



TALLINNA TEHNIKAKÕRGMKOO

Natali Koppel

**JÄÄTMEPÕLETUSEL
TEKKIVAD TAHKED JA
GAASILISED HEITMED
NING NENDE MÕJU
KESKKONNALE IRU
JÄÄTMEENERGIAPLOKI
NÄITEL**

LÕPUTÖÖ

Arhitektuuri ja keskkonnatehnika teaduskond
Tehnoökoloogia eriala

Tallinn 2013

SISUKORD

Sissejuhatus	4
1. Jäätmepõletusest üldiselt	5
1.1. Iru jäätmeenergiaplokk	7
1.2. Põletamiseks kasutatav tehnoloogia	9
2. Jäätmepõletusel tekkivad tahked heitmed ja nende töötlemine	13
2.1. Koldetuhk ja selle käitlemine	14
2.2. Lendtuhk ja suitsugaaside puhastusjäägid, nende käitlemisvõimalused	15
3. Jäätmepõletusel tekkivad gaasilised heitmed ja nende puhastamine	19
3.1. Tekkimine ja ohtlikkus	19
3.2. Puhastustehnoloogia	20
4. Olelusringipõhine keskkonnamõju hindamine	22
4.1. Globaalne soojenemine (kasvuhoonegaasid)	24
4.2. Hapestumine	25
4.3. Veeökosüsteemide eutrofeerumine	27
4.4. Maapinnalähedase osooni teke	28
Kokkuvõte	30
Summary	31
Viidatud allikad	33

SISSEJUHATUS

Käesoleva töö näol on tegemist referatiivse uurimustööga, mille eesmärgiks on äsja valminud Iru jäätmeenergia ploki põhjal anda ülevaade segaolmejäätmete põletamisel tekkivatest tahketest ning gaasilistest heitmetest, nende käitlemis- ja puhastustehnoloogiast. Samuti analüüsitakse töös tekkivate heitmete mõju keskkonnale. Töö koosneb neljast peatükist. Esimese osa moodustab üldine ülevaade jäätmepõletusest ja vastavusest õigusaktide nõuetele ning Iru kasutatava põletustehnoloogia kirjeldus. Teises osas käsitletakse jäätmepõletusel tekkivaid tahkeid jääke, nende mõju keskkonnale ja käitlemismeetodeid. Kolmandas osas on tähelepanu all gaasilised heitmed, nende ohtlikkus ja puhastamisprotsessid. Viimases peatükis antakse ülevaade Säästva Eesti Instituudi poolt tehtud olulusringi põhisest keskkonnamõju hindamise uuringust peamiselt jäätmepõletuse perspektiivist lähtudes.

Lõputöö põhineb eesti- ja inglisekeelsel kirjandusel, kasutatud on keskkonnamõjude hindamise aruandeid, uurimustöid ja õigusakte.

Jäätmete põletamine on viimasel aastatel olnud aktuaalne teema, mis on leidnud meedias palju kajastust, kuna tegevus toob endaga kaasa suuri muutusi jäätmemajanduses. Avalik huvi on olnud suur ning arvamused erinevad. Iru jäätmeenergiaploki projekt on siinkohal heaks näiteks, kuidas avalikkusele on selgitatud antud tehnoloogia tööpõhimõtteid, ohte ümbritsevale keskkonnale ja inimese tervisele. Üldsus, eriti uue põletusploki naabruses elavad inimesed ja kõik teised huvigrupid, kaasati projekti algfaasis läbi avalike arutluste ning lisaks telliti keskkonnamõjude hindamise raames mitmeid uuringuid selgitamiseks tegevuse mõjusid.

Teema osutus valituks peamiselt kahel põhjusel. Esiteks seetõttu, et autoril oli lühiajaline kokkupuude antud projektiga, mis tekitas huvi jäätmete energiakasutuse vastu. Teiseks leidis autor, et sellist ülevaadet pole eesti keeles varem tehtud ja see võiks olla vajalik, et jäätmepõletust just uue valminud jäätmeenergiaploki näitel teistelegi tutvustada.

1. JÄÄTMEPÕLETUSEST ÜLDISELT

Jäätmete energeetiline kasutamine on üks osa jäätmekäitlusest ja -poliitikast, mida suunavad vastavad eurodirektiivid. Seoses mitme olulise Euroopa Liidu Nõukogu ja Parlamendi direktiivi ülekandmisega Eesti õigusaktidesse on tekkinud suured jäätmete taaskasutamise kohustused.

Jäätmepõletustehas on jäätmekäitluskoht, mille põhielement on paikne või teisaldatav tehniline kompleks, mis on ette nähtud jäätmete termiliseks töötlemiseks, olenemata sellest, kas põlemisel tekkinud soojus kasutatakse ära või mitte. Jäätmepõletustehases toimuvad protsessid hõlmavad nii jäätmete vahetut põletamist oksüdatsiooni teel kui ka muid termilisi protsesse, nagu pürolüüs, utmine, gaasistamine või plasmaprotsessid. [1] Jäätmeseaduse järgi on jäätmete energiakasutus jäätmete taaskasutuse üks mooduseid. Ilma energiakasutusest võib Eestil osutada raskeks täita kohustusi EL liikmesriigina.

Eestis reguleerib jäätmepõletust keskkonnaministri määrus nr 66 „Jäätmepõletustehase ja koospõletustehase rajamise, kasutamise ja sulgemise nõuded“. Põletustehast peab käitama vastavalt määruses sätestatud tehnilistele nõuetele: [2]

- tehases tuleb saavutada jäätmete selline põlemistase, et põlemisel tekkinud räbu ja koldetuha orgaanilise süsiniku üldsisaldus (TOC) on alla 3% või nende kuumuskadu on alla 5% aine kuivmassist. Vajaduse korral tuleb TOC-i vähendamiseks kasutada jäätmetele sobivaid eeltötlusvõtteid;
- tehas tuleb projekteerida, ehitada ja varustada ning teha käitades nii, et põlemisest ja koospõlemisest tekkinud gaasi temperatuur tõuseks juhitud ja ühtlaselt pärast viimast põlemisõhu sisestamist isegi ebasoodsaimates tingimustes vähemalt kaheks sekundiks temperatuurini 850°C, mõõdetuna põlemiskambri siseseina juures või mõnes muus loa andja määratud esinduslikus punktis;
- tehase iga jäätmepõletusseade tuleb varustada vähemalt ühe abipõletiga, mis peab tagama põlemisgaaside nõutava temperatuuri. Põleti peab automaatselt tööle hakkama, kui põlemisgaaside temperatuur langeb pärast viimast põlemisõhu sisestamist alla 850°C.

Abipõletit kasutatakse tehase jäätmepõletusseadmete käivitamisel ja seiskamisel, et temperatuur ei langeks alla 850°C kogu toimingute aja kestel ja seni, kuni põlemiskambris on veel põlemata jäätmeid;

- tehasel peab olema automaatsüsteem, mis välistab jäätmete etteandmise põletamiseks, kui ei suudeta tagada eelpoolmainitud 850°C temperatuuri või kui nõutavad mõõtmised osutavad, et mõnda heite piirväärtust on ületatud puhastusseadmete häire või rikke tõttu;
- tehas peab vältima sellise heite õhku pääsemise, mis põhjustaks märkimisväärset õhusaastet maapinna lähedal. Heite õhku päästmine peab toimuma piisavalt kõrge korstna kaudu;

Jäätmete põletamisel tekkiv soojus tuleb võimalikult suures ulatuses ära kasutada, vaatamata sellele, et jäätmete põletamise peamiseks eesmärgiks on nendest vabanemine. Jäätmete põletamisel saadud soojust saab kasutada soojuse ja elektri tootmiseks. Tehase poolt väljutatavates gaasides ei tohi saasteainete sisaldus ületada määrusega kehtestatud piirväärtusi. Seda võimaldavad suitsugaaside puhastusseadmed. Tehase juurde kuuluvad jäätmete hoiukohad ei tohi olla saasteallikateks ja tehas peab olema varustatud sademevee ja leketest ning tulekustutusest tekkinud vee piisava kogumismahutiga. Jäätmepõletusel tekib möödapääsmatult ka jäätmeid, neid nimetatakse jääkideks ja nende kogust ning ohtlikkust tuleb vähendada nii palju kui võimalik kasutades selleks parimat võimalikku tehnikat. Võimaluse korral tuleks jäägid võtta ringlusse. Tähtis osa jäätmepõletustehase keskkonnale ohutu töö tagamisel on tehase varustatusel ajakohaste kvaliteetsete mõõteriistadega ja mõõtmisnõuetest kinnipidamisel. Käitajal tuleb kasutada mõõtmismeetodeid, mis võimaldavad jälgida põletamise parameetreid, tingimusi ja ainete sisaldusi suitsugaasides ning reovees. Välisõhku väljutatavates suitsugaasides määratakse pidevalt saasteainete sisaldust. Pidevalt määratakse suitsugaaside temperatuuri põlemiskambris, väljuvate suitsugaaside hapnikusisaldust, rõhku ja temperatuuri. Vähemalt kaks korda aastas määratakse raskemetallide, dioksiinide ja furaanide sisaldust väljuvates suitsugaasides. Heitvee väljutamiskohas tuleb teha pidevalt pH, temperatuuri ja vooluhulga mõõtmisi, hõljuvainesisalduse määramist vooluhulgaga proportsionaalses keskmistatud proovis kord ööpäevas, Hg, Cd, Tl, As, Pb, Cr, Cu, Ni ja Zn sisalduse määramist ööpäevase vooluhulgaga proportsionaalses keskmistatud proovis vähemalt kord kuus ning dioksiinide ja furaanide sisalduse mõõtmist vähemalt kord kuue kuu jooksul. Mõõtmiste täpsem läbiviimine on sätestatud jäätmepõletusmääruses. Jäätmete põletamine eeldab detailset teavet jäätmete koostisest ja omadustest. Kasutades jäätmeid kütusena, on vaja teada jäätmete kütteväärtust, niiskuse ja tuhasisaldust, tuha iseloomu, kahjulike ainete sisaldust, tüki suurust, lendosade sisaldust, arvutuste teostamiseks ka elementaarkoostist. Kuna jäätmed on

erinevate materjalide segud ja ebaühtlase ning muutliku koostisega, siis on omadused määratud üksikute komponentide omadustega ja nende suhteliste kogustega. [3]

Sorteerimata segaolmejäätmete põletamisel on mitmeid eeliseid. Kõige märkimisväärsim on fossiilsete kütuste varude säilimine põletatud prügi arvelt ja keskkonnale ohtlike ühendite emissiooni vähenemine prügilatest. Iru jäätmeenergiaploki kavandatava tegevuse elluviimisel väheneb riigi sõltuvus imporditavast energiast ja kütusest ning suureneb energiajulgeolek ja Tallinna ning Maardu linna soojuse-elektri varustuskindlus. Jäätmekütuse tehase (MBT) jäägid saavad käideldud ja kahanevad ladestamisele minevad jäätmete mahud. Samuti aitab jäätmepõletus maandada käitlemise hinnatõusuriske.

