



**TAL  
TECH**

**BIOMASSI TUHKADES  
SISALDUVATE  
DIOKSIINIDE JA  
FURAANIDE UURING**

Uuringuaruanne

12.12.2022

**Uuringu tellija: Keskkonnaministeerium**

**Uuringu teostaja: Tallinna Tehnikaülikooli Energiatehnoloogia Instituut**

- **Alar Konist**, PhD, kaasprofessor tennuris ja Energiatehnoloogia instituudi direktori kt
- **Oliver Järvik**, PhD, vanemteadur ja labori juht
- **Mari-Liis Ummik**, MSc, doktorant-nooremteadur

# SISUKORD

Tabelite loetelu .....	4
Jooniste loetelu .....	5
Lühendid .....	6
Mõisted .....	7
Kokkuvõte .....	8
Sissejuhatus .....	10
Metoodika .....	12
1. Kirjanduse ülevaade .....	18
1.1. Dioksiinide tekkimine .....	18
1.2. Dioksiinid tuhkades .....	21
2. Eksperimentaalne osa .....	23
2.1. Laboratoorsed tuhad .....	23
2.2. Põletusseadmete ülevaade .....	25
2.3. Tööstuslikud tuhad .....	27
2.4. Kodumajapidamise tuhad .....	30
3. Võrdlus piinormidega .....	32
4. Dioksiinide vältimine .....	36
4.1. Tegurid, mis mõjutavad dioksiinide teket .....	36
4.2. Võimalused dioksiinide vältimiseks ja vähendamiseks biomassi põletamisel .....	38
Summary .....	39
Kasutatud kirjandus .....	41
Lisad .....	44
Lisa 1 .....	44

## TABELITE LOETELU

Tabel 1. Põletusseadmed, mille tuhka käesolevas töös analüüsiti .....	13
Tabel 2. Määratud PCDD-d, PCDF-d ja dt-PCB-d ning analüüsimeetodid .....	17
Tabel 3. PCDDd ja PCDFid biomassituhkades, ng/kg .....	21
Tabel 4. Dioksiinide sisaldused kodumajapidamisetuhkades, ngTEF/kg.....	22
Tabel 5. Kütuste kirjeldus.....	23
Tabel 6. Dioksiinide sisaldus laboratoorselt saadud tuhkades ng/g DW.....	23
Tabel 7. 2021. aasta välisõhu saastamisega seotud aastaaruannetes kajastatud põletusseadmed ning nende puhastusseadmed .....	26
Tabel 8. Tuha proovidega samaaegselt võetud kütuse proovide näitajad .....	27
Tabel 9. Põletusseadmete tööparameetrid proovivõtu ajal .....	28
Tabel 10. Dioksiinide sisaldus tööstuslikes lendtuhkades, ng/g DW .....	28
Tabel 11. Dioksiinide sisaldus kodumajapidamises tekkinud tuhkades ja tahmas, ng/g DW .....	30
Tabel 12. Toksilisuse ekvivalentfaktorid (TEFid) .....	32
Tabel 13. Dioksiinide sisaldused tööstuslikes tuhkades, ngTEF/kg DW .....	33
Tabel 14. Dioksiinide sisaldused koduahju tahmades, ngTEF/kg DW .....	35

## JOONISTE LOETELU

Joonis 1. Lihtsustatud põletusseadme skeem koos tsükloni ja elektrifiltriga ning uuringus analüüsitud tuhavoogudega .....	14
Joonis 2. Dioksiinide teke de novo sünteesis. Punased nooled märgivad kõige tõenäolisemat dioksiinide tekke teed [11] .....	18
Joonis 3. Nakahata ja Mulhollandi [12] välja pakutud PCDD ja PCDFi teke 2,3-diklorofenoolist [11] .....	19
Joonis 4. Dioksiinide sisaldus EF tuhkades võrreldes kütuse kloori sisaldusega .....	36
Joonis 5. Dioksiinide sisaldus tuhkades võrreldes põlemata osaga .....	37
Joonis 6. Dioksiinide sisaldus tuhkades võrreldes Cu ja Fe sisaldusega .....	37

# LÜHENDID

Lühend	Selgitus
AM	allpool määramispiiri
BA	põhjatuhk (ingl <i>bottom ash</i> )
BFB	keevkihtkatel (ingl <i>bubling fluidized bed</i> )
CY	tsüklon
dt-PCB	dioksiinitaoline polüklooritud bifenüül
DW	kuivmass (ingl <i>dry weight</i> )
EF	Elektrifilter
EL	Euroopa Liit
FA	lendtuhk (ingl <i>fly ash</i> )
GF	restkolle (ingl <i>grate furnace</i> )
LB	alampiir (ingl <i>lower-bound</i> )
MB	vaheväärtus (ingl <i>medium-bound</i> )
PCDD	dibenso-p-dioksiin
PCDF	polüklooritud dibensofuraan
PCDD/F	dibenso-p-dioksiin ja polüklooritud dibensofuraan
POS	püsiv orgaaniline saasteaine
TEF	toksilisuse ekvivalentfaktor
UB	ülempiir (ingl <i>upper-bound</i> )

# MÕISTED

Mõiste	Selgitus
alampiir	põhimõte, mille kohaselt iga määramata sisaldusega analoogi puhul loetakse selle sisaldus võrdseks nulliga
püsivad orgaanilised saasteained	ained, mis on toksilised, püsivad keskkonnas aastaid, liiguvad tuhandete kilomeetrite kaugusele nende esialgsest tootmis- või kasutuskohast ning ohustavad tervist ja ökosüsteeme pikaajaliselt viisidel, mis ei olnud nende ainete eesmärk ja mida ei osatud ette näha
vaheväärtus	põhimõte, mille kohaselt iga määramata sisaldusega analoogi puhul loetakse selle sisaldus võrdseks poolega määramispiiri väärtusest
ülempiir	põhimõte, mille kohaselt iga määramata sisaldusega analoogi puhul loetakse selle sisaldus võrdseks määramispiiriga

# KOKKUVÕTE

Käesolev uuring annab ülevaate Eestis biomassi põletamisel tekkivates põhja- ja lendtuhkades sisalduvate dibenso-p-dioksiinide (edaspidi *PCDDd*), polüklooritud dibensofuraanide (edaspidi *PCDFid*) ja dioksiinitaoliste polüklooritud bifenüülide (edaspidi *dt-PCBd*) sisaldustest ning võrdleb nende tuhkade vastavust Euroopa Liidus kehtestatud nõuetele. Lisaks antakse hinnang tehnoloogilistele lahendustele, mille abil on võimalik nende ainete sisaldust tuhas vähendada.

Uuringu käigus valiti välja põletusseadmed, mis iseloomustavad Eestis tekkivaid biomassi tuhkasid. Analüüsi kaheksas erinevas põletusseadmes tekkinud põhja- ja lendtuha. Kõikides põhjatuhkades ning viies lendtuha proovis jäid *PCDDde*, *PCDFide* ja *dt-PCBde* (edaspidi *dioksiinid*) sisaldused allapoole määramispiiri. Kolme põletusseadme neljas lendtuhas (ühe põletusseadme tsüklonituhas, ühe põletusseadme elektrifiltris ning ühe põletusseadme tsükloni- ja elektrifiltrituhas) oli dioksiinide sisaldus üle määramispiiri.

Uuringus analüüsi ka kodumajapidamises kasutatavates põletusseadmetes tekkivaid tuhkasid ja tahma. Katsed näitasid, et tuhkades jäävad dioksiinid alla määramispiiri, kuid tahmas on dioksiinide sisaldused suhteliselt kõrged.

Lisaks viidi läbi laboratoorsed katsed, et määrata baasväärtused standardijärgsetes tingimustes muhvelahjus ning hinnata kütuse koostise ja temperatuuri mõju uuritavate saasteainete kontsentratsioonile tuhas.

Uuringu peamised järeldused:

- Kõikides analüüsitud biomassi põletamisel tekkivates tuhkades ja tahmades jäid dioksiinide sisaldused allapoole 5 µgTEF/kg, mis on Euroopa Liidu püsivate orgaaniliste saasteainete määrusega<sup>1</sup> kehtestatud piirmäär dioksiinide sisaldusele jäätmetes.
- Euroopa Liidu väetise määrusega<sup>2</sup> on kehtestatud piirmäär dioksiinide sisaldusele väetises, milleks on 20 ngTEF/kg. Kolmes lendtuhas oli dioksiinide sisaldus üle selle piirmäära. Eestis kasutatakse puidutuhka peamiselt just väetisena. Dioksiinide sisaldus üle selle piirmäära ei võimalda sellise tuha kasutamist väetisena. Tuhale tuleb leida teine kasutus ning halvimal juhul tuleb see ladestada prügilasse.
- Kloori sisaldus kõikides katlamajadest võetud kütustes jäi vahemikku 0,007-0,016%. Katsed näitasid, et sellises kontsentratsioonis kloorisisaldus ei ole määrav dioksiinide tekkele.

---

<sup>1</sup> Euroopa Parlamendi ja nõukogu määrus (EL) 2019/1021, püsivate orgaaniliste saasteainete kohta

<sup>2</sup> Euroopa Parlamendi ja nõukogu määrus (EL) 2019/1009, millega kehtestatakse ELi väetisetoodete turul kättesaadavaks tegemise nõuded ning muudetakse määrusi (EÜ) nr 1069/2009 ja (EÜ) nr 1107/2009 ning tunnistatakse kehtetuks määrus (EÜ) nr 2003/2003



- Olulised parameetrid, mis mõjutavad dioksiinide teket ka madalate kloori kontsentratsioonide juures, on temperatuur, mittetäielik põlemine ja metallkatalüsaatorite (peamiselt vase) sisaldus.
- Dioksiinide teke toimub peamiselt tahke/gaas faasis ning soodsaim temperatuuride vahemik on 200–400 °C. Kuigi dioksiinide teke toimub soodsate temperatuuride tõttu just põlemiskoldest väljaspool, siis põlemisel on oluline roll dioksiinide tekkeks sobilike lähteainete moodustumisel.
- Dioksiinide vähendamiseks tuhas on oluline kütuse valik (võimalikult madal kloori ja vase sisaldus) ja kütuse täieliku põlemise<sup>3</sup> tagamine põlemiskoldest (peamised parameetrid on temperatuur ja kütuse omadustest lähtuv liigõhutegur<sup>4</sup>), et vähendada dioksiini lähteainete moodustumist, ning lenduha kiire jahutamine allapoole 200°C pärast põlemisprotsessi.
- Käesolevas uuringus analüüsiti nelja kodumajapidamise põletusseadmest pärit tuhka, mis näitasid, et kodumajapidamises kasutusel olevate seadmete tuhkades on dioksiinide kontsentratsioonid väga madalad (alla määramispiiri). Kuigi dioksiinide kontsentratsioonid jäid nendes proovides allapoole määramispiiri, ei ole võimalik väita, et need tulemused kehtivad kõikide kodumajapidamises kasutusel olevate põletusseadmete ja kütuste kohta. Käesolevas uuringus ei käsitletud kõiki tüüpi kodumajapidamises kasutusel olevaid seadmeid ega tahkeid biokütuseid (näiteks puitbrikett). Seetõttu ei saa seda järeldust vaikimisi laiendada kõikidele kodumajapidamises tekkivatele tuhkadele.
- Uuringus analüüsiti kahte kodumajapidamisest pärit tahma, mille dioksiinide sisaldus oli suhteliselt kõrge, kuid jäi allapoole Euroopa Liidu püsivate orgaaniliste saasteainete määrukses kehtestatud piirnормi. See tulemus ei ole siiski ammendav ja kindlasti ei anna analüüsitud proovid ülevaadet Eestis tekkivatest kodumajapidamise tahmadest.

---

<sup>3</sup> Täielik põlemine tähendab orgaanilise aines sisalduvate elementide oksüdeerumist nii, et saadavates lõpp-produktides oleks vastavate elementide oksüdatsiooniate maksimaalne võimalik (C oksüdeerub CO<sub>2</sub>-ks, H oksüdeerub H<sub>2</sub>O-ks). Täielikuks põlemiseks sobilik temperatuur jt parameetrid sõltuvad koldetüübist, suurusest, kasutatavast kütusest jne.

<sup>4</sup> Liigõhutegur on kütuse põletamiseks tegelikult kasutatava õhuhulga ja kütuse põlemiseks teoreetiliselt vajaliku õhuhulga suhe

# SISSEJUHATUS

Uuringu eesmärk on analüüsida Eestis biomassi põletamisel tekkivates põhjatuhkades ja püüdeseadmetes püütavates lendtuhkades sisalduvate PCDDde, PCDFide ja dt-PCBde sisaldust ja hinnata, kas tehnoloogiliste lahendustega on võimalik nende ainete sisaldust tuhas vähendada. Käesolevas töös käsitletakse PCDDd, PCDFid ja dt-PCBd koondnimetusena dioksiinid (kui ei ole tähistatud teisiti).

Püsivad orgaanilised saasteained (edaspidi *POSid*) on koondnimetus ainetele, mis on toksilised, püsivad keskkonnas aastaid, liiguvad tuhandete kilomeetrite kaugusele nende esialgselt tootmis- või kasutuskohast ning ohustavad tervist ja ökosüsteeme pikaajaliselt viisidel, mis ei olnud nende ainete eesmärk ja mida ei osatud ette näha. POSid on peamiselt inimeste toodetud ained, mis on tugevatoimelised pestitsiidid või neil on teatud tööstuslikud eesmärgid. Osa POSe, sh dioksiinid, tekivad tahtmatult põlemisprotsesside või tööstuslike protsesside käigus.

