992–1997, 1998–2003, 2004–2009. Elanike haigestumist uuriti vanuserühmas 0-102 aastat.

## Omaavalitsuste grupeerimine

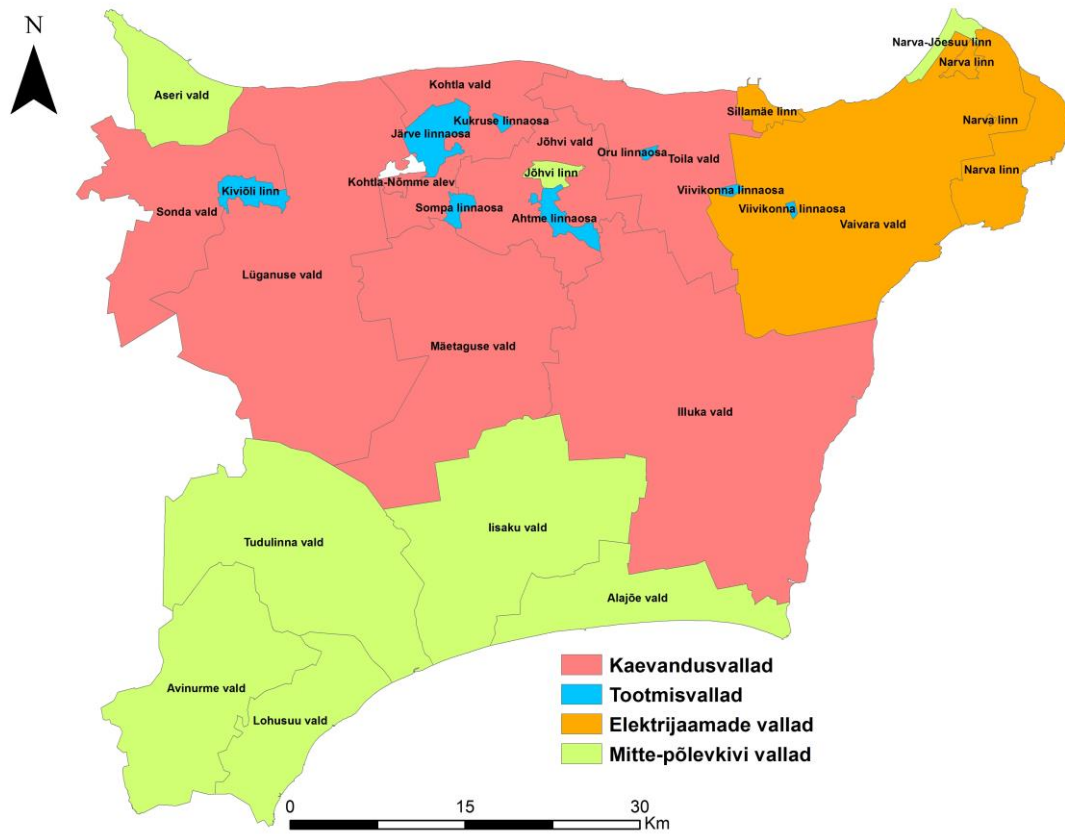
Uuringu aluseks võeti omaavalitsuste jaotus Ida-Viru maakonnas 2009. a seisuga. Uuritavateks valdadeks on Alajõe, Aseri, Avinurme, Iisaku, Illuka, Jõhvi, Kohtla, Kohtla-Nõmme, Lohusuu, Lüganuse, Maidla, Mäetaguse, Sonda, Toila, Tudulinna, Vaivara ning linnadeks Jõhvi vallasisene linn, Kiviõli, Kohtla-Järve, Narva, Narva-Jõesuu, Püssi ja Sillamäe.

Vastavalt Eesti Geoloogiakeskuse andmetele on omaavalitsusüksused jagatud põlevkivi tootvateks, põlevkivi toormel põhinevaks elektrijaama, põlevkivi kaevandamise ning mitte-põlevkivi valdadeks (Joonis 1). Põlevkivi kaevandamise, töötlemise ja elektrijaamades kasutamise andmete jaotamine toimus ajalooliselt kasutuses olevatest andmetest Eesti Geoloogiakeskuses (Varb ja Tambet, 2007).

- **Põlevkivi tootmisega** tegelevad omaavalitsused või asustusüksused on Kiviõli ja Kohtla-Järve linn.
- **Põlevkivi kaevandavad** või kaevandanud omaavalitsused või asustusüksused on Illuka, Jõhvi, Kohtla, Kohtla-Nõmme, Maidla, Mäetaguse, Sonda, Toila.
- **Põlevkivi toormel töötavad elektrijaamade** omaavalitsused või asustusüksused on Narva, Püssi ja Sillamäe linn ning Vaivara vald.
- **Põlevkivitööstusega** otseselt **mitte kokku puutunud** Ida-Viru maakonna omaavalitsused või asustusüksused on Alajõe, Aseri, Avinurme, Iisaku, Lohusuu, Lüganuse ja Tudulinna vald ning Jõhvi vallasisene linn ja Narva-Jõesuu linn.

## Radoon

Ida-Viru maakonna omaavalitsuspõhine radooni leviku kaart eluruumide ja töökeskkonna esimeste korruste ja keldrite kohta põhineb Keskkonnaagentuuri mõõtmistulemuste andmetel. Vastavalt EVS 840:2008 standardile "Radooniohutu hoone projekteerimine", peab hoonete elu-, puhke- ja tööruumides aasta keskmine radoonisisaldus ruumiõhus olema väiksem kui 200 Bq/m<sup>3</sup>. Tegemist on rahvusvaheliselt aktsepteeritud piirväärtusega radoonitaseme kohta hoonete siseruumides. Vanemates majades on aktsepteeritavaks tasemeks kontsentratsioon, mis jääb alla 400 Bq/m<sup>3</sup>.



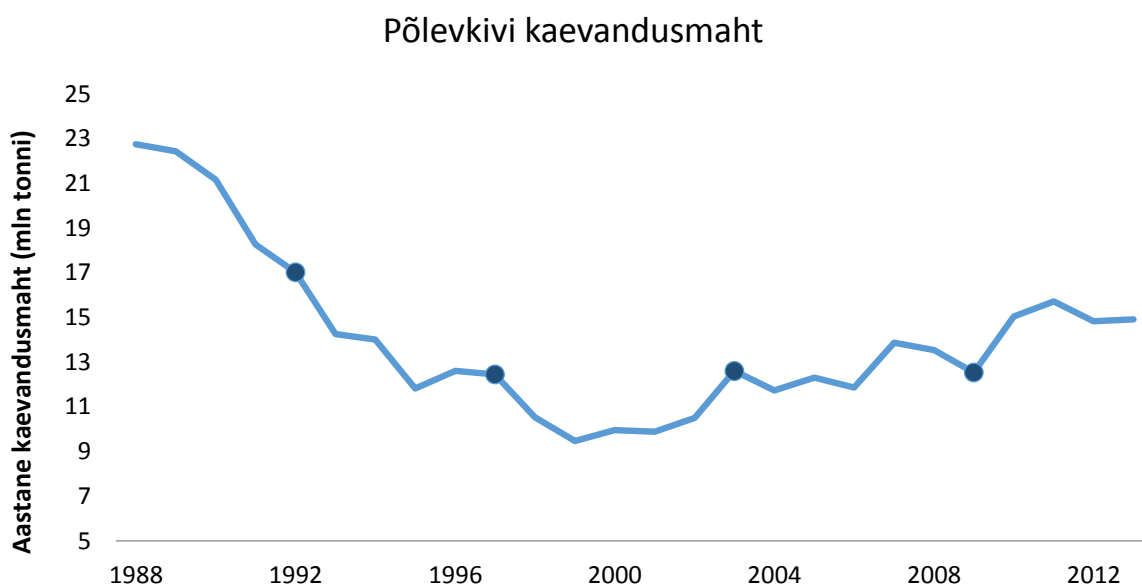
**Joonis 1.** Omavalitsuste jagunemine põlevkivi kaevandavateks, tootvateks, põletavateks ning mitte-põlevkivi valdadeks.

## TULEMUSED

### Põlevkivi kaevandusmahud

Üheks indikaatoriks, mis iseloomustab põlevkivisektoriga seotud saastatust, võib lugeda põlevkivi kaevandusmahtusid (eeskätt 1980ndatel ja 90ndatel, mille kohta usaldusväärsed andmed saasteainete heidete kohta puuduvad). Aastal 1980 olid kaevandusmahud kõige suuremad, ulatudes ligi 30 mln tonnini aastas. Alates sellest hetkest on toimunud kaevandusmahtude järk-järguline vähenemine kuni 1999. aastani, mil need olid väikseimad: ligi 9,5 mln t aastas. Peale seda on toimunud kaevandusmahtude mõningane tõus. Käesoleva hetke kaevandusmahud on küll poole suuremad kui minimaalse kaevandamise ajal, kuid moodustavad siiski vaid poole tippajal kaevandatust. Joonisel 2 on toodud kaevandusmahud uuringuperioodi (1992–2009) vältel ning sellele eelneva ja järgneva nelja aasta jooksul.

Uuritaval kolmel perioodil olid suurimad kaevandusmahud aastatel 1992–1997, väikseimad aastatel 1998–2003 ning seejärel mõnevõrra suurenesid aastatel 2004–2009 (Joonis 1, uuringuperioodide algus ja lõpp on tähistatud joonisel punktiga).