1.1. Iru jäätmeenergiaplokk

2006. aastal alustas Eesti Energia AS (EE) ettevalmistusi esimese Waste-to-Energy (WtE) jaama ehituseks. Peamine eesmärk oli mitmekesistada ettevõtte energiatootmise portfelli, kuna hetkel toodab EE enamus energiast fossiilkütustest, mis põhjustavad üsna kõrgeid CO₂ emissioone. Samuti oli vajadus välja vahetada vanad ning aegunud energiatootmisüksused, et säilitada paindlikus muutlikul energia- ning soojusturul. Iru WtE jaam on laiendus olemasolevale Iru elektrijaamale, mis on olnud töös juba üle 30 aasta. See jaam on olnud üks peamisi soojuse tootjaid lähedalasuvatele linnadele nagu Tallinn ning Maardu. Jaam kasutab hetkel peamise toormena maagaasi ning varukütusena kütteõli. Iru WtE jäätmeenergiaplokk kasutab aastas kuni 220 000 tonni segaolmejäätmeid, mida on siiani ladestatud prügilatesse. Jaam hakkab kasutama peamiselt pealinna lähiümbruse jäätmeid, kus toodetakse rohkem kui 50% kogu Eesti prügist. Kuid kuna Eesti on väikeriik ja vahemaad on väikesed, siis on võimalik jaama kütust koguda ka riigi muudest osadest. Jaama ehitust alustati 2010. aastal ning tänaseks päevaks on jaam valmis ning käivitunud. See teeb Iru jaamast esimese WtE jaama Balti riikides ning on pilootprojekti näol teerajajaks ka tulevastele võimalikele säärasele projektidele. Iru jäätmeenergiaplokk hakkab kasutama kõige kaasaegsemat tehnoloogiat, mis peaks muundama elektriks ja soojuseks umbes 85% jäätmetes olevast energiast. [4]

Kütuseks kasutatavad segaolmejäätmed, mille keskmine kütteväärtus on 10,5 MJ/kg (kõikudes piirides 8-15 MJ/kg) põletatakse liikumatel õhkjahutusega restidel. Jaama tootlikkus on 27,5 t/h (220000 t/a) ning jaam muundab ligi 82% jäätmetes leiduvast energiast elektriks ning soojuseks. Soojusvõimsus on Iru WtE jaamal 50 MW ning elektrivõimsus 17,3 MW. Energiaefektiivsuse

kalkulatsioonid annavad Iru WtE näitajaks vägagi kõrge 1,28, mis tagab jaama vastavuse jäätmedirektiivis sätestatuga (Tabel 1). [4]

Tabel 1

Iru WtE jaama tähtsamad parameetrid [4]

Jäätmepõletusseade	Masspõletus MARTIN restid
Üksuste arv	1x2,7 t/h
Võimsus	220000 t/a
Energia efektiivsus (R1)	1,28
Soojusenergia	50 MW
Elektrienergia	17 MW

Jäätmeplokk koosneb suures plaanis neljast osast: prügi vastuvõtuhoonest, kus prügiautod oma sisu otse punkrisse tühjendavad, jäätmete kogumishoonest, kus prügi segatakse ja hoitakse, põletuskompleksist, kus kõrgetel temperatuuridel üle 850°C toodetakse olmeprügist soojust, mis omakorda kasutades turbiini ja generaatorit, muudetakse elektriks. Põletuskompleksi koosseisu kuuluvad ka suitsugaaside puhastussüsteemid.

Jäätmepõletusploki käitamise põhilised tegevused on järgmised: [5]

- jäätmete vastuvõtt;
- jäätmete vaheladustamine punkrisse;
- jäätmete juhtimine koldesse;
- jäätmete põletamine;
- soojuse ja elektri tootmine;
- suitsugaaside puhastamine;
- suitsugaaside puhastusest tekkivate jääkide töötlemine;
- suitsugaaside eemaldamine korstna kaudu;
- heitgaaside monitooring ja kontroll;
- heitvee puhastamine ja kontroll;
- tuha töötlemine ja kõrvaldamine;
- tahkete jääkide käitlus ja ladestus.

Kõige probleemsemad kohad on prügi vaheladustamine, suitsugaaside puhastamine ja tuhade käitlemine.

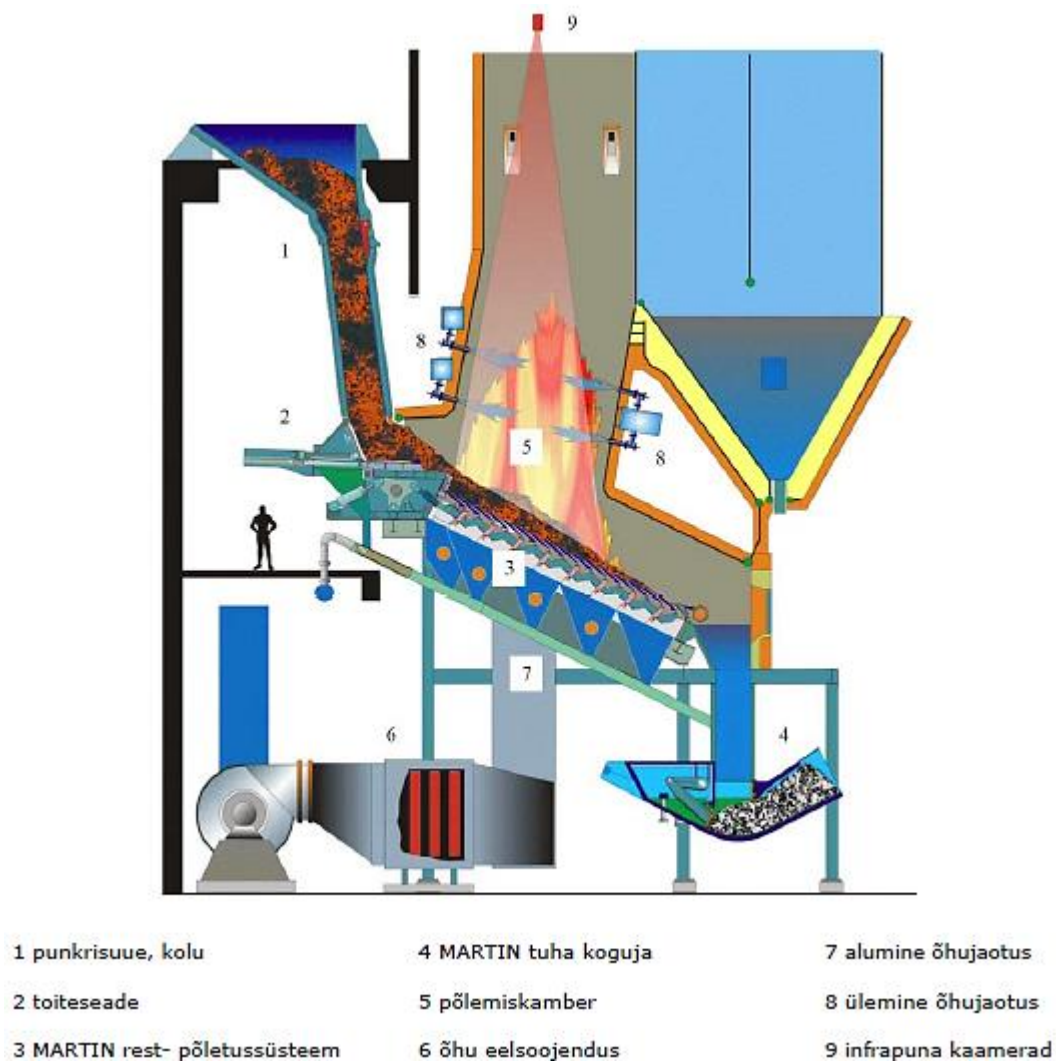
Jäätme põletusploki tehnoloogia sisaldab järgmisi põhilisi elemente: [6]

- automaatne jäätmete söötmise ja segamise süsteem;
- MARTIN-tüüpi põletussüsteem;
- vertikaalne soojusvahetiplokk;
- põlemisgaaside poolkuiv käitlemise süsteem;
- elektri ja soojuse koostootmise plokk.

Iru Elektri jaam (EJ) on sertifitseeritud kvaliteedi- ja keskkonnajuhtimissüsteemi standardite ISO 9001:2001 ja ISO 14001:2004 ja EMAS (Euroopa Ühenduste keskkonnajuhtimise ja auditeerimissüsteem) nõuetele vastavaks. Iru EJ keskkonnajuhtimissüsteemi eesmärgiks on säästva arengu põhimõtteid järgides tagada ettevõtte stabiilne areng. Oma tegevuses tekkivaid keskkonnamõjusid püüab Iru EJ vähendada avatud ja usaldusväärses koostöös kõigi huvitatud osapooltega. Jäätmeenergiaploki kütusena kasutatavate jäätmete koostisest ja niiskusesisaldusest sõltub jäätmete kütteväärtus. Segaalmejäätmete alumine kütteväärtus on tavaliselt 8-12 MJ/kg, sõltudes komponentide sisaldusest prügis. Keemiliste elementide minimaalse ja maksimaalse sisalduse varieerumine on suur, koostist, üksikute koostisosade sisaldust ja nende kütteväärtust teades saab jäätmete kütteväärtust hinnata. Kõrgeima väärtusega on plastid ja madalaimaga biolagunevad jäätmed, mis on ka kõrge niiskusesisaldusega. Jäätmeid segatakse enne põletamist, et vältida suuri kütteväärtuse kõikumisi. [7]

1.2. Põletamiseks kasutatav tehnoloogia

Iru WtE jaama tarbeks valiti kõige kaasaegsem ja enamlevinum põletustehnoloogia, kuna see on usaldusväärsem, töökindlam, tulusam ning praktikas ennast tõestanud tehnoloogia, mida kaubanduslikult kasutada saab. Valitud tehnoloogia on piisavalt paindlik, et võimaldada erinevate jäätmetüüpide põletamine ilma eelneva töötlemiseta ning tagada toodetavale elektrile ning soojusele piisavalt madal hind, et see oleks konkurentsivõimeline ka turgudel. Valitud masspõletustehnoloogia näol on tegu enamkasutatava tehnoloogiaga Skandinaavia riikides ning Euroopas on üle 400 sellise jaama. [4] MARTIN põletussüsteem tagab suure töökindluse, võimalikult suure efektiivsuse ja turvalisuse eritüübiliste jäätmete põletamisel (Joonis 1).



