



TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
INSENERITEADUSKOND

TTÜ Tartu Kolledž

EESTI KÜTUSE- JA KEEMIA TÖÖSTUSE NING
LOOMAKASVATUSE PÕHJUSTATUD LÕHNAHÄIRINGU
VÄLISKULU

EXTERNAL COST OF ODOUR POLLUTION CAUSED BY THE ESTONIAN FUEL
AND CHEMICAL INDUSTRY AND LIVESTOCK PRODUCTION

MAGISTRITÖÖ

Üliõpilane: Anni Kurisman

Üliõpilaskood: 176812NAEM

Juhendaja: Aija Kosk, lektor

Tartu 2019

AUTORIDEKLARATSIOON

Olen koostanud lõputöö iseseisvalt.

Lõputöö alusel ei ole varem kutse- või teaduskraadi või inseneridiplomit taotletud. Kõik töö koostamisel kasutatud teiste autorite tööd, olulised seisukohad, kirjandusallikatest ja mujalt pärinevad andmed on viidatud.

“.....” 201.....

Autor:

/ allkiri /

Töö vastab bakalaureusetöö/magistritööle esitatud nõuetele

“.....” 201.....

Juhendaja:

/ allkiri /

Kaitsmisele lubatud

“.....”201... .

Kaitsmiskomisjoni esimees

/ nimi ja allkiri /

TTÜ Tartu Kolledž
LÕPUTÖÖ ÜLESANNE

Üliõpilane: Anni Kurisman 176812NAEM
Õppekava, peeriala: NAEM06/15 – Tööstusökoloogia
Juhendaja(d): Lektor Aija Kosk

Lõputöö teema:

Eesti kütuse- ja keemiatööstuse ning loomakasvatuse põhjustatud lõhnahäiringu väliskulu
External cost of odour pollution caused by the Estonian fuel and chemical industry and livestock production

Lõputöö põhieesmärgid:

1. Arvutada tulu ülekande meetodi abil Eesti kütuse- ja keemiatööstuse põhjustatud lõhnahäiringute väliskulu
2. Arvutada ennetuskulu meetodi abil Eesti loomakasvatuse põhjustatud lõhnahäiringute väliskulu

Lõputöö etapid ja ajakava:

Nr	Ülesande kirjeldus	Tähtaeg
1.	Teemakohase kirjanduse läbitöötamine, andmete kogumine	31.03.2019
2.	Tulemuste analüüsimine ja magistritöö vormistamine	01.05.2019
3.	Magistritöö koitmine ja esitamine	28.05.2019

Töö keel: eesti keel **Lõputöö esitamise tähtaeg:** "28" mai 2019. a

Üliõpilane: Anni Kurisman "28" mai 2019. a
/alkiri/

Juhendaja: Aija Kosk "28" mai 2019. a
/alkiri/

SISUKORD

EESSÕNA.....	5
LÜHENDITE JA MÕISTETE LOETELU	6
SISSEJUHATUS	7
1. ÜLEVAADE VALDKONNAST	9
1.1 Ülevaade väliskulu mõiste kujunemisest	9
1.2 Puhas õhk kui avalik hüve.....	12
1.3 Ülevaade lõhnahäiringute olemusest.....	12
1.4 Lõhnataseme mõõtmine	14
1.5 Lõhnahäiringutega seotud regulatsioon	15
1.6 Väliskulu leidmiseks kasutatavad meetodid	16
1.7 Ülevaade varasematest lõhnahäiringutega seotud uuringutest	17
2. MATERJAL.....	23
2.1 Peamised lõhnahäiringute allikad Eestis	23
3. METOODIKA.....	27
3.1 Lõhnahäiringute väliskulu arvutamise meetodika	27
2.2.1 Kütuse- ja keemiatööstus.....	27
2.2.2 Loomakasvatus.....	32
4. TULEMUSED.....	38
5. ARUTELU.....	40
KOKKUVÕTE	44
SUMMARY	46
KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU	48
LISAD	58

EESSÕNA

Magistritöö teema pakkus välja töö juhendaja, kelle abiga sõnastati ka töö pealkiri. Töös leitud väliskulu alusandmed pärinevad kütuse- ja keemiatööstuse puhul kolmest teadusartiklist ning loomakasvatuse osas ettevõttelt, kelle nelja farmi andmeid töös on kasutatud.

Magistritöö autori suurimad tänusõnad kuuluvad töö juhendajale Aija Kosele, samuti loomakasvatusega tegelevale ettevõttele, kes töö tarbeks alusandmeid oli valmis jagama.

Lühikokkuvõte:

Ebameeldiv lõhn on üks keskkonnakasutuse vormidest, millel on tõestatud negatiivne mõju inimese tervisele ja heaolule (Thu jt, 1997; Steinheider jt, 1998; Aatamila jt, 2010; Wing ja Wolf, 2000; Schinasi jt, 2011). Samuti on tegemist teemaga, mis on järjest enam päevakorda tõusmas (Maloma ja Sekatane, 2014; Akhtar ja Saleem, 2017). 2018. aastal valmis Keskkonnaministeeriumi tellimusel uuring „Eesti keskkonnakasutuse välismõjude rahasse hindamise analüüs, II etapp“, kus selgus, et valdkondade lõikes on Eesti peamiseks lõhnahäiringute tekitajaks loomakasvatus ning kütuse- ja keemiatööstus (Pallo, 2018).

Magistritöö eesmärk oli tulu ülekande meetodi abil leida Eesti kütuse- ja keemiatööstuse ning ennetuskulu meetodi abil loomakasvatuse põhjustatud lõhnahäiringute väliskulu. Eesti kütuse- ja keemiatööstuse põhjustatud lõhnahäiringute väliskulu leiti kolme teadusuuringu põhjal (Flower ja Ragas, 1994; Boxall jt, 2005; Grislain-Letrémy ja Katosky, 2014). Arvutuste tulemusena leiti, et kütuse- ja keemiatööstuse põhjustatud lõhnahäiringute väliskulu inimese kohta on 10 EUR/in/a ning kogu lõhnahäiringute väliskulu on 2014. aasta andmete põhjal ligikaudu 91 211 eurot. Loomakasvatuse tekitatud lõhnahäiringute väliskulu leiti ühe ettevõtte neljas seafarmis lõhnahäiringute vähendamiseks tehtud kulutuste põhjal. Väliskulu arvutamisel võeti aluseks kompleksloaga määratud lõhnahäiringute vähendamiseks ette nähtud PVT meetmete rakendamiseks tehtud kulutused. Arvutuste tulemusena leiti, et lõhnahäiringute väliskulu inimese kohta on 15 EUR/in/a, ühe lõhnaühiku vähendamise kulu on 0,5 EUR/OU/s/a ning Eesti loomakasvatusest tingitud lõhnahäiringute väliskulu perioodil 2010-2019 keskmiselt ligikaudu 233 325 EUR/a.

Võtmesõnad: magistritöö, väliskulu, lõhnahäiring, loomakasvatus, kütuse- ja keemiatööstus

LÜHENDITE JA MÕISTETE LOETELU

Eriheide – väljutatav saasteaine heitkogus tooraine või toodangu ühiku kohta (Eesti Kaubandus-Tööstuskoda, 2018).

Hinnaelastsus – „väljendab kauba nõudluse suhtelist muutust kauba enda hinna suhtelise muutuse suhtes“ (Elastsuse..., 2019).

KOTKAS – keskkonnaotsuste infosüsteem¹

Käitis – „paikne või liikuv tehniline üksus, milles toimub tootmistegevus või tootmisega võrdsustatav, tootmisega otseselt liituv ja sellega tehnilist seost omav tegevus, millega kaasneb saastamine või saastatus“ (Keskkonnaseadustiku üldosa seadus, 2011).

Ostujõu standard – valuutade vahetuskurss, mis võrdsustab erinevate valuutade ostujõu ja elimineerib erinevate riikide hinnataseme erinevuse (Trasanov, 1996).

OU (inglise keeles *odour unit*) – lõhnaühik (Oisalu jt, 2007).

Parim võimalik tehnika – tehnilise arengu tasemele vastav käitises rakendatav tehnoloogia, kasutatava seadme ja töömeetodite kogum, mis võimaldab viia tootmises tekkiva saaste miinimumini või koguni vältida selle teket (Keskkonnaministeerium₁, 2019).

Raster – kujutise laotamisel moodustuv punkti- või joonevõrk (Eesti keele seletav sõnaraamat, 2019).

Surveallikas – keskkonnale olulist negatiivset mõju põhjustav objekt või tegevus (Pallo, 2018).

¹ Kättesaadav: <https://kotkas.envir.ee/> (25.05.2019)

SISSEJUHATUS

ÜRO liikmesriikide poolt loodud valitsustevaheline elurikkuse ja loodushüvede koostöökogu IPBES (*Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services*) avaldas 2018. a alguses põhjalikud aruanded, mis koondavad senise parima teadmise looduse seisundi, seda ohustavate tegurite ja edasiste vajalike tegevuste kohta. Aruannetes näidati, et nii elurikkus kui ka sellest sõltuvad inimestele eluliselt olulised looduse hüved kahanevad maailma igas piirkonnas aina kiirenevas tempos, seades ohtu kogu inimkonna jätkusuutlikkuse. Elukeskkonna hävimise peatamiseks tuleb poliitikas ja ühiskondlikes eesmärkides suunda muuta ning keskenduda majanduskasvu asemel inimeste heaolule laiemalt (Prass, 2018; IPBES Secretariat, 2018).

Mitmes uuringus on hinnatud maailma ökosüsteemiteenuste väärtust. 2012. aastal ilmunud uuringus anti rahaline hinnang kümnele maailma levinuimale bioomile: avaookean, korallrifid, rannikumärgalad, sisemaamärgalad, järved, troopilised metsad, parasvöötme metsad, avatud metsamaad (nt puisniidud ja -karjamaad) ja rohumaad. Leiti, et bioomide ökosüsteemiteenuste väärtus varieerub 490 dollarilt hektari kohta aastas avaookeanide puhul 350 000 dollarini hektari kohta aastas korallrifide puhul (de Groot jt, 2012). 2013. aastal leidis rühm teadlasi eesotsas Robert Costanza-ga, et maakera ökosüsteemid toodavad aastas vähemalt 125 miljardi dollari väärtuses teenuseid. Uuringus viidati, et võrreldes Costanza jt 1997. aastal toimunud samalaadse uurimistööga on maakasutuse muutuste tõttu maailma ökosüsteemiteenuste aastane koguväärtus tagasihoidiku hinnangu järgi vähenenud 4,3-20,2 miljardi dollari võrra. Samuti märkisid nad, et kuigi nende teenuste väärtus on kogu maakera sisemajanduse kogutoodangust (SKT-st) peaaegu kaks korda suurem, ei ole valdav osa ökosüsteemiteenustest turumajandusse hõlmatud (Costanza jt, 2014; Costanza jt, 1997). TEEB-i (The Economics of ecosystems & biodiversity) 2008. aastal ilmunud vahearuande kohaselt väheneb igal aastal ainuüksi maismaaga seotud ökosüsteemiteenuste väärtus 50 miljardi euro võrra. Prognoositi, et aastaks 2050 võib see kadu moodustada kuni 7% kogu maailma SKT-st (TEEB, 2008).

Järjest halvenevates keskkonnatingimustes peavad riigid tegema keerukaid otsuseid, kuidas kasutada maksumaksjate raha looduskeskkonna kaitsmiseks ja taastamiseks võimalikult efektiivselt. Limiteeritud eelarvete tõttu peavad need otsused toetama keskkonda, kuid olema samal ajal ka majanduslikult tõhusad ja ühiskonna poolt heaks kiidetud (King ja Mazzotta, 2000). Seega tuleb keskkonnakasutuse suunamisel kaaluda nii majanduslikke, sotsiaalseid kui ka

keskkonnaaspekte. Üheks mooduseks on hinnata keskkonnakasutuse rahalist väärtust ehk väliskulu (Eesti..., 2019).

Ebameeldiv lõhn on üks keskkonnakasutuse vormidest, millel on tõestatud negatiivne mõju inimese tervisele ja heaolule (Thu jt, 1997; Steinheider jt, 1998; Aatamila jt, 2010; Wing ja Wolf, 2000; Schinasi jt, 2011). Üldjuhul on ebameeldiva või ärritava iseloomuga lõhn lokaalse mõjuga probleem, kuid see on tänapäeval elamuarenduste laienemisel kõrgema lõhnaheite emissiooniga aladele muutumas üha olulisemaks (Santonja jt, 2017). Samuti on teema tähtsuse märgatavalt suurenenud inimeste (keskkonna)teadlikkuse suurenemisega (Maloma ja Sekatane, 2014; Akhtar ja Saleem, 2017). Võib eeldada, et lähitulevikus muutub lõhnaäiringutega seotud temaatika järjest aktuaalsemaks, sest lisaks eeltoodud põhjustele soodustab saaste- ja lõhnaainete emissiooni ka kliima soojenemine (Schauberger jt, 2018).

2018. aastal valmis uuring „Eesti keskkonnakasutuse välismõjude rahasse hindamise analüüs, I etapp“, milles töötati välja ja rakendati metoodika Eesti keskkonnamõjude kvantifitseerimiseks. Töös hinnati ka lõhnaäiringute mõju, mh selgitati välja olulisemad ebameeldiva lõhna põhjustajad, mõjuulatus ja lõhnaäiringu mõjualas elavate elanike arv. Uuringu tulemusena selgus, et valdkondade lõikes on Eesti peamiseks lõhnaäiringute tekitajaks loomakasvatus ning kütuse- ja keemiatööstus (siin ja edaspidi ka *kütuse- ja keemiatööstus*) (Pallo, 2018).

Töö eesmärk on leida vastused kahele alljärgnevale uurimisküsimusele.

1. Milline on Eesti kütuse- ja keemiatööstuse põhjustatud lõhnaäiringute väliskulu?
2. Milline on Eesti loomakasvatuse põhjustatud lõhnaäiringute väliskulu?

Käesolev töö on koostatud projekti „Eesti keskkonnakasutuse välismõjude rahasse hindamise analüüs, II etapp“ raames.

1. ÜLEVAADE VALDKONNAST

1.1 Ülevaade väliskulu mõiste kujunemisest

Maailma majandused on lihtsustatult enamasti segu kahest poolest: vaba turumajandus, kus tootja otsustab milliseid tooteid tarbijatele müüa, ja riigi kontrollitud majandus, kus valitsusest sõltuvad nii tootjad kui ka kauba kogus. Tänapäeval prevaleerib enamasti turumajandus. Seetõttu kasutatakse seal valdavat osa maailma ressurssidest, mis omakorda põhjustab olulise osa maailma keskkonnaprobleemidest (Turner jt, 1994).

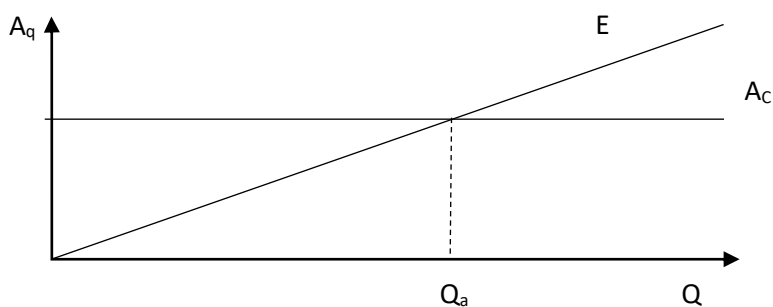
Üks tänapäevase turumajanduse üldtunnustatud paradigmasid keskendub tehingute vabatahtlikkusele ja põhineb seisukohal, et iga äritehing saab toimuda vaid siis kui see on mõlemale poolele kasulik. Seega eeldatakse, et väärtuste vaba vahetuse tulused ja kulusid katavad kõik tehingupooled. Teatud juhtudel võib tootmisel või tarbimisel aga ilmnedä olukord, kus väärtusi vahetavate osapoolte tehinguga seotud tulud või kulud kanduvad edasi tehinguga mitteseotud pooltele (Primack jt, 2008). 1950. aastatel hakkasid majandusteadlased selliseid kulusid ja tuluseid, mis ei avaldunud turuhinnas ja puudutasid kolmandaid isikuid, nimetama eksternaalsuseks ehk välismõjudeks (Kishtainy jt, 2013).

Välismõju väljendub isiku või isikute grupi heaolu muutuses (Erllich, 2016). Kui kolmandatele osapooltele tekitatakse tulu, siis on tegemist positiivse välismõjuga, ja vastupidi, kui kõrvalsaaduseks on kulu, siis avaldub negatiivne välismõju (Riie, 2016). Positiivse välismõju näitena võib tuua olukorra, kus keegi rajab endale iluaia, kuid sellest võivad kasu saada ka ümbruskonna mesinikud (Kommer, 2004). Negatiivsed välismõjud on näiteks välisõhu saastamisest tulenevad tervisemõjud, kaevanduse või transpordisõlme lähikondse maa turuväärtuse langus müra tõttu ja kaevandusaluse maa senise otstarbega võrreldes kasutuskõlbmatuks muutumine (Keskkonnaministeerium, 2015). Negatiivse välismõju rahaline ekvivalent on väliskulu (Pädam ja Erllich, 2014).

Väliskulude tõttu ei suuda turumajandus ühiskonnale kui tervikule kasu tuua ning tekib turutõrge. See on situatsioon, kus ressursside valesti jaotamine võimaldab vähestel inimestel või ettevõtetel saada kasu ühiskonna arvelt ja kuna mõjude tekitajad ei kannä negatiivsete välismõjude eest täit kulu, ei piira nad ka vastavaid tegevusi (Kommer, 2004; Primack jt, 2008).

Väliskulude kujunemist illustreerib joonis 1.1. Teljel A_q on toodud kogu emiteeritud ja assimileeritud saaste ja teljel Q toomiskogus. Kõver E tähistab tootmise käigus tekkiva saaste kogust. Keskkonna isepuhastusvõime piiri kujutab joon A_c (Turner jt, 1994).

Ettevõtte toodangu kasvuga kasvab ka selle tagajärjel tekkiva saaste kogus. Kui toodangu väljalase ületab mahtu Q_a , siis on ületatud keskkonna isepuhastusvõime ja ühiskonnale ilmneb väliskulu (*ibid.*).