POSide kasutamist keelustab ja piirab Stockholmi konventsioon püsivate orgaaniliste saasteainete kohta (edaspidi *Stockholmi konventsioon*)[1]. Tahtmatult tekkivad POS-id sh dioksiinid on kantud konventsiooni lisasse C. Eesti Vabariik on ratifitseerinud Stockholmi konventsiooni 2008. aastal [2] ja võtnud endale kohustuse täita konventsiooniga seatud tingimusi eesmärgiga vähendada POS-ide kasutamist ja heitmeid looduskeskkonda.

Euroopa Liidus (edaspidi *EL*) kontrollitakse POSide tootmist, turuleviimist, kasutamist ja käitlemist Euroopa Parlamendi ja nõukogu määrusega (EL) nr 2019/1021 püsivate orgaaniliste saasteainete kohta (edaspidi *POS-määrus*). Ühtlasi reguleeritakse POS - määrusega ka POSe sisaldavate jäätmete käitlust. Üldiselt on keelatud sellised kõrvaldamis- või taaskasutamistoimingud, mis võivad viia POSide taaskasutamise, ringlussevõtmise, taasväärtustamise või korduskasutamiseni ehk uuesti turuleviimiseni[3]. 28.10.2021 võttis EL Komisjon vastu ettepaneku [4], millega alustas POS-määruse muutmist, et vähendada jäätmetes sisalduvate kemikaalide piirnorme ning seeläbi hoida ära nende taassisenemine majandusringluse ja keskkonda. EL Komisjoni tellitud mõjuhinnangutest [5] selgus, et piirnormid võivad mõjutada ka biomassi tuhkasid. Eestis tekib aastas u 15 000 tonni turba ja töötlemata puidu põletamisel tekkinud lendtuhka, millest taaskasutatakse ~95%[6]. Peamine biomassi tuhkade taaskasutamise viis on kasutamine väetisena. Piirnormide karmistamisega võib juhtuda, et tuhkasid ei tohi enam taaskasutada, vaid tuleb ladestada ohtlike jäätmete prügilasse.

Euroopa Parlament ja EL Nõukogu allkirjastasid 23.11.2022 Euroopa parlamendi ja Nõukogu määruse, millega muudetakse määruse (EL) 2019/1021 (Püsivate orgaaniliste saasteainete kohta) IV JA V lisa. Muudatusega lisatakse PCDDde ja PCDFide ühendite juurde ka dt-PCBd ning piirmääraks, millest alates ei tohi jäätmeid enam taaskasutada, on 5 µg/kg (varasem 15 µg/kg). Lisaks sätestatakse, et „Komisjon vaatab selle sisalduse piirnormi läbi ning võtab kohasel juhul vastu seadusandliku ettepaneku, et seda piirnormi alandada, kui see on teostatav vastavalt teaduse ja tehnika arengule, hiljemalt 30. detsembriks 2027.[7][8]

Käesoleva uuringuga:

1. Viiakse läbi laboratoorsed katsed. Määratakse kasutatava sisendmaterjali omadused. Kirjeldatakse katsetingimused. Analüüsitakse tekkinud tuhka ning määratakse tuhas dioksiinide sisaldused.
2. Kaardistatakse biomassi põletusseadmed Eestis ning millist biomassi, sh jäätmeputu, nendes kasutatakse. Valitakse välja, millised põletusseadmed annavad parima ülevaate Eestis tekkivate biomassi tuhkade omadustest.
3. Analüüsitakse välja valitud põletusseadmete tuhkasid ja määratakse nendes olevate dioksiinide sisaldused. Lisaks kirjeldatakse analüüsitud tuhkade tekke asjaolusid (kasutatud kütus, põletusseadme tüüp, protsessi parameetrid).
4. Analüüsitakse koduahjudes tekkivat tuhka ja tahma ning määratakse nendes olevate dioksiinide sisaldused. Lisaks kirjeldatakse analüüsitud tuhkade ja tahma tekke asjaolusid (kasutatud kütus, põletusseadme tüüp, protsessi parameetrid).
5. Selgitatakse välja Eestis tekkivate biomassi tuhkade dioksiinide sisaldused.
6. Hinnatakse, kas biomassi tuhkades sisalduvad dioksiinid jäävad alla POS-määruse seatud piirnormide.
7. Vaadatakse, millised tegurid mõjutavad enim dioksiinide teket, ning kas on võimalik tehniliste ja tehnoloogiliste muudatustega (nt põlemistemperatuuri kaudu) nende teket vähendada.

# METOODIKA

Uuringus analüüsiti järgmiseid tuhkasid:

## 1) Laboratoorsed tuhad

Uuringu tellimuse tehnilise kirjelduse kohaselt tuli viia läbi katsed testpõletusseadmel. Laboratoorsete tuhade analüüsimise testpõletusseadmena kasutati muhvelahju (Foto 1). Laboratoorsete tuhade analüüsimise eesmärk oli määrata baasväärtused standardijärgsetes tingimustes muhvelahjus ning hinnata kütuse koostise ja temperatuuri mõju uuritavate saasteainete kontsentratsioonile tuhas. Laboratoorsete tuhade saamiseks tuhastati muhvelahjus kolm erinevat tahket biokütust (kask, mänd+okkad, jäätmepuit) 550 °C ja 815 °C juures (kokku 6 proovi). Enne tuhastamist määrati kütuses kloori (Cl), vase (Cu) ja raua (Fe) sisaldused, niiskuse, tuhasus, alumine ja ülemine kütteväärtus.



**Foto 1. Muhvelahi**

## 2) Tööstuslikud tuhad

Kaardistati Eestis kasutusel olevad tööstus- ja tootmisettevõtetes kasutusel olevad põletusseadmed ja nende parameetrid (Lisa 1). Kaardistamine põhines Keskkonnaagentuuri 2021. a infol keskkonnakaitsele omavate paiksete heiteallikate aastaste heitkoguste ning kasutatud kütuste kohta. Andmeid täiendati keskkonnaotsuste infosüsteemi aastaruannete registris kättesaadavate välisõhu saastamisega seotud aastaruannetes toodud teabega (põletusseadmete võimsused, katla tüüp). Kaardistuse põhjal tehti esialgne põletusseadmete valik, millele täiendavalt vaadati tuhade kättesaadvust.

Uuringu tellimuse tehnilise kirjelduse kohaselt tuli analüüsida erinevate nimisoojusvõimsustega põletusseadmete tuhkasid. Kindlasti pidid olema kaetud tuhad järgmistest seadmetest:

- Üle 50 MW põletusseade
- 50–20 MW põletusseade
- 20–5 MW põletusseade
- 5–1 MW põletusseade
- Alla 1 MW põletusseade
- Põletusseade, kus kasutatakse kütusena ka puidujäätmeid

Tööstuslike põletusseadmetena vaadeldi üle 1 MW<sub>th</sub> põletusseadmeid. Alla 1 MW<sub>th</sub> põletusseadmed on sellised seadmed, mis on sageli kasutusel ka kodumajapidamistes – kaminad, bullerjanid, keskküttekadlad. Seetõttu on alla 1 MW<sub>th</sub> põletusseadmeid käsitletud kui kodumajapidamises kasutusel olevaid põletusseadmeid.

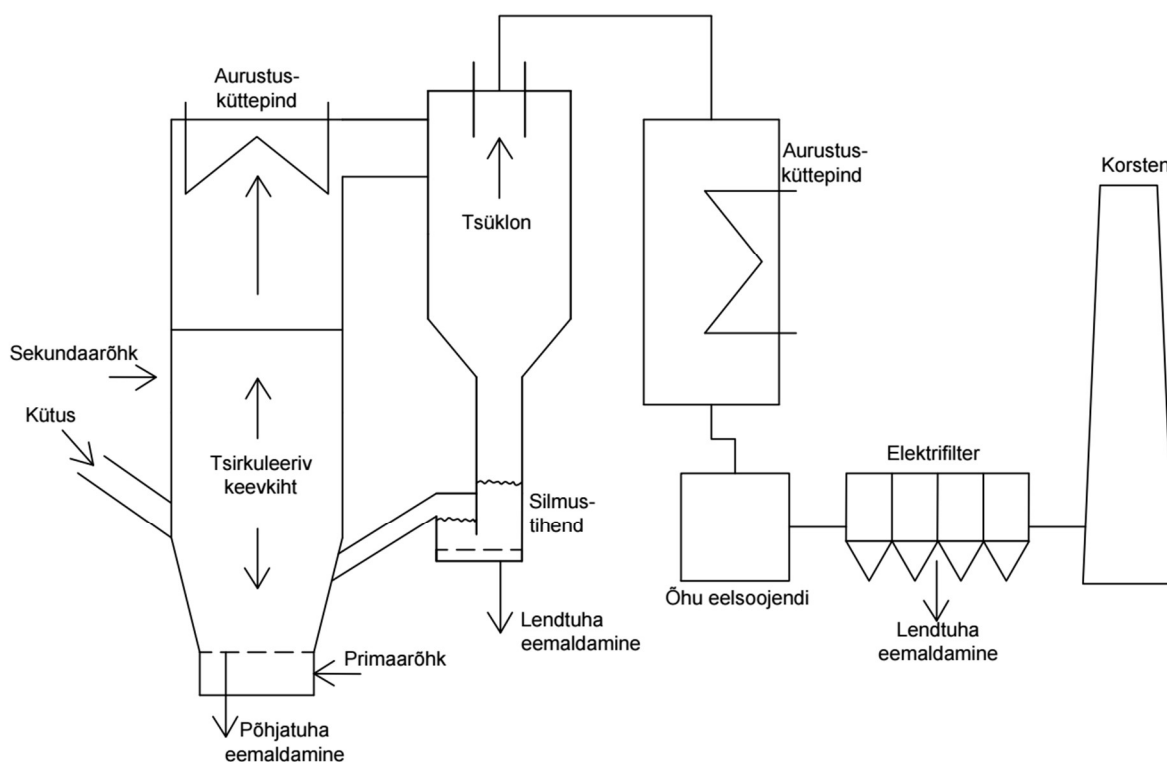
1-5 MW<sub>th</sub> põletusseadmeid on arvuliselt kõige rohkem, ning seetõttu valiti uuringusse neli sellesse vahemikku jäävat põletusseadet. Kokku analüüsiti 8 erineva põletusseadme tuhkasid. Väiksemate põletusseadmete puhul kasutatakse puhastusseadmena valdavalt tsüklonit ning suuremate põletusseadmete puhul elektrifiltrit. Puhastusseadmete tuhkadest analüüsiti nelja tsükloni tuhka ja viit elektrifiltri tuhka. Valitud põletusseadmed koos parameetritega on toodud tabelis 1.

**Tabel 1. Põletusseadmed, mille tuhka käesolevas töös analüüsiti**

ID	Võimsus <sup>i</sup> , MW <sub>th</sub>	katla tüüp	püüdesead	kütus
1	<b>1-5</b>	katel, eelkoldega	tsüklon	hake
2	<b>1-5</b>	katel, eelkoldega	tsüklon	hake
3	<b>1-5</b>	katel, restkoldega	tsüklon	hake
4	<b>1-5</b>	katel, eelkoldega	elektrifilter	hake
5	<b>5-20</b>	katel, põletiga	elektrifilter	jäätmepuit
6	<b>20-50</b>	katel, restkoldega	elektrifilter	hake
7	<b>20-50</b>	katel, restkoldega	tsüklon, elektrifilter	hake
8	<b>&gt;50</b>	keevkiht	elektrifilter	hake

<sup>i</sup> Nimisoojusvõimsus sisseantava kütusekoguse põhjal

Igast põletusseadmest võeti põhjatuha proov ning lendtuha proov vastavalt puhastusseadmele kas tsüklonist või elektrifiltrist. Ühel põletusseadmel oli püüdeseadmeks nii tsüklon kui elektrifilter ning sellelt põletusseadmelt võeti kolm proovi – põhjatuhk, tsükloni tuhk ja elektrifiltri tuhk. Kokku võeti seega kaheksa põhjatuha proovi ja üheksa lendtuha proovi. Lihtsustatud põletusseadme skeem, mis selgitab uuringus analüüsitud tuhake tekkekohti, on toodud joonisel 1. Proovide võtmisel registreeriti põletusseadme vastavad režiimiparameetrid ning võeti lisaks kütuseproov. Kütusest määrati Cl sisaldus, niiskus, tuhasus ja kütteväärtus.



**Joonis 1. Lihtsustatud põletusseadme skeem koos tsükloni ja elektrifiltriga ning uuringus analüüsitud tuhavoogudega**

3) Kodumajapidamises kasutusel olevate põletusseadmete tuhad

Uuringu käigus viidi läbi kaks katset Tallinna Tehnikaülikooli Energiatehnoloogia instituudi testpõletusseadmetel - Tulikivi TU1000/50 halupuu kaminahi ning halupuudega köetav keskküttekatel LUK-35.