Joonis 1. MARTIN põletussüsteemi skeem [6]

Antud süsteem on üks võtmekomponente kogu jaama põletustehnoloogias. Põletussüsteem koosneb liikuvatest ja liikumatutest restilülidest, mis paiknevad 26° nurga all. Restil on automaatne ajam lülid liigutamiseks. Restilülid on tehtud kuumuskindlast legeritud terasest (legeriv element Cr). Tänu liikuvate restide olemasolule tagatakse kütuse segamine ja süsiniku efektiivne väljapõlemine. Kütuses oleva lendosa põlemine toimub resti kohal, kuhu suunatakse sekundaarõhk.

Antud tööprintsip tagab selle, et rest oleks alati kaetud kaitsva kütuse või tuhaga. Seetõttu ei toimu resti läbipõlemist ja üldine restide eluiga on pikem. Resti vesijahutus ei ole vajalik, isegi väga kõrgete prügi kütteväärtuste juures. [4] Põlemisõhk on jagatud alumiseks e. primaarõhuks ja pealmiseks e. sekundaarõhuks (Joonis 1). Primaarõhk jaguneb veel eraldi õhujaotuse tsoonideks. Õhu juurdeandmine on kindla rõhuga, mis hoiab põletusrestid vajalikul määral puhtad ning väldib õhuavade ummistumist. Jäätmete põletamisel vabanev soojus kantakse üle aurustusküttepindadele, ülekuumendiküttepindadele ja järelküttepindadele (ökonomaisem ja õhu eelsoojendi).

[illegible]

11

Põlemisgaaside poolkuiv puhastuse protsess koos kottfiltritega tagab keskkonnanõuetele vastava heitgaasi puhtuse, hetkel kehtivatele normatiividele ja teadaolevalt ka lähitulevikus kehtestatavatele normatiividele. Kuna jäätmejaam kasutab poolkuiva suitsugaasi puhastussüsteemi, siis võib öelda, et jaam on disainitud nii, et ei tekiks suures koguses reovett. Kogu tekkiv vesi on plaanis suunata tagasi süsteemi ning taaskasutada. Eraldiseisvad drenaažisüsteemid tehakse aga vihmaveele, et tagada selle eraldatus protsessiveest. Üleliigne vihmavesi, mida ei saa jaamas hoida, suunatakse avalikku kanalisatsiooni. Iru WtE jaam hakkab toiteveena kasutama Pirita jõe vett. Normaalingimustel on veetarve ligikaudu $6,5 \text{ m}^3/\text{h}$. [4]

2. JÄÄTMEPÕLETUSEL TEKKIVAD TAHKED HEITMED JA NENDE TÖÖTLEMINE

Jäätmepõletusprotsessis tekivad kütuses mineraalosast tahked jäägid. Põlemisprotsessis tekib peamiselt kolme tüüpi tahkeid jäätmey: koldetuhk, lendtuhk ja tahked jäägid suitsugaaside puhastusseadmetest. Tahkete jääkide kogunemiskohti on kolm: katla kolle, tsüklonid ja kottfiltrid.

Tuha kvalitatiivsete omaduste iseloomustamiseks on mitu näitajat. Tähtsamad nendest on keemiline ja mineraloogiline koostis, granulomeetria, sulamistemperatuurid, paakuvusomadused, sulfatiseerumise võime, lahustuvus lahustites, korrosiooniaktiivsus. Jäätmete põletamisel tekkiv tuhk, eriti aga tuha füüsikalise-keemilised omadused mõjutavad suuresti katelseadme konstruktsiooni, gaasipoolseid protsesse, tuhaärastussüsteemi ehitust, tuhapüüdurite tüübi valikut, keskkonda, tuha võimalikku kasutamist jpm. [8] Kõik tekkinud tahked jäägid sisaldavad ka mitmeid ohtlikke ühendeid, mis võivad ebakorrektsel või hooletul käitlemisel põhjustada pikaajalisi kahjustusi ümbritsevale keskkonnale. Kolmest tuhast kõige ohutumaks võib pidada koldetuhka, mis sisaldab küll rida raskemetalle ja teatud ohtlikke keemilisi ühendeid, kuid mitte nii suures kontsentratsioonis nagu lendtuhk või suitsugaaside pesujäägid. Samas tekib koldetuhka aga kõige suuremas koguses, ligi 67650 t/a (Tabel 2). Tänapäeval on olemas mitmeid meetodeid, kuidas tuhka enne lõplikku ladestamist töödelda nii, et metallide ja muude ohtlike ainete leostumine oleks minimaalne ja sattumine keskkonda vähetõenäoline. Keskkonnaohutuse seisukohalt oleks muidugi parim meetod hoida toksilised ained üldse eemal jäätmevoost, mis põletustehasesse jõuab, see on aga praktiliselt teostamatu, vähemalt Eestis ja lähiajal. Järgnevas osas on toodud välja, kuidas erinevad tahked jäätmed tekivad, milline on nende keemiline koostis ja tahkete jääkide käitlemise tehnoloogiad, mida on plaanis rakendada Iru jäätmepõletusjaamas. [12]

Tabel 2

Tekkivate tahkete jäätmete kogused [12]

Kogus	Ühik	Koldetuhk	Lendtuhk	Pesujääk
Tunnis	t	8,3	0,40	0,88
Aastas	t	67650	3500	7710

2.1. Koldetuhk ja selle käitlemine

Suurima osa põlemisel tekkivast tahkest jäägist moodustab koldetuhk, Iru eeldatavalt 67650 tonni aastas (Tabel 2). Koldetuhk tekib koldekambris ja eemaldatakse kolde restilt. Tekkinud koldetuha eemaldamiseks kasutatakse raskusjõudu, st tuhk kukub kolde restilt punkrisse, kus see veega maha jahutatakse. Vee lisamine põhjatuha mahajahutamiseks on oluline tehnoloogiline võtte, mis väldib tuha tolmamist, käivitab uusmineraalide tekke, väldib tuhapunkris gaasi teket ja eraldumist. [12] Tuha suurusfraktsioonid on sõltuvuses põletatavast prügist ulatudes ühest millimeetrist kuni mitmekümne sentimeetrini. [9]

Koldetuhk koosneb peamiselt inertsetest materjalidest, nendeks on näiteks: klaas, metall ning muud mittepõlevad komponendid. Koldetuhast eemaldatakse metallid magneti abil, ning need suunatakse taaskasutusse. Põlemisel tekkinud tuhk ladestatakse suletud punkris, mis mahutab ligikaudu 900 tonni. See võrdub WtE jaama poolt nelja päevaga toodetava tuha kogusega. Tekkinud põhjatuha plaanitakse kasutada järgmise aasta jooksul Tallinna Jäätmete Taaskasutuskeskuse prügila katmiseks, kus seda eelnevalt vanandatakse kaks kuud ning eemaldatakse metallid. Vanandamise eesmärk on reaktsioonivõime ja tuhasse jäänud metallide leostuvuse vähendamine. Põhjatuhk jäetakse pärast metallide eemaldamist mitmeks nädaks õhu kätte ja tolmamise vältimiseks seda niisutatakse. Tuhka segatakse regulaarselt selleks, et protsess oleks ühtlane ja toimuks CO₂ sidumine. Kogu protsess kestab 6-20 nädalat ning pärast võib tuhka ladestada. [5] Samuti on uuritud võimalusi kasutada tuhka ehitusmaterjalide valmistamisel. Kuna orgaanika põlemisprotsess ei pruugi olla täiuslik, siis leidub koldetuhas kohati ka kuni neli massiprotsenti orgaanilist materjali. Iru jaama koldetuha küllaltki mitmekesisest keemilist koostist on võimalik näha tabelist 3.

Tabel 3

Koldetuha keemiline koostis [10]

Keemiline element	massi-%
Al	2,190 – 7,280
Sb	0,001 – 0,043
As	0,000 – 0,019
Ba	0,040 – 0,300
Hg	0,000 – 0,001
Cd	0,000 – 0,007
Ca	0,037 – 12,300
Cl	0,080 – 0,419
Cr	0,002 – 0,960
Cu	0,019 – 0,824
Pb	0,010 – 1,370
Mg	0,040 – 2,600
Mo	0,000 – 0,028
Ni	0,001 – 0,428
Fe	0,412 – 15,000
Zn	0,050 – 2,100
TOC (orgaaniline süsinik)	2 - 4

2.2. Lendtuhk ja suitsugaaside puhastusjäägid, nende käitlemisvõimalused

Kolde ülalosast suitsugaasiga välja lendavad peened osakesed (lendtuhk) sisenevad koos suitsugaasiga järelküttepindadesse. Suitsugaasiga kaasa lendavad osakesed sisaldavad raskemetalle (Zn, Pb, Cd jne) ja klooriühendeid. Lendtuhk ja pesujääk moodustab 2-3 % kogu algselt toormeks olnud prügi massist. Lendtuhk on granulomeetriliselt peenfraktsiooniline ja väga tolmane. Iru elektrijaamas tekib põletamisprotsessil lendtuhka umbes 3500 tonni aastas (Tabel 2). Lendtuha eeldatav keemiline koostis on välja toodud tabelis 4.