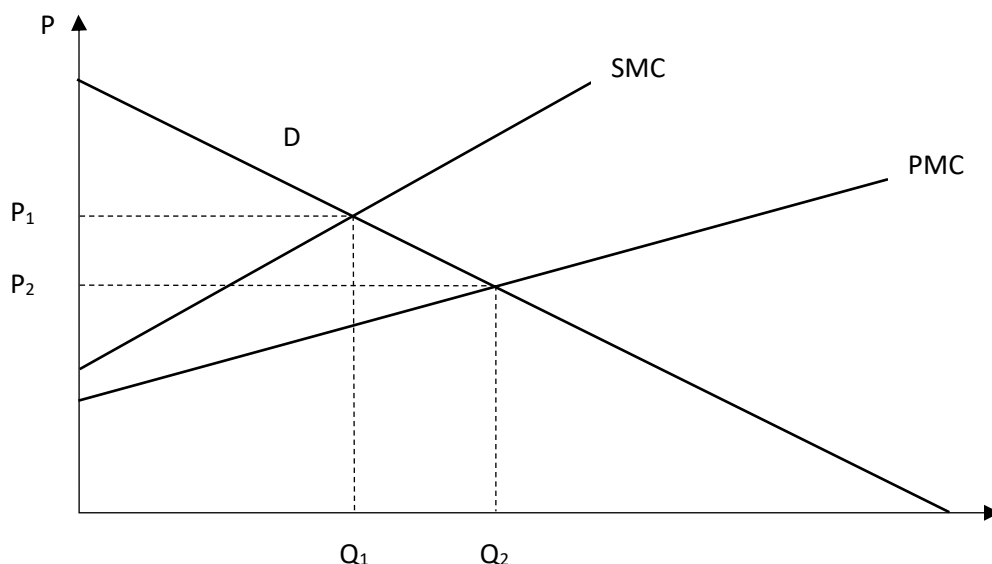


Joonis 1.1 Tootmise tõttu tekkiva väliskulu kujunemine (Turner jt, 1994 järgi)

Olukorda on võimalik leevendada, kui väliskulud võetakse arvesse ja muudetakse süsteemiseseks. Selle tulemusena maksab väliskulude eest otseselt nende tekitaja või neid põhjustavate toodete/teenuste tarbija ja rakendub „saastaja maksab“ printsiip (Sepp jt, 2006). Saastaja maksustamine on majanduslikult efektiivne ning seda peetakse ka moraalselt õigeks, kuna vastutus jääb saaste tekitaja kanda (Kishtainy jt, 2013).

Väliskulu mõju tootmisele illustreerib joonis 1. 2. Teljel P on toodud toote hind ja teljel Q selle kogus. Nõudlust toote järgi näitab nõudluskõver D . Ettevõtte tootmise piirkulu, mis ei sisalda saastamisega kaasnevat kulusid, on toodud kõveral PMC . Ühiskonna seisukohalt optimaalseimat tootmise piirkulu, mis sisaldab nii tootmisest kui ka saastamisest tulenevat kulusid, kujutab kõver SMC (sotsiaalne piirkulu) (Pettinger, 2016).

Kui ettevõtte saab vabades konkurentsi tingimustes maksimeerida tootmistulu ja ei pea tootmisel arvestama saastamisega kaasnevat kulusid, siis kujuneb toote koguseks Q_2 (*ibid.*). Tegemist ei ole efektiivse ressurside paigutusega, sest individuaalsed otsused ei lange kokku sellega, mida ühiskond tervikuna soovib. Ühiskonna seisukohalt vastab optimaalne tootmismahd kogusele, kus sotsiaalne piirkulu lõikab nõudluskõverat (Pädam ja Erlich, 2014). Seega maksimeeritakse sellest lähtuvalt tootmiskogus Q_1 juures (Pettinger, 2016).



Joonis 1.2 Hinna ja tootmiskoguse kujunemine väliskulude toimel (Pettinger, 2016 järgi).

Väliskuludega arvestamine on vajalik mitmel põhjusel. Kui tootmisel arvestatakse turuväliste ressursside kasutamisega, siis tagatakse sellega ressursside optimaalne kasutus ja leevendatakse turutõrke mõjusid. Väliskulude arvesse võtmine soodustab ka ausa konkurentsi tingimusi ja takistab ühe osapoolte heaolu tõusu teiste poolte heaolu languse arvelt (Erlich, 2016).

Negatiivsete välismõjude ilmnemisel võivad riik ja kohalikud omavalitsused rakendada erinevaid meetmeid nende leevendamiseks, sh (Kommer, 2004):

- trahvid ja maksud;
- kulutuste doteerimine negatiivsete välismõjude vastu;
- regulatsioonide kehtestamine ühe osapoolte poolt teisele avaldatavate välismõjude piiramiseks;
- välismõjude leevendamine tugeva omandiõiguse kaudu.

Negatiivsete välismõjude reguleerimist saab pidada õnnestunuks juhul, kui mõju väheneb sedavõrd, et on saavutatud kompromiss kallima tootmise ja parandatud keskkonnakvaliteedi vahel. Suurte väliskulude puhul võib kompromiss tähendada ka mingi tegevuse peatamist või kahjuliku aine keelamist (nt kemikaal DDT) (Pädam ja Erlich, 2014).

Kokkuvõtvalt ei ole välismõjude väärtuse hindamine vajalik vaid looduse pakutavate hüvede hindamiseks, vaid teenustele tuleks anda rahaline vääring kujul, mis aitaks mõista nende väärtust sotsiaalses kontekstis (Salles, 2011).

1.2 Puhas õhk kui avalik hüve

Õhk on planeedi suurim ökosüsteem ja pakub seetõttu mitmeid olulisi teenuseid (Everard, 2013). Olulisimad neist on nt kliima regulatsioon, aineringlus, õhusaastest tulenevate terviseprobleemide vältimine jne (Baró jt, 2014).

Puhas õhk kuulub avalike hüvede ehk avalike kaupade hulka (Garrod ja Willis, 1999; Kommer, 2004). Need on hüved, mida ökosüsteemid pakuvad, ilma et neid füüsiliselt tarvitataks või hävitataks (Primarck jt, 2008). Taolise hüve üheks peamiseks omaduseks on konkurentsitu tarbimine. See tähendab, et uute tarbijate lisandumine ei too kaasa täiendavaid kulusid. Teine avalike hüvede omadus on välistamatus, mis tähendab nende tarbimist ei ole võimalik välistada (Kommer, 2004). Näiteks ei vähenda tavaolukorras ühe inimese hingamine teiste õhukvaliteeti, samuti ei saa inimesi takistada õhku tarbimast (Kotchen, 2018).

1.3 Ülevaade lõhnahäiringute olemusest

Lõhnaaisting tekib, kui sissehingatavas õhus olev lõhnaaine molekul seostub ninas oleva retseptoriga ja tekkiv signaal saadetakse ajju (Pappel, 2013). Inimestel on ligikaudu 400 lõhnaretseptorit ja võime tuvastada lõhna isegi siis, kui seda tekitavad kemikaalid esinevad õhus väga väikestes kontsentratsioonides. Sealjuures on geneetiliste variatsioonide tõttu inimeste lõhnataju väga erinev (Scottish Environment Protection Agency [SEPA], 2010; Mainland jt, 2014).

Lõhnadest tingitud häiringu tugevus sõltub lõhna intensiivsusest ja kestvusest (Oisalu jt, 2007). Samuti mõjutab seda lõhna esinemissagedus ja -koht ning kontekst (SEPA, 2010). Lõhnad on tajutavamad öösel ja varahommikul, temperatuurimuutuse ja vaikse või olematu tuule korral (Pallo, 2018).

Tuntuimad ühendid, millest lõhn moodustub, on väävelühendid (nt väävelvesinik (H₂S), vääveldioksiid (SO₂) ja merkaptaanid), indoolid ja fenoolid, lenduvad rasvhapped (nt äädikhape ja n-butaanhape), ammoniaak, lenduvad amiinid, püridiin jt (Oisalu, 2007; Santonja, 2017; Pallo, 2018). Teadaolevatest keemilistest ühenditest klassifitseeritakse lõhnavana umbes 400 000. Neid iseloomustavad hea lenduvus ja vees lahustuvus, väike molekulmass ja spetsiifiliste

funktsionaalsete rühmade olemasolu. Samas erinevalt teistest ainerühmadest pole lõhnavatel ainetel tüüpilisi keemilisi omadusi. Struktuuralselt erinevad ühendid võivad põhjustada identse lõhnaaistingu, samas sarnased ained suhteliselt erinevaid lõhnu. Ühtsete füüsikaliste või keemiliste tunnuste puudumine muudab lõhnade klassifitseerimise ja identifitseerimise keeruliseks (Oisalu jt, 2007).

Ebameeldiv või häiriv lõhn võib inimeste heaolu mitmel moel mõjutada ja seda seostatud erinevate terviseprobleemidega. Lõhna täpne roll tervise mõjutajana ei ole selge, kuid mitmed uuringud on tõestanud selle negatiivset mõju (Thu jt, 1997; Steinheider jt, 1998; Aatamila jt, 2010; Wing ja Wolf, 2000; Schinasi jt, 2011). Sealjuures on leitud, et terviseprobleeme ei tekita niivõrd lõhn ise, kui sellest tekiv häiring (Cavalini, 1994; Steinheider jt, 1998; Luginaah jt, 2002). Seda argumenti toetab asjaolu, et pikaajalisel kokkupuutel nõrga lõhnahäiringuga on sarnane mõju ajutise, kuid tugeva lõhnahäiringuga kokkupuutel (Cavalini, 1994). Seega võib lõhnahäiringuid pidada oluliseks stressitekitajaks, mis omakorda põhjustab bioloogilisi muutusi (Oisalu jt, 2007).

Soomes korraldati 2006. aastal uuring, kus hinnati jäätmekäitlustehase tegevusest tekkivate lõhnade mõju ümberkaudsetele elanikele. Selleks küsitleti tehast kuni 5 km kaugusel elavaid juhuslikult valitud elanikke (kokku 1 142). Uuriti vastajate viimase 12 kuu jooksul tekkinud lõhnadest tingitud häirituse taset ja terviseprobleeme. Töö tulemusena selgus, et inimestel, keda tehast tulev lõhn häiris, esines märgatavalt rohkem terviseprobleeme, kui neil, keda lõhn ei häirinud. Tüüpilisemad sümptomid olid: õhupuudus, silma-, nina- ja/või kurguärritus, hambavalu, ebataoline väsimus, palavik/värisemine, liigese- ja lihasvalud ning seedesüsteemiga seotud probleemid (Aatamila jt, 2010). Sarnaseid terviseprobleeme on nimetatud ka teistes samalaadsetes uuringutes (Thu jt, 1997; Steinheider jt, 1998; Wing ja Wolf, 2000; Schinasi jt, 2011).

Samuti on dokumenteeritud ebameeldiva lõhna mõju kinnisvarale. Enamasti avaldub see madalamas kinnisvara hinnas võrreldes lõhnavabas alas paikneva kinnisvaraga (Anstine, 2003; Aguilar-Benitez ja Saphores, 2005; Van Broeck jt, 2009; Eyckmans jt, 2011; Simons jt, 2014). Võimalike ebameeldiva lõhna indikaatoritena on täheldatud ka mõjutatud ala majanduslikke- ja turisminäitajaid (Aguilar-Benitez ja Saphores, 2005).

1.4 Lõhnataseme mõõtmine

Alates 1970. aastatest hakati Euroopas arendama erinevaid meetodeid lõhnaaine esinemise täpsemaks hindamiseks. Lõhnaainete hindamismetoodika erineb tavapärasest saasteainete hindamisest, kuna lõhnareostust põhjustab enamasti paljude ainete segu, mida erinevad inimesed hindavad erineval määral häirivaks (Keskkonnaministeerium₂, 2019).

Lõhna intensiivsus määratakse tavaliselt kindlaks mõõtmismeetoditega, mis põhinevad inimese haistmismeel (Oisalu, 2007). Erinevatele saasteainetele (ka lõhnaained võivad olla saasteained) on lähtuvalt otsesest ohust inimese tervisele kehtestatud välisõhu saastuse taseme piirmäärad. Kuid lõhnaaitete puhul on peamiseks küsimuseks häirivus, sest lõhn võib häiriv ka juhul, kui kontsentratsioonid on väikesed ja lõhnaainega ei kaasne otsest terviseohtu ning kehtestatud välisõhu saastuse taseme piirmäära pole ületatud (Keskkonnaministeerium₂, 2019). Paljusid lõhnaaineid tuntakse enne, kui neid on võimalik mõõtmismeetoditega tuvastada. Eriti hästi tuntakse näiteks vesiniksulfiidi ja merkaptaanide lõhna. Inimese nina tunneb neid juba kontsentratsioonis, mis on sätestatud normatiividest märgatavalt väiksem ja pole tervisele veel kahjulik (Oisalu jt, 2007). Lõhnast tekkiva häirivuse hinnangu saab anda vaid inimene, mistõttu lõhnahäiringu analüüsimiseks andmiseks kasutataksegi eelkõige inimese haistmismeel põhinevaid meetodeid (Keskkonnaministeerium₂, 2019).

Kokkuvõtvalt jagunevad lõhna hindamise meetodi järgmiselt (*ibid.*):

- olfaktomeetria – lõhnaainete modelleerimise aluseks olevad lõhnaühikud määratakse inimese haistmismeel abil. Olfaktomeetria abil kontrollitakse ka inimese sobivust lõhnaainete hindamise eksperdik (testitakse n-butanooliga vastavust standardile EVS-EN 13725-2005);
- raster- ja hajumissuund – uurimisala kaetakse mõõtepunktidega, kus lõhnaaine hindamise eksperdid hindavad lõhnaainete esinemist välisõhus. Hindamismeetodile kehtib Eestis standart EVS 888:2005;
- elanikkonna küsitlemine – lähtudes standarditest EVS 887-1:2005 ja EVS 887-2:2005 küsitletakse lõhnahäiringute mõjuala elanikke;
- leviku modelleerimine – mudelisse sisestatakse olfaktomeetrilise analüüsi tulemusena saadud lõhnaühikud, topograafilised parameetrid ja saasteallika info. Modelleerimise tulemusena on võimalik saada lõhnaühikute kontsentratsioon või esinemissagedus. Hindamismeetodile kehtib standard EVS 886-1:2005

1.5 Lõhnahäiringutega seotud regulatsioon

Lõhnahäiringute reguleerimiseks on maailmas kasutusel mitmeid erinevaid meetodeid. Levinuimad on välisõhus olevate kemikaalide ja lõhnakontsentratsiooni, lõhnaallika vahekauguse ning maksimaalse lõhna ja kemikaalide emissiooni reguleerimine, samuti kontrollitakse häiringutega seotud kaebuste arvu ja parimat võimalikku tehnoloogiat (Brancher jt, 2017).

Euroopa Liidus on lõhnahäiringutega seotud probleemide lahendamine jäetud liikmesriikide otsustada. Enamus liikmesriike lähtub lõhnaainete regulatsioonil olfaktoorse analüüsi põhimõttest (Keskkonnaministeerium₂, 2019).

Eestis reguleerib välisõhus oleva lõhnaga seonduvat atmosfääriõhu kaitse seadus. Selle järgi defineeritakse ebameeldiva või ärritava lõhnaga aineks välisõhku väljutatavat ainet või ainete segu, mis võib tekitada soovimatut lõhnataju (Atmosfääriõhu kaitse seadus, 2016). Lõhnale on keskkonnaministri 01.01.2017. a määrusega nr 81 „Lõhnaaine esinemise hindamise kord, hindamisele esitatavad nõuded ja lõhnaaine esinemise häiringutasemed“ (edaspidi *keskkonnaministri määrus nr 81*) sätestatud piirnorm, mille aluseks on lõhnaaine sageduspõhine häiringutase. Häiringutasemeks loetakse aasta lõhnatundide osakaalu kogu aasta tundidest, millest alates loetakse lõhnaaine esinemine oluliseks keskkonnahäiringuks (Lõhnaaine..., 2016). Näiteks on standardit EVS 886-1:2005 (enimkasutatud meetod) kasutades lõhnaaine esinemise häiringutase vastuvõtja juures 15% aasta lõhnatundidest (sealjuures lõhna iseloomu ja tugevust ei hinnata) (Keskkonnaamet, 2019). Üheks lõhnatunniks loetakse tunni keskmise lõhnaaine kontsentratsiooni 0,25 OU/m³ ületamist ning üheks lõhnatunniks loetakse ühe hindamisruudu ühes mõõtepunktis ühekordse hindamise käigus saadud positiivsete mõõtmistulemuste 51% osakaal (Pallo, 2018).

Lõhnaaine esinemise häiringutaseme ületamise tuvastab Keskkonnainspeksioon (Lõhnaaine..., 2016). Üldjuhul on häiringutaseme hindamise ajendiks elanikkonna kaebused (Keskkonnaministeerium₂, 2019). Nende põhjal kontrollib Keskkonnainspeksioon potentsiaalset häiringuallikaks olevat ettevõtet, sh ettevõtte tegevusvaldkonda, vajalike keskkonnalubade olemasolu või vajadust ja kinnipidamist saastatuse taseme piirväärtustest. Vajadusel ja võimalusel tellib Keskkonnainspeksioon saasteainete mõõtmised (Keerbergh ja Vaarmari, 2010).

Kui tuvastatakse seos lõhnaheite ja ettevõtte vahel, siis teeb Keskkonnainspeksioon ettevõttele ettepaneku koostada vabatahtlik lõhnaaine esinemise vähendamise kava (edaspidi *lõhnahäiringute*

vähendamiskava), mille kinnitab Keskkonnaamet. Kui ettevõtte lõhnaäiringute vähendamiskava koostada ei soovi kutsub Keskkonnainspeksioon kokku ekspertrühma, kes omakorda hindab antud piirkonnas lõhnaaine esinemist. Juhul, kui ka siis tuvastatakse lõhnaaine esinemise piirmäära ületamine, on lõhnaäiringute vähendamiskava koostamine käitisele kohustuslik (Keskkonnaministeerium², 2019).

Lõhnaäiringute vähendamiskava peab sisaldama (Atmosfääriõhu kaitse seadus, 2016):

- lõhnaaine eraldumist põhjustavate tegevusalade ja heiteallikate kirjeldust;
- andmeid käitist ümbritseva piirkonna asustustiheduse ja asustuse kauguse kohta ettevõtte tootmisterritooriumist;
- enne kava koostamist rakendatud lõhnaaine esinemise vähendamise meetmeid, sh plaanitavaid lisameetmeid. Samuti hinnangut käitise vastavuse kohta parimale võimalikule tehnikale või parima võimaliku tehnika arengust tulenevate lisameetmete rakendamise kohta;
- meetmete rakendamisel saavutatava lõhnaaine heitkoguse vähendamise arvutust ja lõhnaaine esinemise vähendamise arvutustulemust välisõhus;
- meetmete maksumust;
- andmeid meetmete rakendaja kohta;
- meetmete rakendamise ja nende efektiivsuse kontrollimise ning kava rakendamise aruande Keskkonnaametile esitamise tähtaegu.

Kava täitmist kontrollib Keskkonnainspeksioon koostöös Keskkonnaametiga (Keskkonnaamet, 2019).

1.6 Väliskulu leidmiseks kasutatavad meetodid

Välismõjude ja ökosüsteemiteenuste väärtuse leidmiseks on kasutusel mitmeid erinevaid meetodeid. Laiemalt on levinud lähenemine, mille kohaselt jagunevad hindamismeetodid kolmeks: avaldunud maksevalmidus, ilmutatud maksevalmidus ja väljendatud maksevalmidus (King ja Mazzotta, 2000; Kosk ja Lõhmus, 2011).