*Foto 2. Tulikivi kaminahi*



*Foto 3. Keskküttekatel LUK-35*

Enne katseid määrati kasutatava kütuse omadused. Tulikivi kaminahjus kasutati kütusena kaske ning keskküttekatlas LUK-35 kasutati mändi. Tahma tekib põletamisel marginaalselt ning antud katsete käigus ei olnud seetõttu võimalik piisavas koguses tahma koguda. Vajaliku tahmaproovi saamiseks võeti proovid kahest tavakasutuses olnud kaminast. Üks kamin oli õhkküttekamin (Foto 4; tabelis 11 viidatud kui kamin 1, tabelis 14 viidatud kui tahm 1) ning teine kamin oli tulikivikaminahi nagu fotol 2 (tabelis 11 viidatud kui kamin 2, tabelis 14 viidatud kui tahm 2). Lisaks tahmale, võeti proovid ka kaminates tekkinud tuhkadest. Mõlemas kaminas oli kütusena kasutatud leppa.



**Foto 4. Õhkküttekamin**

Tuhaproovid saadeti analüüsimiseks Tšehhi Vabariigi laborisse ALS (ALS Czech Republic, s.r.o.), kus määrati tuhkaes dioksiinide sisaldused. Täpsemad ained ja analüüsimeetodid on toodud tabelis 2. Tetra- kuni okta-klooritud dioksiinide ja furaanide määramine toimus isotooplahjendusmeetodi HRGC-HRMS<sup>5</sup> abil vastavalt standarditele US EPA 1613B ning CSN EN 16190. PCBde määramine toimus samuti HRGC-HRMS abil ning vastavalt standarditele CSN EN 1948-4+A1 ja US EPA TO-4A. Meetodid vastavad REACH-määruse nõuetele, OECD hea laboritava põhimõtetele ning mis tahes rahvusvaheliselt tunnustatud ja rahvusvahelise korra kohaselt valideeritud meetoditele.

---

<sup>5</sup> kõrgresolutsiooniga gaasikromatograafia-kõrgresolutsiooniga massispektromeetria



**Tabel 2. Määratud PCDD-d, PCDF-d ja dt-PCB-d ning analüüsimeetodid**

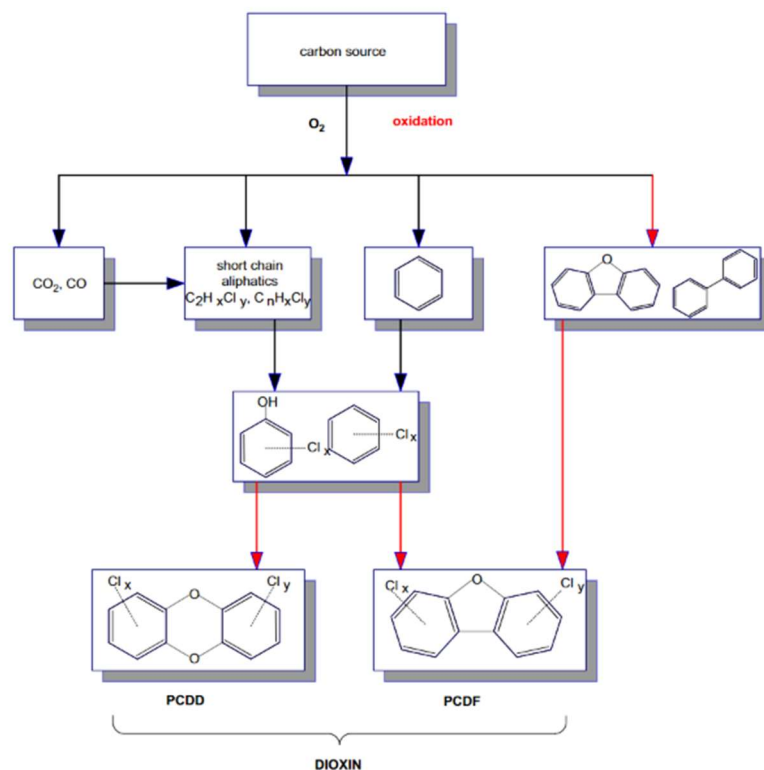
<b>PCDD/PCDF</b>	<b>Meetod</b>	<b>dt-PCB</b>	<b>Meetod</b>
2378-TCDD	S-DFHMS01	PCB 77	S-PCBHMS07
12378-PeCDD	S-DFHMS01	PCB 81	S-PCBHMS07
123478-HxCDD	S-DFHMS01	PCB 105	S-PCBHMS07
123678-HxCDD	S-DFHMS01	PCB 114	S-PCBHMS07
123789-HxCDD	S-DFHMS01	PCB 118	S-PCBHMS07
1234678-HpCDD	S-DFHMS01	PCB 123	S-PCBHMS07
OCDD	S-DFHMS01	PCB 126	S-PCBHMS07
2378-TCDF	S-DFHMS01	PCB 156	S-PCBHMS07
12378-PeCDF	S-DFHMS01	PCB 157	S-PCBHMS07
23478-PeCDF	S-DFHMS01	PCB 167	S-PCBHMS07
123478-HxCDF	S-DFHMS01	PCB 169	S-PCBHMS07
123678-HxCDF	S-DFHMS01	PCB 189	S-PCBHMS07
123789-HxCDF	S-DFHMS01		
234678-HxCDF	S-DFHMS01		
1234678-HpCDF	S-DFHMS01		
1234789-HpCDF	S-DFHMS01		
OCDF	S-DFHMS01		

# 1. KIRJANDUSE ÜLEVAADE

## 1.1. DIOKSIINIDE TEKKIMINE

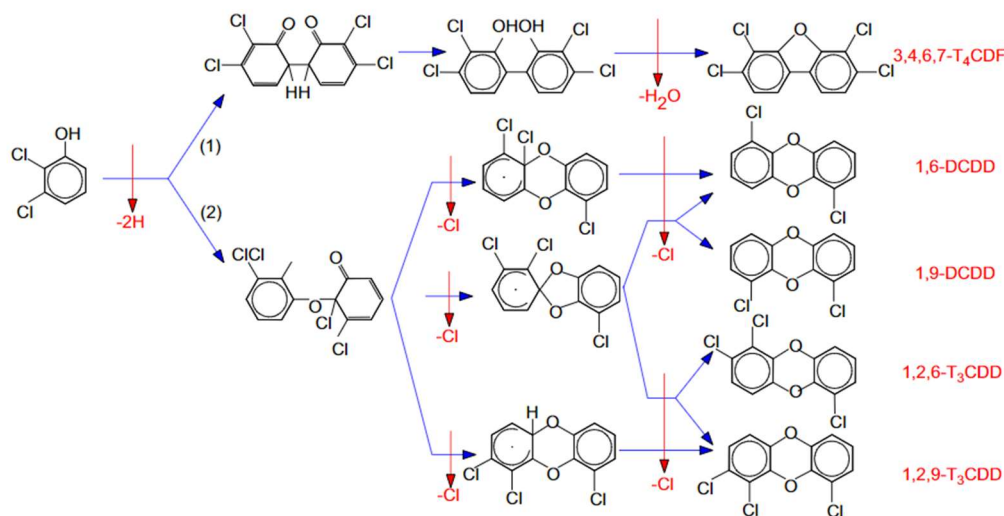
PCDDsid ja PCDFe on kokku 210 erinevat analoogi, millest 10 PCDFi ja 7 PCDDd on liigitatud POSiks [9] ning lisatud Stockholmi konventsiooni reguleerimisalasse [1]. Seetõttu on ka kirjanduses valdavalt käsitletud just PCDDde ja PCDFide tekkimist. Dt-PCBd ei ole veel lisatud Stockholmi konventsiooni reguleerimisalasse, kuid EL lisas need POS-määruse reguleerimisalasse, sest 12 dt-PCBd on sarnaste omadustega nagu PCDDd ja PCDFid. POSideks liigitatud dioksiinid on toodud tabelis 2.

Dioksiinid tekivad igasugustes põlemisprotsessides, kui on olemas süsinik, kloor, hapnik ja metallkatalüsaator. Soodsad temperatuurid dioksiinide moodustumiseks on vahemikus 500-800 °C, kus toimub homogeenne pürogeenne reaktsioon gaasifaasis ning vahemikus 200-400 °C, kus toimub heterogeenne katalüütiline gaasi ja tahke aine vaheline reaktsioon. Kõrgetel temperatuuridel tekib dioksiine oluliselt vähem kui madalatel temperatuuridel. Madalatel temperatuuridel toimuvad reaktsioonid jagunevad *de novo* sünteesiks (Joonis 2) ning lähteainetest moodustumiseks (Joonis 3). *De novo* sünteesis toimub dioksiinide moodustumine süsiniku, hapniku ja kloori ühinemisel metallkatalüsaatori juuresolekul.



Joonis 2. Dioksiinide teke *de novo* sünteesis. Punased nooled märgivad kõige tõenäolisemat dioksiinide tekke teed [10]

Teine dioksiinide tekkimise viis on keemiliselt sarnaste lähteainete nagu klorobenseenide ja klorofenoolide kondenseerumisel kas puhtalt gaasifaasilistes reaktsioonides või heterogeenselt.



**Joonis 3. Nakahata ja Mulhollandi [11] välja pakutud PCDD ja PCDFi teke 2,3-diklorofenoolist [10]**

Dioksiinide teke nende kahe mehhanismi teel toimub samaaegselt ja sõltumatult põlemissüsteemide erinevates tsoonides ning sõltub erinevatest parameetritest nagu kütuse koostis, orgaaniliste saasteainete olemasolu, põlemistingimused ja suitsugaaside töötlemine. [9], [10], [12]–[15]

*De novo* reaktsioonid hõlmavad tahkete osakeste põletamata süsiniku oksüdeerimist ja kloorimist. *De novo* PCDD/F reaktsiooniradade aluseks on olemasolevad 3-aromaatse tuumaga süsiniku skeletid. Moodustumisprotsess toimub oksüdeerimise teel ja moodustumise kiirus on seotud süsiniku põlemisega. Dioksiinide tekkimine toimub osakeste (välis)pinnal ning see sõltub osakeste süsiniku- ja kloorisisaldusest. *De novo* moodustumise ajal on kloor aktiivne aine, kas kloriidina tahkes faasis või atomaarse kloorina gaasilises faasis. Tahkes faasis olev kloor reageerib alati, samas kui gaasifaasi kloor on aktiivne ainult kõrgemate kontsentratsioonide korral ning siis, kui tahkes faasis olev kloor on ammendunud. [12]

Tupperainen et al. [16] tegid ülevaate dioksiinide tekke mehhanismidest ja pakkusid välja, et PCDD/F-id tekivad peamiselt heterogeensetes reaktsioonides lähteainetest moodustumise teel. Cains et al. [17] leidsid, et lendtuhas sisalduv lähteaine nagu pentaklorofenool (PCP) annab saadustena ainult PCDDsid mitte aga PCDFe. Nganai et al. [18] leidsid, et PCDD ja PCDFi suhe sõltub tugevalt klooritud benseenide ja klooritud fenoolide suhtest. Mida suurem on 1,2-diklorobenseeni ja 2-monoklorofenooli suhe, seda väiksem on PCDD ja PCDF suhe. PCDFid moodustuvad peamiselt klooritud benseenidest, samas kui PCDDd tekivad peamiselt klooritud fenoolidest. Need laboratoorsed tulemused olid üldjoontes kooskõlas kirjanduses esitatud suurtes põletusseadmetes tehtud mõõtmiste tulemustega ja neid saab kasutada PCDD/F moodustumise prognoosimudelite täiustamiseks.

Dioksiinide tekkeks sobilikud lähteained tekivad ka biomassi termilisel lagunemisel sh põlemisel. Põlemisel tekivad muuhulgas ka aromaatsed lenduvad ühendid, mis polümeriseeruvad tsüklilisteks ühenditeks (nt (polü)aromaatsed ühendid). Kui toimub mittetäielik põlemine, st hapnikku ei ole piisavalt, siis ei muundu kõik tekkivad lenduvad orgaanilised ühendid süsinikdioksiidiks ( $\text{CO}_2$ ) ja veeks [13]. Seega soodustab mittetäielik põlemine dioksiinide teket.

Kodumajapidamistes küttesüsteemidena kasutatavad põletusseadmed (ahjud, kaminad ja keskküttekatlad) töötavad tavaliselt tingimustel, mis on dioksiinide tekkeks sobivamad ja on harva varustatud puhastusseadmetega. [13]

Kuigi dioksiinid saavad tekkida igasugustes põlemisprotsessides, siis peamiseks dioksiinide allikaks peetakse just jäätmepõletustehaseid. Juba 1977. aastal avastati, et jäätmepõletustehase emissioonides on muuhulgas dioksiinid. Dioksiinid moodustuvad peamiselt põletuskambri järgses tsoonis, kus toimub gaaside jahtumine. Lendtuha olemasolu gaasifaasis võimaldab dioksiinide moodustumist heterogeensete katalüütiliste gaasi ja tahke faasi vaheliste reaktsioonide teel. Erinevad katsed näitavad, et selliste metallide nagu Cu ja Fe juuresolu soodustab samuti dioksiinide tekkimist. [19] Kõige enam uuritud metallkatalüsaatorid on Cu(II) põhised, tavaliselt CuO või  $\text{CuCl}_2$ . Mitmed uuringud näitavad, et Cu(II) osaleb dioksiinide moodustumise erinevates etappides [10]. Cu-põhiste säilitusainetega immutatud puidu põletamine suurendab puhta puidutuha PCDD/F baastasemeid kahe kuni kolme suurusjärgu võrra [9].