Tabel 4

Lendtuha keemiline koostis [10]

Keemiline element	massi-%
Cd	$\leq 0,00001$
Hg	0,0003-0,0015
As	$\leq 0,00005$
Cr	0,0014
Pb	0,0017-0,0031
Sulfaat	2,00-2,20
TOC	0,005

Lendtuha ja ka suitsugaaside puhastusjäägi puhul on huvipakkuv see, et erinevates riikides kasutatakse mitmesuguseid käitlemise lahendusi, milliseid pole näiteks keskkonnamõtjude hindamises käsitletud. Järgnevas tabelis on välja toodud mõned näited lendtuha lõpliku ladestamise lahendustest Euroopas.

Tabel 5

Lendtuha käitlemine Euroopas [14]

Soome	ladestamine prügilasse
Rootsi	ladestamine maa peale ja maa alla; väljavedu Norra Langoya saarele (vanad lubjakivi maardlad)
Norra	tahkestamine; ladestamine Langoya saarele
Taani	väljavedu Saksamaale (soolakaevanduskäikude täitmine) ja Norrasse
Austria	soolakaevanduskäikude täitmine; ladestamine prügilasse
Saksamaa	soolakaevanduskäikude täitmine; vähesel määral ladestamine prügilasse
Itaalia	ladestamine prügilasse
Ungari	ladestamine prügilasse
Portugal	stabiliseerimine enne prügilasse ladestamist
UK	ladestamine prügilasse
Holland	50% teedehitus; 50% kaevanduskäikude täitmine
Hispaania	ladestamine prügilasse
Fääri saared	väljavedu Norrasse
Prantsusmaa	ladestamine prügilasse; klaasistamine

Ka lendtuhha töötlemine on võimalik kasutades erinevaid meetodeid ja protsesse. Võimalusi ja valikuid on palju, rakendada saab nii üksikprotsesse eraldamaks kindlaid ühendeid või kompleksseid lahendusi kombineerides meetodeid ja saades puhtam jääk. Antud töös pole vaatluse alla võetud käitlemislahenduse majanduslikud aspektid ja tasuvus.

Kõige lihtsam protsess on keskkonnaohtlike soolade eraldamine väljapesu teel, kuid selle puhul jäävad sisse raskemetallid ja muud orgaanilised saasteained. Kasutatakse ka keemilist stabiliseerimist, mille puhul töödeldakse tuhka CO_2 ja fosforhappega, mille tulemusel muutuvad raskemetallid väheliikuvaks, leostuvus vähendatakse ja toimub soolade kinnipidamine. Eristatakse mitu keemilise töötlemise protsessi, mis erinevad nii tulemuslikkuselt kui ka majandusliku efektiivsuse poole pealt (näiteks VKI, DHR, Ferrox, WesPhix). Rakendatakse ka solidifikatsiooni protsessi, kust lendtuhka segatakse hüdraulilise sideainega, vee jm lisanditega ja tahkestudes tekib vee- ning leostumiskindel materjal. Kui tuhka mitte eeltöödelda, siis on tulemus ainult füüsikaline. Selle protsessi käigus seotakse keskkonnaohtlikud ained tsemendimaatriksisse. Nagu eespool mainitud, saab neid meetodeid kombineerida ja töödelda tuhka komplekselt. Tuhka saab ka vitrifitseerida e. sulatada väga kõrgetel temperatuuridel, mille käigus seotakse raskemetallid klaasimaatriksisse, see protsess on aga energiakulukas ja antud tehnoloogia vajab suuri investeeringuid ning ala on uus ja meetod pole seetõttu laialdaselt kasutusel. [13, 15]

Suitsugaaside poolkuival puhastamisel muudetakse seal leiduvad happelised gaasid (HCl , HF , SO_2 jne) tahketeks ühenditeks (CaCl_2 , CaF_2 ja $\text{CaSO}_3/\text{CaSO}_4$). Seda läbi lubjapiimaga $\text{Ca}(\text{OH})_2$ reageerimise, mida pihustatakse süsteemi eraldi. Seetõttu sisaldab kottfiltrites kokku kogutav puhastusjääk ka neid tahkeid ühendeid ning kuna seda tavaliselt enne suitsugaasi lubjapiimaga töötlemist ei eemaldata, siis seguneb puhastusjääk lendtuhha vooga. Kui gaaside puhastamiseks kasutatakse aktiivsütt, siis sisaldub ka see lõpp-produktis. Aastas tekib Iru jäätmepõletusjaamas umbes 7700 tonni leelispesujääki (Tabel 2). Selle koostis sõltub suuresti põletatavast prügist, põletusprotsessist ning suitsugaaside puhastamismeetoditest. Eeldatav pesujäägi koostis on ära toodud tabelis 6. Lendtuhka ja suitsugaaside puhastusjääki kogutakse koos ning viiakse tsisternveokitega Soome, millega antakse koostööpartnerile jäägid töötlemiseks ja käitlemiseks üle.

Tabel 6

Suitsugaaside pesujäägi keemiline koostis [10]

Keemiline element	massi-%
S	1,1
Cl	3,8
Ca	29,8
Cd	0,013
Ni	0,0031
Pb	0,34
Zn	0,91
Fe	0,66

3. JÄÄTMEPÕLETUSEL TEKKIVAD GAASILISED HEITMED JA NENDE PUHASTAMINE

Jäätmepõletusel kasutatakse toormena suures koguses segaolmejäätmeid. Põlemisprotsessi käigus muundatakse jäätmed energiaks (elekter ja soojus), mille käigus tekkivad tahked jäägid (koldetuhk ja lendtuhk) ning osa lendub uute keemiliste ühenditena gaasilise faasina süsteemist välja. Kui tekkivaid tahkeid jääke on suhteliselt lihtne kontrollida ning käidelda, siis gaasilised ühendid nõuavad tehnoloogiliselt keerukamaid lahendusi. Järgnevas osas tulebki juttu peamistest keskkonnale mõjuvatest ohtlikest gaasilistest heitmetest ning nende puhastustehnoloogiast. Antud töö jaoks sai valitud neli kõige suurema kaaluga gaasilist ühendit:

- Vesinikkloriid (HCl)
- Vääveldioksiid (SO₂)
- Vesinikfluoriid (HF)
- Lämmastikoksiid (NO_x)

3.1. Tekkimine ja ohtlikkus

Vesinikkloriid (HCl) tekib põhiliselt jäätmetes leiduvast PVC materjalist põlemisprotsessi käigus. HCl ohtlikkus seisneb selles, et see on hingamisteedele madalamatel kontsentratsioonidel ärritav ja tagajärjena ilmneb lämmatav tunne. [7]

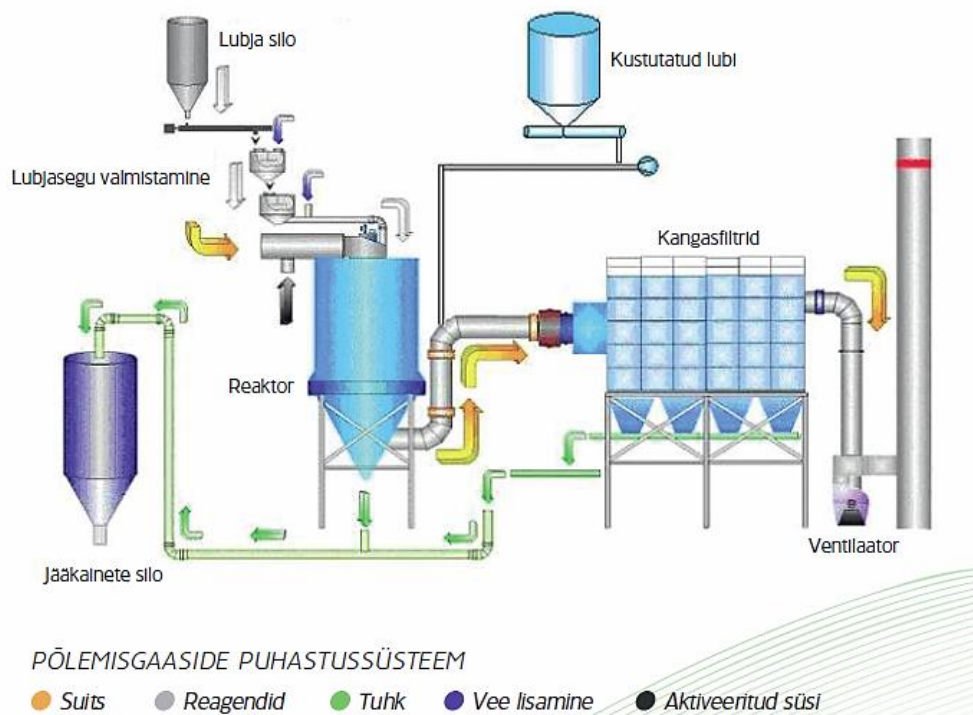
Vääveldioksiid (SO₂) tekib põlemisprotsessi käigus väävli sisaldavatest jäätmetest. SO₂ on värvuseta, terava lõhnaga mürgine gaas. Suuremad SO₂ kontsentratsioonid on kahjulikud nii inimorganismile kui ka ümbritsevale loodusele. SO₂ oksüdeerub keskkonnas SO₃-ks ja ühinedes veeauruga tekitab happevihmu, mis tekitab metallide korrosiooni ja lagundavad ehitusmaterjale. [11]

Vesinikfluoriid (HF) tekib põlemisprotsessi käigus floororgaanilisi aineid sisaldavatest jäätmetest. HF on tervisele ohtlik, sest mõjub hingamisteedele ärritavalt. Jätakuva saaste korral põhjustab see häireid kaltsiumi ja fosfori ainevahetuses, mis võib omakorda olla osteoporoosi algeid. HF on vees kergesti lahustuv ning võib suurte kontsentratsioonide korral olla keskkonnale ohtlik. [7]

Lämmastikoksiidid (NO_x) tekivad põlemisprotsessi käigus nii jäätmetes sisalduvast lämmastikust kui ka põlemisõhust. Suuremad kontsentratsioonid põhjustavad ärritusi hingamisteedes. [7] Põlemisel tekkivatest lämmastikühenditest on tähtsamad NO ja NO_2 , mida tuntakse ühise nimetuse all NO_x . NO_x -dest 95% või enamgi koosneb NO-st, NO_2 sisaldus jääb alla 5%. Suur osa NO-st hapendub hiljem siiski NO_2 -ks, seega on NO ja NO_2 mõju ümbritsevale keskkonnale suuresti samalaadne. NO_x heitmed mõjutavad happevihmade, fotokeemilise saastesudu ja osooni teket. [11]

3.2. Puhastustehnoloogia

Suitsugaaside puhastusseadmed peavad puhastama happelisi gaase, kõrvaldama dioksiine ja furaane, vähendama elavhõbeda ja teiste raskmetallide emissiooni, vähendama lämmastikuheidet ja eemaldama tahkeid osakesi suitsugaasidest. [5] Põlemisgaaside puhastussüsteemi skeem on joonisel 3. Iru jäätmeplokil on kaasaegne õhuheitmete online-monitooringu süsteem, mis tähendab, et andmed on igal ajal kättesaadavad ja kontrollitavad riiklikule järelevalvele.