Avaldunud maksevalmidust kasutades eeldatakse, et kaupa või teenust pakutakse turul otse (nt marjad, seemed, ulukid) või on väärtus tuletatud inimeste käitumist arvestades (näiteks reisikulud loodushüvede tarbimiseks). Ilmutatud maksevalmiduse lähenemist kasutades tuletatakse välismõjude väärtus, võttes aluseks kulud, mida on tehtud või tuleb teha näiteks kahjude ennetamiseks (näiteks veefiltrite hind, kulutused müratõkke paigaldamiseks). Väljendunud maksevalmiduse uuringute korral välismõjude väärtus inimesi küsitledes (Kosk ja Lõhmus, 2011). Ülevaade kirjeldatud hindamisviisidest ja nendega seotud meetoditest on toodud tabelis 1.1.

Tabel 1.1 Ülevaade välismõjude leidmiseks kasutatavatest meetoditest (King ja Mazzotta, 2000; Kosk ja Lõhmus, 2011 järgi)

Avaldunud maksevalmidus	Ilmutatud maksevalmidus	Väljendatud maksevalmidus
Turuhinna meetod	Ennetamiskulu meetod	Tingliku hindamise meetod
Tootlikkuse meetod	Taastamiskulu meetod	Valik-katse meetod
Kinnisvarahinna meetod	Asenduskulu meetod	
Reisikulu meetod		

Lisaks eelnevalt käsitletud lähenemistele kasutatakse tulu ülekande meetodit. Seal leitakse teenuse väärtus võttes aluseks analoogse objekti hinnatud või mõõdetud väärtus (Kosk ja Lõhmus, 2011). Käesoleva töö tarbeks uuritud kirjanduse põhjal on kõige levinum moodus lõhnahäiringute väliskulu leidmiseks kinnisvarahinna meetod (Anstine, 2003; Aguilar-Benitez ja Saphores, 2005; Van Broeck jt, 2009; Eyckmans jt, 2011; Simons jt, 2014). Üksikutes uuringutes on kasutatud ka tingliku hindamise meetodit (Van Broeck jt, 2009).

Käesolevas töös kasutatakse lõhnahäiringute välismõju rahalise väärtuse leidmiseks kaht meetodit: ennetuskulu ja tulu ülekande meetod. Meetodite valikut on põhjendatud peatükis 2.2.

1.7 Ülevaade varasematest lõhnahäiringutega seotud uuringutest

2005. aastal avaldati uuring, milles seostati geograafilise infosüsteemi abil lõhnahäiringuid tekitavad ettevõtted nende ümbruses asuvate eramute müügihindadega. Häiringute allikaks olevate ettevõtete lõhnaainete emissiooni töös ei arvestatud. Uuritav piirkond oli neli Ameerika Ühendriigis California osariigis Orange maakonnas asuvat rannikulinna: Costa Mesa, Newport

Beach, Huntington Beach ja Seal Beach. Uuriti ühepereelamute müügitehinguid perioodil 1997-2001. Töösse hõlmati 76 erinevat ettevõtet, mis tekitasid uuritavas piirkonnas EPA (Ameerika Ühendriikide Keskkonnakaitseagentuur) andmebaasi järgi 1999. aastal lenduvaid orgaanilisi ühendeid või vääveldioksiidi. Lisaks hõlmati töösse veel 106 sõidukite värvimise ja remondiga tegelevat ettevõtet, mis ei olnud EPA andmebaasis. Ettevõtete tegevusalad jagunesid järgnevalt: nafta- ja maagaasitöötlemine (8 tk), sõidukite värvimine ja remont (115 tk), jäätmekäitlus (6 tk), plastitöötlemine (4 tk), veesõidukite ehitus ja parandamine (3 tk), lisaks trükkimine, metallitöötlus, sanitaartechnika paigaldamine, trükiplaatide valmistamine ja valitsusasutused (osakaal pole teada, kokku 46 tk) (Aguilar-Benitez ja Saphores, 2005).

Uuringu koostamiseks grupeerisid Aguilar-Benitez ja Saphores (2005) töös kasutatava andmestiku sõltumatud muutujad kolme kategooriasse: elamute füüsilised omadused, naabruses olevad muutujad ja lõhnaühinguid tekitavate ettevõtete andmed. Seejärel joonistati iga töösse hõlmatud eramu ja lõhnaallika ümber 0,25 miili (0,4 km), 0,5 miili (0,8 km) ja 0,75 miili (1,2 km) raadiused ringid ning määrati sõltumatud muutujad, mille abil hinnata kui kaugemale ulatub kinnisvara hinda mõjutav toime. Statistilise analüüsi tulemusena leiti, et olenevalt eramu ja ettevõtte vahelisest kaugusest ning kasutatud mudeli spetsifikatsioonist vähendasid lõhnaühingud maksimaalselt eramute hindu kuni 3,4%. Seda juhul, kui eramust 0,5 miili kaugusele jäi vähemalt üks EPA andmebaasis olev ettevõtte ja üks auto värvimistöökoda. Kui võtta arvesse vaid EPA andmebaasis olevaid ettevõtteid, siis nende mõju ulatus eramust kuni 0,25 miili kaugusele (hinna vähenemine kuni 2,9%). Pikematel distantidel oli mõju väheoluline (*ibid.*).

Ameerika Ühendriikides uuriti Tennessee osariigis Jonesborough linna lähistel asuva kahe tööstusettevõtte mõju ümbritsevale kinnisvarale. Töö põhieesmärk oli uurida, kuidas keskkonnariskide tajumine kinnisvarahindu mõjutab. Üks uuringuobjektidest tegeles raskmetallide tootmisega ja teine ettevõtte kummi ja plasti töötlemisega. Ettevõtted paiknesid üksteisest 2,5 miili (umbes 4 km) kaugusel tiheda liiklusega maantee ääres ja olid mõlemad teelt hästi nähtavad. Mõlema ettevõtte tegevusega sai seostada negatiivseid keskkonnamõjusid, kuid erineval moel. Ettevõtteid ühendas asjaolu, et nende tegevusega kaasnes rida potentsiaalseid terviseriske, kuid ühegi esinemist polnud uuringu tegemise ajal ümbritsevas kogukonnas registreeritud. Ettevõtete erinevuseks oli see, et kummi ja plasti töötlemisega tegelevast tehastest levis piirkonda tugev lõhn ja väheses koguses ka nähtavat suitsu. Raskmetallide tootmisega tegeleva ettevõtte tegevuse tagajärjel neid keskkonnamõjusid ei tekkinud. Uuring hõlmas 171 Jonesborough linna lähistel asuvat eramut. Töö käigus välja töötatud empiiriline mudel arvestas eluaseme omadusi, kuid ka selle asukohast tingitud väliseid tegureid (Anstine, 2003).

Uuringu tulemusena selgus, et hõlpsasti tajutaval informatsioonil on kinnisvara hinnale tugev mõju. Kuigi mõlemad tehased olid potentsiaalsed terviseriskiallikad mõjutas kinnisvara hindu (negatiivselt) vaid kummi ja plasti töötlemisega tegelev ettevõtte. Keskmiselt oli tehase lähistel asuva kinnisvara hind kaugemal asuvast 5 457 dollarit (8%) väiksem. Raskmetalle töötleva tehase mõju ümbritsevale kinnisavarale oli samuti negatiivne, kuid statistiliselt väheoluline. Samas selgus uuringust, et kahe tehase mõjualasse jääva kinnisvara hind oli mõjualast välja jäävast 14% väiksem (ligikaudu 9 550 dollarit). Seega, kuigi eraldi võttes oli statistiliselt võimalik välja tuua vaid kummi ja plasti töötlemisega tegeleva ettevõtte mõju kinnisvara hinnale, siis kumulatiivset mõju arvesse võttes mõjutasid mõlemad ettevõtted kinnisvara hinda (*ibid.*). See on oluline ka Eesti lõhnaäiringute väljaselgitamise kontekstis, kuna enamasti on tööstusettevõtted koondunud tööstuspiirkondadesse, mistõttu lõhnaäiringud on enamasti tekitatud ettevõtete koosmõjus (Kivi, 2016).

Simons jt (2015) uurisid rafineerimistehase mõju ümbruskonna kinnisvara hinnale. Nende uuringuobjekt oli Houstoni linna lähedal asuv tehas. Tegemist on suuruselt kolmanda USA rafineerimistehasega, millel on varasemalt olnud probleeme saasteainete emissioonide ületamisega. Hinnatava ala suuruse tuvastamiseks rakendasid töö autorid AERMOD mudelit tehasest leviv vääveldioksiid (SO_2) leviku modelleerimiseks. Uuring põhines kõige suuremal vääveldioksiidi emissioonil, mis toimus 2009. ja 2010. aastal. Lisaks sisestati mudelisse 3 964 eramu müügitehingut, mis toimusid perioodil 2006-2011.

Töös kasutati saasteainete mõju hindamiseks kaht aja ja ruumi mudelit ning kolme metodoloogilist lähenemist. Saasteainete leviku ja kinnisvara hindade vahel tuvastati märkimisväärne seos. Leiti, et tehasest tulevatele saasteainetel ja nende emissioonide avalikustamisel oli ümbritseva kinnisvara hinnale oluline negatiivne mõju, mis 2011. aasta tehingute andmete järgi vähenes 6-8%. Tehasest kaugenedes see mõju vähenes ja polnud 2 km kaugusel enam eristatav (Simons jt, 2015).

Das ja Roy (2014) kasutasid samuti kinnisvarahinna meetodit ja analüüsisid Cachar paberivabriku mõju naabruskonna rendihindadele. Paberivabrik asub Loode-Indias Panchgram-i linnas Barak-i jõe kaldal. Töö valimisse hõlmati 200 erinevat rendimaja, mis jäid paberivabrikust kuni 10 km raadiusesse. Valimis olevate majade põhiomadused olid sarnased (suurus, tubade arv jms), põhiline erinevus oli rendipindade kaugus paberivabrikust. Peamine negatiivne välismõju, mis autorite hinnangul rendihindu mõjutas, oli paberi tootmisel tekkiv ebameeldiv lõhn. Nad tõid esile ka vabrikust leviva tolmu, müra ja vähenenud nähtavuse. Positiivse välismõjuna tõsteti esile tööhõive suurenemist.

Töö tulemusena leidsid Das ja Roy, et Cachar-i paberivabrikul on ümbruskonna rendihindadele oluline mõju. Rendihind suurenes vabrikust kaugenedes keskmiselt 467,9 INR/km (Das ja Roy, 2014).

Jakob Winstrand (2009) uuris ruumilise kinnisvarahinna meetodi abil Rootsi läänerannikul asuva Preemraffi rafineerimistehase mõju ümbruskonna kinnisavarale. Täpsemalt oli töö eesmärk hinnata rafineerimistehase tõttu tekkiva mitte-esteetilise vaate ja ebameeldiva lõhna mõju. Uuringu aluseks olid perioodil 1994–1996 Lysekil omavalitsuses toimunud kinnisavara tehingud (kokku 430). Winstrand leidis, et Preemraffist kaugenedes kinnisvara hinnad aeglaselt kasvavad. Hinnaelastsus oli väikseim (0,071) rafineerimistehasest kagu suunas, kuhu valitsevad tuuled lõhna kandsid. Vastupidises suunas oli hinnaelastsus 0,162. Sellest järeldati, et lõhnal on kinnisavara hinnale mõju, kuid see on marginaalne.

Hollandis uuriti 2005. aastal tingliku hindamise meetodi abil kui palju on lõhnahäiringu allikate (neli reoveekäitlusettevõtet ja kaks biojätmete kompostimisega tegelevat ettevõtet) lähistel elavad inimesed nõus ühes kuus maksma, et häiringuid vähendataks 80%. Kokku intervjueriti 500 inimest. Selgus, et maksevalmidus ühe perekonna kohta aastas oli minimaalselt 60 ja maksimaalselt 137 eurot (Van Broeck jt, 2009).

Teises, samuti Hollandis läbiviidud uuringus hinnati 2008. aastal Denderleeuwis asuva sõnnikukäitlusettevõtte tegevuse tõttu tekkiva ebameeldiva lõhna mõju selle ümbruses paikneva kinnisvara hinnale. Töösse hõlmati 1 245 eramut. Uuringu tulemusena leiti lineaarne seos lõhna kontsentratsiooni ja kinnisvara hindade vahel: loglineaarse mudeli järgi kaasnes iga lõhnaühiku (su/m^3)¹ lisandumisega keskmiselt 650 eurone hinnalangus. Lineaarregressiooni mudeli kohaselt oli hinnalangus suurem – keskmiselt 1 526 eurot lõhnaühiku kohta (*ibid.*).

Belgias hinnati 2011. aastal samuti lõhnahäiringute mõju ümbritsevale kinnisvarale. Uuringus oli lõhnahäiringute allikaks Flandrias asuv loomsete jäätmete käitlemise tehas. Töösse hõlmati 1400 majamüüki, mis toimusid aastatel 2004–2008. Lõhnahäiringute tase jagati uuringus vastavalt mõõdetud häiringu tugevuse astmetele kolmeks: madal ($1\text{-}2 \text{ su}/\text{m}^3$), mõõdukas ($2\text{-}5 \text{ su}/\text{m}^3$) ja tugev ($\text{üle } 5 \text{ su}/\text{m}^3$). Töö tulemusena leiti, et keskmiselt mõjutatud kinnisvara hind langes häiringute tõttu umbes 5%. Tugevalt mõjutatud kinnisavara osas oli see näitaja peaaegu 12%. Madala lõhnahäiringuga tsoonis kinnisvara hinnas olulisi muutusi ei täheldatud. Kokku oli töösse

¹ $1 \text{ su}/\text{m}^3 = 1\text{-}5 \text{ OU}/\text{m}^3$

hõlmatud alal lõhnahäiringute väliskulu 31 miljonit eurot. Samasse mudelisse sisestati selles piirkonnas 1991. aastal tehtud lõhnamõõtmised. Leiti, et lõhnaallikaks oleva tehase meetmed lõhnahäiringute vähendamiseks on lõhnahäiringute väliskulu vähendanud 23 miljoni euro võrra (Eyckmans jt, 2011).

Ameerika Ühendriikides avaldati 2014. aastal uuring, kus hinnati Kentucky osariigis Benton-i linna lähistel asuva 2005. aastal rajatud suure seakasvatusekompleksi mõju lähiümbruses paiknevale kinnisvarale. Töösse hõlmati seitsme miili (umbes 11,3 km) raadiuses olev ala laudakompleksi ümber. Uurimisala oli 1,25 miili (umbes 2 km) raadiuse ringi sisse jääv ala vahetult lautade ümber ja ülejäänud määrati kontrollalaks. Hinnati 270 kinnisvaratehingut, mis toimusid aastatel 2002–2012. Töö tulemusena leiti, et uurimisaslasse jääva kinnisvara hind oli alates 2009. aastast vähenenud keskmiselt 23–32% ja laudakompleksist allatuult jääval alal veelgi enam (Simons jt, 2014).

Hamed jt (1999) uurisid samuti loomakasvatuse mõju ümbrisevale kinnisvarale. Nad analüüsisid Missouri osariigi Saline maakonna maapiirkonnas asuva kinnisvaraga tehinguid, mis toimusid aastatel 1996–1997. Salini maakonnas asus töö koostamise ajal 35 loomakasvatuse ettevõtet, mille valdkonnad jagunesid järgnevalt: 32 seafarmi, kaks veisefarmi ja üks kanala. Valim hõlmas kokku 99 tehingut, neist 39 olid seotud hoonestatud kinnistuga. Töö tulemusena leiti, et loomakasvatuse ettevõtte lähedus mõjutab hoonestatud kinnistute hindu negatiivselt. Keskmine hinnakadu 3 aakri (0,4 ha) kohta oli miili raadiuses loomakasvatuse ettevõttest 112 USD. Kui arvestada, et keskmine kinnistu oli 86 aakri suurune (34,4 ha), siis oli keskmine hinnakadu kinnistu kohta 3 853 USD.

Mitmetes töodes on uuritud inimeste valmidust maksta puhtama õhu eest. Näiteks hinnati Poolas 2018. aastal, kui palju on inimesed valmis maksma paranenud õhukvaliteedi eest. Keskmine maksevalmidus oli 21,172 PLN/kuus (Ligus, 2018). Hiinas toimunud uuringus oli peaaegu 90% 2 744 vastajast valmis puhtama õhu eest rahaliselt panustama ja keskmine maksevalmidus oli 382,6 RMB/aastas (Sun jt, 2016). Kanadas toimunud töös seostati inimeste heaolu küsitluse tulemused saastekaartide ja ilmaandmetega. Selle tulemusena leiti, et keskmiselt on inimesed valmis õhukvaliteedi paranemisse panustama 4,4% oma aastasest sissetulekust (Barrington-Leigh ja Behzadnejad, 2017).

Nicolai ja Janni konstrueerisid 1996. aastal Minnesota ülikoolis madala maksumusega biofiltri, mille põhikoostisosad olid ülikooli piimatöötlemisega ja kodulindude kasvatamisega seotud uuringute käigus tekkiv kompost ning aedubade varred. Filter ühendati põrsafarmi ventilatsiooniga, et

puhastada farmist väljuvat õhku. Puhastusvõime tagamiseks paigaldati filtrile ka automaatne kastmissüsteem. Biofiltri toimimise hindamiseks mõõdeti olfaktomeetriga kaheksa kuu vältel lõhnataset farmis sees, väljuvas õhus enne biofiltrit ja pärast filtrit. Farmis oli lõhnatase 120–854 lõhnaühikut, farmist väljuvas biofiltriga puhastatud õhus 20–208 lõhnaühikut. Keskmiselt vähendas filter lõhnataset 78% võrra. Töös uuritud biofiltri konstrueerimine maksis kokku vaid 75 dollarit, kuna selle põhikoostisosad olid Minnesota ülikoolil olemas. Nicolai ja Janni hindasid, milliseks kujuneb biofiltri maksumus 700 emisega pörsafarmi tarbeks, kui konstrueerida see uutest materjalidest. Nad leidsid, et sellisel juhul maksab biofilter 500 dollarit, mis tähendab, et selle kulu ühe toodetava pörsa kohta on 0,28 dollarit (Nicolai ja Janni, 1997).

2. MATERJAL

2.1 Peamised lõhnahäiringute allikad Eestis

Põhjalikum ülevaade Eesti lõhnahäiringute allikatest ja nende mõjuulatusest pärineb 2018. aastast, kui valmis Keskkonnaministeeriumi tellitud projekti „Eesti keskkonnakasutuse välismõjude rahasse hindamise analüüs, I etapp“ lõpparuanne. Projekti põhiline eesmärk oli välismõjude keskkonnamõjude hindamise ja rahasse arvutamise jaoks süsteemse meetodika väljatöötamine. Üks viidatud töösse hõlmatud keskkonnakasutuse vorme oli ebaseeldiv lõhn (Pallo, 2018).