Selleks, et põlemisprotsessis saaksid dioksiinid tekkida, peab kütuses olema kindlasti kloori. Kui Cl kontsentratsioonid on madalad, siis kontsentratsioonide erinevused ei mõjuta dioksiinide teket oluliselt. Samas kõrged Cl kontsentratsioonid suurendavad märkimisväärselt dioksiinide teket. Põlemisel vabaneb Cl anorgaanilisest või orgaanilisest maatriksist, kusjuures peamiseks laguproduktiks on HCl, kuigi võivad tekkida ka metallikloriidid. HCl võib muutuda gaasiliseks  $\text{Cl}_2$ -ks  $\text{O}_2$  ja Cu juuresolekul. Arvatakse, et  $\text{Cl}_2$  on aktiivsem kloorimisreagent kui HCl, kuna väga reaktiivsed Cl radikaalid tekivad kiiremini. Samal ajal võivad metallkloriidid, nagu  $\text{CuCl}_2$ , mis esinevad tavaliselt lendtuhas, toimida Cl doonoritena, kloorides  $\text{O}_2$  juuresolekul otseselt süsinikstruktuure. Lisaks on leitud, et eelistatumalt toimub PCDF kloorimine PCDD kloorimisega võrreldes, mis kinnitab, et suurem Cl kontsentratsioon korreleerub suurema PCDF/D suhtega jäätmepõletusahjudes. [9]

## 1.2. DIOKSIINID TUHKADES

Dioksiine võib leida kõikides tuhkaades, kuid kontsentratsioonid kasvavad põhjatuhas kuni suitsugaasidega kaasa kanduva lendtuhani [20]–[22]. Dioksiinide sisaldused biomassituhkaades on leitud olevat lendtuhas 10 korda kõrgemad kui põhjatuhas [23].

Dioksiinide sisaldust biomassituhkaades on uurinud Lopes et al. [9], kes analüüsis tuhkasid neljast Portugali biomassi põletusseadmest. Kolm põletusseadet olid keevkihtpõletusseadmed (BFB), mis kasutasid kütusena peamiselt biomassijääke. Biomassijäägid koosnesid valdavalt eukalüptipuu koortest ja okstest ning paberitööstuse veekäitluse jäägist. Neljas põletusseade oli restkoldega põletusseade (GF), milles samuti kasutati kütusena biomassijääke. Proove võeti aasta jooksul ning kokku analüüsiti 18 proovi. Põhjatuhkaades jäid dioksiinid valdavalt allapoole määramispiiri, kuid dioksiine tuvastati kõikides lendtuhkaades. Dioksiinide hindamisel määrati nii alampiir (ingl *Lower-Bound*, *LB*), ülempiir (ingl *Upper-Bound*, *UB*) ning vaheväärtus (ingl *Medium-Bound*, *MB*). Alampiiri puhul võeti allapoole määramispiiri dioksiinide sisaldused võrdseks nulliga ( $AM=0$ ), ülempiiri korral võeti dioksiinide sisaldus võrdseks määramispiiriga ning vaheväärtuse korral nende kahe väärtuse keskmine. Saadud tulemused on tabelis 3.

**Tabel 3. PCDDd ja PCDFid biomassituhkaades, ng/kg**

ng/kg	BFB1 BA	BFB1 FA	BFB2 BA	BFB2 FA	BFB3 BA	BFB3 FA	GF BA	GF FA
2378-TCDF	AM(2,0) <sup>1</sup>	30	AM(2,0)	121	AM(2,0)	88	AM(2,0)	447
12378-PeCDF	AM(12)	14	AM(12)	43	AM(12)	93	AM(12)	386
23478-PeCDF	AM(12)	19	AM(12)	49	AM(12)	191	AM(12)	620
123478-HxCDF	AM(12)	AM(12)	AM(12)	23	AM(12)	111	AM(12)	386
123678-HxCDF	AM(12)	AM(12)	AM(12)	26	AM(12)	131	AM(12)	468
234678-HxCDF	AM(12)	AM(12)	AM(12)	27	AM(12)	202	AM(12)	640
123789-HxCDF	AM(12)	AM(12)	AM(12)	AM(12)	AM(12)	64	AM(12)	183
1234678-HpCDF	28	AM(12)	AM(12)	35	AM(12)	333	AM(12)	976
1234789-HpCDF	AM(12)	AM(12)	AM(12)	AM(12)	AM(12)	93	AM(12)	244
OCDF	101	AM(25)	AM(24)	27	AM(24)	333	AM(24)	366
2378-TCDD	5,8	6,0	AM(2,0)	26	AM(2,0)	22	AM(2,0)	122
12378-PeCDD	AM(12)	AM(12)	AM(12)	18	AM(12)	48	AM(12)	264
123478-HxCDD	AM(12)	17	AM(12)	AM(12)	AM(12)	48	AM(12)	366
123678-HxCDD	AM(12)	33	AM(12)	21	AM(12)	83	AM(12)	1220
123789-HxCDD	AM(12)	23	AM(12)	13	AM(12)	45	AM(12)	793
1234678HpCDD	98	315	AM(12)	121	AM(12)	584	20	9048
OCDD	523	274	33	161	AM(24)	685	121	7523
ΣPCDD/F MB <sup>2</sup>	823	789	126	731	105	3141	228	24052
LB/UB <sup>2</sup>	755/890	733/844	33/219	713/749	0/209		141/315	
I-TEQ MB	18,4	35,9	11,9	88,3	11,9	224	12,2	1114
WHO <sub>1998</sub> -TEQ MB	20,9	38,6	14,9	97,2	14,9	247	15,1	1270
WHO <sub>2005</sub> -TEQ MB	19,7	34,6	13,5	86,5	13,5	207	13,8	1139
LB/UB	7,3/32,1	25,9/43,2	25,9/43,2	85,2/87,8	0/27,1		0,2/27,3	

<sup>1</sup> AM – alla määramispiiri, (EQL) – hinnanguline kvantifitseeritud tase, ingl. *k Estimated Quantification Level*,

<sup>2</sup> LB – alampiir (AM=0), MB – vaheväärtus (AM=EQL/2), UB – ülempiir (AM=EQL), BA – põhjatuhk, FA - lendtuhk

Tabelist 3 selgub, et alampiiri kasutades jäävad lendtuhkades dioksiinide sisaldused taandatud toksilisuse ekvivalentfaktorile (TEF) vahemikku 25,9–1139 ngTEF/kg ning põhjatuhkades 0–7,3 ngTEF/kg ning ülempiiri kasutades on need näitajad vahemikes vastavalt 43,2–1139 ngTEF/kg lendtuhkades ja 27,1–32,1 ngTEF/kg põhjatuhkades.

Kodumajapidamisest pärit tuhkasid on uurinud Wyrzykowska et al. [24] ning leidnud, et tuhkades on dioksiini tasemed väga madalad. Katsed viidi läbi katseseadmehel kuue erineva kütusega (kolm kivisöega, üks koksiga, üks puiduga, üks jäätmetega). Dioksiinide kontsentratsioonid tuhkades olid madalad, kuid puidutuhhas oli see teiste tuhkadega võrreldes mõnevõrra kõrgem. Puidu koostist, sh Cl sisaldust, ei ole artiklis toodud, kuid on öeldud, et puit võis olla töödeldud keemiliste ainetega. Selleks, et tulemused peegeldaksid tegelikku olukorda, jälgendati katseseadmehel reaalselt kodumajapidamises toimuvat kütmist. Summaarsed dioksiinide sisaldused erinevates kodumajapidamise tuhkades on toodud tabelis 4.

**Tabel 4. Dioksiinide sisaldused kodumajapidamisetuhkades, ngTEF/kg**

	Kivisöetuhk1	Kivisöetuhk2	Kivisöetuhk3	Koksituhk	Puidutuhk	Jäätmetuhk
dt-PCB	0,052	0,070	0,085	0,084	0,15	0,12
PCDDd	0,00	0,00	0,11	0,19	0,83	0,28
PCDFid	0,00	0,00	0,27	0,40	1,1	0,15
PCDD/PCDFid	0,00	0,00	0,39	0,59	1,9	0,43
ΣTEF	0,052	0,070	0,47	0,67	2,0	0,55

## 2. EKSPERIMENTAALNE OSA

### 2.1. LABORATOORSED TUHAD

Laboratoorsete tuhkade saamiseks tuhastati muhvelahjus kahel erineval temperatuuril (550 °C ja 815 °C) kolme erinevat kütust (kask, mänd ja jäätmepuit). Kase ja männi halud purustati, kuivatati ning peenestati. Tavaliselt satub männi halgudega koos ahju ka männiokkaid. Seetõttu lisati männi hakkele enne peenestamist 5% männiokkaid. Jäätmepuit võeti ühele ettevõttele kuuluvast jäätmepuidu hakke koormast. Jäätmepuidu hake samuti kuivatati ja peenestati. Kütuste proovidest määrati tabelis 5 toodud parameetrid. Parameetrite määramisel oli aluseks kirjanduse ülevaade, mille põhjal on dioksiinide tekkeks vajalik kloori sisaldus, kuid täiendavalt ka metallkatalüsaatorite (peamiselt Cu, aga ka Fe) olemasolu.

*Tabel 5. Kütuste kirjeldus*

Puit	Niiskus, %	Tuhasus, %	Kütteväärtus			Cl sisaldus, %	Cu, mg/kg	Fe, mg/kg
			Kuivaine alumine, $q_{p,net,d}$ , MJ/kg	Kuivaine ülemine, $q_{v,gr,d}$ , MJ/kg	Tarbimis- aine alumine, $q_{p,net,m}$ , MJ/kg			
<b>Kask</b>	8,8	0,4	18,56	19,9	16,71	0,006	<25*	39
<b>Mänd</b>	12	0,8	19,8	21,14	17,13	0,001	<25*	58,6
<b>Jäätmepuit</b>	9					0,104	73,6	1946

\*25 mg/kg on määramispiir

Peenestatud kütuseproovid tuhastati muhvelahjus, tuhad koguti ning saadeti laborisse analüüsimisele. Dioksiinide sisaldused (Tabel 6) laboratoorsetes tuhkades jäid kõikidel juhtudel alla määramispiiri. Laboris määrati dioksiinide sisaldused ng/g DW kohta. Kuna dioksiinide sisaldused jäid kõik alla määramispiiri, siis ei ole dioksiinide sisaldusi teisendatud ümber ühikuks ngTEF/kg DW.

*Tabel 6. Dioksiinide sisaldus laboratoorselt saadud tuhkades ng/g DW*

Dioksiin	jäätmepuit 550 °C	jäätmepuit 815 °C	kask 550 °C	kask 815 °C	mänd 550 °C	mänd 815 °C
PCB 105	<0,46	<0,29	<0,6	<0,3	<0,11	<0,14
PCB 114	<0,0046	<0,0074	<0,02	<0,0019	<0,0048	<0,0038
PCB 118	<1,7	<1,2	<1,8	<0,71	<0,72	<0,62
PCB 123	<0,0046	<0,0076	<0,019	<0,0019	<0,0044	<0,0037

Dioksiin	jäätmepuit 550 °C	jäätmepuit 815 °C	kask 550 °C	kask 815 °C	mänd 550 °C	mänd 815 °C
PCB 126	<0,014	<0,012	<0,009	<0,0083	<0,0073	<0,0048
PCB 156	<0,17	<0,17	<0,25	<0,12	<0,1	<0,082
PCB 157	<0,0067	<0,011	<0,03	<0,0058	<0,006	<0,0039
PCB 167	<0,14	<0,079	<0,1	<0,036	<0,051	<0,047
PCB 169	<0,017	<0,014	<0,013	<0,007	<0,011	<0,0044
PCB 170	<0,58	<0,41	<0,7	<0,22	<0,25	<0,27
PCB 180	<1,4	<0,87	<1,3	<0,53	<0,47	<0,5
PCB 189	<0,011	<0,014	<0,02	<0,0066	<0,0067	<0,005
PCB 77	<0,047	<0,05	<0,13	<0,17	<0,024	<0,048
PCB 81	<0,092	<0,14	<0,037	<0,0054	<0,0073	<0,016
1234678-HpCDD	<0,0065	<0,0071	<0,007	<0,058	<0,0028	<0,0023
1234678-HpCDF	<0,0031	<0,0059	<0,0064	<0,0061	<0,0021	<0,0033
123478-HxCDD	<0,0056	<0,0069	<0,0081	<0,0017	<0,0032	<0,0019
123478-HxCDF	<0,0027	<0,0034	<0,0044	<0,0015	<0,0019	<0,0017
1234789-HpCDF	<0,0069	<0,0093	<0,0083	<0,0043	<0,0025	<0,0023
123678-HxCDD	<0,0051	<0,0058	<0,0055	<0,0012	<0,0024	<0,0018
123678-HxCDF	<0,0035	<0,0035	<0,0039	<0,0015	<0,0016	<0,0015
12378-PeCDD	<0,0031	<0,0034	<0,0032	<0,00078	<0,0014	<0,0012
12378-PeCDF	<0,0021	<0,0027	<0,0029	<0,0011	<0,0019	<0,0018
123789-HxCDD	<0,0049	<0,0055	<0,0053	<0,0011	<0,0023	<0,0017
123789-HxCDF	<0,0042	<0,0068	<0,0069	<0,0024	<0,0022	<0,0022
234678-HxCDF	<0,0032	<0,0037	<0,0058	<0,0016	<0,0018	<0,0016
23478-PeCDF	<0,0031	<0,0031	<0,0032	<0,0014	<0,0017	<0,0019
2378-TCDD	<0,0017	<0,0021	<0,0023	<0,00051	<0,00063	<0,00059
2378-TCDF	<0,0015	<0,0022	<0,0026	<0,001	<0,001	<0,0011
OCDD	<0,0099	<0,012	<0,011	<0,16	<0,0043	<0,0031
OCDF	<0,0077	<0,0096	<0,0083	<0,0037	<0,0033	<0,0036



Laboratoorsete tuhkade analüüsimise eesmärk oli määrata baasväärtused kütuse põletamisel muhvelahjus kontrollitud standardijärgsetes tingimustes ning hinnata kütuse koostise ja temperatuuri mõju uuritavate saasteainete kontsentratsioonile tuhas. Kõikides laboratoorsetes tuhkades jäid dioksiinide sisaldused alla määramispiiri ning seetõttu ei olnud võimalik hinnata kütuse koostise ja temperatuuri mõju dioksiinide sisaldusele. Siiski on võimalik järeldada, et temperatuur ja viibeaeg olid piisavad selleks, et mõõdetavaid dioksiinide kontsentratsioone ei tuvastatud.