Joonis 3. Põlemisgaaside puhastussüsteemi skeem [6]

Happelisi gaase saab puhastada kasutades märg-, poolkuiv-, või kuivtehnoloogiat. Iru jäätmepõletusplokis on puhastamiseks kasutusel poolkuivtehnoloogia. Lubjapiim pihustatakse suitsugaasidesse reaktortornis, kus vesi aurustub ja happelised gaasid adsorbeerivad tahketele osakestele. Sellele järgneb tahkete osade kõrvaldamine. Poolkuiva gaaside puhastusprotsessi korral ei teki reovett ning üldine veetarve on väiksem kui näiteks märgtehnoloogia puhul, tahkete jääkide osakaal on seevastu suurem. [5] Reaktoris eemaldatakse põlemisgaasidest ka osa raskmetallidest ja dioksiinidest. Peale reaktoris puhastamise läbivad põlemisgaasid kottfiltrid, mis püüavad kinni nii tahkeid osakesi ja osa raskemetalle.

HCl, SO₂ ja HF reaktsioonid lubjapiimaga on välja toodud allpool:

- $\text{Ca(OH)}_2 + 2\text{HCl} \rightarrow \text{CaCl}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$
- $\text{Ca(OH)}_2 + \text{SO}_2 \rightarrow \text{CaSO}_3\downarrow + \text{H}_2\text{O}$
- $\text{Ca(OH)}_2 + 2\text{HF} \rightarrow \text{CaF}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$

Lämmastikuheitme vähendamiseks kasutatakse mittekatalüütilist või katalüütilist protsessi. Iru on kasutusel selektiivne katalüütiline protsess (SCR meetod), mille puhul suitsugaasidele lisatakse veega segatud ammoniaaki, mis juhitakse läbi katalüsaatori (tiheda traatvõrgu, nt Pt). Ammoniaak reageerib NO_x-ga ning vabanevad N₂ ja H₂O. Tehnoloogiat loetakse tõhusamaks kui mittekatalüütilist (efektiivsus on üle 80%). [5, 7]

NO_x reaktsioon on esitatud allpool:

- $\text{NO}_x \xrightarrow[\text{Pt}]{\text{NH}_3} \text{N}_2 + \text{H}_2\text{O}$

4. OLELUSRINGIPÕHINE KESKKONNAMÕJU HINDAMINE

Järgneva olelusringi põhise keskkonnamõju hindamise ülevaateks on kasutatud peamiselt Harri Moora ilmunud teadusartiklit [4] ning Säästva Eesti Instituudi (SEI) olelusringipõhist keskkonnamõju hindamise uuringut. [16] On üsna selge, et jäätmepõletusega kaasneb rida keskkonnamõjusid. Tuleb silmas pidada, et lisaks tavapärastele keskkonnamõjude hindamise aruandes (KMH) uuritavatele kohaspetsiifilistele mõjudele tuleks arvesse võtta ka kaudseid mõjusid ning emissioone, mis nii otseselt väljenduda ei pruugigi. Kaudsete mõjude olulisuse heaks näiteks võib tuua Iru KMH aruande [7] kokkuvõtte, mis ütleb, et potentsiaalne õhuemissioonide juurdekasv võrreldes varasema Iru elektrijaamaga on 0.01-1%, samas kui kaudsetest mõjudest tulenevalt langevad õhuemissioonid aga tunduvalt. Seda kuna segaolmejäätmeid põletav WtE jaam asendab muidu fossiilsete kütuste poolt toodetud elektrit ja sooja. See on oluline aspekt, millega arvestada globaalse soojenemise ning kasvuhoonegaaside seisukohast. Elutsükli analüüsil põhinev keskkonnamõjude hindamine aitab hästi valida üldised ja optimaalsed olmejäätmete käitlemise lahendused, mis ei põhjustaks ümbritsevale keskkonnale suuremat negatiivset kahju. Seetõttu viidi KMH raames läbi põhjalik elutsükli analüüs. [16] Töö eesmärgiks oli hinnata, kuidas ja milliseid keskkonnaaspekte mõjutab Iru WtE jaam kogu Eesti jäätmekäitlemise ning keskkonnahoiu valdkonnas. KMH baasstsenaariumiks loeti 2000. aasta jäätmekäitlemise sektori seis. Selleks keskkonnamõjude hindamise tööks kasutati elutsüklianalüüsi mudelit WAMPS, kus mängiti läbi huvipakkuvad segaolmejäätmete käitlemise stsenaariumid: [16]

- baasstsenaarium 0 - selle järgi ladestatakse 65% segaolmejäätmetest prügilatesse, 27% taaskasutatavast materjalist saadetakse läbi sorteerimise tagasi ringlusesse, ligikaudu 4% komposteeritakse ning ligikaudu 4% saadetakse jäätmekütuse (MBT) jaamadesse või kasutatakse kütusena tsemenditööstuses;
- masspõletusstsenaarium 1 - selle järgi 45% segaolmejäätmetest põletatakse Iru WtE jaamas, 30% taaskasutatavast materjalist saadetakse läbi sorteerimise tagasi ringlusesse, ligikaudu 20% komposteeritakse ning ligikaudu 5% ladestatakse prügilatesse;

- MBT stsenaarium 2 - selle järgi 25% segaolmejäätmetest kasutatakse toormena MBT jaamades, 30% taaskasutatavast materjalist saadetakse läbi sorteerimise tagasi ringlusesse, ligikaudu 20% komposteeritakse ning ligikaudu 25% ladestatakse prügilatesse;
- komposteerimise stsenaarium 3 - selle järgi ligikaudu 20% segaolmejäätmetest komposteeritakse, ligikaudu 50% ladestatakse prügilatesse ning 30% taaskasutatavast materjalist saadetakse läbi sorteerimise tagasi ringlusesse;
- anaeroobse kääritamise stsenaarium 4 - selle järgi ligikaudu 15% segaolmejäätmetest kääritatakse anaeroobselt, ligikaudu 5% komposteeritakse, ligikaudu 50% ladestatakse prügilatesse ning 30% taaskasutatavast materjalist saadetakse läbi sorteerimise tagasi ringlusesse.

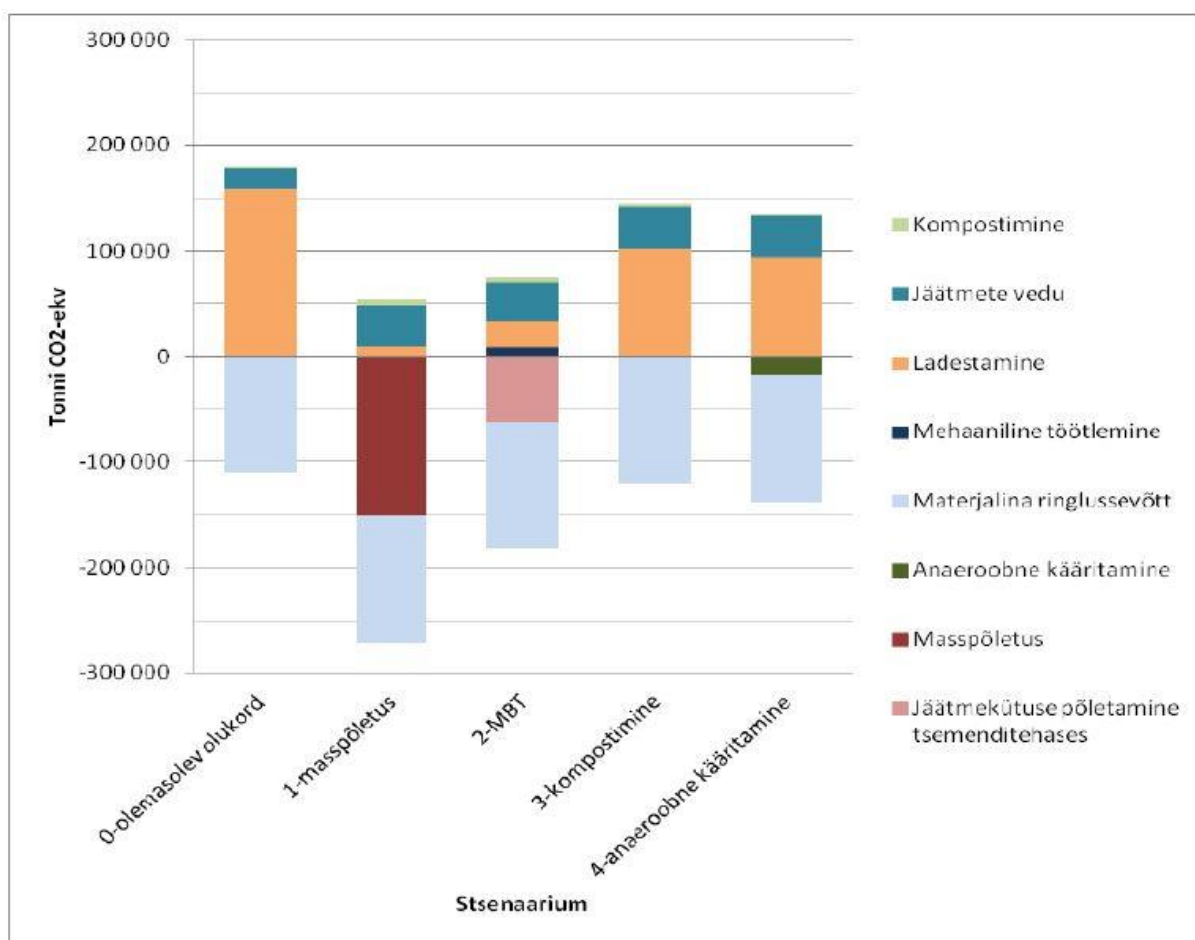
Baasstsenaariumi järgi sõltus 2000. aastal Eesti pea eranditult prügi ladestamisest prügilatesse (~92% kogu segaolmejäätmete kogusest), sel ajal ei olnud rajatud ka ühtegi gaasikogumispunkti. Vaid väike kogus pakendeid korjati eraldi ning saadeti taaskasutusse. Ei eksisteerinud ka tsentraliseeritud kogumispunkte biolagunevatele jäätmetele. Hinnanguliselt kuni 17 000 tonni biolagunevaid jäätmeid (peamiselt aiajäätmed) komposteeriti majapidamistes (4 % kogu segaolmejäätmete kogusest). Olelusringi analüüsis oletati, et see komposteerimise osakaal jääb samaks kuni aastani 2020.