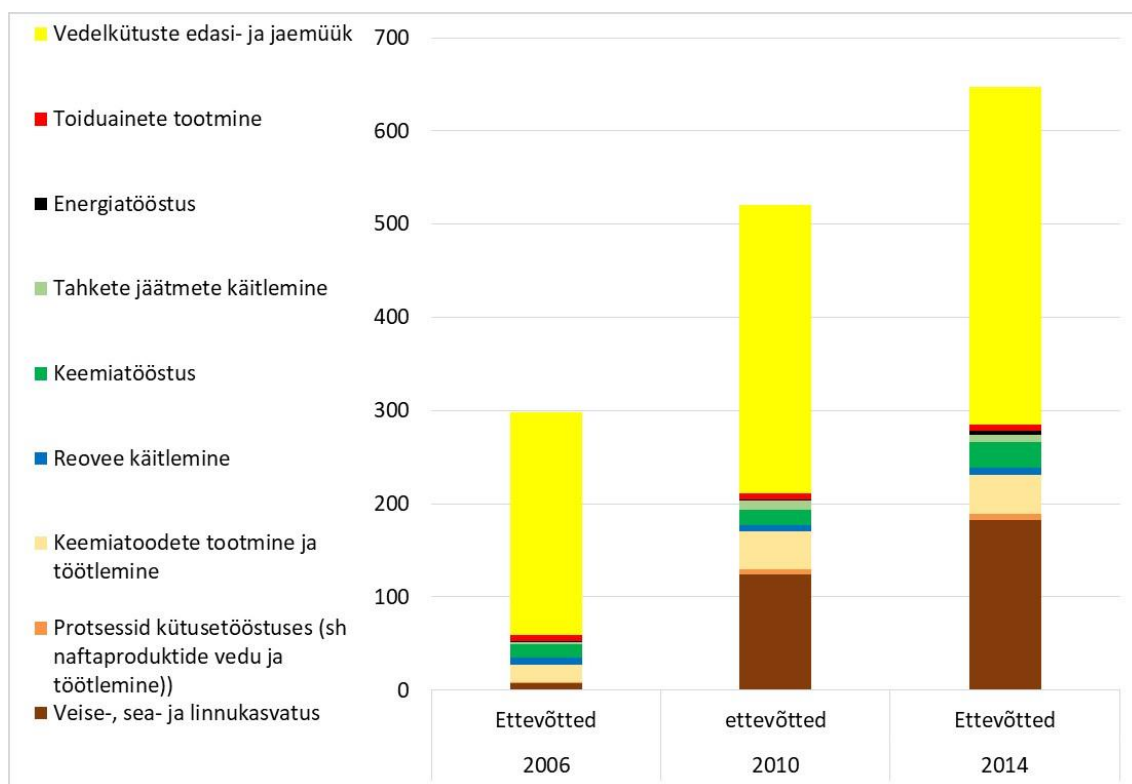
Lõhnahäiringuid puudutavas osas vaadeldi töö raames perioodi 2006–2014 ja leiti potentsiaalselt ebaseeldiva lõhnaga mõjutatud alade pindala, kusjuures mõjuala ulatus määratleti tulenevalt objekti tegevusvaldkonnast ja valdkonnaspetsiifilistest lõhnaainetest eksperthinnangute võrdluse põhjal. Lõhnahäiringu läviväärtusena arvestati, kui see oli võrdne või ületas 5 lõhnaühikut ühes õhu kuupmeetris. Mõjutatud ala pindala hinnati loomakasvatuse (linnu-, veise- ja seakasvatus), kütusetööstuse (sh käitlemine), kemikaalide tootmise ja töötlemise, reoveekäitluse, tahkete jäätmete käitlemise, energiatööstuse, toiduainete tootmise ning vedelkütuste jaemüügi osas. Ebaseeldivast lõhnast mõjutatud ala pindala oli töös seotud surveallikate ehk ebaseeldiva lõhnaallikate arvuga ja ei arvestatud, et parema keskkonnatehnoloogia rakendamine võib lõhnaheidet vähendada. See tähendab, et töö tulemused olid indikatiivse iseloomuga (*ibid.*).

Töö tulemusena leiti, et enim häiringuid on seotud tootmisprotsessidega kütusetööstuses ja kemikaalide tootmisega ning loomakasvatusega. Loomakasvatusega seotud lõhnahäiringute mõjuala on alates 2006. aastast kasvanud rohkem kui 45 korda (vt joonis 2.1). Mõnevõrra vähem, kuid siiski olulisel määral on suurenenud ka kütuse- ja keemiatööstusest mõjutatud alade pindala: ligi 5 korda. Uuringu autorid peavad keemia- ja kütusetööstuse puhul selle peamiseks põhjuseks suurenenud majandusaktiivsust. Teiste tegevusalade mõju keskkonnakvaliteedile on madala olulisusega. Surveallikate arvu muutused näitavad sama tendentsi. 2006.-2014. aastani kasvas potentsiaalselt ebaseeldiva lõhnaga seotud objektide arv ligi kaks korda. Sealjuures on tõusu märgata kogu Eestis (*ibid.*).

Saadud tulemuste usaldusväärsuse hindamiseks võrreldi neid Keskkonnainspeksioonile laekunud lõhnahäiringute kaebuste põhjal koostatud ruumiliste andmetega. Ilmnes usaldusväärne

kokkulangemine eksperthinnangu põhjal määratletud suuremate mõjualadega. Analüüside põhjal joonistus tinglikult välja kaks Eesti peamist lõhnahäiringute piirkonda: Tallinn ja selle lähiümbrus ning Ida-Virumaa (vt lisa 1 joonis 1.1). Valdav osa Keskkonnainspeksioonile edastatud kaebustest on seotud ettevõtetega, mis tegelevad kemikaalide tootmise või töötlemisega ja kütuse tootmise või töötlemisega. Kuna loomakasvatusega seotud lõhnahäiringute allikad asuvad hajaasustuspiirkondades, ei ole nendega seotud kaebuste arv suur (*ibid.*).

Kokkuvõtvalt hinnati aruandes ebameeldiv lõhn kui inimesele mõju avaldav keskkonnanäitaja madala olulisusega keskkonnateguriks. Ühe peamise põhjusena tuuakse välja ebameeldiva lõhna vähene leviulatus (*ibid.*).



Joonis 2.1 Muutused lõhnaheittega seotud ettevõtete arvus aastatel 2006–2014 (Pallo, 2018).

Pallo (2018) uuringu tulemusi toetavad probleempiirkondades tehtud uuringud. Neist üks on seotud Harjumaal Muuga lahe ääres asuva Muuga sadamaga, mida on peetud üheks olulisemaks Harjumaa lõhnahäiringute piirkonnaks (Kivi, 2016). 2014. aastal tellis Keskkonnainspeksioon Eesti Keskkonnauuringute Keskuselt (edaspidi EKUK) töö, mille eesmärk oli hinnata Muuga sadamas tekkivaid saasteainete heitkoguseid, sadama piirkonna saastetasemeid ja sadamat ümbritsevate elumupiirkondade lõhnahäiringu esinemissagedust. Töö käigus kaardistati Muuga sadam territooriumil ja selle lähiümbruses vesiniksulfiidi ja lenduvate orgaaniliste ühendite

saastetasemeid ning modelleeriti lõhnaainete leviku ja lõhna esinemissageduse kaart. Saadud tulemusi võrreldi piirkonna elanikelt Keskkonnainspeksioonile esitatud lõhnahäiringu kaebuste esinemissagedusega (Saare jt, 2014).

Uuringu käigus tuvastati sadama ja selle lähiümbruse terminalide piirkonnas lõhnaaine piirväärtust ületava lõhnaaine esinemine. Selle põhjuseks peetakse raskete kütteõlide käitlemisel tekkivat väevliühendite heidet (Kraavi, 2017). Uuringus tõdeti, et piirkonna elanike kaebused ebameeldiva lõhnahäiringu üle näitavad viimase kümnendi jooksul kasvutendentsi ja probleem on pidevalt aktuaalsemaks muutunud. Leiti kindel seos kõrgendatud saastetaseme ja kaebuste arvu suurenemise vahel (Saare jt, 2014).

Ida-Virumaal kerkib lõhnahäiringute probleemi osas esile Sillamäe ja Vaivara piirkond ning Kohtla-Järve linn (Keskkonnaamet, 2019). Sillamäel ja selle lähiümbruses esineva lõhnahäiringu allikate välja selgitamiseks teostas Keskkonnauuringute Keskus 2014. aastal uuringu. Töö peamine eesmärk oli välja selgitada ala olulisemate saasteallikate heitkogused ja nende mõju välisõhule. Täpsemalt hinnati Sillamäel ja Vaivara piirkonnas ettevõtete saasteaine heitkoguseid, tekkivaid saastetasemeid ja sellest tulenevaid lõhnahäiringute esinemissagedust (Maasikmets jt, 2014).

Töö tulemusena leiti, et lõhnaaine esinemiseprotsent oli uuringualal 8–22% (keskkonnaministri määruse nr 81 järgi on piirmäär 15%, vt peatükk 1.5). Uuringu käigus analüüsiti ka piirkonnas tehtud lõhnakaebusi. Leiti, et Keskkonnainspeksioonile laekunud lõhnakaebuste arv on viimaste aastate lõikes pidevalt kasvanud. Uuringu autorid pidasid selle põhjuseks reaalse olukorra halvenemist, aga ka elanikkonna suurenenud teadlikkust ja uute rohkem häirivate lõhnaainete esinemissageduse suurenemist Sillamäel (*ibid.*).

Teine Ida-Virumaal lõhnahäiringute osas laiemat kõlapinda leidnud piirkond on Kohtla-Järve linn. Peamised lõhnaprobleemid on seal olnud seotud Järve linnaosaga, mille elanikke on mitmeid aastaid ebameeldiv lõhn häirinud (Kurdovskaja, 2018). Piirkonnas asub mitu tööstusettevõtet, mille tegevuse koosmõju on peetud lõhnahäiringu põhipõhjuseks (Ader, 2018).

Järve linnaosa lõhnaemissioonide taseme ja täpsete lõhnaallikate välja selgitamiseks tellis Keskkonnainspeksioon 2015. aastal Keskkonnauuringute Keskuselt uuringu „Välisõhu kvaliteedi, lõhnahäiringu ning saasteainete heitkoguste hindamine Kohtla-Järve linnas Järve linnaosa piirkonnas“. Lõhnahäiringute hindamiseks kasutati uuringus kahte erinevat meetodikat. Esimesel juhul määrati Järve linnaosas kuus rastrit, millest kolm paiknesid elamupiirkonnas ja kolm

tööstuspiirkonnas. Mõõtmiste tulemusena ilmses, et lõhnaaine esinemisprotsent jääb vahemikku 9-44% ja viies mõõtepunktis esines lõhnaaine piirväärtuse ületamine (Kesanurm jt, 2016).

Teisel juhul korraldas TNS Emor EKUK-i tellimisel Järve linnaosas kahes piirkonnas ebameeldiva lõhnahäiringu esinemise ja selle tekkepõhjuste väljaselgitamiseks küsitluse. Küsitluse tulemused näitasid, et mõjupiirkondade elanikkonna lõhnataju on ületatud (*ibid.*).

Nagu eespool viidatud, paiknevad loomakasvatusega seotud lõhnaallikad hajusalt üle Eesti, mistõttu konkreetseid probleempiirkondi esile ei saa tuua (Pallo, 2018). Kuid näiteks 2003. aastal toimunud küsitluses tõsteti esile Kesk- ja Lõuna-Eestis põllumajandusega seotud lõhnahäiringuid. Peamisteks lõhnaallikateks peeti sigalaid (Oisalu jt, 2007.) Seega on loomakasvatuse põhjustatud lõhnahäiringute osakaal kogu riiki arvesse võttes märkimisväärne.

Loomakasvatusevõtete puhul on lõhnaemissioon üldjuhul seotud kolme allikaga: sõnnikuhoidlad, farmihoone (väljatõmbe-korstnad) ja olenevalt tehnoloogiast ka sõnnikulaotamine. Sealjuures soodustab farmist lenduv tolmu lõhnalevikut. Farmi suurenemisega kaasneb üldjuhul ka lõhnaemissiooni suurenemine (Santonja jt, 2017).

3. METOODIKA

3.1 Lõhnahäiringute väliskulu arvutamise meetoodika

Käesolevas töös keskenduti Eesti lõhnahäiringute väliskulu leidmiseks valdkondadele, mis on Pallo (2018) aruande järgi Eesti peamised lõhnahäiringute allikad. Need on kütuste ja kemikaalide tootmise, transiidi ja hoiustamisega seotud tegevused ning loomakasvatus, mida käesolevas töös käsitletakse ühiselt kütuse- ja keemiatööstuse valdkonnana (vt peatükk 2.1.).

Esialgu kavandati mõlema valdkonnaga seostuva lõhnahäiringute väliskulu leida kasutades ennetuskulu meetodit. Kuid kütuse- ja keemiatööstusega seostuva väliskulu arvutamiseks ei ole algandmed kättesaadavad, seetõttu kasutakse selle valdkonnaga seotud lõhnahäiringute väliskulu leidmiseks tulu ülekande meetodit. Loomakasvatusest tuleneva lõhnahäiringute arvutamiseks kasutatakse plaanipäraselt ennetuskulu meetodit.

Alljärgnevalt on põhjalikumalt selgitatud kummagi valdkonnaga seotud väliskulu leidmise meetoodikat.

3.1.1 Kütuse- ja keemiatööstus

Kütuse- ja keemiatööstusega seotud lõhnahäiringute väliskulu leidmiseks analüüsiti varasemaid sama valdkonda puudutavaid uuringuid. Ilmnes, et kütuse- ja keemiatööstuse lõhnahäiringute väliskulu on uuritud vähe ja täpset Eesti oludele sarnast analoogi, mida tuluülekande meetodi rakendamiseks kasutada, ei leidu. Seetõttu võetakse töös aluseks sama valdkonnaga seotud uuringud, mida on võimalik muutujate modifitseerimisel Eesti oludele vastavaks kohandada ja seeläbi Eesti kütuse- ja keemiatööstuse lõhnahäiringute väliskulu leida.

Ülevaade uuringutest, mida töös rakendati on toodud tabelis 3.1. Kõikides käsitletud töodes on väliskulu leidmiseks kasutatud kinnisvarahinna meetodit. Tabelis on toodud uuringu autor(id) ja töö tulemusena leitud väliskulu, ostujõu standardi väärtused ning 2017. aasta hindadesse ümber arvestatud väliskulu.

Tabel 3.1 Ülevaade tööstusliku lõhnaheite väliskulu käsitlevatest uuringutest

Autor	Väliskulu (EUR/m)	Ostujõu standardi ümberarvutuse koefitsient uuringu aasta/2017. aasta ¹	Väliskulu ümberarvutatuna 2017. aasta hindadesse (EUR/m)
Grislain-Letrémy ja Katosky (2014)	15-20,4	0,882/0,776	13-17,7 (keskm. 15,35)
Flower ja Ragas (1994)	4,4	1/1*	4,4
Boxall jt (2005)	25-74,6	1,221/1,252	25,6-76,5 (keskm. 51,05)

* Esimesed võrdlusprogrammid tehti 1980. ja 1985. aasta ostujõu standardite ja tegelike kulutuste põhjal ning need hõlmasid vastavalt 18 ja 20 liikmesmaad. Kuna kummaski programmis ei olnud esindatud kõik OECD liikmesriigid, siis võrreldi kogutud andmeid USA-ga.²

Prantsusmaal uurisid Céline Grislain-Letrémy ja Arthur Katosky (2014) kolme linna (Bordeaux, Dunkirk ja Rouen) vahetus läheduses paiknevate tööstusettevõtete mõju piirkonna kinnisavara hindadele. Uuringusse valiti just need kolm piirkonda, kuna seal oli olemas vajalik mitmekesine alusandmestik. Samuti oli autorite hinnangul töö kvaliteeti silmas pidades oluline, et piirkondade sotsiaalmajanduslikud näitajaid on erinevad: jõukaimad elanikud elavad Bordeauxi-s ja madalaima elatusasemega on Dunkirk-i elanikud. Kuna töös uuritavate tööstusettevõtete tegevusvaldkonnad olid seotud kemikaali- ja kütusetööstusega, siis on see kvaliteetseks alusuuringuks käesolevas magistritöös kasutamiseks. Täpsemalt jagunevad töösse hõlmatud tööstusettevõtted linnade kaupa järgnevalt:

- Bordeaux (püssirohutehas);
- Dunkirk (nafta hoiustamine ja rafineerimine, metallurgia, tööstuslike gaaside, kemikaalide ja ravimite tootmine ning jäätmekäitlus);
- Rouen (maagaasi hoiustamine ja rafineerimine, biodiisli ja vedela süsihappegaasi toomine, parfüümide ladustamine, paberi tootmine, logistika).

Uuringus kasutatud mudelisse sisestati info vaadeldava eluaseme kaugusega tähtsamatest objektidest (linnakeskus, poed, avalikud asutused jne), tööstusõnnetuse risk, ettevõtete nähtavus eluasemete juurest ning saastetase. Kõigepealt loodi nende andemete põhjal mudel, mis hindas

¹Kättesaadav: <https://data.worldbank.org/indicator/pa.nus.ppp> 10.05.2019

²Kättesaadav: <https://www.eestipank.ee/sites/default/files/publication/et/Arhiiv/bylletaan/1996/index.htm>

tööstusettevõtete mõju naabruskonna kinnisvarale ning seejärel võrreldi seda piirkonna müügistatistikaga (periood 2000-2008) (Grislain-Letrémy ja Katosky, 2014).

Uuringu tulemusena selgus, et Bordeaux-is asuval püssirohutehasel ei ole piirkonna kinnisvara hindadele mõju. Ettevõtte ümbrus on kaetud haljastatud rekreatsioonialadega, seetõttu arvasid töö autorid, et mudelisse hõlmati tahtmatult ka piirkonnas asuvaid positiivseid välismõjusid, mis olid negatiivsetest kaalukamad. Ka Dunkirk-i linnas ei leitud tööstusettevõtete naabruse ja kinnisavara hindade vahel statistiliselt usaldusväärset seost. Autorid hindasid, et see võib olla põhjustatud linnast 18 km kaugusel asuvast tuumaelektrijaamast, mis on tugevama mõjuga kui linnas asuval tööstusettevõtetel. Samuti mõjutab Dunkirk-i tulemusi asjaolu, et esimesed elamud jäävad seal ettevõtetest vähemalt 700 m kaugusele. Rouen-is seevastu oli tööstusettevõtetel naabruskonna kinnisavarahindadele selge mõju. Töös leiti, et majapidamised olid keskmiselt valmis maksma 1,2% oma eluaseme hinnast, et 100 m ohuks peetavast ettevõttest kaugemale kolida. Olenevalt kasutatud mudelist oli majapidamiste keskmine maksevalmidus seega 15-20,4 EUR/m (*ibid.*).

Flower ja Ragas (1994) uurisid kahe kütuse rafineerimistehase mõju nende ümbruses olevale kinnisvarale. Uuring toimus USA-s St Bernard Parish-is, mis on haldusüksus New Orleans-ist idas. Uuringus kasutati kinnisvarahinna regressiooni mudelit, et analüüsida 1999 maja müüki, mis toimusid aastatel 1979–1991. Potentsiaalsete negatiivsete välismõjudena nimetati töös õhusaastet, sh ebameeldivat lõhna, samuti plahvatusohtu. Töö autorid leidsid, et kuigi tehastega kaasnevad ka positiivsed välismõjud, eelkõige lisandunud töökohtade näol, on negatiivsetel välismõjudel tehaste lähiümbruses olulisem mõju.