**Joonis 2.** Põlevkivi aastane kaevandusmaht Eestis aastatel 1988–2013.

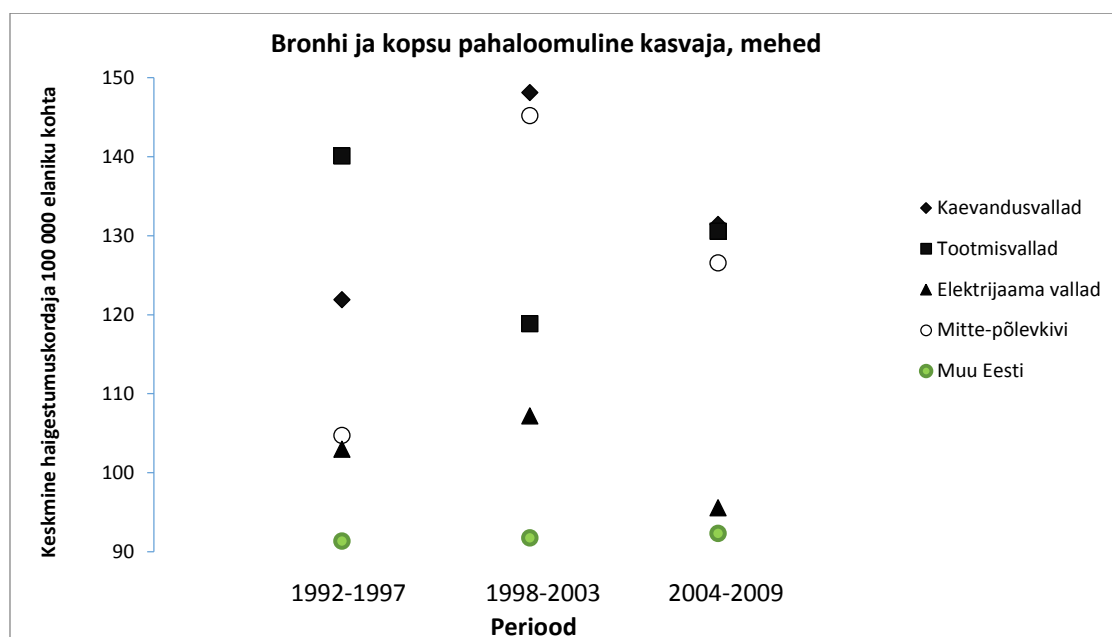
## Vähihaigestumus

### Bronhi ja kopsu pahaloomuline kasvaja

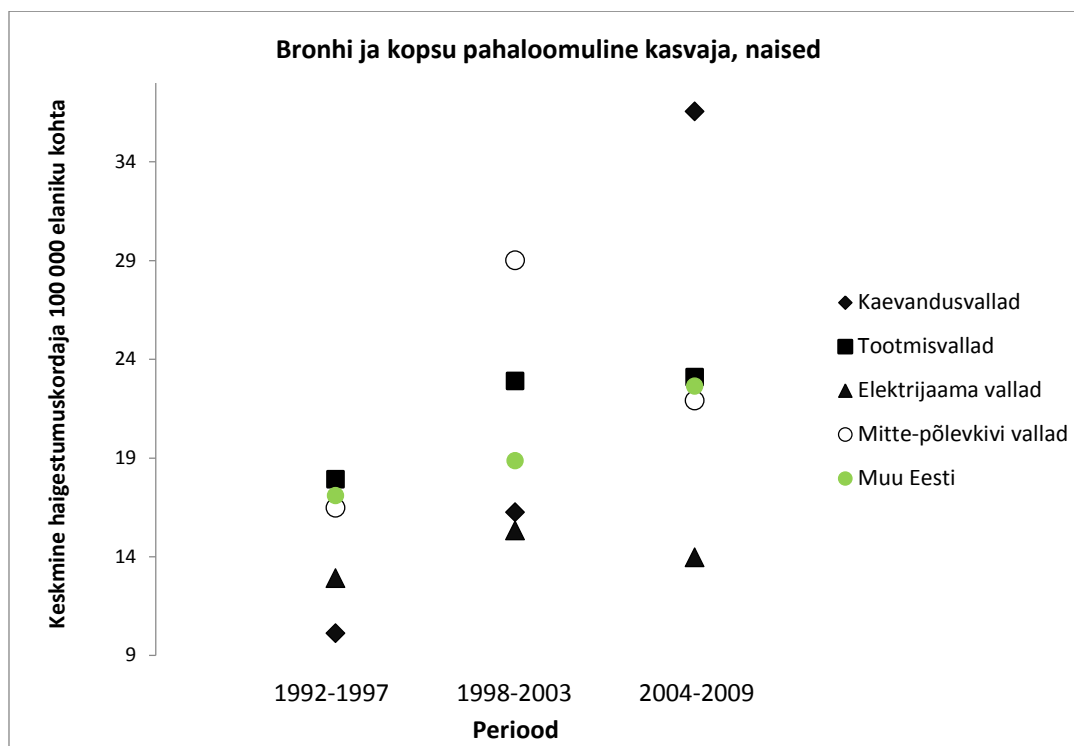
Nii nagu kogu Eestis on ka Ida-Virumaa meeste hulgas levinud bronhi ja kopsu pahaloomuline kasvaja. Kogu perioodi (1992–2009) vältel on võrreldes ülejäänud Eesti keskmisega kopsuvähi haigestumus Ida-Virumaal olnud kõrgem (Joonis 3). Põlevkivisektori valdadest on see kõrgeim olnud kaevandusvaldades (keskmiselt 134 juhtu aastas), mis võiks viidata võimalikule kaevanduse suuremale mõjule. Kõige madalam on kopsuvähi haigestumus olnud elektrijaama valdades (keskmiselt 102 juhtu aastas). Kusjuures perioodil 1998–2003 oli suurim haigestumus hoopis mitte-põlevkivi valdades ning see on alates 1992. a kasvanud. Antud muutused viitavad pigem teistele teguritele (peamiselt eluviisist tingitud), mis kopsuvähi haigestumust on mõjutanud. Samas ülejäänud Eesti keskmine haigestumus on uuringuperioodil jäänud samaks.

Bronhi ja kopsu pahaloomulisse kasvajasse haigestumine on naiste hulgas kasvanud nii Eestis keskmiselt kui ka Ida-Virumaal (Joonis 4). Keskmiselt on naiste hulgas kopsuvähi haigestumus kõrgem mitte-põlevkivi valdades. Samas on tootmisvaldade territooriumidel elanud naiste haigestumine kopsuvähki kasvanud 3,5 kordselt. Naiste hulgas on samuti näha perioodil 1998–2003 olulist haigestumuse suurenemist, mis on tingitud ajas eelnevalt tõusutendentsi alustanud suitsetamise levimusest. Haigestumus on väikseim naiste puhul, kes elavad valdades, kus asuvad elektrijaamad.

Võrreldes meestega on naiste hulgas bronhi ja kopsu pahaloomulisi kasvajaid umbes viis korda harvem. Kuna meestel on kopsuvähi haigestumusel suurem seos põlevkivi saastega uuritud ajaperioodil kui naistel, võiks seda seostada ka meeste kutseekspositsiooniga (eelnevate uuringute põhjal põlevkivisektoril oluline kutseekspositsioon).



Joonis 3. Meeste haigestumus bronhi ja kopsu pahaloomulistesse kasvajatesse aastatel 1992–2009.



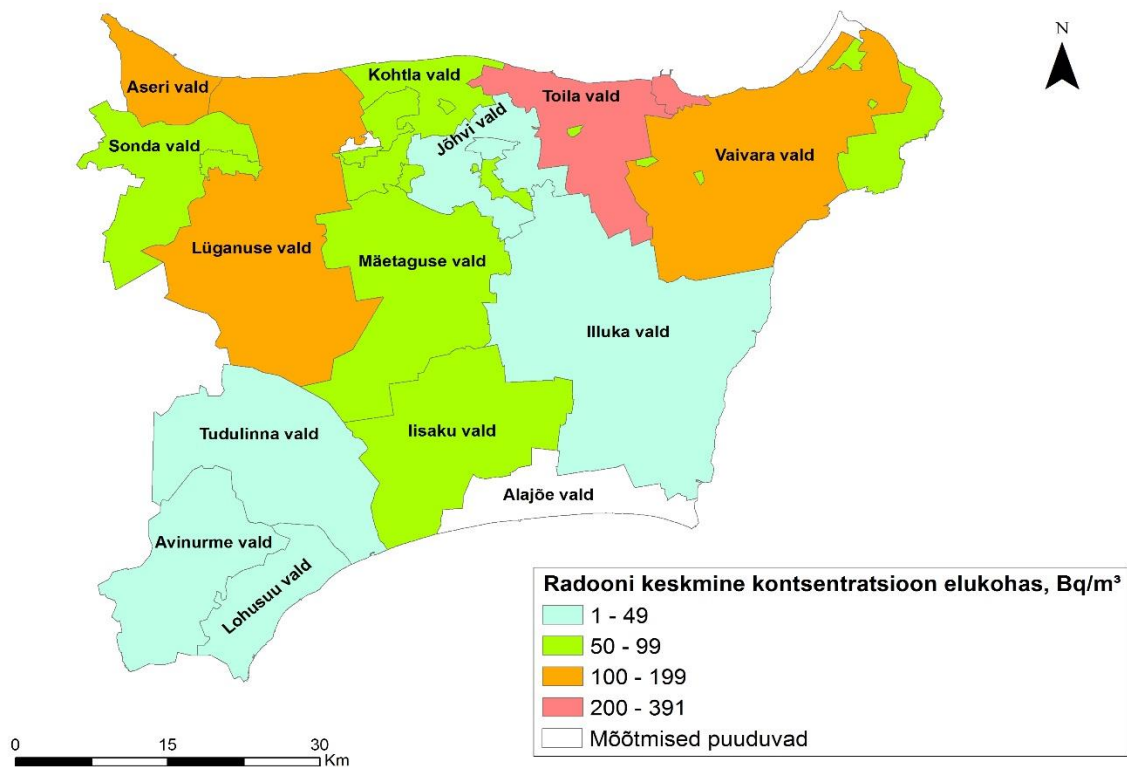
**Joonis 4.** Naiste haigestumus bronhi ja kopsu pahaloomulistesse kasvajatesse aastatel 1992–2009.