## 2.2. PÕLETUSSEADMETE ÜLEVAADE

Kaardistati Eestis kasutusel olevad põletusseadmed. Antud töös vaadeldi põletusseadmena katelt. Aluseks võeti Keskkonnaagentuuri koostatud ülevaade keskkonnakaitseluba omavate paiksete heiteallikate aastaste heitkoguste ning kasutatud kütuste kohta. Ülevaade põhines ettevõtete välisõhu saastamisega seotud aastaaruannetel. Ülevaatest valiti põletusseadmed, milles põletatakse biomassi.

Vastavalt keskkonnaministri 14. detsembri 2016. a määrusele nr 68 "Keskkonnakaitseloa omaja välisõhu saastamisega seotud aastaaruande vorm ja esitamise kord" esitab õhusaasteloa või keskkonnakompleksloa omaja aruande välisõhu saastamisega seotud andmete kohta keskkonnaotsuste infosüsteemis aruandeaastale järgneva aasta 31. jaanuariks. Põletusseadmete puhul on õhusaasteluba nõutav, kui põletusseadme soojussisendile vastav nimisoojusvõimsus kütuse põletamisel on 1 MW<sub>th</sub> või suurem [25]. Lisaks registreeritakse Keskkonnaametis paikse heiteallika käitaja tegevus, kui tema põletusseadme soojussisendile vastav nimisoojusvõimsus kütuse põletamisel ületab 0,3 MW<sub>th</sub>, kuid on väiksem kui 1 MW<sub>th</sub>, ning registreeringut omav käitaja esitab aruande iga kolmanda kalendriaasta kohta sellele aastale järgneva aasta 31. jaanuariks. Õhusaasteluba ja keskkonnakompleksluba on vaja ka erinevatele teistele tegevustele, mis ei ole seotud põletusseadme käitamisega. Ka need loa omanikud esitavad aastaaruande ning kajastavad sellel ka põletusseadmeid. Seetõttu on ülevaates kajastatud ka alla 0,3 MW<sub>th</sub> seadmed. Lisas 1 toodud põletusseadmete kaardistus on küll väga mitmekülgne ning näitab läbilõiget Eestis kasutusel olevatest põletusseadmetest, kuid alla 0,3 MW<sub>th</sub> põletusseadmete puhul see täielikku ülevaadet ei anna.

Põletusseadmete tüüpidest on valdavalt kasutusel restkoldega katlad ning peamiselt kasutatakse puiduhaket. Kuni 5 MW<sub>th</sub> põletusseadmete puhul on lisaks puiduhakkele kasutusel ka jäätmepuit (Lisa 1). Põletusseadmetes tekivad põhjatuhad ja lendtuhad. Lendtuhad püütakse kinni kas tsüklonites (CY) või elektrifiltrites (EF). Selleks, et saada ülevaadet, millised tuhad iseloomustavad kõige paremini Eestis tekkivaid biomassituhkaid, kaardistati ka põletusseadmete puhastusseadmed. Ülevaade põletusseadmetest ja nende puhastusseadmetest on toodud tabelis 7.

**Tabel 7. 2021. aasta välisõhu saastamisega seotud aastaaruannetes kajastatud põletusseadmed ning nende puhastusseadmed**

<b>Võimsus, MW<sub>th</sub></b>	<b>põletus- seadmete arv</b>	<b>CY</b>	<b>multi CY</b>	<b>CY +multi- CY</b>	<b>EF</b>	<b>CY+EF</b>	<b>muu</b>	<b>puudub</b>	<b>ei ole teada</b>
<b>0-1</b>	196	54	6	3	-	-	-	86	47
<b>1-5</b>	207	131	20	17	2	2	1	20	13
<b>5-10</b>	38	14	6	3	3	2	2	2	5
<b>10-20</b>	11	5	2	1	1	-	2	-	2
<b>20-50</b>	10	1	-	-	8	1	-	-	-
<b>&gt;50</b>	6	-	-	-	6	-	-	-	-

## 2.3. TÖÖSTUSLIKUD TUHAD

Eelnevas peatükis kirjeldatud põletusseadmetest võeti tuha proovid põhjatuhast ning vastavalt puhastusseadmele tsüklonist või elektrifiltrist. Samaaegselt võeti ka kütuse proov. Kütuse proovis määrati niiskus, tuhasus, kütteväärtus ja Cl sisaldus. Tööstuslikus põletusseadmes toimub pidev põlemisprotsess, mis tähendab, et ka kütust lisatakse suurtes kogustes ja pidevalt. Seetõttu ei ole võimalik täpselt määrata, millise koostisega kütusest analüüsimiseks võetud tuhk tekkis. Samas leiame, et antud töö raames on siiski otstarbekas see info välja tuua, kuna hoolimata tahke biokütuse koostise heterogeensusest on elementide koostise suurusjärgud samad. Kütust käsitlevad parameetrid on toodud tabelis 8 ning põlemist käsitlevad parameetrid tabelis 9. Tabelis 9 on esitatud need põlemisparameetrid, mis oli võimalik proovide võtmise ajal kindlaks määrata. Põletusseadmed on märgistatud numbritega 1-8 võimsuse järgi kasvavas järjekorras.

**Tabel 8. Tuha proovidega samaaegselt võetud kütuse proovide näitajad**

Põletus- seade	Võimsus, MW <sub>th</sub>	Niiskus, %	Tuhasus, %	Kütteväärtus			
				Kuivaine alumine, q <sub>p,net,d</sub> , MJ/kg	Kuivaine ülemine, q <sub>V,gr,d</sub> , MJ/kg	Tarbimisaine alumine, q <sub>p,net,m</sub> , MJ/kg	Cl sisaldus, %
<b>1</b>	1-5	34,3	1,8	18,35	19,67	11,22	0,008
<b>2</b>	1-5	20,1	1,9	18,32	19,65	14,15	0,008
<b>3</b>	1-5	34,3	2	18,39	19,71	11,24	0,007
<b>4</b>	1-5	25,3	1,9	17,61	18,96	12,54	0,008
<b>5</b>	5-20	37,7	1,1	21,57	22,9	12,57	0,016
<b>6</b>	20-50	33,0	2,17	20,46	19,09	11,98	0,007
<b>7</b>	20-50	33,4	2,18	20,24	18,89	11,76	0,007
<b>8</b>	>50	49,7	1,9	18,75	20,1	8,22	0,011

**Tabel 9. Põletusseadmete tööparameetrid proovivõtu ajal**

kolde temp °C*				
Põletusseade	t1	t2	O <sub>2</sub> keskmine, %	koormus, t/h auru
1	670,4	970,8	10,6	-
2	523,1	-	15	-
3	689,0	-	9,5	-
5	913,8	-	9,4	7
6	793,0	1072,0	2,79	21

\* t1 on temperatuur kolde alumises osas ning t2 on temperatuur kolde ülemises osas. Kui t2 ei ole märgitud, siis t1 näitab keskmist temperatuuri.

Dioksiinide teke on pigem tõenäoline just lendtuhas ning seda kinnitasid ka laborianalüüsid. Kõikides põhjatuhkades jäid dioksiinide kontsentratsioonid ootuspäraselt alla määramise piiri. Ka kõikides lendtuhkades dioksiine ei tuvastatud (jäid allapoole määramispiiri). Üheksast analüüsitud tuhast neljas olid dioksiinide kontsentratsioonid üle määramispiiri (Tabel 10). Tabelis 10 on välja toodud dioksiinide kontsentratsioonid ng/g DW kohta, nagu labori poolt määratud. Tabelis on rasvaselt ära märgitud kontsentratsioonid, mis on üle määramispiiri. Võrdlus piirmääradega ja teisendus ühikuks ngTEF/kg DW kohta on toodud peatükis 3.

**Tabel 10. Dioksiinide sisaldus tööstuslikes lendtuhkades, ng/g DW**

Dioksiin	1 CY	2 CY	3 CY	4 EF	5 EF	6 EF	7 CY	7EF	8EF
PCB 105	<0,24	<0,66	<0,58	<0,53	<0,51	<0,53	<0,21	<0,44	<0,12
PCB 114	<0,014	<0,041	<0,028	<0,014	<0,023	<0,023	<0,013	<0,031	<0,006
PCB 118	<1,1	<2	<2,1	<1,7	<1,4	<1,8	<0,95	<1,6	<0,64
PCB 123	<0,013	<0,027	<0,025	<0,013	<0,022	<0,011	<0,013	<0,031	<0,0058
PCB 126	<0,016	<0,017	<0,009	<0,012	<0,0061	<0,013	<0,012	<0,013	<0,0079
PCB 156	<0,19	<0,26	<0,22	<0,25	<0,27	<0,25	<0,17	<0,32	<0,062
PCB 157	<0,025	<0,05	<0,028	<0,013	<0,023	<0,026	<0,015	<0,042	<0,0067
PCB 167	<0,047	<0,086	<0,099	<0,11	<0,13	<0,11	<0,071	<0,16	<0,045
PCB 169	<0,038	<0,021	<0,012	<0,0058	<0,0072	<0,014	<0,018	<0,022	<0,0091
PCB 170	<0,3	<0,63	<0,64	<0,76	<0,57	<0,82	<0,4	<0,82	<0,18
PCB 180	<0,95	<1,5	<1,6	<1,2	<1,3	<1,3	<0,68	<1,4	<0,4
PCB 189	<0,029	<0,018	<0,0078	<0,041	<0,021	<0,023	<0,015	<0,055	<0,0083
PCB 77	<0,02	<0,12	<0,16	<0,13	<0,14	<0,089	<0,098	<0,3	<0,051
PCB 81	<0,018	<0,024	<0,17	<0,027	<0,023	<0,051	<0,015	<0,042	<0,0064

## BIOMASSI TUHKADES SISALDUVATE DIOKSIINIDE JA FURAANIDE UURING

Dioksiin	1 CY	2 CY	3 CY	4 EF	5 EF	6 EF	7 CY	7EF	8EF
<b>1234678-HpCDD</b>	<b>0,0310</b>	<0,039	<0,01	<b>0,630</b>	<0,083	<0,007	<0,063	<b>0,200</b>	<0,0015
<b>1234678-HpCDF</b>	<b>0,0690</b>	<0,016	<0,023	<b>0,0610</b>	<0,01	<0,0061	<0,0078	<0,0063	<0,0013
<b>123478-HxCDD</b>	<0,013	<0,0099	<0,0042	<b>0,0560</b>	<0,0059	<0,0083	<0,0059	<b>0,0930</b>	<0,002
<b>123478-HxCDF</b>	<b>0,0270</b>	<0,0052	<0,0091	<b>0,0450</b>	<0,0038	<0,0033	<0,0037	<b>0,0220</b>	<0,0013
<b>1234789-HpCDF</b>	<0,01	<0,02	<0,013	<b>0,0180</b>	<0,0059	<0,0083	<0,01	<0,0098	<0,0017
<b>123678-HxCDD</b>	<0,01	<0,0081	<0,0037	<b>0,190</b>	<0,005	<0,0056	<0,0023	<b>0,0940</b>	<0,0014
<b>123678-HxCDF</b>	<b>0,0290</b>	<0,0051	<0,0087	<b>0,0550</b>	<0,0041	<0,0037	<0,0033	<b>0,0290</b>	<0,0011
<b>12378-PeCDD</b>	<0,0028	<0,0066	<0,0019	<b>0,0260</b>	<0,0031	<0,0035	<0,007	<b>0,0900</b>	<0,0013
<b>12378-PeCDF</b>	<b>0,0250</b>	<0,005	<0,015	<b>0,0460</b>	<0,0023	<0,0031	<b>0,0150</b>	<b>0,130</b>	<0,0012
<b>123789-HxCDD</b>	<0,005	<0,0078	<0,0035	<b>0,120</b>	<0,0048	<0,0053	<0,0022	<b>0,0390</b>	<0,0013
<b>123789-HxCDF</b>	<0,0074	<0,0066	<0,006	<b>0,0150</b>	<0,0056	<0,007	<0,0025	<0,0052	<0,0021
<b>234678-HxCDF</b>	<b>0,0480</b>	<0,0054	<0,01	<b>0,0700</b>	<0,0043	<0,005	<0,0021	<b>0,0250</b>	<0,0012
<b>23478-PeCDF</b>	<b>0,0670</b>	<0,0044	<0,018	<b>0,0410</b>	<0,0025	<0,0033	<b>0,0200</b>	<b>0,110</b>	<0,0016
<b>2378-TCDD</b>	<0,0019	<0,0031	<0,00097	<b>0,0100</b>	<0,0019	<0,0026	<0,0027	<b>0,0550</b>	<0,0011
<b>2378-TCDF</b>	<b>0,0580</b>	<0,0026	<0,016	<b>0,130</b>	<0,0019	<0,0022	<b>0,0820</b>	<b>0,620</b>	<0,0012
<b>OCDD</b>	<b>0,0250</b>	<0,044	<0,0064	<b>0,290</b>	<0,029	<0,015	<0,031	<b>0,110</b>	<0,0021
<b>OCDF</b>	<0,0093	<0,01	<0,016	<b>0,0250</b>	<0,0074	<0,012	<0,0091	<0,013	<0,0024

## 2.4. KODUMAJAPIDAMISE TUHAD

Kirjanduse ülevaatest selgus, et biomassi põletamisel on just koduahjudes soodsamad tingimused dioksiinide tekkeks. Viisime läbi testpõletamised kahes erinevas põletusseadmes – Tulikivi kamin ja katel LUK-35. Tulikivi kaminas kasutasime kütusena kasehalge ning katlas LUK-35 kasutasime männihalge. Lisaks võtsime nii tuha kui tahma proovid kahest erinevast kaminast, mida oli köetud lepalalgudega.