Iru WtE jaama olelusringi mõjusid kajastab stsenaarium 2. Selle järgi põletatakse kuni 2020. aastani igal aastal ligi 45% Eestis tekkivast olmeprügist Iru WtE jaamas. Suures mahus toodetud jääksoojus müüakse Tallinna elamurajoonidele. Selle stsenaariumi järgi suunatakse suur osa prügist ka taaskasutusse (peamiselt pakendid, paber, papp ja metallid), et täita EL direktiivi. Ette nähakse, et ligikaudu 30% prügist taaskasutatakse. Kuna prügipõletus panustab suurel määral biolagunevate jäätmete vähendamisse, siis ei ole ette nähtud, et eraldiseisev biolagunevate jäätmete taaskasutuse osakaal ületaks 15% kogu prügi kogusest. Tsentraalselt kogutud köögijäätmed komposteeritakse staatiliselt läbi aereerimise. Intensiivne taaskasutus ning põletus viivad lõpptulemuseni, kus vaid suhteliselt väike osa kogu jäätmetest (5%) tuleb mätta prügilatesse.

Antud SEI töös käsitleti valikuliselt keskkonnahoiu perspektiivis olulisemaid olelusringianalüüsi tulemusi globaalse soojenemise, hapestumise, veekogude eutrofeerumise ning maapinnalähedase osooni tekke kontekstis. Nendest antakse järgnevalt ka põgus ülevaade.

4.1. Globaalne soojenemine (kasvuhoonegaasid)

Globaalne soojenemine ning seda põhjustavad kasvuhoonegaasid on praegusel hetkel küllaltki aktuaalsed teemad, EL liigub jõudsalt kasvuhoonegaaside piiramise ning vähendamise suunas (CO₂ kvoodid). Seega on erinevate valikstsenaariumite globaalse soojenemise mõjude läbi mudeldamine kindlasti üks peamisi ülesandeid, mida olulusringi analüüsil ette tuleb võtta. Kuna kasvuhoonegaase on mitmeid, siis ühtse ning lihtsustatud võrdlemisbaasi loomiseks annab WAMPS mudel kõik peamised kasvuhoonegaasid (CO₂, N₂O, CH₄) välja ühtse ekvivalentse CO₂ näitajana.



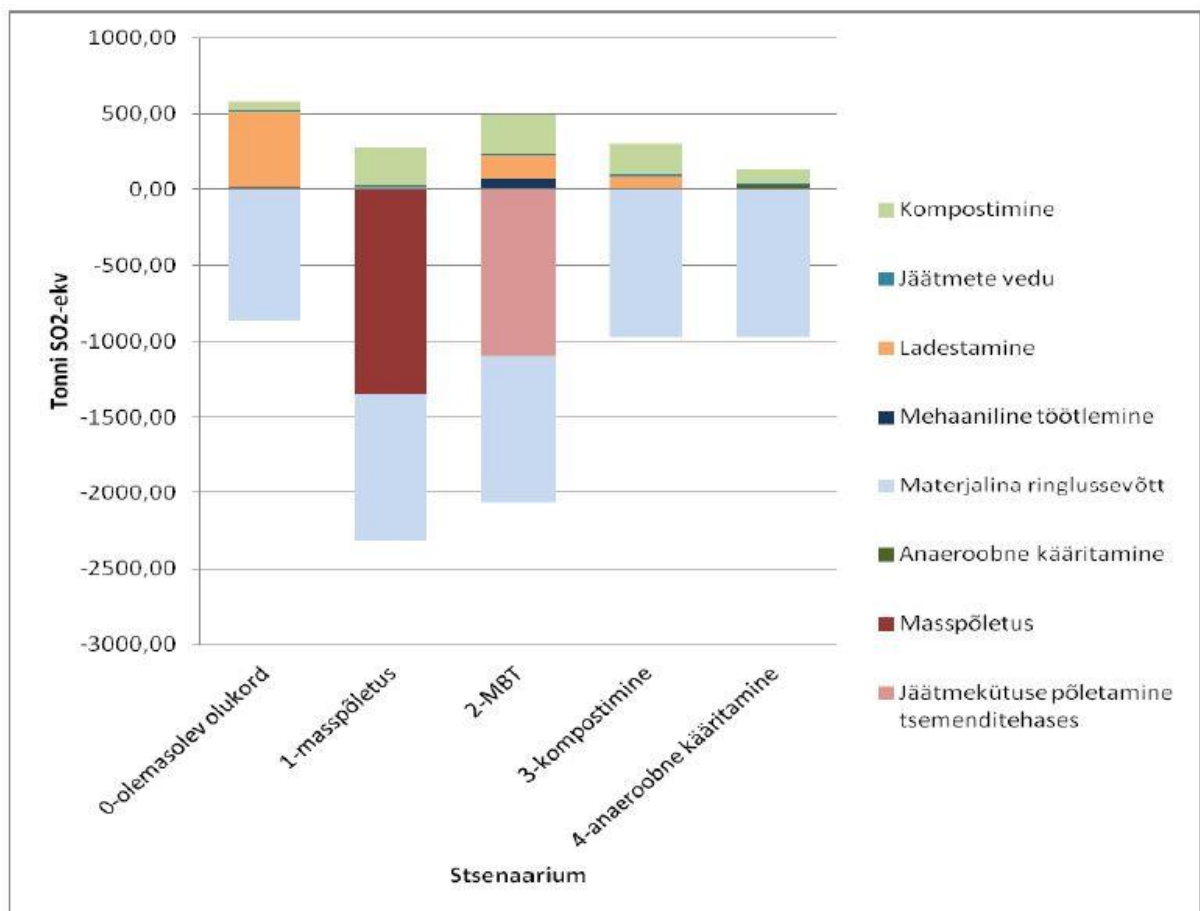
Joonis 4. MSW käitlemise stsenaariumite kasvuhoonegaaside emissioonid [16]

WtE jaama stsenaariumi 1 poolt panustamine toodetud kasvuhoonegaaside koguhulka on toodud ära joonisel 4. Diagramm näitab vaadeldava stsenaariumi kasvuhoonegaaside neto tootlikust ning sellest on maha arvatud kasvuhoonegaaside osa, mis säästetakse kaudselt (fossiilsete kütuste osakaalu vähenemine jne). Kui kaudselt säästetavate heitmete osakaal on suurem, kui toodetavate heitmete osakaal, siis tulemiks on negatiivne bilanss.

Kui võrrelda kõiki ette antud stsenaariumeid, siis on näha, et jäätmepõletuse kaasamise näol on tegemist suurema potentsiaaliga negatiivseid keskkonnamõjusid vähendada, kui teistel alternatiivsetel stsenaariumitel (kus jäätmepõletust ei arvestata). Negatiivse kasvuhoonegaaside bilansi tekitab stsenaarium 1 puhul väike jäätmete hulk, mis tuleb ladestada prügilatesse, suur materjalide taaskasutusmäär ning Iru WtE jaama toodetav elekter ning soojus, mis asendab osaliselt suure CO₂ jalajäljega fossiilsete kütuste poolt toodetud elektrit ning sooja. Põletus moodustab ligikaudu 75% ning taaskasutus 25% säästetud emissioonide hulgast. Samas tuleb ära märkida, et WtE jaama stsenaariumi korral tõuseb jäätmeveo ja taaskasutuse poolt põhjustatud emissioonide osakaal, kuna seda mõjutab suuresti taaskasutuse määra tunduv suurendamine, mis nõuab lisaenergiat. Samas tuleb silmas pidada, et jäätmete kogumisest ja taaskasutamisest tulenevalt kasvuhoonegaaside hulgad jäävad üldises väga positiivses mõjuefektis (fossiilsete kütuste kasutuse vähenemine) siiski suhteliselt marginaalseks. Tehtud analüüsi tulemustest kuvab läbi selge pilt, et just Iru WtE jäätmepõletuse stsenaarium omab kasvuhoonegaaside bilansile kõige positiivsemat mõju (vähendab üldist toodetud kasvuhoonegaaside hulka).

4.2. Hapestumine

Prügi käitlemisega kaasneb ka rida teisi ohtlikke lenduvaid ühendeid (SO₂, NO_x, HCl), mis vihmaveega ühinedes põhjustavad pinnase, veekogude hapestumist. Mõju poolest pole sedasorti emissioonid nii globaalsed kui eelpoolkirjeldatud kasvuhoonegaasid, kuid lokaalses plaanis on need siiski väga olulised ühendid, millega tuleks arvestada. Kuna hapestumist põhjustavaid gaasilisi ühendeid on mitmeid, siis ühtse ning lihtsustatud võrdlemisbaasi loomiseks annab WAMPS mudel kõik peamised gaasid (SO₂, NO_x, HCl) välja ühtse ekvivalentse SO₂ näitajana.