Uuringu tulemusena leiti, et ühe rafineerimistehase läheduses olid kinnisavara hinnad vähenenud 1,5%. Autorid järeldasid, et mõju kinnisavara hinnale oli väheoluline, kuna esimesed elamud paiknesid tehastest võrreldes teisega kaugemal. Seevastu kõige märgatavam oli mõju teise tehase lääneküljel, kus elamud paiknesid vahetult tehase läheduses. Seal täheldati, et kuni 0,5 miili kaugusel tehastest olid kinnisvarahinnad vähenenud 5% ja keskmine hinnalangus oli seal 986 USD 0,1 miili (umbes 0,2 km) kohta (Flower ja Ragas, 1994).

Kanadas valmis 2005. aastal uuring, kus hinnati naftat ja maagaasi tootvate ettevõtete mõju Calgary linna lähistel asuva kinnisvara hinnale. Mõju hinnati, kasutades kahte muutujate rühma: ohutegurid ja muud keskkonnanäitajatest tulenevad tegurid. Töösse hõlmati 532 linna lähistel asuvat kinnisavara, sealjuures jäeti valimist välja põllumajanduslikku väärtust omav kinnisavara. Vaadeldav ajaperiood oli 1994–2001 (Boxall jt, 2005).

Töö tulemusena selgus, et ettevõtete mõjuraadius kinnisavara hinnale oli 4 km. Hindade langus võrreldes väljaspool mõjuala omavate kinnisavara hindadega oli kõiki tegureid arvesse võttes keskmiselt 4–8%, st 150 000–450 000 CAD. Sellest võib järeldada, et inimeste maksevalmidus häiringuid tekitavatest kaitistest kaugemale kolida on hinnanguliselt 37,5–112,5 CAD/m (*ibid.*).

Tabelis 2 viidatud uuringutes on keskendunud üleüldiselt kütuse- ja keemiatööstusega seotud ettevõtete mõjule ümbritsevatele kinnisvara hindadele, sealjuures on kõigis töödes ühe negatiivse välismõjuna märgitud lõhnahäiringuid. Tööstusettevõtete lähistel asuva kinnisvara hinna kujunemise osas on ebameeldiva või ärritava lõhna kandvat rolli rõhutanud ka Anistine (2003), Aguilar-Benitez ja Saphores (2005), Das ja Roy (2014) ning Simson jt (2015) (vt ka peatükk 1.7). Samuti on Anistine (2003) tõestanud, et eelkõige mõjutavad tööstusettevõtete lähiste asuvate elamute hindu selgelt tajutavad välismõjud ning näidanud, et lõhnahäiringud on üks sellistest mõjudest. Sellest tulenevalt saab tabelis 2 toodud uuringutes leitud väliskulu võtta aluseks tulu ülekande meetodi kasutamiseks, et Eesti kütuse- ja keemiatööstuse lõhnahäiringute väliskulu leida.

Eesti kütuse- ja keemiatööstusega seotud lõhnahäiringute mõju ulatuse välja selgitamisel võetakse aluseks Pallo (2018) aruandes toodud ebameeldiva lõhna poolt potentsiaalselt mõjutatud ala ja inimeste arv. Aruandes valiti seisundi näitajaks ebameeldiva lõhna leviala ulatus, kus lõhnaainete sisaldused ületavad rahvusvaheliselt kasutatava ebameeldiva lõhna suhtes kehtestatud piirväärtuse 5 LÜE/m³ enam kui 175 tunni vältel aastas. Tehti kindlaks ebameeldiva lõhna tekkega seotud objektide asukohad ja määrati lõhna leviulatuse puhvertsoon. Sealjuures lähtuti halvimast võimalikust stsenaariumist ja anti eksperthinnang maksimaalsele võimalikule ebameeldiva lõhna leviulatusele allikast. Tuleb arvestada, et lõhnahäiringust mõjutatud tsoonide kattumise tõttu on mõjuala tõenäoliselt ülehinnatud (Pallo, 2018).

Pallo (2018) aruande järgi on kütuse- ja keemiatööstusest tuleneva lõhnahäiringu mõjualas 2014. aasta seisuga hinnanguliselt 5000 inimest. Mõjutatava ala suurus oli ligikaudu 849,8 km², vastavalt keemiatööstusel¹ 243,47 km² (69 surveallikat) ja kütusetööstusel 606,33 km² (6 surveallikat). Käesolevas töös võetakse arvesse, et üldjuhul kütuse- ja keemiatööstusettevõtete vahetus läheduses elamuid ei ole. Seega tuleb mõjutatavast alast jätta välja eluhooneteta ala. Eldatakse, et tinglik eluhooneteta tsoon on 100 m raadiuses vahetult surveallika ümber.

¹ Pallo (2018) aruandes toodud koormusallikad „keemiatoodete tootmine ja töötlemine“ ning „keemiatööstus“ arvestatakse käesolevas töös ühe valdkonnana „keemiatööstus“

Kulu ülekandmise aluseks on tabelis 2 toodud uuringutes leitud 2017. aasta hindadesse ümberarvutatud väliskulu. Sealjuures on Boxall jt (2005) ning Grislain-Letrémy ja Katosky (2014) töödes arvestatud keskmise 2017. aasta väliskuluga. Kulu ülekandmiseks Eesti oludesse kasutatakse valemit (Saldarriaga Isaza, 2014 järgi):

$$WTP_a = \left(\frac{Y_a}{Y_b}\right) * WTP_b \quad (3.1)$$

kus WTP_a – kulu Eestis, EUR/m,
 Y_a – 2017. aasta Eesti keskmine brutokuupalk, EUR,
 Y_b – uuringu kohas 2017. aastal kehtinud brutokuupalk, EUR;
 WTP_b – ülekantava kulu väärtus, EUR/m.

Statistikaameti andmetel oli 2017. aastal Eesti keskmine brutokuupalk 1221 eurot (Statistikaamet, 2019). Samal aastal oli keskmine brutokuupalk Prantsusmaal 3267 eurot, USA-s 4522 eurot ja Kanadas 2652 eurot (OECD, 2019).

Seejärel leitakse ülekantud kulu aritmeetiline keskmine. Selleks kasutatakse valemit:

$$WTP_1 = (WTP_{a1} + WTP_{a2} + WTP_{a3})/3 \quad (3.2)$$

kus WTP_1 – väliskulu aritmeetiline keskmine, EUR/m,
 WTP_{a1} , WTP_{a2} ja WTP_{a3} – vastavalt töös kasutatud uuringute põhjal Eesti oludesse ülekantud väliskulu, EUR/m.

Leitud väliskulu on aluseks kogu Eesti kütuse- ja keemiatööstusest põhjustatud lõhnahäiringute leidmiseks. See arvutatakse kasutades järgmist valemit:

$$WTP_{KKT} = \left(\sqrt{\frac{S_1}{\pi}} - L * PS_{KKT}\right) * WTP_1 \quad (3.3)$$

kus WTP_{KKT} – Eesti kütuse- ja keemiatööstuse põhjustatud lõhnahäiringute kogu väliskulu, EUR,
 S_1 – Pallo (2018) aruandes toodud Eesti kütuse- ja keemiatööstusest tuleneva mõjuala suurus 2014. aastal, m,

L – eluhooneteta tsooni raadius, m,

PS_{KKT} – surveallikate arv,

WTP₁ – tuluülekande meetodi abil leitud väliskulu aritmeetiline keskmine.

Kütuse- ja keemiatööstusest põhjustatud väliskulu leidmiseks inimese kohta aastas kasutatakse järgmist valemit:

$$WTP_{KKTi} = \frac{WTP_{KKT}}{n_{KKT}} \quad (3.4)$$

kus WTP_{KKTi} – kütuse- ja keemiatööstusest tingitud lõhnaäiringute väliskulu inimese kohta, EUR/in,

WTP_{KKT} – Eesti kütuse- ja keemiatööstuse põhjustatud lõhnaäiringute kogu väliskulu, EUR,

n_{KKT} – kütuse- ja keemiatööstusest tingitud lõhnaäiringute mõjualas elavate inimeste arv, in.

3.1.2 Loomakasvatus

Loomakasvatuse tõttu tekkiva lõhnaäiringu väliskulu leidmiseks kasutatakse töös ennetuskulu meetodit. Töö valimisse arvati info kogumise lihtsustamiseks suurettevõtted, kes haldavad mitut farmi. Andmeid nõustus jagama üks ettevõtte. Ettevõttele kuuluvatest farmidest arvati töösse need, mis vastasid kahele tingimusele: ettevõtte oli teinud kulutusi lõhnaäiringute vähendamiseks ning olid olemas võrreldavad andmed lõhnaheite emissiooni kohta. Neile tingimustele vastab neli ettevõtte farmi (töös nimetatud tinglikult farm A, farm B, farm C ja farm D), mille kõigi põhitegevusala on seakasvatus.

Kõik töös käsitletud seafarmid omavad keskkonnakompleksluba¹ (edaspidi *kompleksluba*) ja on seetõttu kohustatud rakendama käitises kompleksloaga määratud parimat võimalikku tehnikat (edaspidi *PVT*) (Tööstusheite seadus, 2013). Lõhna vähendamiseks tehtavate tegevuste puhul võetakse töös aluseks PVT rakendamine. Kuigi tabelis 3 toodud meetmete eesmärke on komplekslubades käsitletud erinevalt, st kas välisõhu saaste või lõhnaäiringu ennetamiseks vaadeldakse käesolevas töös mõlemaid meetmeid lõhnaäiringut ennetavatena. Töös arvestatakse, et kui kompleksloaga määratud lõhnaaine või saasteaine vältimiseks või

¹ KOTKAS: Keskkonnaotsuste infosüsteem. Kättesaadav: <https://kotkas.envir.ee/> (19.05.2019)

vähendamiseks vajalikud meetmed on täies ulatuses rakendatud, siis on minimaalne vajalik tegevus lõhnahäiringute vähendamiseks tehtud. Meetmete rakendamiseks tehtud kulutuste põhjal leitakse lõhnahäiringute väliskulu.

Tabelis 3.2 on kompleksloas toodud meetmed, mida farmid on kohustatud rakendama. Nende eesmärk on välisõhu saaste või lõhna vältimine või vähendamine. Tabelisse on märgitud meetme nimetus. Farmid, mis on konkreetset meetet kohustatud rakendama, on tähistatud X-ga.

Tabel 3.2 Farmides rakendatavad meetmed lõhnahäiringute vähendamiseks

Meetme kirjeldus	Farm A	Farm B	Farm C	Farm D
Söödaratsioonis toitefaktorite vähendamine	X	X	X	
Õhu liikumist takistavate barjääride rajamine	X			
Sõnniku käitlemine sobivate ilmastikuolude korral	X	X		X
Sõnnikuhoidla katmine	X	X	X	X
Sõnnikukanalite optimaalne tühjendamine		X		X
Sõnnikujahutussüsteem ¹				X

Sööda koostis mängib seakasvatuse tagajärjel keskkonda sattuvate saasteainete heitkoguste osas olulist rolli. Samas on see määrava tähtsusega ka sealiha koguse, kvaliteedi ja paljude teiste parameetrite osas (Santonja jt, 2017). Optimaalsete söötade koostamine on mõjutatud suurest hulgast erinevatest tingimustest ja vajadustest, mistõttu on lõhna vähendamisega seotud mõjuulatuse välja toomine ilma täiendavate põhjalike uuringuteta raskendatud. Sellest tulenevalt töös seda meetet lõhnahäiringute väliskulu arvutamisel ei arvestata.

Õhu liikumist takistavate barjääride rajamise meetet on märgitud vaid farmi A kompleksloas. Loa kohaselt on selle meetme rakendamine vajalik vaid vajadusel. Seni ei ole see vajadus teadaolevalt ilmnenud ja ettevõtte lõhnahäiringute vähendamiseks haljastust rajanud ei ole.

Sõnniku käitlemine sobivate tuulte korral on pidev tegevus, mille eelduseks on tööprotsessi õige planeerimine. Sõnnikukanalite optimaalne tühjendamine on samuti pidev tegevus, mida ettevõtte teeb vastavalt vajadusele sõnnikukihi minimaalse paksusena hoidmiseks. Ettevõtte ei tee nende meetmete osas lõhnahäiringute vähendamiseks täiendavaid kulutusi.

¹ Sõnnikujahutussüsteem on farmi D kompleksloas küll PVT-na küll nimetatud, kuid seda ei ole seotud ühegi heite ja jäätme tekke vältimise või vähendamise meetmega. Samas on tõestatud selle lõhnaheite vähendamise tõhusus, mistõttu seda arvestatakse ka käesolevas töös (Santonja jt, 2012).

Sõnnikuhoidla katmine on meede, mida on rakendatud kõigis farmides. Sõnnikuhoidlad (eeskätt katmata sõnnikuhoidlad) on üheks olulisemaks lõhnaainete emissiooni allikaks (Santonja jt, 2012). EKUK-i koostatud töö „Lõhnaaine heitkoguse arvutamise meetodika koostamine“ põhjal on katmata sõnnikuhoidlate lõhnaainete eriheide on 6,8 OU/m²/s ning ujuvkattega sõnnikuhoidlate eriheide 1,4 OU/m²/s (Maasikmets jt, 2016). Sõnnikuhoidlate ujuvkatte materjaliks võib olla hekselpõhk, turvas, kergkruus, plastikgraanulid, rapsiõli vms materjal, mis vähendab saasteainete (sh lõhnaainete) emissiooni (OÜ Consultare, 2017). Seega vähendatakse sõnnikuhoidla ujuvkattega katmisega lõhnaainete eriheidet 5,4 OU/m²/s (79%) (Maasikmets jt, 2016).

Farmides A, B ja C asub kokku kuus ligikaudu 38 m läbimõõduga sõnnikuhoidlat. Sõnnikuhoidlate arv on vastavalt: farmis A 3, farmis B 2 ja farmis C 1. Käesolevas töös võetakse lõhnaheite arvutamisel arvesse farmis asuvate sõnnikuhoidlate arvu ja EKUK-i töös leitud eriheidet, mille järgi on ühe katmata sõnnikuhoidla lõhnaheide 7 708,1 OU/s. Seega juhul, kui farmides asuvad sõnnikuhoidlad oleksid katmata, oleks nende lõhnaheide järgmine: farmis A 23 124,3 OU/s, farmis B 15 416,2 OU/s ja farmis C 7 708,1 OU/s.

Ettevõtte kasutab nendes farmides sõnnikuhoidlate katmiseks kergkruusa. Ühe ujuvkattega sõnnikuhoidla lõhnaheide on EKUK-i eriheidet arvestades 1 618,7 OU/s. Sellest lähtuvalt on farmides asuvate kergkruusaga kaetud sõnnikuhoidlate lõhnaheide järgmine: farmis A 4 856,1 OU/s, farmis B 3 237,4 OU/s ja farmis C 1 618,7 OU/s. Seega vähendati sõnnikuhoidlate katmisega lõhnaheidet järgnevalt: farmis A 18 268,2 OU/s, farmis B 12 178,8 OU/s ja farmi C 6 089,4 OU/s võrra.

Farmis D on üks sõnnikuhoidla. 2012. aastal tegi EKUK farmi lähistel välisõhu kvaliteedi mõõtmisi. Mõõtmistulemusi kirjeldava aruande kohaselt oli farmis asuva kergkruusaga kaetud sõnnikuhoidla lõhnaainete emissioon mõõtmishetkel 3 651,9 OU/s (Maasikmets ja Lehes, 2012). Saadud tulemus oli ligi kaks korda suurem, kui EKUK-i töös käsitletud eriheite põhjal arvutatud lõhnaheite emissioon (1 618,7 OU/s). See on tõenäoliselt seletatav asjaoluga, et mõõtmistulemuste aruandes on esitatud lõhnaheite hetkkogus. Lõhnaheide on seotud sõnnikuhoidlas oleva sõnniku kogusega (Santonja jt, 2012). Kuna see ei ole hoidlas konstantne, siis ei ole ühekordne mõõtmine piisav, et keskmist lõhnaaine emissiooni leida.

Ettevõtte rajas 2016. aastal farmis asuva sõnnikuhoidla katmiseks telkkatuse. Guelph-i ülikoolis tehtud uuringute kohaselt on telkkatuste abil võimalik tõhusalt lõhnaemissioone vähendada (95%)

(English ja Fleming, 2006). Pärast telkkatuse paigaldamist ei ole lõhnamõõtmisi farmis tehtud, mistõttu võetakse käesolevas töös aluseks Guelph-i ülikoolis tehtud järeldused telkkatuste lõhnaemissioonide vähendamise osas. Lähte olukorraks arvatakse EKUK-i katmata sõnnikuhoidla eriheite abil leitud lõhnaaine emissioon (7 708,1 OU/s). Selle järgi on farmis D telkkatusega sõnnikuhoidla lõhnaainete emissioon 385,4 OU/s ning lõhnaheidet vähendati seega 7 322,7 OU/s võrra.

Lisaks on farmis D paigaldatud 2010. aastal sõnniku pinnakihi jahutussüsteem. Selle eesmärk on jahutada farmis sõnnikukanalites oleva sõnniku pinnakihti kasutada ja saadud soojust lauda soojendamiseks. Jahutussüsteemi kasutatakse 9 kuul aastas (välja arvatud suvekuudel). Hollandis tehtud uuringute põhjal väheneb lõhnaainete emissioon sõnniku pinnakihi jahutamisel vähemalt 3°C kraadi võrra keskmiselt 20-25% (keskm. 22,5%) (Santonja jt, 2012).

Farmis mõõdeti 2012. aastal viie väljatõmbe-korstna juures lõhnaainete emissiooni. Oluline ja regulaarne saaste-, sh lõhnaainete heide toimus neljast väljatõmbe-korstnast. Viieandast toimub heide väga harva, kuna tegemist on järelkasvu sektsiooniga, kus sigu peetakse vaid äärmisel vajadusel (Maasikmets ja Lehis, 2012; Pallo, 2012). Seetõttu oli viienda saasteallika lõhnaemissioon võrreldes teistega oluliselt väiksem ja selle mõõtmistulemusi käesolevas töös ei arvestata. Kõiki nelja väljatõmbe-korstnaid arvesse võttes oli lõhnaheite emissioon kokku 142 704 OU/s (Maasikmets ja Lehis, 2012).