Analüüsitulemused näitasid, et tuhka jäid dioksiinid alla määramispiiri, kuid tahmas olid need olemas (Tabel 11). Ühes tahma proovis olid lisaks PCDD ja PCDFidele üle määramispiiri ka dt-PCB-d (PCB 126, PCB 169, PCB 77). Tabelis 11 on tulemused esitatud samuti ühikus ng/g DW nagu labori poolt määratud ning rasvases kirjas on välja toodud need kontsentratsioonid, mis olid üle määramispiiri.

**Tabel 11. Dioksiinide sisaldus kodumajapidamises tekkinud tuhka ja tahmas, ng/g DW**

Dioksiin	Tulikivi kask	LUK-35 mänd	kamin1 tuhka	kamin1 tahm	kamin2 tuhka	kamin2 tahm
<b>PCB 105</b>	<0,23	<0,14	<0,23	<0,43	<0,073	<0,59
<b>PCB 114</b>	<0,0074	<0,0032	<0,01	<0,026	<0,012	<0,012
<b>PCB 118</b>	<1,7	<0,74	<1,1	<1,3	<0,62	<1,5
<b>PCB 123</b>	<0,0074	<0,0032	<0,011	<0,022	<0,013	<0,038
<b>PCB 126</b>	<0,0087	<0,0079	<0,0062	<b>0,180</b>	<0,008	<0,051
<b>PCB 156</b>	<0,23	<0,092	<0,18	<0,2	<0,07	<0,18
<b>PCB 157</b>	<0,033	<0,0032	<0,0036	<0,031	<0,014	<0,0086
<b>PCB 167</b>	<0,11	<0,04	<0,07	<0,093	<0,014	<0,092
<b>PCB 169</b>	<0,01	<0,0039	<0,0076	<b>0,0250</b>	<0,0074	<0,014
<b>PCB 170</b>	<0,66	<0,18	<0,39	<0,28	<0,19	<0,43
<b>PCB 180</b>	<1,2	<0,53	<0,73	<0,7	<0,43	<0,77
<b>PCB 189</b>	<0,0091	<0,015	<0,0039	<0,023	<0,015	<0,0093
<b>PCB 77</b>	<0,048	<0,038	<0,059	<b>0,760</b>	<0,038	<0,4
<b>PCB 81</b>	<0,007	<0,017	<0,013	<0,13	<0,021	<0,044
<b>1234678-HpCDD</b>	<0,006	<0,0025	<0,0027	<b>0,370</b>	<0,0019	<b>0,0420</b>
<b>1234678-HpCDF</b>	<0,01	<0,0018	<0,0022	<b>0,330</b>	<0,0016	<b>0,0690</b>
<b>123478-HxCDD</b>	<0,0077	<0,0025	<0,0021	<b>0,0610</b>	<0,0028	<b>0,0110</b>
<b>123478-HxCDF</b>	<0,0039	<0,0014	<0,0017	<b>0,210</b>	<0,0019	<b>0,0570</b>

Dioksiin	Tulikivi kask	LUK-35 määnd	kamin1 tuhk	kamin1 tahm	kamin2 tuhk	kamin2 tahm
<b>1234789-HpCDF</b>	<0,0058	<0,0025	<0,0026	<b>0,0450</b>	<0,002	<b>0,0210</b>
<b>123678-HxCDD</b>	<0,0061	<0,002	<0,0021	<b>0,120</b>	<0,002	<b>0,0210</b>
<b>123678-HxCDF</b>	<0,0037	<0,0011	<0,0017	<b>0,260</b>	<0,0013	<b>0,0620</b>
<b>12378-PeCDD</b>	<0,0031	<0,0013	<0,0011	<b>0,210</b>	<0,0015	<b>0,0220</b>
<b>12378-PeCDF</b>	<0,0035	<0,0014	<0,0022	<b>0,500</b>	<0,0016	<b>0,130</b>
<b>123789-HxCDD</b>	<0,0058	<0,0019	<0,002	<b>0,0850</b>	<0,0019	<b>0,00650</b>
<b>123789-HxCDF</b>	<0,0067	<0,0022	<0,0031	<b>0,0550</b>	<0,0022	<0,0091
<b>234678-HxCDF</b>	<0,0046	<0,0019	<0,0022	<b>0,290</b>	<0,0014	<b>0,0630</b>
<b>23478-PeCDF</b>	<0,0037	<0,0017	<0,0021	<b>0,780</b>	<0,0016	<b>0,210</b>
<b>2378-TCDD</b>	<0,0024	<0,00088	<0,0007	<b>0,140</b>	<0,00089	<b>0,0330</b>
<b>2378-TCDF</b>	<0,0021	<0,00093	<0,00059	<b>1,10</b>	<0,001	<b>0,490</b>
<b>OCDD</b>	<0,0092	<0,0042	<0,0035	<b>0,210</b>	<0,0025	<b>0,0390</b>
<b>OCDF</b>	<0,0072	<0,0033	<0,0027	<b>0,0520</b>	<0,0019	<b>0,00970</b>

### 3. VÕRDLU PIIRNORMIDEGA

POS-määrusega on kehtestatud PCDD/PCDFdele summaarne piirnorm 15 µg/kg, mille ületamise korral ei tohi jäätmeid taaskasutada, vaid jäätmed tuleb kõrvaldada. POS-määruse muudatusega [8] on uueks piirnormiks 5 µg/kg. Kuna PCDD/PCDFde toksilisuse tasemed on erinevad, siis PCDDde ja PCDFide sisalduse piirnormi arvutamisel kasutatakse Tabelis 12 toodud TEFe [3], [8].

**Tabel 12. Toksilisuse ekvivalentfaktorid (TEFid)**

PCDD	TEF	PCDF	TEF	dt PCB	TEF
2,3,7,8-TeCDD	1	2,3,7,8-TeCDF	0,1	PCB 77	0,0001
1,2,3,7,8-PeCDD	1	1,2,3,7,8-PeCDF	0,03	PCB 81	0,0003
1,2,3,4,7,8-HxCDD	0,1	2,3,4,7,8-PeCDF	0,3	PCB 105	0,00003
1,2,3,6,7,8-HxCDD	0,1	1,2,3,4,7,8-HxCDF	0,1	PCB 114	0,00003
1,2,3,7,8,9-HxCDD	0,1	1,2,3,6,7,8-HxCDF	0,1	PCB 118	0,00003
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	0,01	1,2,3,7,8,9-HxCDF	0,1	PCB 123	0,00003
OCDD	0,0003	2,3,4,6,7,8-HxCDF	0,1	PCB 126	0,1
		1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	0,01	PCB 169	0,03
		1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	0,01	PCB 156	0,00003
		OCDF	0,0003	PCB 157	0,00003
				PCB 167	0,00003
				PCB 189	0,00003



Biomassituhka taaskasutatakse peamiselt väetisena, mistõttu on oluline jälgida lisaks POS-määruse piirnormidele ka Euroopa Parlamendi ja nõukogu määruse (EL) 2019/1009, millega kehtestatakse ELi väetisetoodete turul kättesaadavaks tegemise nõuded ning muudetakse määrusi (EÜ) nr 1069/2009 ja (EÜ) nr 1107/2009 ning tunnistatakse kehtetuks määrus (EÜ) nr 2003/2003 (edaspidi *EL väetise määrus*), nõudeid. Komisjoni delegeeritud määrusega (EL) 2022/1171, millega muudetakse Euroopa Parlamendi ja nõukogu määruse (EL) 2019/1009 II, III ja IV lisa, et lisada nendesse ELi väetisetoodete koostisainete kategooriana taaskasutusse võetud kõrge puhtusastmega materjalid, lisati PCDDdele ja PCDFidele piirnormiks väetises 20 ng WHO toksilisusekvivalenti [26] kuivaine kg kohta. WHO toksilisusekvivalentid on samad, mis POS-määruses toodud toksilisuse ekvivalentfaktorid (TEFid).

POS-määruses ning EL väetise määruses ei ole täpsustatud, kuidas tuleb arvestada dioksiinide sisaldust, mis on alla määramispiiri. Küll aga on Komisjon määrusega (EL) 2017/644, milles sätestatakse proovivõtu- ja analüüsimeetodid dioksiinide, dioksiinilaadsete polüklooritud bifenüülide ja mittedioksiinilaadsete polüklooritud bifenüülide sisalduse kontrollimiseks teatavates toiduainetes ning millega tunnistatakse kehtetuks määrus (EL) nr 589/2014, sätestanud, et analüüsi tulemused peavad hõlmama iga üksiku PCDD/PCDFi ja dt-PCB analoogi sisalduse andmeid ning TEF väärtus esitatakse nii ülempiiri-, alampiiri- kui ka vahewäärtusepõhisena, et tagada võimalikult suure hulga andmete olemasolu katseprotokollis ja võimaldada tulemuste tõlgendamist lähtuvalt konkreetsetest nõuetest. [27] Kuigi see määrus otseselt tuhkasid ega jäätmeid ei puuduta, tõime siiski võrdlusena välja ka alampiiri, vahewäärtuse ja ülempiiri. Ühikuse ngTEF/kgDW teisendatud tööstuslike tuhkade analüüsitulemused on kirjeldatud Tabelis 13. Rasvases kirjas on välja toodud need kontsentratsioonid, mis olid üle määramispiiri.

**Tabel 13. Dioksiinide sisaldused tööstuslikes tuhkades, ngTEF/kg DW**

Dioksiin	1 CY	2 CY	3 CY	4 EF	5 EF	6 EF	7 CY	7EF	8EF
<b>PCB 105</b>	<0,0072	<0,0198	<0,0174	<0,0159	<0,0153	<0,0159	<0,0063	<0,0132	<0,0036
<b>PCB 114</b>	<0,00042	<0,00123	<0,00084	<0,00042	<0,00069	<0,00069	<0,00039	<0,00093	<0,00018
<b>PCB 118</b>	<0,033	<0,06	<0,063	<0,051	<0,042	<0,054	<0,0285	<0,048	<0,0192
<b>PCB 123</b>	<0,00039	<0,00081	<0,00075	<0,00039	<0,00066	<0,00033	<0,00039	<0,00093	<0,000174
<b>PCB 126</b>	<0,016	<1,7	<0,9	<1,2	<0,61	<1,3	<1,2	<1,3	<0,79
<b>PCB 156</b>	<0,0057	<0,0078	<0,0066	<0,0075	<0,0081	<0,0075	<0,0051	<0,0096	<0,00186
<b>PCB 157</b>	<0,00075	<0,0015	<0,00084	<0,00039	<0,00069	<0,00078	<0,00045	<0,00126	<0,000201
<b>PCB 167</b>	<0,00141	<0,00258	<0,00297	<0,0033	<0,0039	<0,0033	<0,00213	<0,0048	<0,00135
<b>PCB 169</b>	<1,14	<0,63	<0,36	<0,174	<0,216	<0,42	<0,54	<0,66	<0,273
<b>PCB 189</b>	<0,00087	<0,00054	<0,000234	<0,00123	<0,00063	<0,00069	<0,00045	<0,00165	<0,000249
<b>PCB 77</b>	<0,002	<0,012	<0,016	<0,013	<0,014	<0,0089	<0,0098	<0,03	<0,0051
<b>PCB 81</b>	<0,0054	<0,0072	<0,051	<0,0081	<0,0069	<0,0153	<0,0045	<0,0126	<0,00192
<b>1234678-HpCDD</b>	<b>0,31</b>	<0,39	<0,1	<b>6,3</b>	<0,83	<0,07	<0,63	<b>2</b>	<0,015
<b>1234678-HpCDF</b>	<b>6,9</b>	<1,6	<2,3	<b>6,1</b>	<1	<0,61	<0,78	<0,63	<0,13
<b>123478-HxCDD</b>	<1,3	<0,99	<0,42	<b>5,6</b>	<0,59	<0,83	<0,59	<b>9,3</b>	<0,2