### Radoon kui oluline kopsuvähirisk Ida-Virumaal

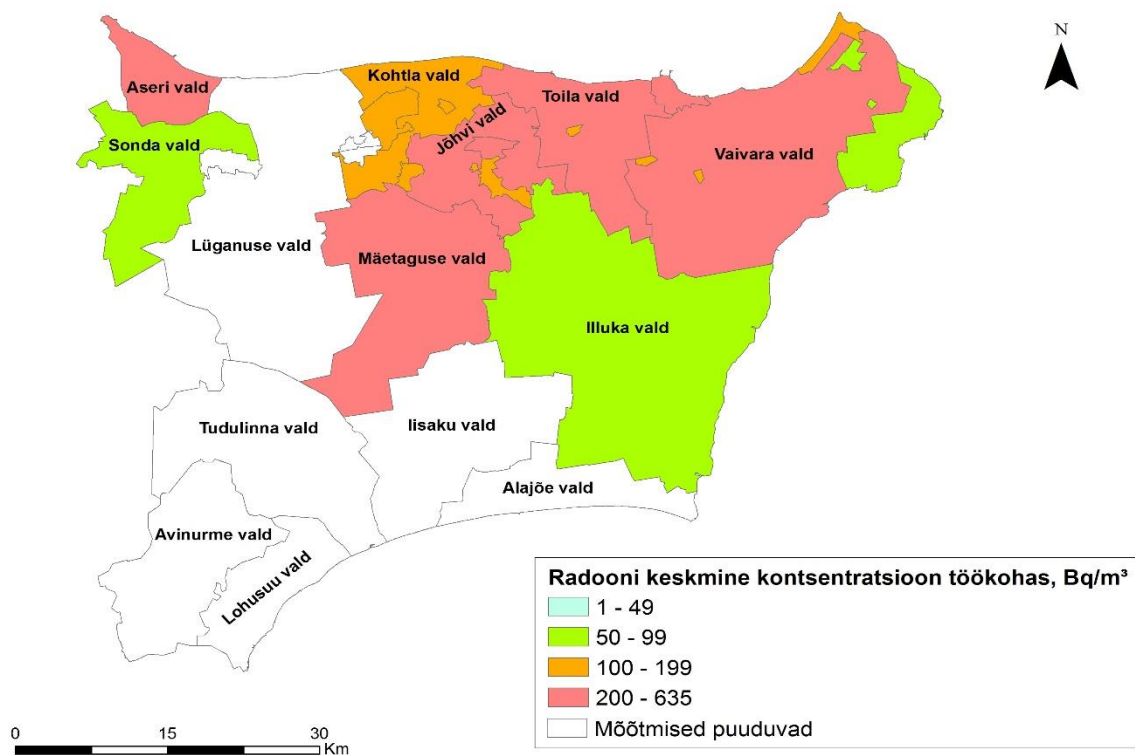
Kuna peale suitsetamise ja tööstussaaste on väga oluliseks kopsuvähi riskiteguriks ka Ida-Virumaal leviv radioaktiivne gaas radoon, leiti eelnevate mõõtmiste põhjal uuritavates valdades ka rahvastikukeskmised radoonitasemed. Vastavalt Keskkonnaagentuuri poolt teostatud mõõtmistele ilmnesid kõrgeimad tasemed aga hoopis elektriijaamavaldades, kus kopsuvähihaigestumus oli madalaim (Joonis 5).

Eraldi vaadeldi ka radoonitasemeid töökohtadel. Kõrgemad tasemed ilmnesid siin kaevandusvaldade territooriumil, mis võib viidata asjaolule, et suurem mõju on töökeskkonnal. Põlevkivivaldadest ongi viimasel kahel perioodil 1998–2003 ja 2004–2009 olnud haigestumus kõrgeim just kaevandusvaldades. Samas töötab kaevandustes ka väga palju inimesi, kes elavad hoopis tootmis-, elektriijaama või otseselt põlevkivisektoriga mitte-seotud valdades Ida-Virumaal.

Et täpsemalt aga seda mõju hinnata, oleks vaja täpseid andmeid haigestunute töö- ja elukohtade kohta.



**Joonis 5.** Radooni keskmised kontsentratsioonid mõõdetuna Ida-Virumaa erinevate kohalike omavalitsuste juhuslike eluruumide esimestel korrustel.

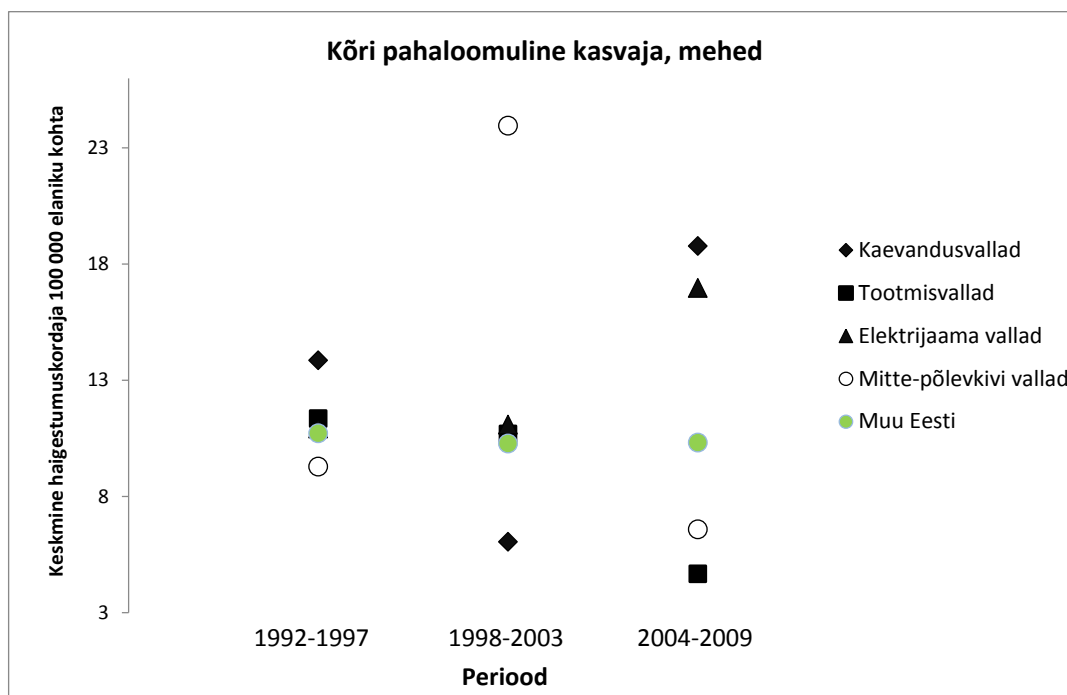


**Joonis 6.** Radooni keskmised kontsentratsioonid mõõdetuna Ida-Virumaa erinevate kohalike omavalitsuste juhuslikes töökohtades.

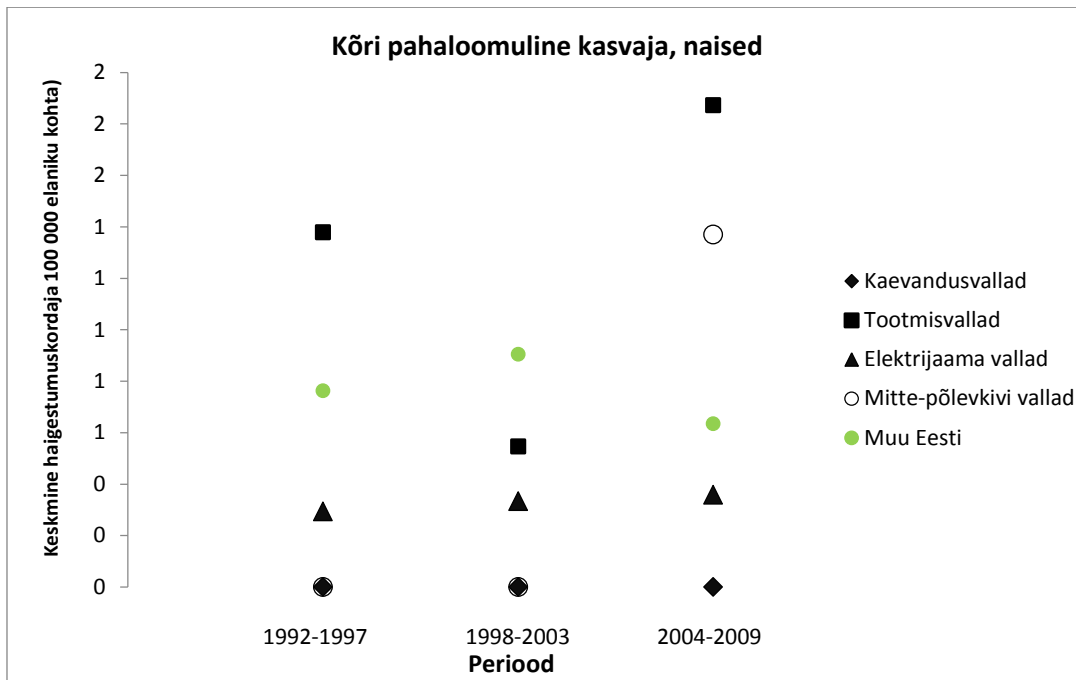
## Kõri pahaloomuline kasvaja

Kõri pahaloomulisse kasvajasse haigestumus on meeste hulgas oluliselt kõrgem kui naiste hulgas (Joonis 7, 8). Põlevkivivaldadest on juhtude arv mõnevõrra kasvanud elektriijaama ja kaevandusvaldades ning vähenenud tootmisvaldades. Samas ei erine Ida-Virumaa keskmine haigestumus ülejäänud Eesti keskmisest. Nii nagu kopsuvähi korral on ka kõrivähi puhul näha olulist juhtude arvu suurenemist mitte-põlevkivi valdades aastatel 1998–2003.

Kõri pahaloomulisse kasvajasse haigestumine on naiste hulgas väga madal (keskmiselt üks juht 100 000 elaniku kohta aastas, mis teeb kokku kolm juhtu Ida-Virumaal) (joonis 8). Seega vähi absoluutarvud ja nende erinevused on väga väikesed. Üldiselt on haigestumine põlevkiviga seotud valdades olnud aastatel 1992–1997 ning 2004–2009 muu Eesti keskmisest kõrgem. Kogu perioodi (1992–2009) vältel on kõri pahaloomuliste kasvajate hulk Ida-Virumaal tõusnud, eriti põlevkiviga mitte seotud valdades, samas kui ülejäänud Eesti keskmine naiste keskmine haigestumus on ajas pigem kahanenud.