Pinnakihi jahutussüsteemi paigaldamise eelselt farmis lõhnaheidet mõõdetud ei ole, seetõttu lähtutakse tollaegsete heitkoguste leidmisel Hollandis tehtud uuringu järeldustest (Santonja jt, 2012). Alusandmeteks võetakse EKUK-i 2012. aasta töös kirjeldatud eriheited, mille kohaselt on nuumsigade lõhnaainete eriheide 40 OU/LÜ/s (Maasikmets jt, 2012). Põhjendused eriheite aluseks võtmisel on sarnased telkkatuse lõhnaheite arvutamise juures toodule: lõhnaainete hetkkoguste mõõtmine ei anna usaldusväärset pilti lõhnaemissiooni määrast pikema perspektiivi lõikes. Farmis D on kahes laudas kokku 4088 nuumsea kohta, seega on nende keskmine lõhnaemissioon kokku 122 640 OU/s. Arvestades, et valdavalt on lõhnaallikaks loomade elutegevuse tagajärjel tekkinud sõnnik, saab saadud andmeid kasutada sõnniku pinnakihi jahutussüsteemi lõhnaheite vähendusefekti arvutamisel (Santonja jt, 2012). Seega on sõnniku pinnakihi jahutussüsteemi kasutades lõhnaheide keskmiselt 95 046 OU/s ja lõhnaheidet vähendatud 27 594 OU/s võrra. Aasta lõikes on keskmine pinnakihi jahutussüsteemi abil saavutatud lõhnaheite vähendamine 20 695,5 OU/s võrra.

Pallo (2018) aruande kohaselt on loomakasvatusest põhjustatud lõhnahäiringute mõjuala 724,92 km² ja surveallikaid kokku 183. Aruande järgi on keskmisest loomakasvatus objektist potentsiaalselt lõhnahäiringute tõttu mõjutatud keskmiselt 85 inimest. Seega on Eestis loomakasvatusest tingitud lõhnahäiringute mõjualas hinnanguliselt 15 555 inimest.

Loomakasvatusest põhjustatud lõhnahäiringute vähendamiseks tehtud kulutuste algandmed on toodud töö lisa 2 tabelis 12 ja 13. Töös on leitud perioodi 2010-2019 keskmine aastane lõhnahäiringute väliskulu, et võtta väliskulu leidmisel arvesse ettevõtte suuri investeeringuid lõhnahäiringute vähendamiseks. Sealjuures on arvestatud, et sõnniku pinnakihi jahutussüsteemi ehitamise aastal selle hooldamiseks kulutusi ei tehtud. Samuti on kulude leidmisel arvestatud ostujõu muutust.

Loomakasvatusest põhjustatud väliskulu leidmiseks inimese kohta 2019. aastal kasutatakse järgmist valemit:

$$WTP_{LKi} = K_{LK}/n_{LK1} \quad (3.5)$$

kus WTP_{LKi} – loomakasvatusest põhjustatud väliskulu inimese kohta 2019. aastal, EUR/in/a,
 K_{LK} – ettevõtte tehtud kulutused lõhnahäiringute vähendamiseks perioodil 2010-2019, EUR,
 n_{LK1} – lõhnahäiringute mõjualas elavate inimeste arv, in.

Keskmise lõhnahäire vähendamise võime arvutamiseks leitakse nelja farmi lõhnaheite emissiooni vähenemise aritmeetiline keskmine. Selleks kasutatakse valemit:

$$LH = (LH_a + LH_b + LH_c + LH_d)/4 \quad (3.6)$$

kus LH – keskmine saavutatud lõhnaheite emissiooni vähenemine, OU/s,
 LH_a, LH_b, LH_c, LH_d – vastavalt farmis A, B, C ja D saavutatud keskmine lõhnemissiooni vähenemine, OU/s.

Väliskulu arvutamiseks ühe lõhnaühiku kohta kasutatakse farmide A, B ja C puhul valemit:

$$WTP_{LH1} = K/LH \quad (3.7)$$

kus WTP_{LH1} – ühe lõhnaühiku väliskulu, EUR/OU/s/a,

K – ettevõtte ühe aasta sees tehtud kulutused lõhnahäiringute vähendamiseks, EUR/a,
 LH – keskmine saavutatud lõhnaheite emissiooni vähenemine, OU/s.

Farmis D on tehtud kaks suurt investeeringut: sõnniku pinnakihi jahutussüsteem 2010. aastal ja sõnnikuhoidla telkkatus 2016. aastal. Väliskulu arvutamisel tuleb võtta arvesse keskmise lõnavähendamise võime muutust 2016. aastal. Lisaks arvestatakse sõnniku pinnakihi jahutussüsteemi ekspluatatsioonikulustega (telkkatuse kasutamisel neid ei esine), kusjuures võetakse arvesse, et jahutussüsteemi soetamise aastal selle hooldamiseks kulutusi ei tehtud. Sellest lähtuvalt kasutatakse ühe lõhnaühiku väliskulu leidmiseks järgmist valemit:

$$WTP_{LÜ2} = \left[\frac{K_{PI}}{LÜ_P} + 5 * \left(\frac{K_{PE1}}{LÜ_P} \right) + \frac{K_{PE2} + K_{TI}}{LÜ_P + LÜ_T} + 3 * \left(\frac{K_{PE3}}{LÜ_P + LÜ_T} \right) \right] / 10 \quad (3.8)$$

kus $WTP_{LÜ2}$ – ühe lõhnaühiku väliskulu, EUR/OU/s/a,
 K_{PI} – sõnniku pinnakihi jahutussüsteemi ehitamiseks tehtud kulutused, EUR,
 K_{PE1} – jahutussüsteemi keskmine ekspluatatsioonikulu aastatel 2011-2015, EUR/a,
 $LÜ_P$ – jahutussüsteemi mõjul saadud lõhnaheite vähendamise määr, OU/s,
 K_{PE2} – jahutussüsteemi keskmine ekspluatatsioonikulu aastal 2016, EUR,
 K_{TI} – telkkatuse ehitamisega seotud kulutused, EUR,
 K_{PE3} – jahutussüsteemi keskmine ekspluatatsioonikulu aastatel 2017-2019, EUR,
 $LÜ_T$ – telkkatuse abil vähendatud lõhnaemissiooni määr, EUR.

Kogu Eesti loomakasvatuse põhjustatud lõhnahäiringute väliskulu leidmiseks kasutatakse valemit:

$$WTP_{LK} = WTP_{LKi} * n_{LK} \quad (3.9)$$

kus WTP_{LK} – kogu Eesti loomakasvatusest põhjustatud väliskulu, EUR,
 WTP_{LKi} – väliskulu inimese kohta, EUR/in,
 n_{LK} – Pallo (2018) aruande järgi loomakasvatusest tingitud lõhnahäiringu mõjualas elavate inimeste arv, in.

4. TULEMUSED

Tabelis 4.1 on toodud kütuse- ja keemiatööstuse väliskulu. Märgitud on tulu ülekande meetodi aluseks võetud uuringutes leitud väliskulu ja nende väärtus 2017. aasta hindade põhjal. Viimasesse tulpa on märgitud valemi 3.1 abil leitud väliskulu Eesti oludesse ümberkandmisel saadud tulemused.

Tabel 4.1 Uuringute põhjal leitud kütuse- ja keemiatööstuse põhjustatud lõhnahäiringute väliskulu

Autor	Väliskulu (EUR/m)	Väliskulu ümberarvutatuna 2017. aasta hindadesse (EUR/m)	Eesti oludesse ülekantud kulu (EUR/m)
Grislain-Letrémy ja Katosky (2014)	15-20,4	15,35	5,74
Flower ja Ragas (1994)	4,4	4,4	1,19
Boxall jt (2005)	25-74,6	51,05	23,64

Eesti kütuse- ja keemiatööstuse väliskulu aritmeetiline keskmine on valemit 3.2 kasutades ligikaudu **10 EUR/m**. Võttes arvesse Pallo (2018) aruandes märgitud kütuse- ja keemiatööstusest põhjustatud lõhnaainete mõjuala ja jättes sellest välja elamuvaba tsooni, on lõhnahäiringutest mõjutatud ala suurus 847,44 km². Seega kasutades valemit 3.3 on 2014. aasta andmete põhjal kütuse- ja keemiatööstusest põhjustatud lõhnahäiringute väliskulu ligikaudu **91 211 eurot**. Arvestades, et kütuse- ja keemiatööstuse põhjustatud lõhnahäiringute mõjualasse jääb Pallo (2018) aruande järgi ligikaudu 5000 elanikku, on valemi 3.4 järgi selle valdkonnaga seotud väliskulu ühe inimese kohta umbes **18 eurot**.

Tabelis 4.2 on kokkuvõtte loomakasvatuse põhjustatud lõhnahäiringute väliskulu arvutamisest. Tabelisse on märkitud kulutuste tegemise periood, mida töös arvestatakse. Samuti on seal toodud Pallo (2018) aruandes viidatud lõhnahäiringute mõjuala ning inimeste arv, kelle lõhnahäiringuid vähendati. Sealjuures on võetud arvesse, et aruande kohaselt on ühe keskmise farmi lõhnahäiringute mõjualas keskmiselt 85 inimest. Keskmise lõhnaheite vähendamise võime arvutamisel on kasutatud valemit 3.6. Lõhnahäiringu vähendamisega seotud investeeringute ja kulude arvutamisel on lähtutud lisas 2 tabelis 2.4 olevatest 2019. aasta hindadesse ümber arvutatud kulutustest. Lõhnahäiringute vähendamiseks tehtud kulutuste leidmiseks ühe inimese kohta

kasutatakse valemite 3.5. Väliskulu ühe lõhnaühiku kohta leitakse valemite 3.6 ja 3.7 tulemuste aritmeetilise keskmisena.

Tabel 4.2 Kokkuvõtte loomakasvatuse põhjustatud lõhnaühingute väliskulu arvutamisest

Valimi kirjeldus (Farmid A, B, C ja D)			
Periood, aasta	Lõhnaühingute mõjuala, km ²	Inimeste arv, kelle lõhnaühinguid vähendati	Keskmine lõhnaühingute vähendamine (OU/s)
2010 – 2020	724,92	15 555	16 138,65
Lõhnaühingute vähendamise seotud investeeringud ja kulud			
Investeeringud 2019. aasta hindades, euro	Rajatiste eeldatav eluiga, aastat	Rajatistega seotud kulud eluea jooksul, euro	Kulud kokku 2019.a. hindades, EUR
145 455	10	85 831	231 286
Loomakasvatuse põhjustatud lõhnaühingute väliskulu			
EUR/in/a	EUR/OU/s/a		
15	0,5		

Võttes arvesse, et Pallo (2018) aruande kohaselt elab loomakasvatusest põhjustatud lõhnaühingute mõjualas ligikaudu 15 555 elanikku, on kasutades valemite 3.9 Eesti loomakasvatusest tingitud lõhnaühingute väliskulu perioodil 2010-2019 keskmiselt ligikaudu **233 325 EUR/a**.

5. ARUTELU

Käesolevas töös on kütuse- ja keemiatööstuse põhjustatud lõhnahäiringute väliskulu arvatud tulu ülekande meetodi abil ning loomakasvatuse põhjustatud lõhnahäiringute väliskulu kasutades ennetuskulu meetodit. Mõlema valdkonna väliskulu inimese kohta on samas suurusjärgus: Eesti kütuse- ja keemiatööstuse puhul on lõhnahäiringute väliskulu 10 EUR/in/a ja loomakasvatuse põhjustatud lõhnahäiringute väliskulu on 15 EUR/in/a. Tulemused on samas suurusjärgus ka tabelis 5.1 toodud 2005. aastal Hollandis toimunud uuringuga, mille eesmärk oli samuti leida lõhnahäiringute väliskulu (Van Broeck jt, 2009). Võrreldes tabelis 5.1 olevate õhukvaliteediga seotud väliskulu uuringutega, mis toimusid Poolas ja Hiinas, on käesolevas töös leitud tulemused mõnevõrra väiksemad, jäädes siiski samasse suurusjärku (Sun jt, 2016; Ligus, 2018). Seega võib järeldada, et magistritöös leitud tulemused on valideeritud ka teiste uurijate poolt.

Mõnevõrra kõrgem maksevalmidus Poola ja Hiina uuringutes tuleneb kasutatud meetodikate erinevusest. Mõlemas töös leiti õhukvaliteedi parandamise maksevalmidus kasutades tingliku hindamise meetodit. Seda meetodikat kasutades küsitakse intervjueeritavate maksevalmidust hüpoteetilise situatsiooni kohta. Vastused on otseselt seotud sellega, kuidas sõnastati hüpoteetiline turg või mil moel on kavas makse koguma hakata. Hüpoteetilise turu ülesehitusest tulenevalt võivad tulemused suures ulatusest kõikuda. Poola näitel seostati küsitluses õhukvaliteet olulise heaolu ja tervisliku seisundi muutumisega. Seega võib eeldada, et vastajad olid kallutatud suurema maksevalmiduse poole. Seda tõendab asjaolu, et uuringu tulemuste põhjal oldi kõige rohkem valmis maksuma suremuse vältimise eest (23,3%) (Ligus, 2018). Hiinas toimunud uuringu tulemusi mõjutas sarnasel moel tõenäoliselt kogu riigi kehv õhukvaliteet. Töös toodi esile, et peaaegu neljandik riigist on kivisöele orienteeritud energiamajanduse tõttu kaetud suduga, mis on suure riikliku ja rahvusvahelise tähelepanu all ning millel on märkimisväärne mõju inimeste heaolule ja tervislikule seisundile. Seetõttu oli peaaegu 90% kõigist vastajatest valmis õhukvaliteedi paranemisse rahaliselt panustama (Sun jt, 2016).

Võrreldes töö tulemusi tabelis 5.1 olevate kinnisvarahinna meetodil tehtud uuringutega on käesoleva töö tulemused oluliselt väiksemad (Anstine, 2003; Van Broeck jt, 2009). See on taaskord tingitud erinevatest kasutatud meetodikatest. Kinnisvarahinna meetodil leitud lõhnahäiringu väliskulu tugineb kinnisvaraturul realselt toimunud vahetuste maksumusele ning peegeldab lõhnahäiringu rahalist väärtust kõige otsesemalt. Sellest tulenevalt on kinnisvarahinna meetodil saadud väliskulu võrreldes käesolevas töös leitud väliskuluga oluliselt suurem.

Tabelis 5.1 on toodud ülevaade õhukvaliteedi ja lõhnahäiringutega seotud uuringutes leitud väliskulust. Märgitud on uuringu autor, asukohariik, kasutatud meetodika, uuringu läbiviimise aasta ja leitud väliskulu. Samuti on tabelis toodud 2017. aasta hindadesse ümber arvatud väliskulu.

Tabel 5.1 Ülevaade õhukvaliteedi ja lõhnahäiringutega seotud uuringutes leitud väliskulust

Autor	Riik	Meetod	Uuringu aasta	Väliskulu, uurigu aasta / 2017. aasta*	
				(EUR/in/a)	(EUR/OU/in/a)
Van Broeck jt (2009)	Holland	Tingliku hindamise meetod	2005	15-34,3/ 13 - 30	
Van Broeck jt (2009)	Holland	Kinnisvarahinna meetod	2008		162,5–381,5/ 152–356 ¹
Ligus (2018)	Poola	Tingliku hindamise meetod	2015	59/58	
Sun jt (2016)	Hiina	Tingliku hindamise meetod	2013	50/50	
Anstine (2003)	USA	Kinnisvara hinna meetod	2000	1 219–2 134/ 1 219–2 134 ¹	

* Väliskulu ümber arvatud 2017. aasta andmeteks ostujõu standardi abil. Kättesaadav: <https://data.worldbank.org/indicator/pa.nus.ppp> (05.05.2019)

Kütuse- ja keemiatööstuse väliskulu arvutamisel kujunes käesolevas töös suurimaks takistuseks sobivate uuringute kättesaadavus, kuna puudusid täpsed Eesti oludesse ümber kantavad analoogid. Ülekande alusena kasutati uuringuid, kus oli leitud kütuse- ja keemiatööstuse mõju ümbruskonna kinnisvara hindadele. Oluline on märkida, et hindade kujunemist mõjutab tugevalt inimeste võime ümbritsevaid välismõjusid tajuda. Mitmete uuringute põhjal on lõhnahäiringutel sealjuures kande roll (Anstine, 2003; Aguilar-Benitez ja Saphores, 2005; Das ja Roy, 2014; Simson jt, 2015; Elliott jt, 2019). Samas mõjutavad tulu ülekandeks kasutatud uuringutes väliskulu kujunemist ka teised hõlpsasti tajutavad negatiivsed välismõjud, sh müra ja õnnetuste oht, aga ka positiivsed välismõjud nagu suurenenud tööhõive. Seega, kuigi primaarne välismõju, mis üle kanti, on lõhnahäiring, siis on tõenäoliselt tahtmatult kantud üle ka teisi välismõjusid. Seetõttu on Eesti oludesse ülekantud kütuse- ja keemiatööstuse lõhnahäiringute väliskulu inimese kohta tõenäoliselt mõnevõrra ülehinnatud.

¹ Eeldusel, et ühes majapidamises elab keskmiselt neli inimest.

Käesolevas töös leitud kogu Eesti kütuse- ja keemiatööstuse väliskulu puhul tuleb arvestada, et Eestis on kütuse- ja keemiatööstuse ettevõtted koondunud kindlatesse piirkondadesse (Kivi, 2016). Seega on lõhnahäiringust mõjutatud tsoonide kattumise tõttu mõjuala tõenäoliselt ülehinnatud (Pallo, 2018). Samas on varasemate uuringute põhjal tõendatud, et mitme ettevõtte koosmõju ümbruskonnale võib olla oluliselt suurem kui üksikute ettevõtetel (Anstine, 2003). Seetõttu ei pruugi ettevõtete koondumise tõttu vähenenud mõjuala tuua kaasa väiksemat väliskulu.

Ka loomakasvatuse põhjustatud lõhnahäiringute väliskulu arvutamise puhul võib ühe takistusena nimetada erinevate välismõjude eristamise keerulisust. Eriti tihedalt on omavahel seotud saaste- ja lõhnaainete emissioon, kuna loomakasvatuses on need ained tihti samad (nt H₂S). Seetõttu sisaldab töös leitud lõhnahäiringute vähendamise väliskulu tahtmatult mingil määral ka saasteainete emissiooni väliskulu ning võib eeldada, et leitud loomakasvatuse põhjustatud lõhnahäiringute väliskulu on mõnevõrra ülehinnatud.

Loomakasvatuse puhul on vaja esile tõsta ka asjaolu, et puuduvad sõnnikulaotamisega seotud lõhnaainete mõõtmisandmed. Seega ei ole võimalik arvutada sõnnikulaotamisel PVT rakendamisest tulenevat lõhnahäiringute vähendamise väliskulu.

Lõhnahäiringute väliskulu usaldusväärsuse hindamisel tuleb silmas pidada, et inimeste lõhna tajumise võime ja häirituse tase on erinev (Oisalu jt, 2007). Samuti on tõestatud, et õhusaaste, sh ka ebameeldiva lõhna tajumisega seotud inimeste heaolu on ebaproportsionaalselt mõjutatud kõige hiljutisematest kogemustest (Chen jt, 2019). Seega mõjutab lõhnahäiringute väliskulu usaldusväärtust olulisel määral inimeste subjektiivsus.