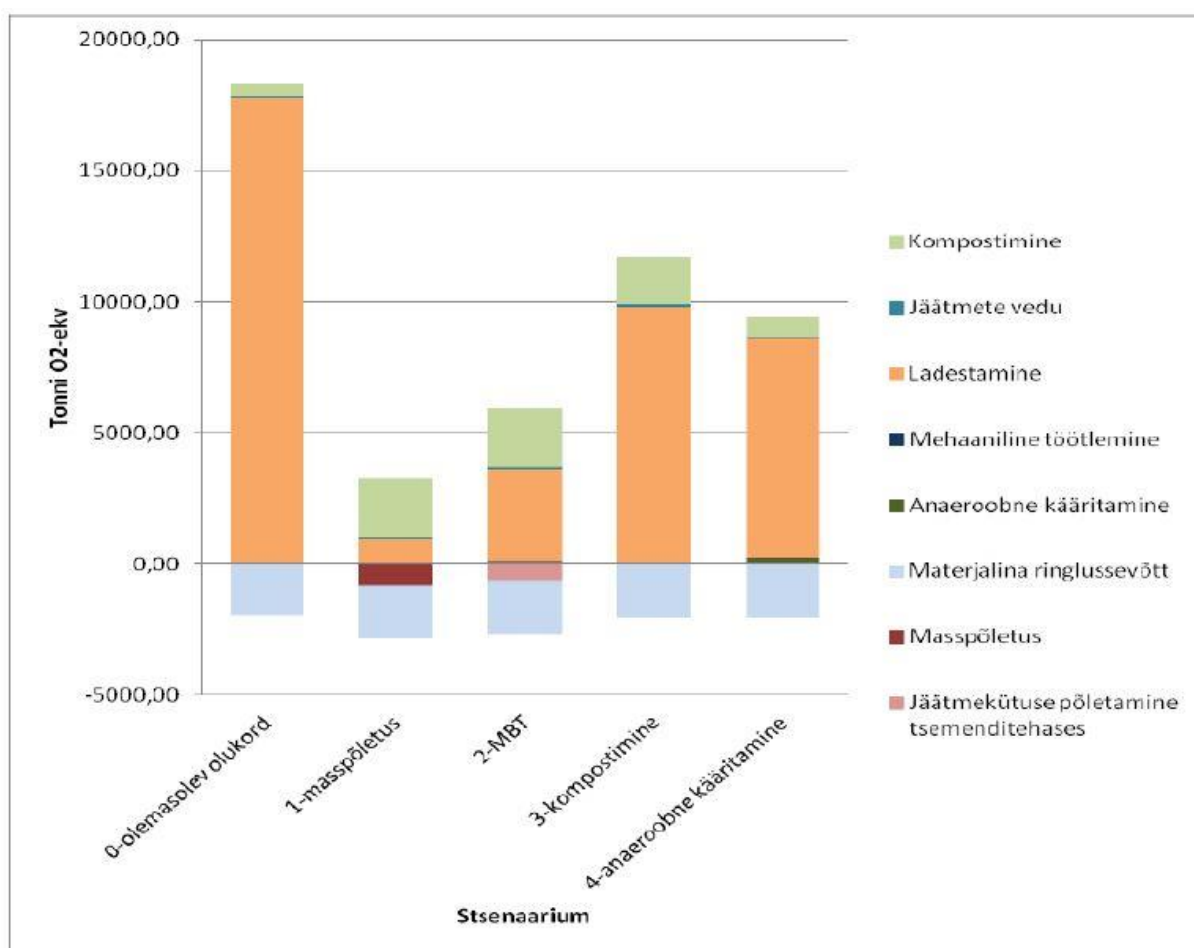


Joonis 5. MSW käitlemist stsenaariumite hapestumist põhjustavad emissioonid [16]

WtE jaama stsenaariumi 1 poolt panustamine toodetud hapestumist põhjustavate heitmete koguhulk on toodud ära joonisel 5. Diagramm näitab vaadeldava stsenaariumi heitmete neto tootlikust ning sellest on maha arvatud osa, mis säästetakse kaudselt (fossiilsete kütuste osakaalu vähenemine jne). WtE jaama stsenaariumi puhul tekivad hapestumist põhjustavad ühendid just põlemisprotsessil. Samuti eralduvad need ühendid olmeprügi bioloogilisel lagunemisel prügilates või komposteerimispunktides. Kuid jäätkepõletusel on jaamale lisatud mitmeid tõhusaid puhastusseadmeid (suitsugaaside puhastus lubjapiimaga), seega on nende ohtlike heitmete teke palju paremini kontrollitav kui tavapärastes prügilates või kogutud prügilagaasi kasutatavatel põletusseadmetel. Samuti omab WtE jaam tugevat positiivset mõju taustsüsteemis, kuna asendab nagu ka kasvuhoonegaaside puhul fossiilsete kütuste osakaalu, põhjustades sellega hoopis negatiivset bilanssi. Selles osas annab suure osa ka materjali taaskasutuse määra tõstmine, mis samuti hapestumist põhjustavaid heitmeid vähendab. Põletus moodustab ligikaudu 70% ning taaskasutus 30% säästetud heitmete hulgast. Tehtud analüüsi tulemustest võib näha, et just Iru WtE jäätkepõletuse stsenaarium omab hapestumist põhjustavate gaaside bilansile kõige positiivsemat mõju (vähendab üldist toodetud gaaside hulka).

4.3. Veeökosüsteemide eutrofeerumine

Segaolmejäätmed sisaldavad märkimisväärtes kogustes toitaineid kandvaid keemilisi ühendeid (P, N, NO_x, NH₃). Seetõttu tuleb jäätmekäitlusel rakendada lisameetmeid, et need elemendid ei satuks veega kokkupuutel ümbritsevasse keskkonda. Kui need lisatoitained satuvad jäätmete käitlustegevuse käigus veekogudesse, siis põhjustavad need seal veekvaliteedi halvenemist (hapnikudefitsiit, vee läbipaistvuse vähenemine) mikroorganismide vohamist ning seetõttu ka veekogu liigilise mitmekesisuse muutumist. Suurimateks eutrofeerumise põhjustajateks peetakse põletamisel tekkivaid NO_x-ühendeid ning heitvees sisalduvaid P, N ja KHT (orgaanilise aine sisaldus vees) ühendeid.



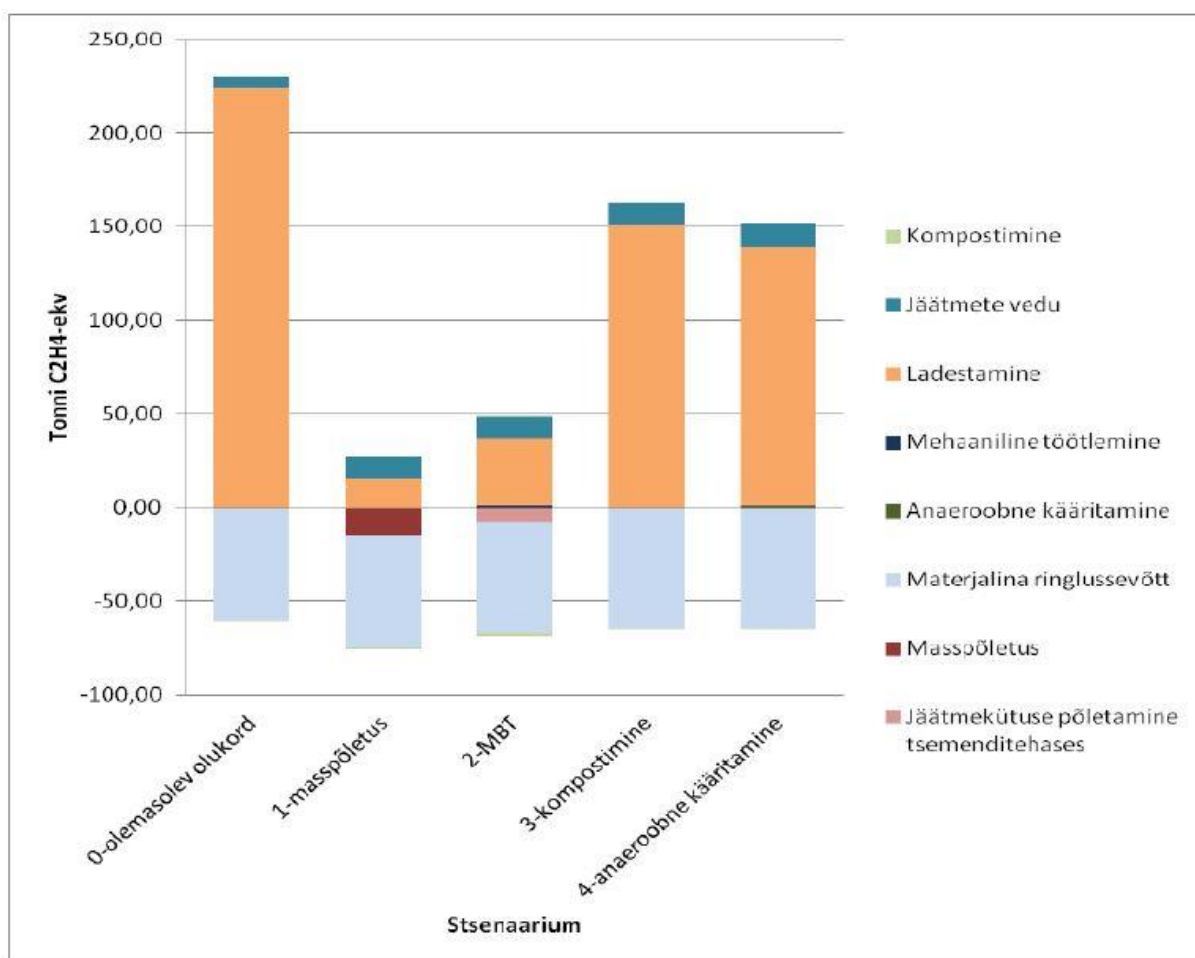
Joonis 6. MSW käitlemist stsenaariumite hapestumist põhjustavad emissioonid [16]

WtE jaama stsenaariumi 1 poolt panustamine toodetud eutrofeerumist põhjustavate ühendite koguhulka on toodud ära joonisel 6. Diagramm näitab vaadeldava stsenaariumi ühendite neto tootlikust ning sellest on maha arvatud osa, mis säästetakse kaudselt (fossiilsete kütuste osakaalu vähenemine jne).

Kuna Iru WtE jaama suitsugaasid ning tekkiv heitvesi puhastatakse ohtlikest ühenditest, siis ei panusta jäätmepõletuse stsenaarium otseselt veekogude eutrofeerumisse. Samuti tuleb silmas pidada ka eelpool mainitud kaudset positiivset mõju, kuna WtE jaam hakkab asendama fossiilsete kütuste põletamisel saadavat energiat. Põletus moodustab ligikaudu 25% ning taaskasutus 75% säästetud heitmete hulga. Tehtud analüüsi tulemustest võib taaskord näha, et just Iru WtE jäätmepõletus stsenaarium omab veekogude eutrofeerumist põhjustavate ühendite bilansile kõige positiivsemat mõju (vähendab üldist toodetud ühendite hulka).