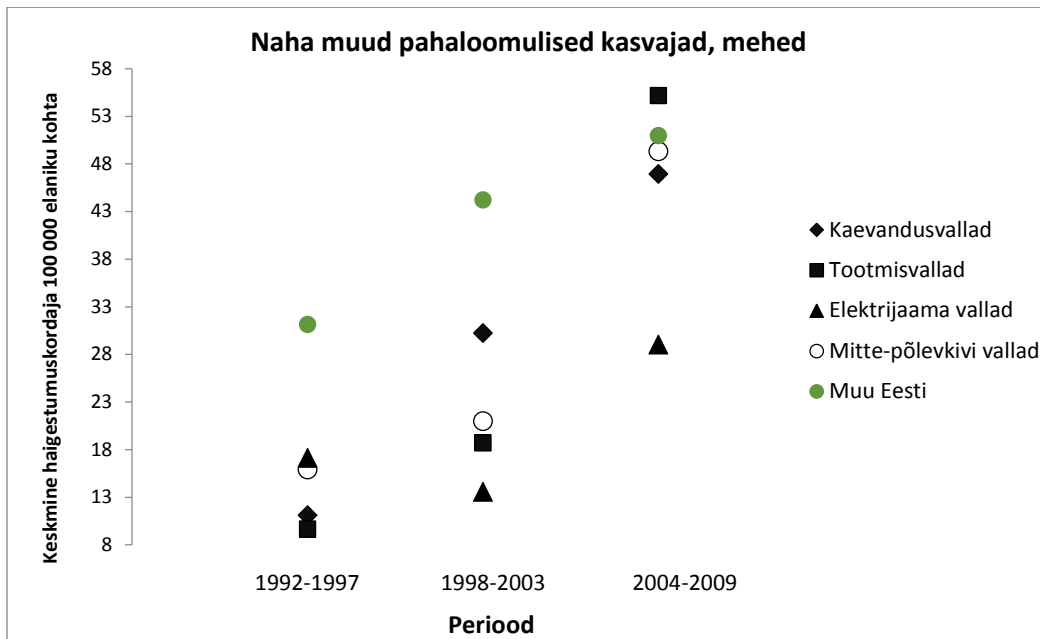
Joonis 7. Meeste haigestumus kõri pahaloomulistesse kasvajatesse aastatel 1992–2009.



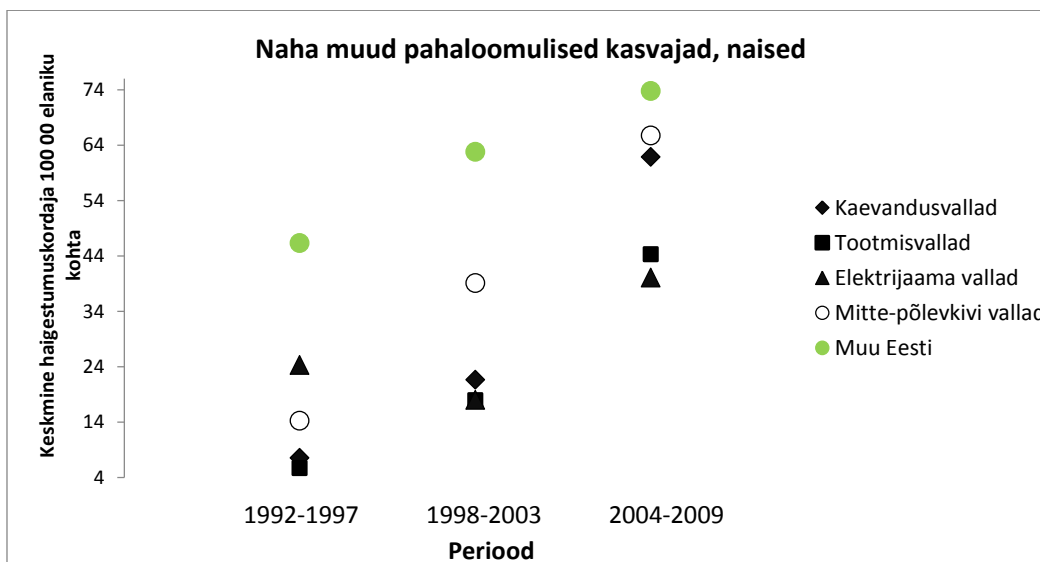
**Joonis 8.** Naiste haigestumus kõri pahaloomulistesse kasvajatesse aastatel 1992–2009.

#### Naha muud pahaloomulised kasvajakud

Aastatel 1992–2009 on naha muude pahaloomuliste kasvajakute haigestumus üle Eesti kasvanud pea kaks korda (Joonis 9, 10). Küll on Ida-Virumaal kasv olnud keskmisest oluliselt kiirem: kui aastatel 1992–2003 jäi haigestumus ülejäänud Eesti keskmisest madalamaks, siis 2004–2009 oli see juba võrreldav keskmisega. Kokku on suurenemine seega kuni kümme korda (suurim naiste hulgas kaevandusvaldades). Kuigi antud uuringust jäeti välja melanoom kui otseselt UV kiirgusega seotud vähivorm, on ka muude naha pahaloomuliste kasvajakute suurimaks riskiteguriks UV kiirgus. Seega on tõenäoliselt haigestumuse kasvu põhjuseks pigem heaolu taseme paranemine, mis võimaldab sagedasemaid reise soojale maale ja solaariumide kasutamist, mitte põlevkivisektorist tulenev saastatus (näiteks põlevkiviõli sattumine nahale). Antud valimis võib selliseid juhtumeid olla, kuid antud uuringu disaini puhul ei ole neid võimalik eristada (puuduvad täpsed andmed isikute kokkupuute kohta). Üldtõttu muude ekspositsioonide olulisuse tõttu on ka haigestumus mitte-põlevkivi valdades üldiselt kõrgem kui põlevkivisektori valdades. Üldiselt on haigestumus Ida-Virumaal olnud Eesti keskmisest väiksem, v.a meeste hulgas kaevandusvaldades aastatel 2004–2009. Naha muude pahaloomuliste kasvajakute haigestumus on olnud naiste hulgas mõnevõrra sagedasem kui meeste hulgas.



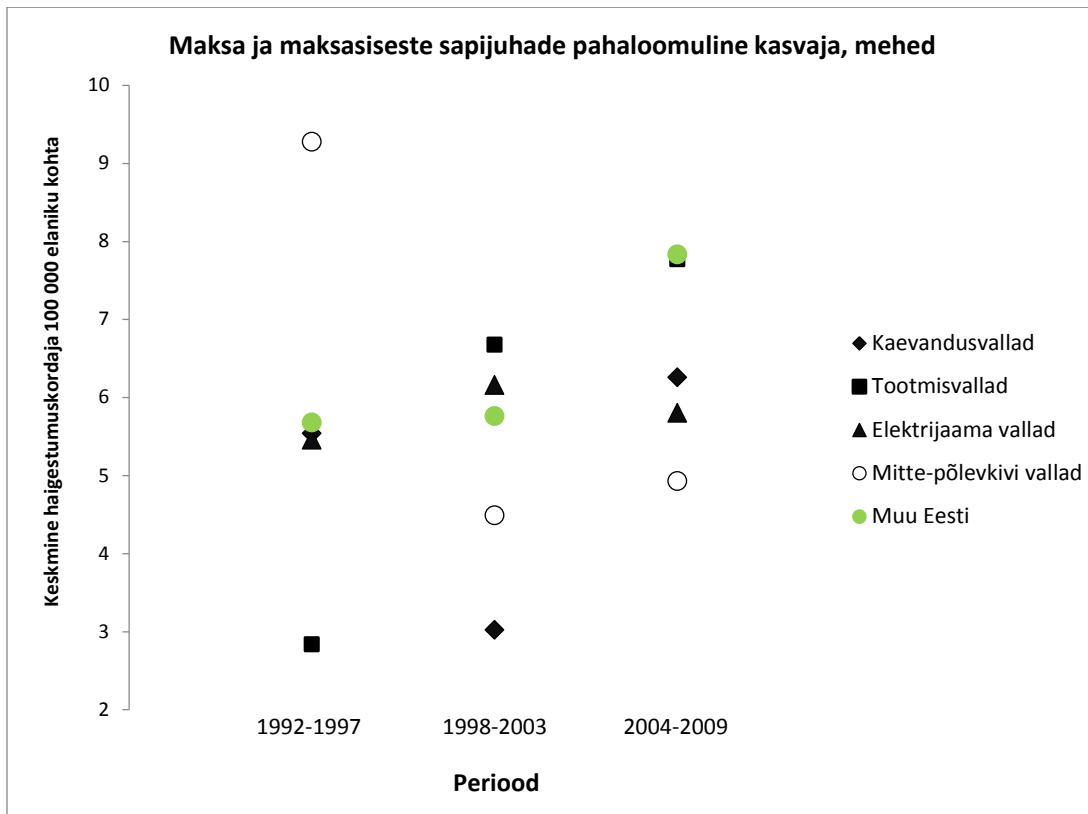
Joonis 9. Meeste haigestumus naha muudesse pahaloomulistesse kasvajatesse aastatel 1992–2009.