Käesoleva uuringu autori hinnangul saab antud töös leitud lõhnahäiringute väliskulu täpsustada edasiste uuringute käigus, seda eelkõige väliskulu arvutustesse hõlmatud teiste välismõjude osas. Võttes arvesse, et lõhnahäiringute väliskulu avaldub eelkõige surveallika läheduses elavatele inimestele, saab ühe võimaliku meetmena rakendada tingliku hindamise meetodit. Selle kaudu saab uurida lõhnahäiringut tekitava surveallika mõjualas elavate inimeste maksevalmidust kõigi teadaolevate surveallika tekitatud välismõjude suhtes ning leida seeläbi lõhnahäiringute ja vajadusel ka teiste välismõjude osakaal.

Eelnevast tulenevalt on käesolevas töös leitud Eesti loomakasvatuse ning kütuse- ja keemiatööstuse põhjustatud lõhnahäiringu väliskulu indikaativse iseloomuga. Lõhnahäiringute väliskulu hindamine

annab keskkonnapoliitika kujundajatele suuna, milline on selle keskkonnakasutuse vormi majanduslik ja sotsiaalne mõju, mistõttu saadud tulemused on rakendatavad lõhnahäiringute vähendamise seonduvate poliitiliste otsuste tegemisel. Samas ei peaks arvatud väliskulu olema ainuke keskkonnakasutusotsuste (nt keskkonnatasud) langetamise alus.

KOKKUVÕTE

Magistritöö eesmärk oli leida Eesti kütuse- ja keemiatööstuse ning loomakasvatuse põhjustatud lõhnahäiringute väliskulu. Väliskulu leidmisel lähtuti 2018. aastal Keskkonnaministeeriumi tellimusel valminud uuringust „Eesti keskkonnakasutuse välismõjude rahasse hindamise analüüs, I etapp“. Selle järgi on just kütuse- ja keemiatööstus ning loomakasvatus Eesti peamised lõhnahäiringute allikad (Pallo, 2018). Nimetatud uuringus leitud lõhnahäiringute hinnanguline mõjuala ning mõjutatud elanike arv oli käesolevas töös väliskulu leidmise aluseks.

Algselt kavandati mõlema valdkonna lõhnahäiringute väliskulu leida ennetuskulu meetodi abil. Kuid kütuse- ja keemiatööstusega seostuva väliskulu arvutamiseks ei olnud algandmed kättesaadavad, mistõttu kasutati selle valdkonnaga seotud lõhnahäiringute väliskulu leidmiseks tulu ülekande meetodit. Loomakasvatusest tuleneva lõhnahäiringute arvutamiseks kasutati plaanipäraselt ennetuskulu meetodit.

Eesti kütuse- ja keemiatööstuse põhjustatud lõhnahäiringute väliskulu leiti kolme teadusuuringu põhjal, milles oli kinnisvarahinna meetodit kasutades arvutatud kütuse- ja keemiatööstusettevõtete põhjustatud väliskulu. Arvutuste tulemusena leiti, et Eesti kütuse- ja keemiatööstuse põhjustatud lõhnahäiringute väliskulu inimese kohta on 10 EUR/in/a ning kogu lõhnahäiringute väliskulu on 2014. aasta andmete põhjal ligikaudu 91 211 eurot.

Loomakasvatuse tekitatud lõhnahäiringute väliskulu leiti ühe ettevõtte neljas farmis lõhnahäiringute vähendamiseks tehtud kulutuste põhjal. Kõigi farmide põhitegevusala oli seakasvatus. Väliskulu arvutamisel lähtuti eeldusest, et kui ettevõtte on kompleksloaga määratud lõhnahäiringute vähendamiseks ette nähtud PVT meetmed täies ulatuses rakendanud, siis on minimaalne vajalik tegevus lõhnahäiringute vähendamiseks tehtud. Teadaolevalt oli ettevõtte kõik vajalikud meetmed rakendanud. Arvutuste tulemusena leiti, et lõhnahäiringute väliskulu inimese kohta on 15 EUR/in/a, ühe lõhnaühiku vähendamise kulu on 0,5 EUR/OU/s/a ning Eesti loomakasvatusest tingitud lõhnahäiringute väliskulu perioodil 2010-2019 keskmiselt ligikaudu 233 325 EUR/a.

Käesolevas töös saadud lõhnahäiringu väliskulu tulemused on samas suurusjärgus mitme teise lõhnahäiringute ja õhukvaliteediga seotud uuringu tulemustega. Seega võib järeldada, et töös leitud tulemused on valideeritud ka teiste uurijate poolt.

Nii kütuse- ja keemiatööstuse kui ka loomakasvatuse põhjustatud lõhnaäiringute väliskulu arvutamisel kujunes takistuseks välismõjude eristamine. Seetõttu sisaldab töös leitud väliskulu tahtmatult ka teisi välismõjusid, mistõttu võib eeldada, et mõlema valdkonna põhjustatud lõhnaäiringute väliskulu on mõnevõrra ülehinnatud.

Käesolevas töös leitud Eesti loomakasvatuse ning kütuse- ja keemiatööstuse põhjustatud lõhnaäiringu väliskulu on indikatiivse iseloomuga. Saadud väliskulu on rakendatavad lõhnaäiringute vähendamise seonduvate poliitiliste otsuste tegemisel, kuid ei peaks olema ainuke keskkonnaotsuste langetamise alus.

SUMMARY

The aim of the Master's thesis was to find the external cost of odour pollution caused by the Estonian fuel and chemical industry and livestock production. The calculations of the external cost were based on the study from 2018 "Assessment of the monetary value of the external effects of environmental use in Estonia, analysis stage I" commissioned by the Ministry of Environment. According to the study, the fuel and chemical industry and livestock production are the main source of odour pollution in Estonia (Pallo, 2018). The estimated area of odour pollution and affected population found in that study were the basis for finding external costs in this Master's thesis.

Originally, damage cost avoided method was intended to be used to find the external costs of odour pollution for both areas. Because of the lack of data for fuel and chemical industry benefit transfer method was used instead for this area. For finding the external costs of odour pollution caused by the livestock production damage cost avoided method was used as planned.

The external cost of odour pollution caused by the Estonian fuel and chemical industry was found on the basis of three studies that used hedonic pricing method to calculate the external cost caused by the same area. As a result, the external cost of odour pollution caused by the Estonian fuel and chemical industry per person is 10 euros in a year and the total cost of odour pollution is approximately 91 211 euros based on the 2014 data.

The calculations to find the external cost of odour pollution caused by the Estonian livestock production were based on the data of expenses made in four farms to reduce the impact of odour pollution. The main activity of all farms was pig farming. The calculations were based on the assumption that if the company has fully implemented the BAT measures subjected by the integrated permit, the minimum necessary action to reduce the odour pollution has been made. To the knowledge of the author of this Master's thesis, the company had implemented all the mandatory measures. As a result of the calculations, the external cost of odour pollution per person was 15 euros in a year, the cost of reducing one odour unit was 0.5 euros per odour unit in a year and the external cost of odour pollution caused by Estonian livestock production in 2010-2019 was approximately 233 325 euros in a year.

The results of the external cost of odour pollution found in this thesis are in the same order of magnitude as several other odour pollution and air quality studies. Thus, it can be concluded that results found in this study have also been validated by other researcher.

The distinction between the external costs was found to be the main difficulty in this study for both areas. Therefore, the external cost of odour pollution found in this study inadvertently includes other externalities, so it can be assumed that the external cost of odour pollution caused by the Estonian fuel and chemical industry and livestock production is somewhat overestimated.

The external cost of odour pollution caused by the Estonian fuel and chemical industry and livestock production found in this work has indicative meaning. The external costs are applicable for odour reducing policy-making, but should not be the only basis for environmental decision-making.

KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU

Aatamila, M., Verkasalo, P., K., Korhonen, M., J., Suominen, A., L., Hirvonen, M.-R., Viluksela, M., K., Nevalainen, A. (2010). Odour annoyance and physical symptoms among residents living near waste treatment Centres. – *Environmental Research*, 111, 164-170. <https://doi.org/10.3155/1047-3289.60.4.412>

Ader, S. (2018). Keskkonnaameti eestvedamisel tutvustatakse piirkonna haisuprobleemi lahendusi. Pressiteade [WWW] <https://www.keskkonnaamet.ee/et/uudised/keskkonnaameti-eestvedamisel-tutvustatakse-kohtla-jarve-piirkonna-haisuprobleemi-lahendusi> (09.05.2019)

Akhtar, S., Saleem, W. (2017). Assessment of willingness to pay for improved air quality using contingent valuation method. – *Global Journal of Environmental Science and Management*, 3 (3), 279-286. <https://dx.doi.org/10.22034/gjesm.2017.03.03.005>

Anstine, J. (2003). Property Values in Low Populated Area when Dual Noxious Facilities are Present. – *Growth and Change*, 34 (3), 345-358. <https://doi.org/10.1111/1468-2257.00222>

Atmosfääriõhu kaitse seadus. (2016). – *Riigi Teataja I*, 13.06.2019, 34.

Baró, F., Chaparro, L., Gómez-Baggethun, E., Langemeyer, J., Nowak, D., J., Terradas, J. (2014). Contribution of Ecosystem Services to Air Quality and Climate Change Mitigation Policies: The Case of Urban Forests in Barcelona, Spain. – *Ambio*, 43 (4), 466-479. <http://dx.doi.org/10.1007/s13280-014-0507-x>

Barrington-Leigh, C., Behzadnejad, F. (2017). Evaluating the short-term cost of low-level local air pollution: a life satisfaction approach. – *Environmental Economics and Policy Studies*, 19 (2), 269-298. <http://dx.doi.org/10.1007/s10018-016-0159-0>

Boxall, P., C., Chan, W., H., McMillan, M., L. (2005). The impact of oil and natural gas facilities on rural residential property values: a spacial hedonic analysis. – *Resource and Energy Economics*, 27, 248–269. <https://doi.org/10.1016/j.reseneeco.2004.11.003>

Brancher, M., Griffiths, K., D., Franco, D., de Melo Lisboa, H. (2017). A review of odour impact criteria in selected countries around the world. – *Chemosphere*, 168, 1531-1570. <http://dx.doi.org/10.1016/j.chemosphere.2016.11.160>

Cavalini, P., M. (1994). Industrial Odorants: The Relationship between Modeled Exposure Concentrations and Annoyance. – *Archives of Environmental Health*, 49 (5), 344-351. <https://doi.org/10.1080/00039896.1994.9954985>

Chen, S., Quin, P., Tan-Soo, J.-S., Wei., C. (2019). *Recency and projection biases in air quality valuation by Chinese residents*. – *Science of the Total Environment*, 648, 618–630. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.08.153>

Costanza, R., d'Arge, R., de Groot, R., Farber, S., Grasso, M., Hannon, B., Limburg, K., Naeem, S., O'Neill, R. V., Paruelo, J., Raskin, R., G., Sutton, P., van den Belt, M. (1997). The value of the world's ecosystem services and natural capital. – *Nature*, 387, 253-260. <https://doi.org/10.1038/387253a0>

Costanza, R., de Groot, R., Sutton, P., van der Ploeg, S., Andreson, S., J., Kubiszewski, I., Farber, S., Turner, R., K. (2014). Changes in the global value of ecosystem services. – *Global Environmental Change*, 26, 152-158. <http://dx.doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2014.04.002>

Das, S., Roy, N. (2014). Property price and proximity to paper mill: a hedonic pricing analysis of Cachar Paper Mill. – *Journal of Economics and Finance*, 3 (6), 7-13. DOI: 10.9790/5933-0360713

De Groot, R., Brander, L, van der Ploeg, S., Costanza, R., Bernard, F., Braat, L., Christie, M., Crossman, N., Ghermandi, A., Hein, L., Hussain, S., Kumar, P., McVittie, A., Portela, R., Rodriguez, L. C., ten Brink, P., van Beukering, P. (2012). Global estimates of the value of ecosystems and their services in monetary units. – *Ecosystem Services*, 1, 50-61. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2012.07.005>

Eesti Kaubandus-Tööstuskoda. (2018). Tööstusheite seaduse muutmise seaduse eelnõu seletuskiri: seaduse eelnõu seletuskiri kommentaaridega. [WWW] https://www.koda.ee/sites/default/files/content-type/content/2018-06/THS_SELETUSKIRI.pdf (19.05.2019)

Eesti olulise mõjuga keskkonnakasutuse välismõjude hindamine rahalisse väärtusesse. [WWW] https://www.envir.ee/sites/default/files/valiskulud_18052015_mottepaber.pdf (26.05.2019)

Elastsuse mõiste. (2019). [WWW] <http://stud.sisekaitse.ee/Saar/Elastsus/ppematerjal.html> (26.05.2019)

Elliott, S., J., Cole, D., C., Krueger, P., Voorberg, N., Wakefield, S. (1999). The Power of Perception: Health Risk Attributed to Air Pollution in an Urban Industrial Neighbourhood. – *Risk Analysis*, 19 (4), 621–634. <https://doi.org/10.1111/j.1539-6924.1999.tb00433.x>

English, S., Flemnig, R. (2006). Liquid Manure Storage Covers: Final Report. [WWW] (23.05.2019)

Erlich, Ü. (2016). Väliskulud keskkonnaökonomika vaatepunktist. [WWW] <https://www.vkg.ee/cms-data/upload/keskkonnakaitse/ehrlich-valiskulud-keskkonnaokonomika-vaatepunktist.pdf> (07.01.2019)

Everard, M., Pontin, B., Appleby, T., Staddon, C., Hayes, E., T., Barnes, J., H., Longhurst, J., W., S. (2013). Air as common good. – *Environmental Science & Policy*, 33, 354-368. <http://dx.doi.org/10.1016/j.envsci.2012.04.008>

Eyckmans, J., De Jaeger, S., Rousseau, S. (2011). Hedonic valuation of odor nuisance using field measurements, a case study of animal waste processing facility in Flanders. – *Land Economics*, 89(1), 53-75. DOI: 10.3368/le.89.1.53

Flower, P., C., Ragas, W., R. (1994). The Effect of Refineries on Neighborhood Property Values. – *The Journal of Real Estate Research*, 9 (3), 319–338

Garrod, G., Willis, K., G. (1999). *Economic Valuation of the Environment: Methods and Case Studies*. Cheltenham, UK ; Northampton, MA, USA: Edward Elgar Publishing Inc.

Grislain-Letrémy, C., Katosky, A. (2014). The impact of hazardous industrial facilities on housing prices: A comparison of parametric and semiparametric hedonic price models. – *Regional Science and Urban Economics*, 49, 93–107. <https://doi.org/10.1016/j.regsciurbeco.2014.09.002>

Igäühele majandusest: suured ideed, lihtsad seletused. (2013). / N. Kishtainy, G. Abbot, J. Farndon, F. Kennedy, J. Meadway, C. Wallace, M. Weeks. Tallinn: Koolibri

IPBES Secretariat. (2018). Human well-being at risk. Landmark reports highlight options to protect and restore nature and its vital contributions to people. [WWW] <https://www.ipbes.net/news/media-release-biodiversity-nature%E2%80%99s-contributions-continue-%C2%A0dangerous-decline-scientists-warn> (12.12.2018)

Keerbergh, L., Vaarmari, K. (2010). Müra ja lõhn: praktikas ilmnunud probleemide õiguslik analüüs. [WWW] http://k6k.ee/files/K6K_Myra_ja_lohna_analyys_juuni_2010.pdf (11.05.2019)

Kesanurm, K., Maasikmets, M., Teinemaa, E., Saare, K., Paju, M., Vainumäe, K., Arumäe, T., Heinsoo, A., Saidla, M.-E., Kimmel, V. (2016). Välisõhu kvaliteedi, lõhnahäiringu ning saasteainete heitkoguste hindamine Kohtla-Järve linnas Järve linnaosa piirkonnas. Lõpparuanne. Eesti Keskkonnauuringute Keskus OÜ, Tallinn

Keskkonnaamet. (2019). Ebameeldiva või ärritava lõhnaga aine. [WWW] <https://www.keskkonnaamet.ee/et/lohn> (08.01.2019)

Keskkonnaministeerium. (2015). Keskkonnaministeerium alustab keskkonnamõjude rahalise väärtuse välja selgitamist. Pressiteade. [WWW] <https://www.envir.ee/et/uudised/keskkonnaministeerium-alustab-keskkonnamojude-rahalise-vaartuse-valja-selgitamist> (08.01.2019)

Keskkonnaministeerium₁. (2019). Mõisted. [WWW] <https://www.envir.ee/et/eesmargid-tegevused/keskkonnakorraldus/saastuse-kompleksne-valtimine-ja-kontroll/moisted> (27.04.2019)

Keskkonnaministeerium₂. (2019). Lõhnast välisõhus. [WWW] <https://www.envir.ee/et/lohnast-valisohus> (27.04.2019)

Keskkonnaseadustiku üldosa seadus. (2011). – *Riigi Teataja* I, 26.06.2018, 12.

King, D. M., Mazzotta, M., J. (2000). Ecosystem Valuation. [WWW] <https://www.ecosystemvaluation.org/index.html> (04.04.2019)

Kivi, A. (2016). Muuga-Maardu piirkonna lõhnaprobleemi lahendamine koostöös ettevõtetega. [WWW]

https://www.portoftallinn.com/static/files/112.3_Keskkonnaamet_Muuga%20keskkonnap%C3%A4ev_22.11.2016,%20l%C3%B5hn.pdf (11.05.2019)

Kommer, A. (2004). Avaliku sektori ökonomika. Tallinn: Sisekaitseakadeemia.