Dioksiin	1 CY	2 CY	3 CY	4 EF	5 EF	6 EF	7 CY	7EF	8EF
<b>123478-HxCDF</b>	<b>2,7</b>	<0,52	<0,91	<b>4,5</b>	<0,38	<0,33	<0,37	<b>2,2</b>	<0,13
<b>1234789-HpCDF</b>	<0,1	<0,2	<0,13	<b>0,18</b>	<0,059	<0,083	<0,1	<0,098	<0,017
<b>123678-HxCDD</b>	<1	<0,81	<0,37	<b>19</b>	<0,5	<0,56	<0,23	<b>9,4</b>	<0,14
<b>123678-HxCDF</b>	<b>2,9</b>	<0,51	<0,87	<b>5,5</b>	<0,41	<0,37	<0,33	<b>2,9</b>	<0,11
<b>12378-PeCDD</b>	<2,8	<6,6	<1,9	<b>26</b>	<3,1	<3,5	<7	<b>90</b>	<1,3
<b>12378-PeCDF</b>	<b>0,75</b>	<0,15	<0,45	<b>1,38</b>	<0,069	<0,093	<b>0,45</b>	<b>3,9</b>	<0,036
<b>123789-HxCDD</b>	<0,5	<0,78	<0,35	<b>12</b>	<0,48	<0,53	<0,22	<b>3,9</b>	<0,13
<b>123789-HxCDF</b>	<0,74	<0,66	<0,6	<b>1,5</b>	<0,56	<0,7	<0,25	<0,52	<0,21
<b>234678-HxCDF</b>	<b>4,8</b>	<0,54	<1	<b>7</b>	<0,43	<0,5	<0,21	<b>2,5</b>	<0,12
<b>23478-PeCDF</b>	<b>20,1</b>	<1,32	<5,4	<b>12,3</b>	<0,75	<0,99	<b>6</b>	<b>33</b>	<0,48
<b>2378-TCDD</b>	<1,9	<3,1	<0,97	<b>10</b>	<1,9	<2,6	<2,7	<b>55</b>	<1,1
<b>2378-TCDF</b>	<b>5,8</b>	<0,26	<1,6	<b>13</b>	<0,19	<0,22	<b>8,2</b>	<b>62</b>	<0,12
<b>OCDD</b>	<b>0,0075</b>	<0,0132	<0,00192	<b>0,087</b>	<0,0087	<0,0045	<0,0093	<b>0,033</b>	<0,00063
<b>OCDF</b>	<0,00279	<0,003	<0,0048	<b>0,0075</b>	<0,00222	<0,0036	<0,00273	<0,0039	<0,00072
<b>LB</b>	<b>38,05</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>102,19</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>14,65</b>	<b>276,13</b>	<b>0</b>
<b>MB</b>	45,94	10,45	9,4	117,06	6,09	6,91	22,26	277,78	2,67
<b>UB</b>	53,82	20,89	18,8	131,93	12,18	13,82	29,87	279,47	5,33

POS-määrus ning EL väetise määrus ei sätesta, et tuleks lähtuda alampiirist, ülempiirist või vaheväärtusest. Seega on lähtutud asjaolust, et kui dioksiinid on allpool määramispiiri, siis on see väärtus võetud võrdseks nulliga (sama, mis alampiir LB).

Analüüsitulemused näitavad (Tabel 13), et POS-määruse piirnормi, sh uue piirnормi 5 µg/kg (5000 ng/kg) ületamise pärast muretsema ei pea. Küll aga on kahel EF tuhal ja ühel CY tuhal dioksiinid üle lubatud EL väetise määruse piirnормi (20 ng/kg) ning ühel juhul ületab see isegi 10 korda lubatud. Kui vaadata täiendavalt juurde veel ülempiiri ja vaheväärtust, siis ületaksid veel kaks proovi EL väetise määruse piirnормi.

Kodumajapidamise tuhkaades jäid dioksiinide sisaldused alla määramispiiri, kuid dioksiine leidis kodumajapidamise tahmades. Seetõttu on ühikuisse ngTEF/kgDW teisendatud vaid koduahjude tahmade analüüsitulemused ja need kirjeldatud Tabelis 14. Kodumajapidamise tuhkasid kasutatakse sageli koduaias väetisena. Dioksiinide sisaldused uuritud kodumajapidamise tuhkaades olid allapoole määramispiiri, mistõttu nende andmete põhjal ei ole põhjust väetisena kasutamisest loobuda. Käesoleva uuringu käigus analüüsiti nelja kodumajapidamise põletusseadmest pärit tuhka. Kuigi dioksiinide kontsentratsioonid jäid nendes proovides allapoole määramispiiri, ei ole võimalik väita, et need tulemused kehtivad kõikide kodumajapidamises kasutuses olevate põletusseadmete ja kütuste kohta. Tahma seevastu kogutakse tavaliselt tuhast eraldi ning väetisena ei kasutata. Seega ei pea tahma puhul jälgima väetistele kehtestatud piirnормi. POS-määruse piirnормist 5 µg/kg (5000 ng/kg) jääb analüüsitud tahm üle 5 korra allapoole.

**Tabel 14. Dioksiinide sisaldused koduahju tahmades, ngTEF/kg DW**

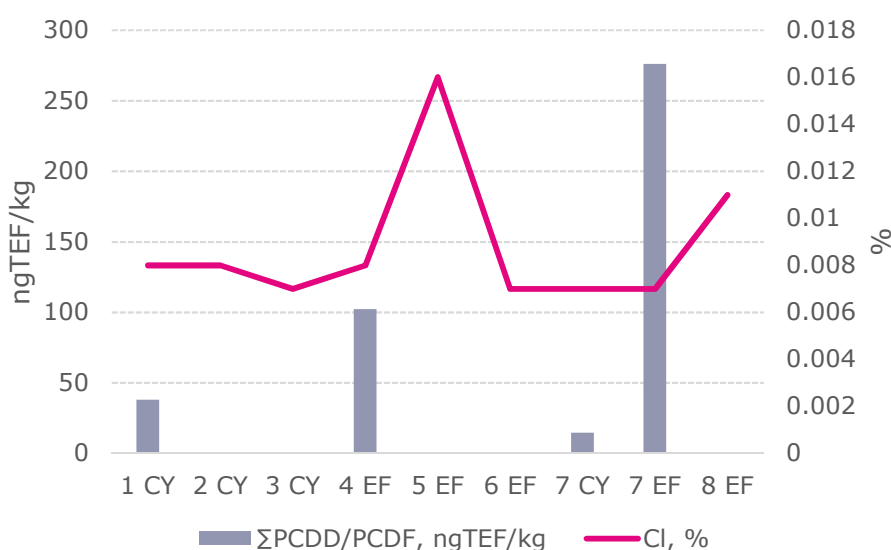
<b>Dioksiinid</b>	<b>Tahm 1</b>	<b>Tahm 2</b>
<b>PCB 126</b>	18	AM
<b>PCB 169</b>	0,75	AM
<b>PCB 77</b>	0,076	AM
<b>1234678-HpCDD</b>	3,7	0,42
<b>1234678-HpCDF</b>	3,3	0,69
<b>123478-HxCDD</b>	6,1	1,1
<b>123478-HxCDF</b>	21	5,7
<b>1234789-HpCDF</b>	0,45	0,21
<b>123678-HxCDD</b>	12	2,1
<b>123678-HxCDF</b>	26	6,2
<b>12378-PeCDD</b>	210	22
<b>12378-PeCDF</b>	15	3,9
<b>123789-HxCDD</b>	8,5	0,65
<b>123789-HxCDF</b>	5,5	AM
<b>234678-HxCDF</b>	29	6,3
<b>23478-PeCDF</b>	234	63
<b>2378-TCDD</b>	140	33
<b>2378-TCDF</b>	110	49
<b>OCDD</b>	0,063	0,0117
<b>OCDF</b>	0,016	0,00291
<b>Σdioksiinid</b>	<b>843,45</b>	<b>194,28</b>

## 4. DIOKSIINIDE VÄLTIMINE

### 4.1. TEGURID, MIS MÕJUTAVAD DIOKSIINIDE TEKET

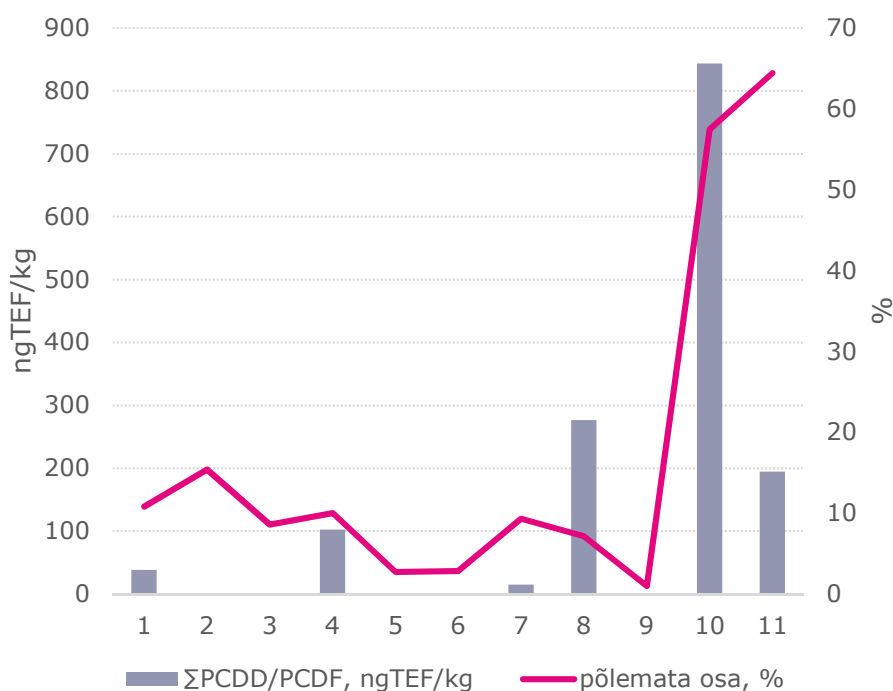
Kirjanduse andmetest selgub, et peamised tegurid, mis mõjutavad dioksiinide teket on Cl sisaldus, temperatuur, mittetäielik põlemine ning katalüsaatorite olemasolu.

Vaatasime erinevates kütustes Cl sisaldust ning kuna tegemist oli madalate kontsentratsioonidega, siis ei ilmnenud seost kloori sisalduse ja dioksiinide tekke vahel. Kui Cl sisaldus oli 0,016% ja 0,011%, siis oli dioksiinide teke alla määramispiiri. Samas ei saa kindlalt väita, et tuhk, mida analüüsisime pärines just täpselt sellise koostisega kütusest. Kirjanduse andmed [9] kinnitasid, et madalate Cl kontsentratsioonide juures, ei mängi Cl sisaldus dioksiinide tekke juures määravat rolli. Ka meie laborikatse näitas, et kuigi puhta puidu ja jäätmepuidu Cl sisaldused erinesid oluliselt (kask 0,006%, mänd 0,001%, jäätmepuit 0,104%) siis kõikidel juhtudel jäid dioksiinid alla määramistaseme.



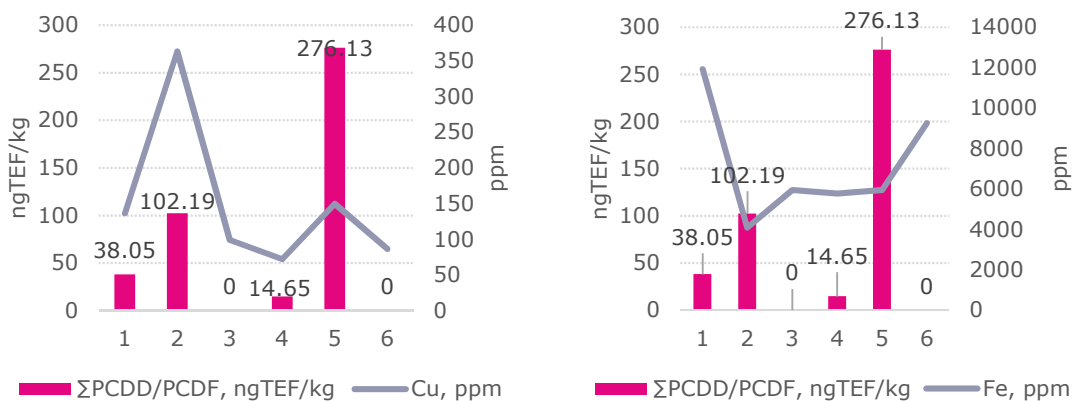
**Joonis 4. Dioksiinide sisaldus EF tuhkaades võrreldes kütuse kloori sisaldusega**

Mittetäielik põlemine ning suurem süsiniku sisaldus tuhas peaksid samuti soodustama dioksiinide teket. Kuigi koduahjude tahmad sisaldavad põlemata süsinikku oluliselt rohkem kui tuhad, selget seost põlemata osa ning dioksiinide tekke vahel välja ei tulnud. Kõige kõrgem dioksiinide sisaldus oli koduahju tahmas nr 1, mille põlemata osa sisaldus oli 57,42%. Teise koduahju tahma põlemata osa sisaldus oli 64,42%, kuid dioksiinide sisaldus neli korda madalam kui tahmas nr 1. Ühes elektrifiltrituhas, mille dioksiinide sisaldus oli isegi kõrgem kui koduahju tahmas, oli põlemata osa sisaldus ainult 7,14%.