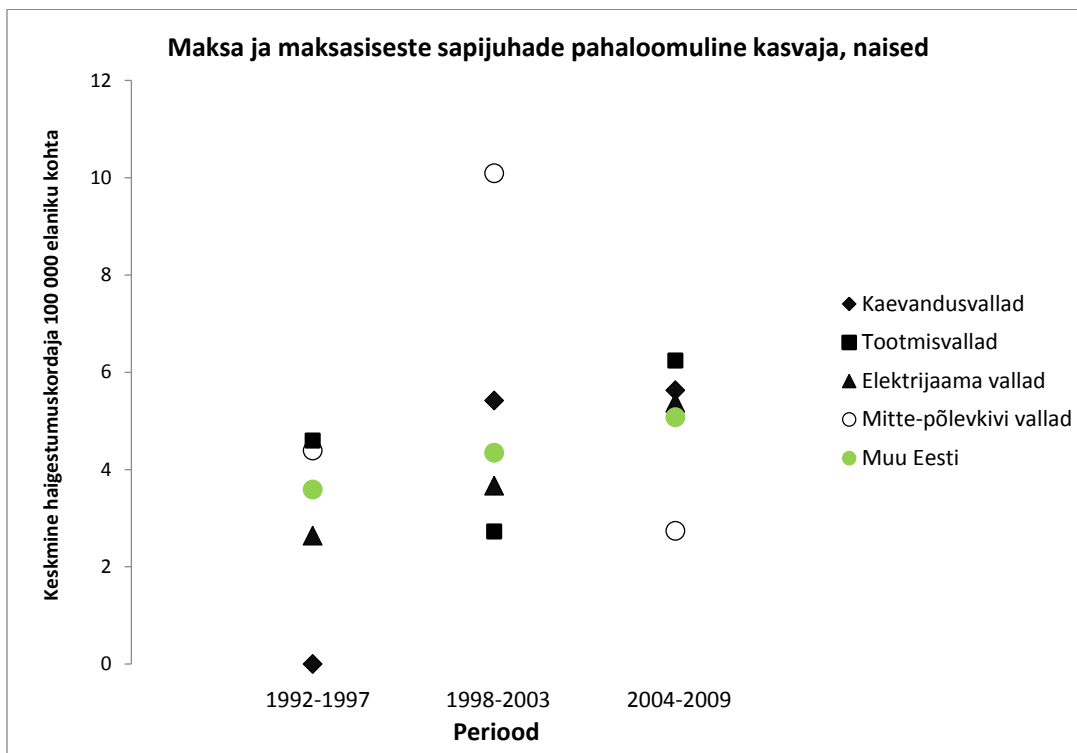
Joonis 10. Naiste haigestumus naha muudesse pahaloomulistesse kasvajatesse aastatel 1992–2009.

### Maksa ja maksasiseste sapijuhade pahaloomuline kasvaja

Eesti elanike maksa ja maksasiseste sapijuhade pahaloomulise kasvaja keskmine haigestumus on uuringuperioodil kasvanud, s.h. Ida-Virumaal (Joonis 11, 12). Haigestumus on mõnevõrra kõrgem olnud meeste seas, kuid erinevused on olnud suhteliselt väikesed. Samas haigestumuse muutused kolmel eri uuringuperioodil on meeste ja naiste hulgas erinevad. Meeste hulgas oli esimesel perioodil (1992–1997) põlevkivivaldades haigestumine pigem muust Eestist väiksem, teisel perioodil (1998–2003) suurem ning kolmandal perioodil (2004–2009) mitte-põlevkivi valdadest küll suurem, kuid ülejäänud Eestist pisut väiksem. Samas Ida-Virumaa naiste hulgas oli aastatel 1992–2003 kõige suurem haigestumus mitte-põlevkivi valdades, olles eriti kõrge perioodil 1998–2003. Haigestumuse erinevused kaevandus-, tootmis- ja elektrijaama valdade vahel on pigem väikesed.



Joonis 11. Meeste haigestumus maksa pahaloomulistesse kasvajatesse aastatel 1992–2009.

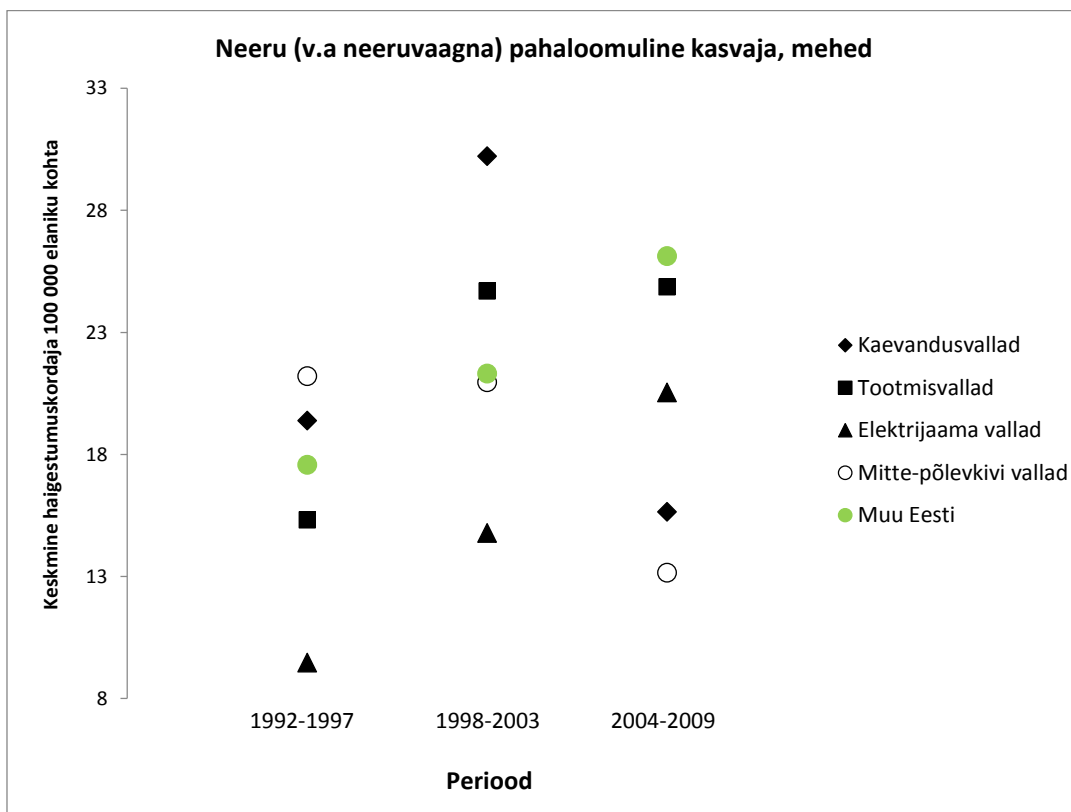


Joonis 12. Naiste haigestumus maksa pahaloomulistesse kasvajatesse aastatel 1992–2009.

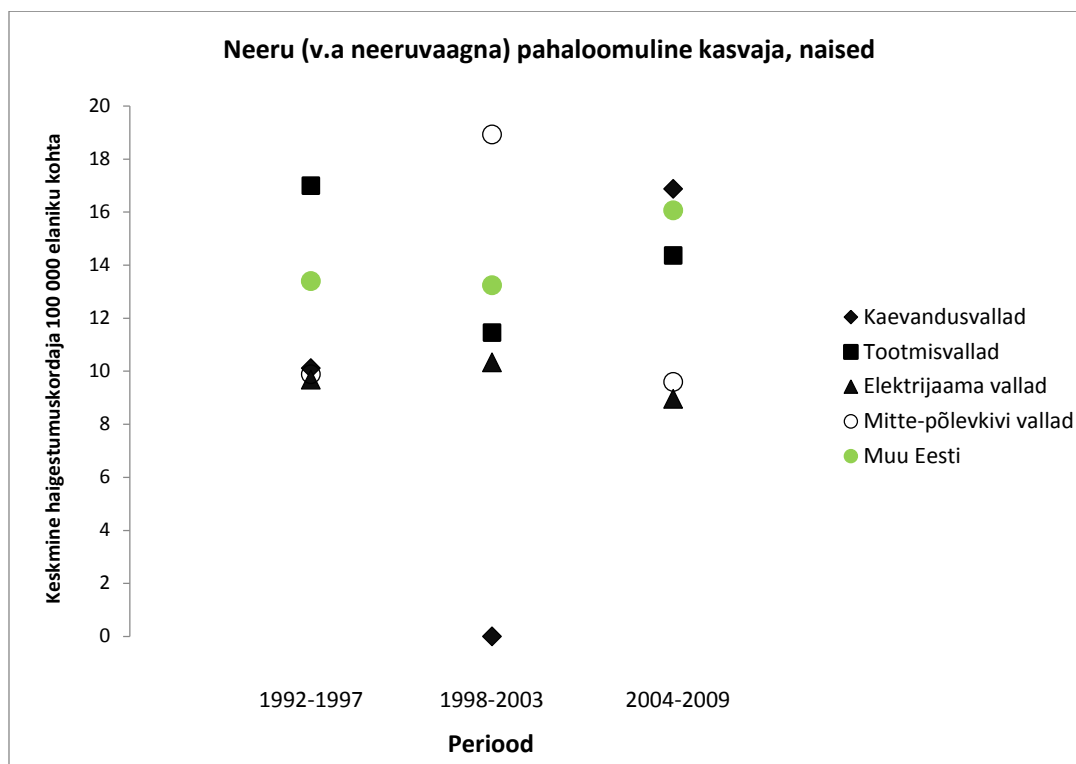
### Neeru (v.a neeruvaagna) pahaloomuline kasvaja

Haigestumine neeru (v.a neeruvaagna) pahaloomulistesse kasvajatesse on Eesti elanike hulgas aastatega suurenenud. Küll on Ida-Virumaa põlevkivivaldades haigestumus suurenenud pigem

meeste populatsioonis (Joonis 13). Naiste hulgas on haigestumine aastate lõikes jäänud samaks ning uuringuperioodil 1998–2003 on see olnud madalam kui ülejäänud Eesti keskmine (Joonis 13). Meeste hulgas on võrreldes algusperioodiga tõusnud neeruvähi haigestumus elektriijaama- ning tootmisvaldades. Kui elektriijaama valdades jääb haigestumus alla Eesti keskmise näitaja, siis tootmisvaldade territooriumi elanike hulgas on see ülejäänud Eestiga praktiliselt sama. Naispopulatsiooni haigestumus mitte-põlevkivivaldades on aga olnud muutlik. Esimesel ja viimasel uuringuperioodil väiksem ning keskmisel perioodil kõrgem kui Eestis keskmiselt. Meeste hulgas on mitte-põlevkivi valdades neeruvähi haigestumise juhtude arv vähenenud. Kokkuvõttes on trendid väga kõikumavad ning neeru (v.a neeruvaagna) pahaloomulisse kasvajasse haigestumist ei ole käesoleva analüüsi põhjal võimalik seostada põlevkivisektoriga.