4.4. Maapinnalähedase osooni teke

Jäätmekäitlemise käigus paisatakse õhku ka metaani (CH_4) ning süsinikmonooksiidi (CO), mis moodustavad päikesevalguse, lenduvate orgaaniliste ühendite (LOÜ) ning lämmastikoksiidide (NO_x) juuresolekul keskkonnale ohtlikku osooni. Ühtse ning lihtsustatud võrdlemisbaasi loomiseks annab WAMPS mudel kõik peamised gaasid (CH_4 ja CO) välja ühtse ekvivalentse CH_4 näitajana.



Joonis 7. MSW käitlemise stsenaariumite osooniteket põhjustavad emissioonid [16]

WtE jaama stsenaariumi 1 poolt panustamine toodetud osooni põhjustavate ühendite koguhulka on toodud ära joonisel 7. Diagramm näitab vaadeldava stsenaariumi ühendite neto tootlikust ning sellest on maha arvatud osa, mis säästetakse kaudselt (fossiilsete kütuste osakaalu vähenemine jne). Ka selle vaadeldava keskkonnaohu puhul eraldub selgelt välja masspõletuse positiivsus üldise fooni taustal. Seda peamiselt, kuna masspõletuse stsenaariumi puhul on tegu madala prügilatesse ladestamise määraga ning energiatootmiseks kasutatavate fossiilsete kütuste asendamisega, mis mõlemad panustaksid suures osas osooni tekitavate ühendite tekkimisse. Põletus moodustab ligikaudu 20% ning taaskasutus 80% säästetud heitmete hulgast.

KOKKUVÕTE

Antud lõputöö eesmärgiks oli anda ülevaade jäätmepõletusest Eestis uue ja ainulaadse Iru jäätmeenergiaploki näitel, mis kasutab kütuseks segaolmejäätmeid kuni 220 000 tonni aastas ja võimaldab katta umbes 6% Tallinna elektri- ning 23% pealinna soojuse tarbimisest. Autor püüdis jääda erapooletuks ning tuua välja nii negatiivsed kui ka positiivsed aspektid, kuna eesmärgiks oli seatud ülevaate tegemine ja olulise välja toomine, milleks on jäätmepõletusel tekkinud tahked ja gaasilised heitmed ning olulusringipõhine lähenemine keskkonnamõjudele SEI tehtud uuringu põhjal. Esimese osa moodustas jäätmepõletuse üldine ja põletusprotsessi tehnoloogiline kirjeldus. Teises osas olid vaatluse all tahked heitmed, täpsemalt kolde põhjatuhk, lendtuhk ja suitsugaaside pesujäägid. Vastavalt ohtlike ainete sisaldusele on koldetuhk käsitletav tavajäätmena, lendtuhk ja pesujääk ohtlike jäätmetena. Kuna olmejäätmed pole olemuselt uudsed ja neid on põletatud laias ulatuses ja pikka aega mujal Euroopas ning need ei erine koostiselt oluliselt erinevates kirjandusallikates tooduga, siis ei peaks seoses tuhkadega esinema halbu üllatusi. Kolde põhjatuhka hakatakse kasutama Tallinna Jäätmete Taaskasutuskeskuse prügila katmiseks, eelnevalt tuhka vanandatakse kahe kuu vältel ja eemaldatakse metallid, mis suunduvad taaskasutusse. Lendtuhka kogutakse koos suitsugaaside puhastusjääkidega ning viiakse tsisternveokitega Soome, millega antakse koostööpartnerile jäägid töötlemiseks ja käitlemiseks üle. Kolmandas peatükis käsitleti olulisemaid gaasilisi heitmeid ja nende ohtlikkust ja puhastusmeetodeid. Happeliste gaaside puhul kasutatakse poolkuiva puhastust lubjapiimaga, lämmastikuheitmete vähendamiseks katalüütilist protsessi ammoniaagiga. Viimases osas vaadeldi keskkonna seisukohalt olulisemaid olulusringipõhiseid uuringu tulemusi globaalse soojenemise, hapestumise, veekogude eutrofeerumise ning maapinnalähedase osooni tekke seisukohalt. Olulusringipõhise keskkonnamõjude hindamise uurimustööd analüüsides selgus, et kõikidest võimalikest jäätmete käitlemise alternatiividest on jäätmepõletuse stsenaariumi puhul negatiivsed keskkonnamõjud kõige väiksemad. Seda peamiselt prügilatesse ladestamise määra märgatavast vähenemisest ning kaudse mõju näol asendab jäätmetest toodetud elektri- ja soojusenergia fossiilsetest kütusest saadud energiat.

SUMMARY

In the last few years waste incineration has been given a lot of attention, it has been widely covered also in local media because it will bring large changes in the municipal solid waste (MSW) management in Estonia. Public interest has been rather large and there has been wide range of opinions. Iru MSW incineration plant development is good example of how to explain to the public about how the technology works, and what are the possible dangers to the environment and to the health of the population. The Iru plant neighbouring community and other groups of interest were contacted and involved already in the early stages of the project development, mainly through the public hearings. In addition several Environmental Impact Assessment (EIA) studies were ordered to clarify the negative and positive impacts to the surrounding environment. A number of Estonian and English articles have been used as the basis of this thesis, also a set of EIA reports, studies and legislations. The topic was chosen mainly because of the two main reasons. Firstly because the author had a short term contact with the given Iru project, this contributed also to the interest to the waste to energy systems in overall. Secondly the author sees that there are none of such complex overviews written in Estonian and it would be a good chance to introduce the MSW incineration to the Estonian readers as well.

The aim of this thesis was to give an overview about the municipal solid waste incineration in Estonia on the basis of the case study of the new Iru waste-to-energy (WtE) plant that will use 220 000 t of MSW per annum and will cover approximately 6% of the electricity and 23% of the heat needs of the capital city Tallinn. The author of this study tried to stay impartial and cover both positive and negative aspects of the produced solid and gaseous wastes and of the life cycle analysis done by Stockholm Environment Institute in Tallinn (SEI).

The first chapter of the thesis gave an introductory overview of the MSW incineration technology that is used in the new Iru WtE plant.

The second chapter concentrated on the solid wastes: bottom slag, fly ash and air pollution control (APC) residues. Taking into account the concentrations of the harmful chemical compounds and elements it was seen that the bottom slag can be treated as normal waste, but the fly ash and APC

residues have to be treated as hazardous wastes. Taking into account that MSW incineration is widely used all across Europe and its composition is quite the same everywhere it can be stated that there should be no bad surprises with the management of the waste ashes also in Estonia. The bottom slag will be used to cover one of the landfills near Tallinn, before using it as a solid cover it will be treated in order to stabilize it chemically, also the metals will be removed for recycling. Fly ash will be collected together with the APC residues and transported in closed tanks to Finland for safe handling and final disposal.

In the third chapter most important gaseous wastes, their harmful effects and cleaning methods were studied. Acid gases will be cleaned with semi dry method using lime slurry, nitrogen emissions will be reduced by the catalysis with ammonia.

In the last (fifth) chapter an overview of the life cycle analysis was given by the aspects of global warming, acidification, water reservoir eutrophication and formation of the close surface ozone. From this study it was concluded that from all the alternative MSW management scenarios, the most beneficial to the environment would be the Iru MSW incineration. The main positive gain was given by the effect of lowering the rate of landfilling and indirect effect of the produced energy that will replace the more environmentally harmful fossil fuel based energy production.

VIIDATUD ALLIKAD

1. Jäätmeseadus. (2004). – Riigi Teataja RT I 2004, 9, 52.
2. Keskkonnaministri määrus nr 66 „Jäätmepõletustehase ja koospõletustehase rajamise, kasutamise ja sulgemise nõuded“. (2004). - RTL 2004, 83, 1316.
3. Siirde, A. Jäätmepõletus. [WWW]
<http://www.staff.ttu.ee/~asiirde/> (24.04.2013)
4. Karagiannidis, A. (2012). Waste to Energy: Opportunities and Challenges for Developing and Transition Economies, 370 lk.
5. Link, S. (2008). Jäätmepõletus ja keskkonnakaitse. – Keskkonnatehnika nr 5.
6. Eesti Energia AS. Tehnoloogiline kirjeldus. [WWW]
https://www.energia.ee/c/document_library/get_file?uuid=81bb177d-b9ff-4274-a8af-917e8c81bff8&groupId=10187 (24.04.2013)
7. AF-Estivo AS. (2007). Kütusena jäätmeid kasutava soojus- ja elektrienergia koostootmisploki rajamine Iru elektrijaama territooriumile. Keskkonnamõju hindamise aruanne. Tln: Eesti Energia AS, 155 lk.
8. Ots, A. (2004). Põlevkivi põletustehnika. Tln: Eesti Energia AS, 768 lk.
9. Rand, T., Haukohl, J., Marxen, U. (2000). Municipal solid waste incineration: requirements for a successful project, 103 lk.
10. Iru Waste to energy CHP Unit: Treatment and disposal of hazardous residues (2012).
11. Paist, A. Tehnilis-majanduslik hinnang jäätmepõletusele Eestis. [WWW]
<http://www.envir.ee/orb.aw/class=file/action=preview/id=123879/Lep480L210305.pdf>
(24.04.2013)
12. AS Entec Eesti. (2012). Eesti Energia AS Iru elektrijaamas jäätmete põletamisel tekkivate tuhade käitiseväline käitlemine. Keskkonnamõju hindamise aruanne. Tln: Eesti Energia AS, 68 lk.
13. Hong Kong University of Science and Technology. Use of Incineration MSW Ash: A Review. [WWW]
<http://www.mdpi.com/2071-1050/2/7/1943> (24.04.2013)

14. Karlsruhe Institute of Technology. Trends in utilizing WTE residues in Europe. [WWW]
<http://www.seas.columbia.edu/earth/wtert/meet2010/Proceedings/presentations/VEHLOW.pdf>
15. Nordic Council of Ministers. Treatment methods for waste to be landfilled. [WWW]
<http://www.norden.org/en/publications/publikationer/2009-583> (24.04.2013)
16. Säästva Eesti Instituut. (2012). Olmejäätmete käitlusalternatiivide keskkonnamõju
olelusingipõhine uuring. Tln: AS Maves, 27 lk.