Kosk, A., Lõhmus, L. (2011). Ülevaade Eesti rabade ökosüsteemi teenustest ja nende majanduslike väärtuste hindamisest. [WWW]

https://www.envir.ee/sites/default/files/rabadeokosteenustmajvaartustehind_teooriaosa_aijas.pdf (23.04.2019)

Kotchen, M. (2012). Public Goods. [WWW] <http://environment.yale.edu/kotchen/pubs/pgchap.pdf> (25.04.2019)

Kurdovskaja, O. (2018). Laske meil hingata! Kohtla-Järve linna elanike pöördumine Riigikogu poole. [WWW] <https://rahvaalgatus.ee/initiatives/c132dd42-2709-4baf-9f2a-b269069e8399> (09.05.2019)

Ligus, M. (2018). Measuring the Willingness to Pay for Improved Air Quality: A Contingent Valuation Survey. – *Polish Journal of Environmental Studies*, 27 (2), 763-771. <https://doi.org/10.15244/pjoes/76406>

Longo, A., Hughes, A. (2007). Report on the monetary valuation of the urban, peri-urban and rural service supply. Part B: Monetary valuation of odour, brownfields, and cultural heritage externalities. Euroopa Liidu projekti „Peri-urban Land Use Relationships – Strategies and Sustainability Assessment Tools for urban-rural linkages“ aruanne

Luginaah, I., Taylor, S., M., Elliott, S., J., Eyles, J., D. (2002). Community reappraisal of the perceived health effects of a petroleum refinery. – *Social Science & Medicine*, 55, 47–61. [https://doi.org/10.1016/S0277-9536\(01\)00206-4](https://doi.org/10.1016/S0277-9536(01)00206-4)

Lõhnaaine esinemise hindamise kord, hindamisele esitatavad nõuded ja lõhnaaine esinemise häiringutasemed. (2016). – *Riigi Teataja I*, 29.12.2016, 51

Lõhnaained – põllumajandusest ja tööstusest. (2007). / Oisalu, S., Valge, J., Maasikmets, M., Klein, K. Tallinn: Balti Keskkonnafoorum

Maasikmets, M., Arumäe, T., Vainumäe, K., Heinsoo, A. (2016). Lõhnaaine heitkoguse arvutamise meetoodika koostamine. Lepingu nr 4-1.1/15/64 lõpparuanne

Maasikmets, M., Lehes, L. (2012). Välisõhu kvaliteedi mõõtmised farmi D¹ läheduses

Maasikmets, M., Teinemaa, E., Saare, K., Vainumäe, K., Arumäe, K., Arumäe, T., Palu, M. (2014). Välisõhu kvaliteedi, lõhnahäiringu ja saasteainete heitkoguste hindamine Ida-Virumaal Sillamäe linnas ja Vaivara piirkonnas. Lepingu nr 2-4/10 lõpparuanne

Mainland, J., D., Keller, A., Li, Y., R., Zhou, T., Trimmer, C., Snyder, L., L., Moberly, A., H., Adipietro, K., A., Liu, W., L., L., Zhuang, H., Zhan, S., Lee, S., S., Lin, A., Matsunami, H. (2014). The missense of smell: functional variability in the human odorant receptor repertoire. – *Nature Neuroscience*, 17, 114–120. <https://doi.org/10.1038/nn.3598>

Majandusarengu institutsionaalsed tegurid. (2006). / vastutavad toimetajad J. Sepp, R. Ernits. Tartu: Tartu Ülikooli Kirjastus

Maloma, I., Sekatane, M., B. (2014). Factors that determine the stated willingness to pay for air pollution: a case of Bophelong township. – *International Journal of Social Sciences and Human Studies*, 6 (2), 1-11

Nicolai, R., E., Janni, K. A. (1997). Development of a Low Cost Biofilter on Swine Production Facilities. – *American Society of Agricultural Engineers*, 3

OECD. (2019). Average wages. [WWW] <https://data.oecd.org/earnwage/average-wages.htm> (21.05.2019)

OÜ Consultare. (2017). Loomakasvatuseettevõtete sõnnikukäitluse ja sõnnikuhoidlate inventuur: lõpparuanne. [WWW] https://www.envir.ee/sites/default/files/sonnikuhoidlate_lopparuanne_18_05_2017.pdf (23.05.2019)

¹ Farmi nimi anonümiseeritud

Pallo, T. (vastutav läbiviija). (2013). Farmi D¹ välisõhu saasteainete heitkoguste inventuur: seirearuanne. Töö nr 13/TP/41

Pallo, T. (vastutav täitja). (2018). Eesti keskkonnakasutuse välismõjude rahasse hindamise analüüs, I etapp. Keskkonnakasutuse keskkonnamõjude kvantifitseerimise meetodika ülevaade: lõpparuanne. [WWW] <http://www.praxis.ee/wp-content/uploads/2016/09/Eesti-keskkonnakasutuse-v%C3%A4lism%C3%B5ju-rahalise-v%C3%A4%C3%A4rtuse-hindamine.pdf> (08.03.2019)

Pappel, P. Iga nina tunneb lõhna erinevalt. [WWW] http://www.novaator.ee/ET/biotehnoloogia/iga_nina_tunneb_lohna_erinevalt/kommentaariid/ (05.03.2019)

Pettinger, T. (2016). Social cost [WWW] <https://www.economicshelp.org/blog/glossary/social-cost/> (05.04.2019)

Prass, M., K. (2018). TÜ teadlased leiavad üleilmses aruandes, et elurikkuse kahanemine seab inimeste heaolu suurde ohtu. [WWW] <https://www.ut.ee/et/uudised/tu-teadlased-leiavad-uleilmses-aruandes-et-elurikkuse-edasine-kahanemine-seab-inimeste> (11.12.2018)

Primack, R., B., Kuresoo, R., Sammul., M. (2008). Sissejuhatus looduskaitsebioloogiasse. Tartu: Eesti Loodusfoto

Pädam, S., Erlich, Ü. (2014). Ekspert hinnang varem tehtud töödele põlevkivitööstuse välismõjudest. Lepingu nr 14022 aruanne

Riie, A. (2016). Keskkonnakasutuse välismõjud ja nende hindamise meetodikad Eestis – *Põlevkivi 100+*: VIII Põlevkivikonverents, 2016, Jõhvi, Eesti, November 18, 2. [Online] https://www.ttu.ee/public/p/polevkivi-kompetentsikeskus/Polevkivikonverents/2016/A.Riie_Keskkonnakasutuse_valismojud_ja_nende_hindamise_metoodikad_Eestis.pdf (08.01.2019)

¹ Farmi ja ettevõtte nimi anonümiseeritud

Saare, K., Varang, G., Teinemaa, E., Maasikmets, M., Arumäe, T., Vainumäe, K., Heinsoo, A., Palu, M., Kabral, N. (2014). Välisõhu kvaliteedi, lõhnahäiringu ja saasteainete heitkoguste hindamine Muuga sadamas: Lepingu nr J-1-12/55-1 lõpparuanne. Eesti Keskkonnauuringute Keskus OÜ, Tallinn

Saldarriaga Izasa, A. (2014). Benefit Transfer and the Economic Value of Air Quality Revised. – *Sociedad y economia*, 27, 207-224

Sall, M., Uustal, M., Peterson, K. (2012). Ökosüsteemiteenused. Ülevaade looduse pakutavatest hüvedest ja nende rahalisest väärtusest. [WWW] <http://www.seit.ee/publications/4382.pdf> (11.12.2018)

Salles, J.-M. (2011). Valuing biodiversity and ecosystem services: Why put economic value on Nature? – *Comptes Rendus Biologies*, 334, 469482. <https://doi.org/10.1016/j.crv.2011.03.008>

Santonja, G., G., Georgitzikis, K., Scalet, B., M., Montobbio, P., Roudier, S., Sancho, L., D. (2017). Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Intensive Rearing of Poultry or Pigs. [WWW] http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/BREF/IRPP/JRC107189_IRPP_Bref_2017_published.pdf (07.05.2019)

Saphores, J.-D. ja Aguilar-Benitez, I. (2005). Smelly local polluters and residential property values: a hedonic analysis of four Orange county (California) cities. – *Estudios Económicos*, 20(2), 197–218.

Schauberger, G., Piringer, M., Mikovits, C., Zollitsch, W., Hörtenhuber, S., J., Baumgartner, J., Niebuhr, K., Andres, I., Andre, K., Hennig-Pauka, I., Schönhart, M. (2018). Impact of global warming on odour and ammonia emissions of livestock buildings used for fattening pigs. – *Biosystem Engineering*, 175, 106–114. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2018.09.001>

Schinasi, L., Horton, R., A., Guidry, V., T., Wing, S., Marshall, S., W., Morland, K., B. (2011). Air Pollution, Lung Function, and Physical Symptoms in Communities Near Concentrated Swine Feeding Operations. – *Epidemiology*, 22 (2), 208-2015. doi: 10.1097/EDE.0b013e3182093c8b

Scottish Environmental Protection Agency. Odour guidance 2010. [WWW] https://www.sepa.org.uk/media/154129/odour_guidance.pdf (09.01.2019)

Simons, R. A., Seo, Y., Robinson, S. (2014). The Effect of a Large Hog Barn Operation on Residential Sales Prices in Marshall County, KY. – *The Journal of Sustainable Real Estate*, 6 (1), 93–111

Simons, R., A., Seo, Y., Rosenfeld, P. (2015). Modeling the Effects of Refinery Emissions on Residential Property Values. – *Journal of Real Estate Research*, 37 (3), 321-342

Statistikaamet. (2019). Keskmise brutokuupalk. [WWW] <https://www.stat.ee/stat-keskmise-brutokuupalk> (21.05.2019)

Steinheider, B., Both, R., Winneke, G. (1998). Field studies on environmental odors inducing annoyance as well as gastric and general health-related symptoms. – *Journal of Psychophysiology*, 12, 64-79

Sun, C., Yuan, X., Xu, M. (2016). The public perceptions and willingness to pay: from the perspective of the smog crisis in China. – *Journal of Cleaner Production*, 112 (2), 1635-1644. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.04.121>

Säästva arengu sõnaseletusi. (2019). [WWW] http://www.seit.ee/sass/?ID=1&L_ID=383 (19.05.2019)

Teinemaa, E., Maasikmets, M., Saare, K., Vill, K., Paju, M. (2018). Õhukvaliteedi andmete kogumine ja aruandlus 2017-2018 a.: Kiviõli mõõtmised. Lepingu nr 4-1/16/117 lõpparuanne. Eesti Keskkonnauuringute Keskus OÜ, Tallinn

Thu, K., Donham, K., Ziegenhorn, R., Reynolds, S., Thorne, P., S., Subramanian, P., Whitten, P., Stookesberry, J. (1997). A Control Study of the Physical and Mental Health of Residents Living Near a Large-scale Swine Operation. – *American Society of Agricultural and Biological Engineers*, 3 (1), 13-26. doi: 10.13031/2013.17747

Trasnov, V. (1996). Ostujõu pariteetid ja tegelikud kulutused. [WWW] <https://www.eestipank.ee/sites/default/files/publication/et/Arhiiv/bylletaan/1996/index.html> (20.05.2019)

Turner, K., Pearce, D., Bateman, I. (1994). Environmental Economics: an elementary introduction. Cornwall: T. J. Press

Tööstusheite seadus. (2013). – *Riigi Teataja* I, 15.03.2019, 18.

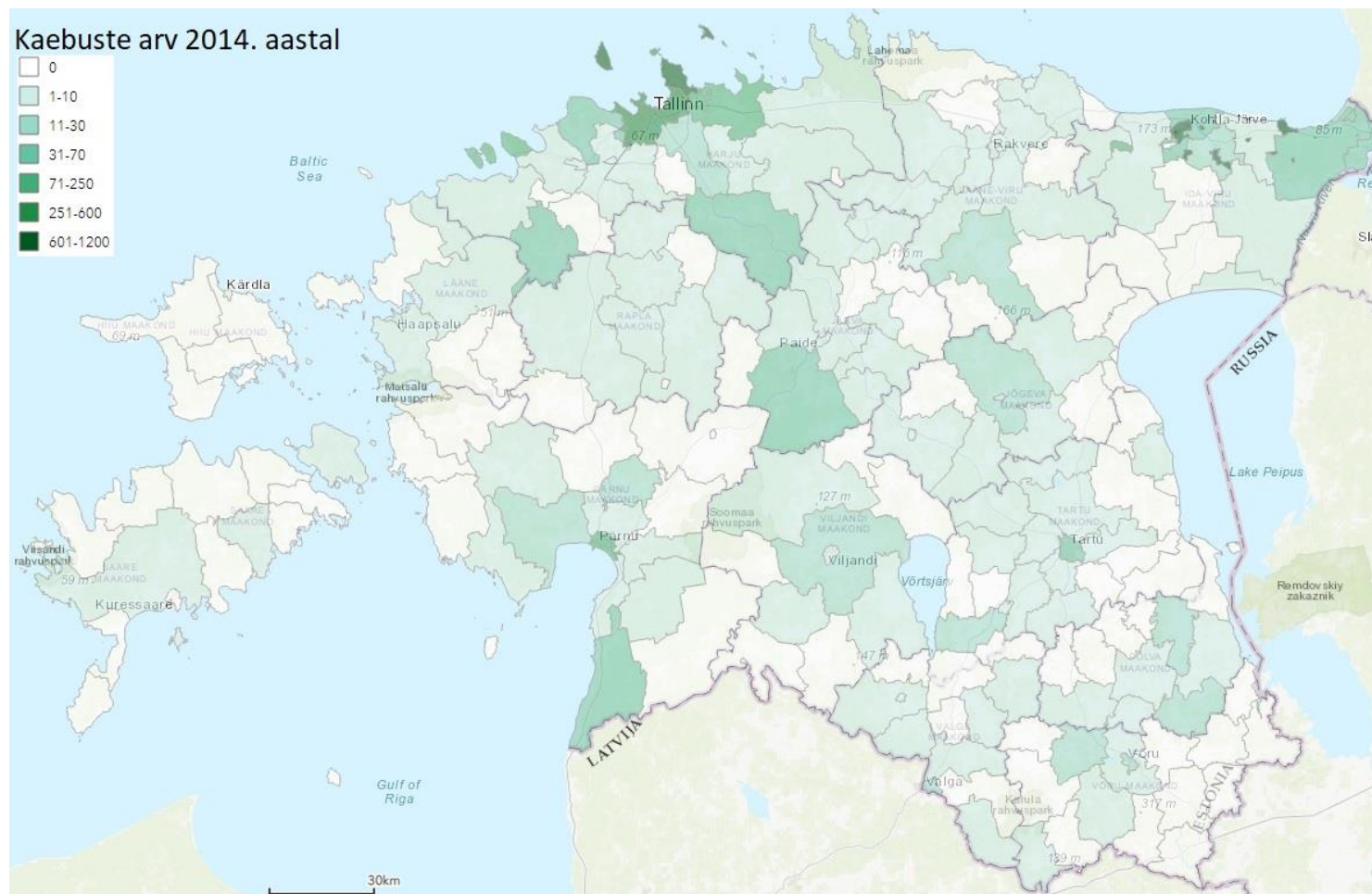
Van Broeck, G., Bogaert, S., De Meyer, L. (2009). Monetary valuation of odour nuisance as a tool to evaluate cost effectiveness of possible odour reduction techniques. – *Odour and VOCs: Measurement, Regulation and Control*, 31, 42-52.

Wing, S., Wolf, S. (2011). Intensive Livestock Operations, Health, and Quality of Life among Eastern North Carolina Residents. – *Environmental Health Perspectives*, 108 (3), 233-238.
<https://dx.doi.org/10.1289%2Fehp.00108233>

Winstrand, J. (2009). The Effects of a Refinery on Property Values – The case of Sweden. [WWW]
https://explore.openaire.eu/search/publication?articleId=dedup_wf_001::f1f811738ca1419b1c76c08406b08d3a (13.05.2019)

LISAD

Lisa 1. Lõhnahäiringu 2014. aasta kaebuste kaart



Joonis 1.1 Lõhnahäiringutega seotud kaebuste kaart 2014. aasta andmete põhjal.

Kättesaadav: <https://elle.maps.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=fc19f9580f564be3bf88afc7e02bedb6>

Lisa 2. Loomakasvatuse põhjustatud lõhnahäiringute vähendamiseks tehtud kulutused

Tabel 2.1 Ettevõttele edastatud ankeet lõhnahäiringute vähendamiseks tehtud investeeringukulude algandmete kogumiseks

ANKEET ANDMETE KOGUMISEKS				
Algandmed lõhnahäiringute ennetuskulude arvutamiseks				
Ettevõtte nimi:				
1.	Investeeringukulud*	Ühik	Kulu	Kommentaariid ettevõtte poolt
1.1.	lõhnahäiringute-ennetusseadme(te) projekteerimiskulud	EUR		
1.2.	seadme(te) soetamise ja ehituse/paigalduse kogukulud (<i>ei pea kõiki p 1.2. alapunktides lahti kirjutatud andmed eraldi esitada, vaid võib esitada ka summaarse seadme rajamise/paigalduse maksumuse</i>)	EUR		
1.2.1.	seadmete soetamise kulud	EUR		
1.2.2.	ehitus/paigalduskulud	EUR		
1.2.3.	kulud muu vajaliku inventari soetamiseks seoses ennetuse seadmete paigaldamisega	EUR		
1.2.4.	seadme katsetamis- ja käivitamiskulu	EUR		
1.3.	Seadmete eeldatav eluiga	aastat		
	mis aastal on investeering tehtud	aastaarv		
* märkida juhul, kui neid kulusid on				

Tabel 2.2 Ettevõttele edastatud ankeet lõhnahäiringute vähendamiseks tehtud eksploatatsioonikulude algandmete kogumiseks

ANKEET ANDMETE KOGUMISEKS				
Algandmed lõhnahäiringute ennetuskulude arvutamiseks				
Ettevõtte nimi:				
2.	Lõhnahäiringute-ennetusseadme(te) eksploatatsiooni kulud aastas*	Ühik	Kulu	Kommentaariid ettevõtte poolt
2.1.	elektrienergia kulu	EUR/aastas		
2.2.	veekulu	EUR/aastas		
2.3.	jäägi käitluskulud	EUR/aastas		
2.4.	seirekulud	EUR/aastas		
2.5.	tööjõukulud, mis on seotud konkreetse seadmega (<i>võimalusel leida kasvõi hinnangulise ajakulu põhjal, mis eeldab seadme opereerimist</i>)	EUR/aastas		
2.6.	seadmete hoolduskulud (nt kui tehakse korralist hooldust)	EUR/aastas		
2.7.	seadmete amortisatsioonikulu	EUR/aastas		
2.8.	muud kulud (<i>märkida, kui on muid ülal nimetatata püsikulusid</i>)	EUR/aastas		
	Märkida, mis aasta kohta eksploatatsioonikulu andmed on esitatud	aastaarv		
* märkida juhul, kui neid kulusid on				

Tabel 2.3 Ülevaade farmides A, B, C ja D tehtud kulutustest lõhnahäiringute vähendamiseks

Kulud	Ühik	Farm A	Farm B	Farm C	Farm D
Investeeringukulu					
Telkkatuse projekteerimiskulud	EUR				500
Telkkatuse ehituskulud	EUR				50 000
Sõnnikuhoidlate katmine ujuvkattega	EUR/aastas	405	270	135	
Sõnniku pinnakihi jahutussüsteemi projekteerimiskulud	EUR				500
Sõnniku pinnakihi jahutussüsteemi ehituskulud	EUR				52 000
Eksploatatsioonikulud					
Sõnniku pinnakihi jahutussüsteemi elektrienergiakulu	EUR/aastas				9 500
Sõnniku pinnakihi jahutussüsteemi seadmete hoolduskulu	EUR/aastas				500

Tabel 2.4 Farmides A, B, C ja D lõhnaäiringute vähendamiseks tehtud kulutused ümberarvutatuna 2019. aasta hindadesse

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	Investeeringud kokku 2019. hindades	Kulud kokku 2019. a. hindades
Investeeringud (farm D), EUR	57 000						55 000					
Investeeringud, ümber arvutatuna PPS järgi (farm D)	74 026						71 429				145 455	
Kulud (farm D)*	6 175**	7 100	7 400	7 500	7 700	7 600	7 700	7 900	10 000	10 000		79 075
Kulud (farmid A, B ja C)*	526,5	575,1	599,4	607,5	623,7	615,6	623,7	639,9	810	810		6 431
PPS	65	71	74	75	77	76	77	79			Kulud kokku	85 506
* Kulud aastal 2019, ümber arvutatud EL ostujõu standardi (PPS) alusel												
** Arvestusega, et pinnakihi jahutussüsteemi soetamiseaastal hoolduskulud puudusid												