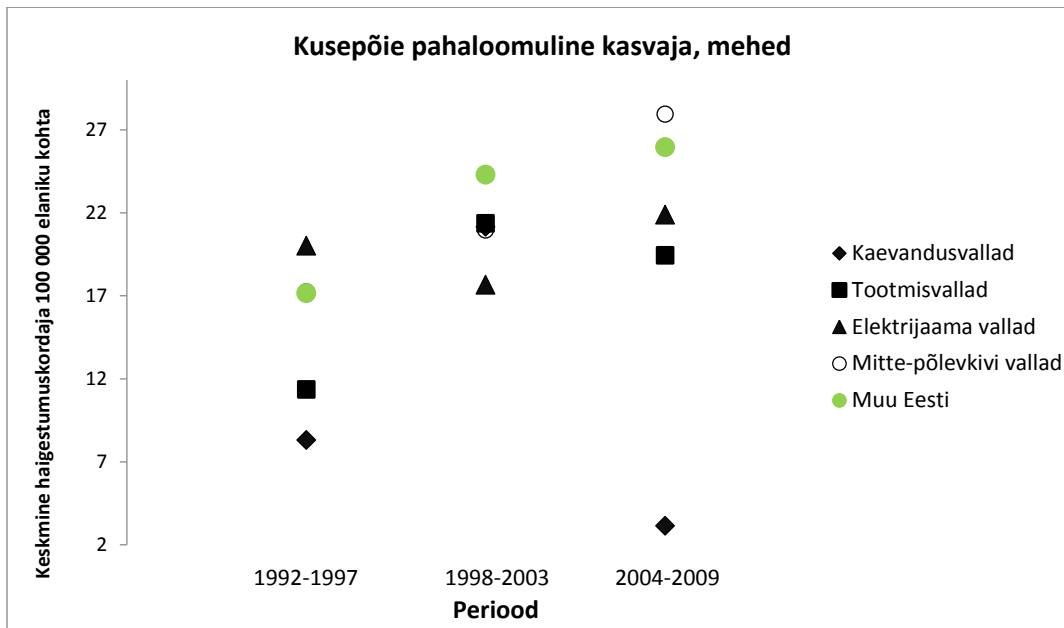
**Joonis 13.** Meeste haigestumus neeru pahaloomulistesse kasvajatesse aastatel 1992–2009.



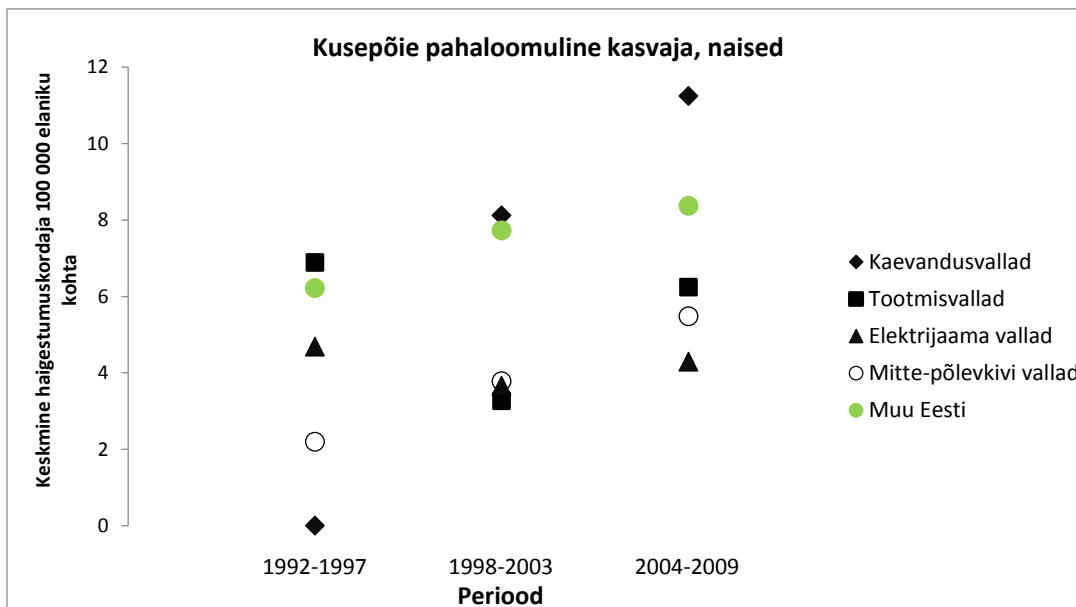
**Joonis 14.** Naiste haigestumus neeru pahaloomulistesse kasvajatesse aastatel 1992–2009.

### Kusepõie pahaloomuline kasvaja

Haigestumine kusepõie pahaloomulisse kasvajasse on aastate jooksul Eestis kasvanud. Üldiselt on juhtude arv meeste hulgas umbes kolm korda sagedasem kui naiste hulgas. Kui vaadata põlevkivivaldasid, siis on antud piirkonnas juhtude arv meeste hulgas samuti suurenenud (Joonis 15), kuid naiste hulgas jäänud samale tasemele (Joonis 16). Vaadeldava perioodi jooksul on naiste populatsioonis erandina suurenenud kusepõievähki haigestumine kaevandusvaldades. Üldiselt on kusepõie pahaloomulisi kasvajaid olnud nii põlevkivi- kui mitte-põlevkivivaldades Eesti keskmisest pigem vähem. Seega ei saa käesoleva analüüsi põhjal ka antud paikme korral seostada põlevkivisektorist johtuvat saastatust kusepõie pahaloomulistesse kasvajatesse sagedasema haigestumusega.



Joonis 15. Meeste haigestumus kusepõie pahaloomulistesse kasvajatesse aastatel 1992–2009.

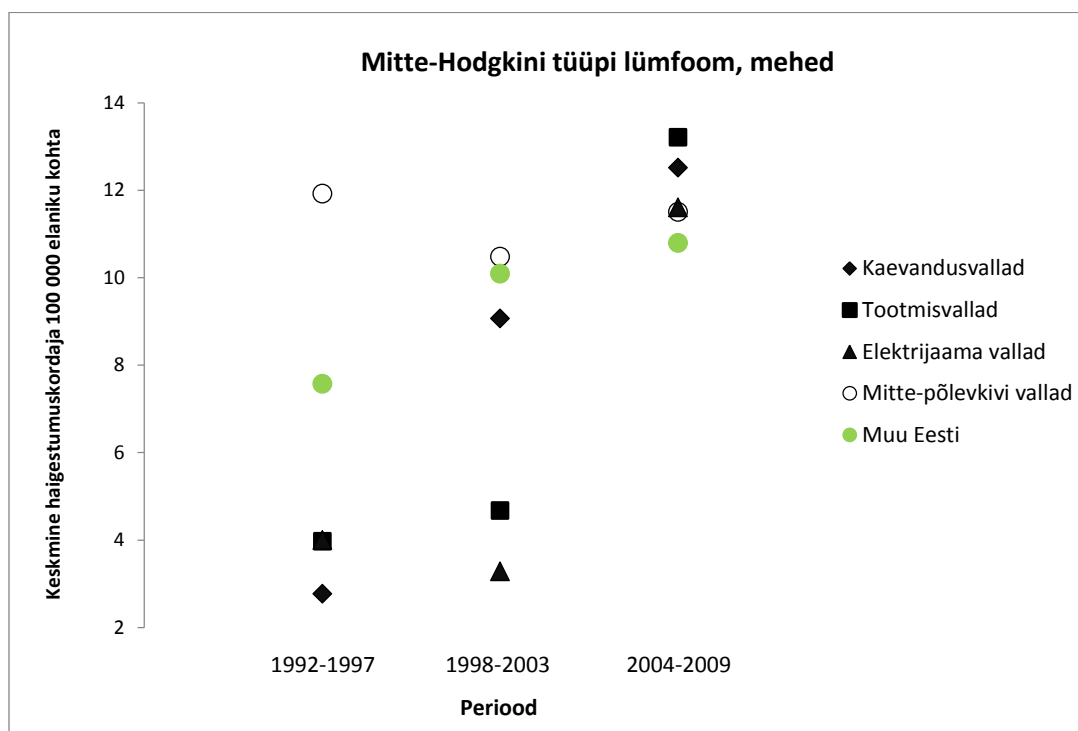


Joonis 16. Naiste haigestumus kusepõie pahaloomulistesse kasvajatesse aastatel 1992–2009.

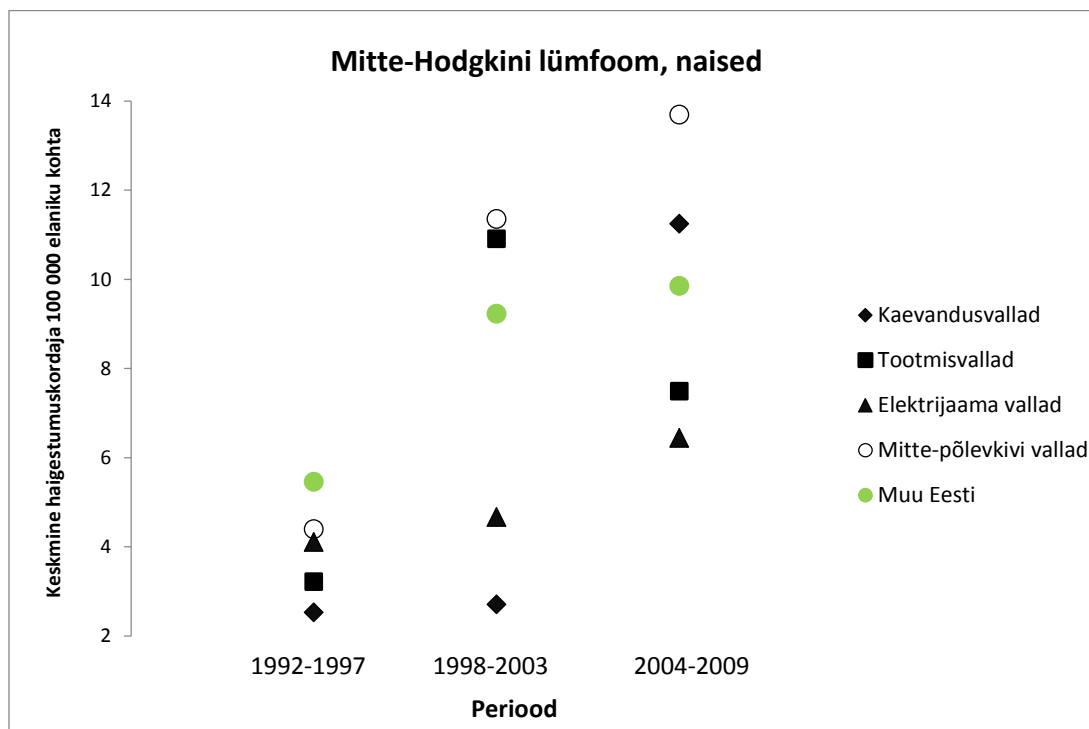
### Mitte-Hodgkini tüüpi lümfoom

Eestis on aastatega kasvanud mitte-Hodgkini tüüpi lümfoomi haigestumise sagedus ning keskmisest suurem on kasv olnud põlevkivivaldades (Joonis 17, 18). Näiteks, kui aastatel 1992–2003 oli meeste hulgas kaevandus-, tootmis- ja elektriijaama valdades 3–5 juhtu 100 000 elaniku kohta, siis 2004–2009 oli see juba 12–14 juhtu. Kui esimesel kahel perioodil oli meeste haigestumus põlevkivivaldades Eesti keskmisest pigem väiksem, siis kolmandal perioodil on see keskmisest suurem. Samas juhtude arv mitte-põlevkivi valdades on meeste hulgas jäänud samale tasemele ning on naiste hulgas oluliselt kasvanud. Naiste hulgas toimus põlevkivivaldades teisel perioodil (1998–2003) oluline tõus, kuid kolmandal perioodil (2003–2008) mõningane vähenemine. Kokkuvõttes on mõningatel perioodidel

mitte-Hodgkini tüüpi lümfoomi haigestumised põlevkivivaldades mõningatel aastatel kõrgemad, kuid selle seostamine põlevkivisektoriga on käesoleva analüüsi põhjal raske (trendid ebaselged ja analüüsi aluseks olevate juhtude arv väga väike: kuni 20 juhtu aastas kogu Ida-Virumaal).



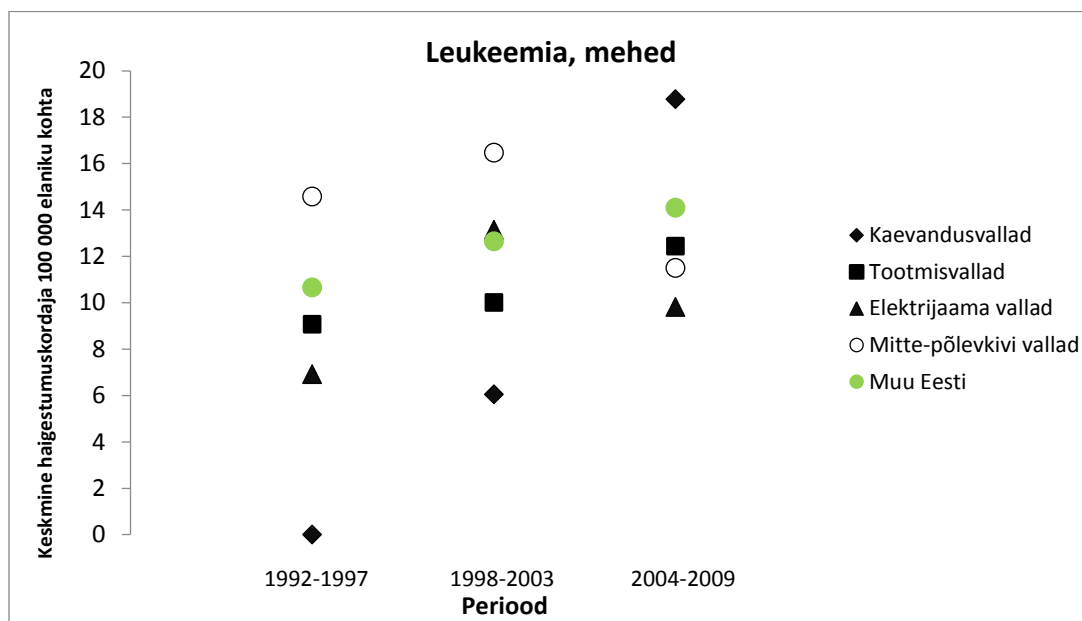
Joonis 17. Meeste haigestumus mitte-Hodgkini tüüpi lümfoomi aastatel 1992–2009.



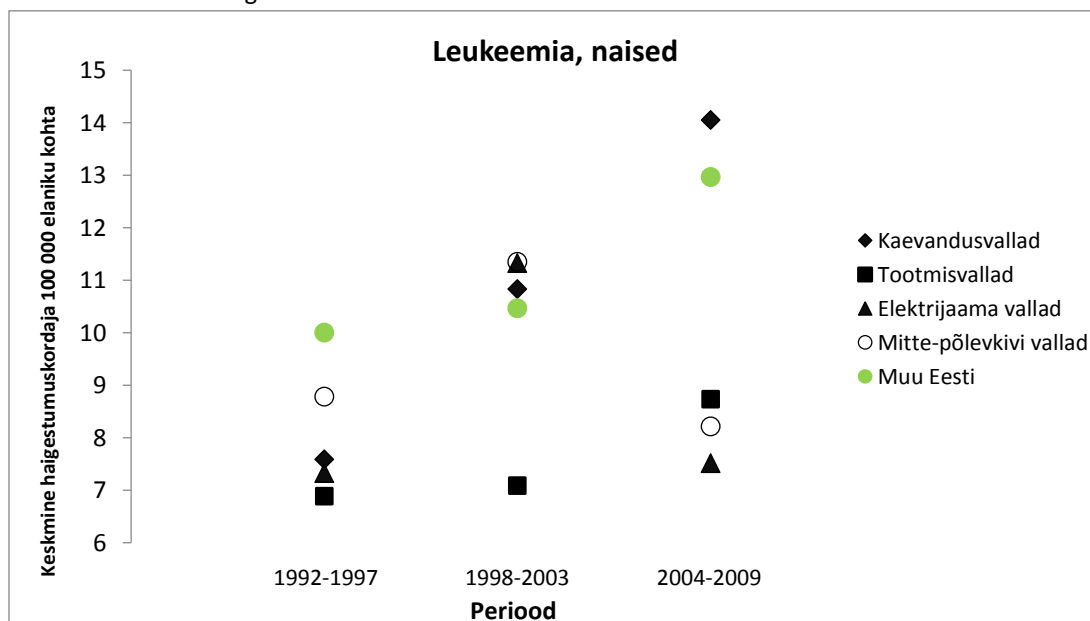
Joonis 18. Naiste haigestumus mitte-Hodgkini tüüpi lümfoomi aastatel 1992–2009.

## Leukeemia

Leukeemiasse haigestumine on aastate jooksul samuti Eestis suurenenud (Joonis 18, 19). Küll on kogu perioodi vältel olnud haigestumine põlevkivivaldades väiksem kui Eestis keskmiselt. Samas mitte-põlevkivi valdades on haigestumine olnud 1992–2003 ülejäänud Eesti keskmisest pigem suurem ning 2003–2008 Eesti keskmisest väiksem. Kuigi leukeemia esinemine on meeste hulgas mõnevõrra sagedasem, on üldiselt erinevused väikesed. Mõningased erinevused on näha ka põlevkivivaldade sees, kus tootmis- ja kaevandusvaldades on näha juhtudearvu kasvu kogu perioodi vältel, siis elektrijaama valdades on tõus perioodil 1998–2003, kuid hiljem, 2004–2009 toimub haigestumise vähenemine. Kokkuvõttes on ka siin raske määratleda, kas ja kuivõrd põlevkivisektor võiks mõjutada leukeemiasse haigestumist Ida-Virumaal.



Joonis 19. Meeste haigestumus leukeemiasse aastatel 1992–2009.



Joonis 20. Naiste haigestumus leukeemiasse aastatel 1992–2009.

## UURINGU PIIRANGUD

Idealis peaks ekspositsiooni ja tulemi seost sedastav epidemioloogiline uuring olema pikaajaline ja oma kulgemiselt ajas edasivaatav. See tähendab, et aja jooksul inimesi jälgitakse individuaalselt, neil mõõdetakse ja registreeritakse ekspositsioon ning registreeritakse haigus ehk tulem. Paraku on taolised uuringud väga kallid ning ressursimahukad. Nende läbiviimise muudab keerukaks ka uuringus osalevate inimeste nn jälgimise all hoidmine. See tähendab, et ekspositsiooni mõju ilmnemiseks organismis võib kuluda aastaid, ning ekspositsiooni kogust ja toimimise aega on vaja jälgida ning registreerida. Inimestel aga on võimalik uuringus osalemisest loobuda, mujale kolida või emigreeruda. Taolised muutused teevad jälgimisaja arvutamise ning tulemi mõõtmise keerukaks ning mõnedel juhtudel muutuvad tulemused ka ebausaldusväärseks.

Käesolevas uuringus kasutatud ökoloogilise uuringu kavand omab mitmeid puudusi, kuid oli antud kontekstis parimaks lahenduseks, et kättesaadavate andmete ja äärmiselt piiratud aja tingimustes (kogu uurimisprojekti kestus 15 kuud, millest antud uuring moodustas vaid teatud osa) anda ülevaade haigestumuse erinevustes põlevkivisektori piirkonnas. Käesoleva töö alusel saab juba konkreetsemalt püstitada hüpoteese vähi haigestumise ja põlevkivisaaste vahel ning panna alus täpsemateks vähiuuringuteks Ida-Virumaal. Selleks oleks meil vaja enam infot vähki haigestunud inimeste töökoha, tervisekäitumise (suitsetamine), piirkonnas elatud aja jms tegurite kohta, mis niisamuti mõjutavad vähki haigestumist.

Kuigi Ida-Virumaa meeste seas ilmnes kõrgem haigestumus bronhi ja kopsu pahaloomulistesse kasvajatesse, ei testitud siin erinevuse statistilist olulisust põhjusel, et meil pole piisavalt andmeid eelnevalt toodud segavate tegurite kohta, mis niisamuti on mõjutanud haigestumuse erinevuseid.

## KOKKUVÕTE

Üldiselt on aastatel 1992–2009 Eestis vähki haigestumus kasvanud. Küll on suurenemine olnud väiksem kopsu ja kõrivähi puhul. Kuigi põlevkivivaldades (eeskätt) meeste hulgas on kopsu- ja kõrivähi hulk ajas vähenenud, on see jäänud oluliselt kõrgemaks ülejäänud Eesti keskmisest. Võimalikuks kopsuvähi vähenemise põhjuseks võiks olla ka suitsetamise vähenemine – küll puuduvad andmed, et selle vähenemine Ida-Virumaal oleks olnud suurem kui mujal Eestis.

Põlevkivi töötlevatest valdadest on haigestumine bronhi ja kopsu pahaloomulisse kasvajasse olnud kõrgeim kaevandusvaldades, mis võiks viidata võimalikule kaevanduste (s.h töökeskkonna) suuremale mõjule (suurem haigestumus ka vaid meeste hulgas). Lisaks põlevkivile põhjustab kaevandustes töötades olulist tervise riski ka hingamisteid kahjustav ning kopsuvähki põhjustav looduslik gaas radoon. Kuna algandmetes puudub konkreetse inimese töökeskkonna ja tervisekäitumise info, siis saame vaid väita, et põlevkivisektor on üks mitmetest teguritest, mis on seotud kõrgema haigestumusega bronhi ja kopsu pahaloomulistesse kasvajatesse Ida-Virumaal.

Pahaloomuliste kasvajate teke on üldiselt pikk protsess, mille tõttu võib kasvaja vallandumisele mõju avaldada saastega kokkupuude nii avaldumise ajal, kui ka oluliselt hiljem, kui saastega kokkupuudet enam ei ole. Kui 1980ndatel aastatel ulatusid kaevandusmahud peab 25 mln tonnini aastas ning kopsuvähi juhtude arv oli 15 aastat hiljem (1992-2003) kõrge, siis 2000. aastate alguses kaevandati keskmiselt 12 mln tonni aastas. Kuna uuritud 18 aasta vältel on Ida-Virumaal kopsuvähi haigestumus vähenenud, siis võib olla siin teatud seos kaevandusmahtude ning üldise saastatuse vähenemisega.

Teiste uuritud paikemete puhul jäi haigestumus võrreldes mitte-põlevkivi valdadega Ida-Virumaal või teiste Eesti piirkondadega võrreldes pigem sarnaseks või madalamaks ning käesoleva analüüsi põhjal ei saa me seostada nende levikut töötamisega põlevkivisektoris või sealt johtuva saastega. Kuigi kaevandusvaldades suurenes uuringuperioodil oluliselt ka haigestumus nahavähki, on selle põhjuseks pigem teised sotsiaal- ja elukeskkonna paranemise tegurid (siiani oluliselt madalam ülejäänud Eesti keskmisest).

## KASUTATUD KIRJANDUS

1. Anderson, D., Hughes, J.A., *et al.* (1999) Examination of ras oncoproteins in human plasma from healthy controls and workers exposed to petrooleum emissions including benzene-related compounds. *Mutat Res*, 381:149–155.
2. Attfield, M.D., Schleiff, P.L., *et al.* (2012). The Diesel Exhaust in Miners study: a cohort mortality study with emphasis on lung cancer. *J Natl Cancer Inst*, 104:869–883.
3. Belli, S., Benedetti, M., *et al.* (2004) Case-control study on cancer risk associated to residence in the neighbourhood of a petrochemical plant. *European Journal of Epidemiology*, 19:1, 49–54.
4. Edwards, R., Pless-Mulloli, T. *et al.* (2006) Does living near heavy industry cause lung cancer in women? A case-control study using life grid interviews. *Thorax*, 61:1076–1082.
5. Eesti Vabariigi maavaravarude koondbilansid.
6. Etlin, S. Гигиенические основы охраны атмосферного воздуха в районе размещения предприятий сланцевой химии и энергетики. Москва, 1989.
7. Gamble, J.F., Nicolich, M.J., *et al.* (2012). Lung cancer and diesel exhaust: an updated critical review of the occupational epidemiology literature. *Crit Rev Toxicol* 42:549–598.
8. Hemminki, K., Veidebaum, T. (1999). Environmental pollution and human exposure to polycyclic aromatic.
9. Hueper, W.C. (1953) Experimental studies on cancerigenesis of synthetic liquid fuels and petroleum substitutes. *AMA Arch Ind Hyg Occup Med*, 8: 307–327.
10. IARC (1985) Polynuclear aromatic compounds, bitumens, coal-tars and derived products, shale-oils and soots. *IARC Monogr Eval Carcinog Risk Chem Hum*, 3:1–247.
11. IARC (2012) Radiation. *IARC Monogr A Review of human carcinogens*, 100D:1–362.
12. IARC (2013) [http://www.iarc.fr/en/media-centre/iarcnews/pdf/pr221\\_E.pdf](http://www.iarc.fr/en/media-centre/iarcnews/pdf/pr221_E.pdf)
13. Kahn, H., Rützel, P., *et al.* (1986). Genotoxic effect of shale oils on the human organism. Proceedings of the Fourth Finnish-Estonian Symposium: Occupational Toxicology. Helsinki. pp 145–152.
14. Kattai V. 2000. Eesti põlevkivi. Eesti Geoloogiakeskus. 226 lk.
15. Kattai V. 2003. Põlevkivi – õlikivi. Eesti Geoloogiakeskus. 162 lk.
16. Kivistö, H., Pekari, K., *et al.*, (1997). Biological monitoring of exposure to benzene in the production of benzene and in a cokery. *Sci Total Environ*, 199:49–63.
17. Knudsen, L.E., Gaskell, M., *et al.* (2005) Genotoxic damage in mine workers exposed to diesel exhaust, and the effects of glutathione transferase genotypes. *Mutation Research*, 583:120–132.
18. Kuljukkan-Rabb, T., Nylund, L., Vaaranrinta, R. (2002) The effect of relevant genotypes on PAH exposure-related Biomarkers. *Journal of Exposure Analysis and Environmental Epidemiology*, 12:81-91.
19. Miller, B.G., Cowie, H.A., Middleton, W.G., Seaton A. (1986) Epidemiologic studies of Scottish oil shale workers: III Causes of death. *Am J Ind Med*, 9:433–446.

20. Monteiro, H.P., Bechara, E.J.H., Abdalla, D.S.P. (1991) Free radicals Involvement in neurological porphyrias and lead poisoning. *Mol Cell Biochem*, 103:73-83.
21. Muzykaa, V., Bogovski, S., *et al.* (2002) Alterations of heme metabolism in lymphocytes and metal content in blood plasma as markers of diesel fuels effects on human organism. *The Science of the Total Environment*, 286:73-81.
22. Muzyka, V., Bogovski, S., *et al.* (2003) Effects of occupational exposure to diesel exhaust on porphyrin metabolism in lymphocytes of workers employed at black coal and oil-shale mines. *Am J Ind Med*, 44:70–74.
23. Pahapill, L. (2013) Radoonist tulenev terviserisk. *Keskonnatehnika*, 3/13.
24. Petrauskaite, R., Pershagen, G., Gurevičius, R. (2002) Lung cancer near an industrial site in Lithuania with major emissions of airway irritants. *Int. J. Cancer*, 99:106–111.
25. Pille, V., Muzõka, V., *et al.* (2004). Täiendavad võimalused pikaajaliste kutse-ekspositsioonide toksilise toime hindamiseks. *Eesti Arst*, 83:806–810.
26. Pruul, R., Nyland, L., *et al.* (1996). Environmental genotoxicity in an Estonian oil shale industrial area. *Atla-Alternatives to Laboratory Animals* 24:419–422.
27. Sans, S., Elliott, P. *et al* (1995) Cancer incidence and mortality near the Baglan Bay petrochemical works, South Wales. *Occup Environ Med*, 52:217-224.
28. Seldén, A. (1987) Shale oil workers: absence of lung cancer hazard replicated. *Am J Ind Med*, 11:485–487.
29. Simonsen, N., Scribner, R. *et al.* (2010) Environmental Exposure to Emissions from Petrochemical Sites and Lung Cancer: The Lower Mississippi Interagency Cancer Study. *Journal of Environmental and Public Health* Article ID 759645, 9 lk.
30. Smith, L.H., Witschi, H.P. (1983) The Mouse Lung Tumor Assay: A Final Report (Oak Ridge natl Lab. 5961). Oak Ridge, TN.
31. Tsai, S.P., Cardarelli, K.M., *et al.* (2004) Mortality patterns among residents in Louisiana's industrial corridor, USA, 1970–99. *Occupational and Environmental Medicine*, 61:295–304.
32. Twort, C.C., Ing, H.R. (1928) Studies on carcinogenicagents (Ger.). *Z Krebsforsch*, 27: 308–351.
33. Smith, L.H., Witschi, H.P. (1983) The Mouse Lung Tumor Assay: A Final Report (Oak Ridge natl Lab. 5961). Oak Ridge, TN.
34. Varb, N., Tambet, Ü. 90 aastat põlevkivi kaevandamisest Eestis. 2008. OÜ GeoTrail KS. 768 lk.
35. Wilkinson, P., Thakrar, B, *et al.* (1999) Lymphohaematopoietic malignancy around all industrial complexes that include major oil refineries in Great Britain. *Occup Environ Med*, 56:577–580.
36. Wilson, J.S., Holland, L.M. (1988) Periodic response difference in mouse epidermis chronically exposed to crudeoils or BaP: males vs. females. *Toxicology*, 50:83–94.
37. <http://rhk.sm.ee/>