**Joonis 5. Dioksiinide sisaldus tuhkades võrreldes põlemata osaga**

Dioksiinide moodustumist soodustab ka metallkatalüsaatorite ja peamiselt just Cu sisaldus tuhas. Analüüsitulemused näitasid samuti seost Cu sisalduse ja dioksiinide tekke vahel. Kui Cu sisaldus tuhas oli kõrgem, siis tekkis ka rohkem dioksiine. Analüüsisime ka Fe sisaldust tuhas, kuid Fe sisalduse ja dioksiinide sisalduse vahel seost välja ei kujunenud.



**Joonis 6. Dioksiinide sisaldus tuhkades võrreldes Cu ja Fe sisaldusega**

## 4.2. VÕIMALUSED DIOKSIINIDE VÄLTIMISEKS JA VÄHENDAMISEKS BIOMASSI PÕLETAMISEL

1. Dioksiinide tekkeks on vajalik Cl sisaldus. Kuigi Cl sisaldub ka tavalises biomassis, siis töödeldud puidus ning jäätmetes võib Cl sisaldus olla oluliselt kõrgem. Seega on oluline veenduda, et põletatakse puhast biomassi või kui tegemist on jäätmepuiduga, siis tuleb veenduda, et Cl sisaldus ei oleks kõrgem kui naturaalses biomassis.
2. Samuti mõjutab dioksiinide teket metallkatalüsaatorite, eriti Cu sisaldus biomassis. Sageli võib Cu esineda  $\text{CuCl}_2$ -na ning seega olla nii Cl allikaks kui katalüsaatoriks.  $\text{CuCl}_2$  sisaldus puidus näitab, et puitu on töödeldud pinnakatte materjalidega, mis tähendab, et jäätmepuitu kasutades tasub veenduda, et puidus oleks Cu sisaldus samal tasemel kui naturaalses puidus.
3. Mittetäielikul põlemisel tekivad aromaatsed ühendid, mis on omakorda lähteaineks dioksiinide tekkele. Samuti soodustab põlemata osa tuhas dioksiinide teket. Dioksiinide tekke vältimiseks peab põlemine olema võimalikult efektiivne – tagatud peab olema piisavalt kõrge temperatuur, piisav hapniku kontsentratsioon ja piisav osakeste viibeaeg etteantud temperatuuril. Piisavad põlemisparameetrid sõltuvad põletusseadme tüübist, suurusest, kasutatavast kütusest jne.
4. Peamine dioksiinide moodustumine leiab aset temperatuuride vahemikus 200-400°C, kus toimub heterogeenne katalüütiline gaasi ja tahke aine vaheline reaktsioon. Põlemiskolletes on tavaliselt temperatuur oluliselt kõrgem, mis tähendab, et dioksiinide moodustumine toimub gaasiga edasikanduva lendtuha pinnal põlemiskoldest väljaspool. Dioksiinide tekkimise vältimiseks on vajalik suitsugaaside kiire jahutamine alla 200 °C.

## SUMMARY

This study provides an overview of the dioxin and furan concentrations in bottom ashes and fly ashes from biomass combustion in Estonia and compares the compliance of these ashes with EU requirements. In addition, it assesses the technological solutions that can be used to reduce the dioxin and furan content in ashes.

First appropriate combustion plants were selected that represented the average biomass ash produced in Estonia. Bottom and fly ash samples from eight different combustion plants were analysed. All bottom ashes and five fly ash samples were below the limit of detection for PCDD, PCDF and dt-PCB hereinafter referred to as dioxins. Four fly ashes from three combustion plants (cyclone ash from one plant, electrostatic precipitator from an other plant and cyclone and electrostatic precipitator from a third plant) contained dioxins above the limit of detection.

The study also analysed ashes and soot from domestic furnaces. The tests showed that the ashes contained dioxins below the limit of detection, while the soot contained relatively high levels of dioxins.

In addition, laboratory analyses were carried out to determine the baseline values under standard conditions in a muffle furnace and to assess the effect of fuel composition and temperature on the concentration of the pollutants under investigation in ash.

The main conclusions of the study:

- In all analysed ashes and soots from biomass combustion, the dioxin concentrations were below 5 µgTEQ/kg, which is the limit value set by the EU POP Regulation<sup>6</sup> for dioxins in waste.
- The EU Fertiliser Regulation<sup>7</sup> sets a limit of 20 ngTEQ/kg for dioxins in fertilisers. Three fly ashes were found to contain dioxins above this limit. In Estonia, wood ash is mainly used as a fertiliser. The presence of dioxins above this limit does not allow the use of such ash as fertiliser, and therefore it is necessary to find another use for the ash and, in the worst case, landfill.
- The chlorine content of all fuels taken from the boiler plants ranged from 0.007% to 0.016%. The tests showed that at this concentration the chlorine content is not a determining factor for the formation of dioxins.
- Important parameters influencing the formation of dioxins even at low chlorine concentrations are temperature, incomplete combustion and the presence of metal catalysts (mainly Cu).

---

<sup>6</sup> Regulation (EU) 2019/1021 of the European Parliament and of the Council on persistent organic pollutants

<sup>7</sup> Regulation (EU) 2019/1009 of the European Parliament and of the Council laying down rules on the making available on the market of EU fertilising products and amending Regulations (EC) No 1069/2009 and (EC) No 1107/2009 and repealing Regulation (EC) No 2003/2003

- Dioxin formation takes place mainly in the solid/gas phase and the most favourable temperature range is 200-400°C. Although the formation of dioxins takes place just outside the combustion zone due to the favourable temperatures, combustion still plays an important role in the formation of suitable precursors for the formation of dioxins.
- To reduce the formation of dioxins in the ash, it is necessary to use proper fuel (Cl and Cu content as low as possible) and ensure a complete combustion<sup>8</sup> in the combustion zone (the main parameters are temperature and the excess air factor<sup>9</sup>) in order to reduce the formation of dioxin precursors, and rapidly cool down the fly ash below 200 °C after the combustion process.
- Four samples of domestic ashes from household furnaces were analysed in the current study. All of them had low concentrations of dioxins (below the limit of detection). Although the dioxin concentrations in these samples were below the limit of detection, these results cannot be assumed to be valid for all household furnaces and fuels. Not all types of household furnaces and solid biofuels (e.g. wood briquettes) were considered in this study. Therefore, this conclusion cannot implicitly be extended to all household ashes.
- Two samples of domestic soot were analysed in the study. The samples contained relatively high levels of dioxins, but remained below the limit values established in the EU POP Regulation. However, this result is not exhaustive and the samples analysed do not give an overview of the household soot generated in Estonia.

---

<sup>8</sup> Complete combustion means oxidation of the elements contained in the organic matter in such a way that the final products obtained have the maximum oxidation state of the respective elements (C oxidised to CO<sub>2</sub>, H oxidised to H<sub>2</sub>O). The temperature and other parameters suitable for complete combustion depend on the type of boiler, size of boiler, fuel used, etc.

<sup>9</sup> The excess air factor is the ratio between the actual air volume used to combust the fuel and the theoretical air volume required to burn the fuel.



## KASUTATUD KIRJANDUS

- [1] "Stockholm Convention on persistent organic pollutants (POPs) and annexes revised in 2019." Accessed: Jan. 02, 2023. [Online]. Available: <http://www.pops.int/TheConvention/Overview/TextoftheConvention/tabid/2232/Default.aspx>
- [2] "Püsivate orgaaniliste saasteainete Stockholmi konventsiooniga" ühinemine. 2008. Accessed: Jan. 02, 2023. [Online]. Available: <https://www.riigiteataja.ee/akt/13011278>
- [3] "Euroopa Parlamendi ja nõukogu määrus (EL) 2019/1021, 20. juuni 2019, püsivate orgaaniliste saasteainete kohta (uuesti sõnastatud) (EMPs kohaldatav tekst)," *Euroopa Liidu Teataja*, vol. 169, pp. 45–77, Jun. 2019, Accessed: Dec. 05, 2022. [Online]. Available: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ET/TXT/?uri=CELEX%3A32019R1021>
- [4] "EUR-Lex - 52021PC0656 - EN - EUR-Lex." <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ET/TXT/?uri=COM%3A2021%3A0656%3AFIN> (accessed Nov. 25, 2022).
- [5] "EUR-Lex - 52021SC0300 - EN - EUR-Lex." <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ET/TXT/?uri=CELEX:52021SC0300> (accessed Nov. 25, 2022).
- [6] "Kokkuvõte - JATS." <https://jats.keskkonnainfo.ee/main.php?page=content&content=summary> (accessed Nov. 25, 2022).
- [7] *Euroopa Parlamendi ja nõukogu määrus (EL) 2022/2400, 23. november 2022, millega muudetakse määruse (EL) 2019/1021 (püsivate orgaaniliste saasteainete kohta) IV ja V lisa*. Euroopa Liidu Teataja, 2022, pp. 24–31. Accessed: Dec. 26, 2022. [Online]. Available: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ET/TXT/?uri=celex%3A32022R2400>
- [8] "EUROOPA PARLAMENDI JA NÕUKOGU MÄÄRUS, MILLEGA MUUDETAKSE MÄÄRUSE (EL) 2019/1021 (PÜSIVATE ORGAANILISTE SAASTEAINETE KOHTA) IV JA V LISA." [https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ET/TXT/?uri=consil%3APE\\_39\\_2022\\_REV\\_1](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ET/TXT/?uri=consil%3APE_39_2022_REV_1) (accessed Dec. 07, 2022).
- [9] H. Lopes and S. Proença, "Insights into PCDD/Fs and PAHs in Biomass Boilers Envisaging Risks of Ash Use as Fertilizers," *Applied Sciences* 2020, Vol. 10, Page 4951, vol. 10, no. 14, p. 4951, Jul. 2020, doi: 10.3390/APP10144951.
- [10] N. W. Tame, B. Z. Dlugogorski, and E. M. Kennedy, "Formation of dioxins and furans during combustion of treated wood," *Progress in Energy and Combustion Science*, vol. 33, no. 4. pp. 384–408, Aug. 2007. doi: 10.1016/j.pecs.2007.01.001.
- [11] D. T. Nakahata and J. A. Mulholland, "Effect of dichlorophenol substitution pattern on furan and dioxin formation," *Proceedings of the Combustion Institute*, vol. 28, no. 2, pp. 2701–2707, Jan. 2000, doi: 10.1016/S0082-0784(00)80690-6.

- [12] B. R. Stanmore, "The formation of dioxins in combustion systems," *Combust Flame*, vol. 136, no. 3, pp. 398–427, 2004, doi: 10.1016/j.combustflame.2003.11.004.
- [13] M. Zhang, A. Buekens, and X. Li, "Dioxins from Biomass Combustion: An Overview," *Waste and Biomass Valorization 2016 8:1*, vol. 8, no. 1, pp. 1–20, Oct. 2016, doi: 10.1007/S12649-016-9744-5.
- [14] B. K. Gullett, A. F. Sarofim, K. A. Smith, and C. Procaccini, "The Role of Chlorine in Dioxin Formation," *Process Safety and Environmental Protection*, vol. 78, no. 1, pp. 47–52, Jan. 2000, doi: 10.1205/095758200530448.
- [15] E. J. Anthony, L. Jia, and D. L. Granatstein, "Dioxin and furan formation in FBC boilers," *Environ Sci Technol*, vol. 35, no. 14, pp. 3002–3007, Jul. 2001, doi: 10.1021/ES001918T/ASSET/IMAGES/LARGE/ES001918TF00004.JPEG.
- [16] K. Tuppurainen, I. Halonen, P. Ruokojärvi, J. Tarhanen, and J. Ruuskanen, "Formation of PCDDs and PCDFs in municipal waste incineration and its inhibition mechanisms: A review," *Chemosphere*, vol. 36, no. 7, pp. 1493–1511, Mar. 1998, doi: 10.1016/S0045-6535(97)10048-0.
- [17] Peter W. Cains, Patrick Dyke, Alwyn R. Fernandes, and Linda J. McCausland, "Polychlorinated Dibenzo-p-dioxins and Dibenzofurans Formation in Incineration: Effects of Fly Ash and Carbon Source," *Environ Sci Technol*, vol. 31, no. 3, pp. 776–785, 1997, doi: <https://doi.org/10.1021/es960468v>.
- [18] S. Nganai, B. Dellinger, and S. Lomnicki, "PCDD/PCDF ratio in the precursor formation model over CuO surface," *Environ Sci Technol*, vol. 48, no. 23, pp. 13864–13870, Dec. 2014, doi: 10.1021/ES504253W/SUPPL\_FILE/ES504253W\_SI\_001.PDF.
- [19] R. Addink, R. H. Paulus, and K. Olie, "Prevention of polychlorinated dibenzo-p-dioxins/dibenzofurans formation on municipal waste incinerator fly ash using nitrogen and sulfur compounds," *Environ Sci Technol*, vol. 30, no. 7, pp. 2350–2354, Jul. 1996, doi: 10.1021/ES9508075/ASSET/IMAGES/LARGE/ES9508075F00003.JPEG.
- [20] M. K. Korucu and A. Karademir, "An evaluation of PCDD/Fs mass flux from a hazardous waste incinerator: The need for a reasonable start-up procedure," *Combustion Science and Technology*, vol. 187, no. 3, pp. 458–468, Jan. 2015, doi: 10.1080/00102202.2014.953675.
- [21] N. bin Chang and S. H. Huang, "A chemometric approach for the verification of dioxin/furan formation mechanism in municipal waste incinerators," *Chemosphere*, vol. 32, no. 1, pp. 209–216, Jan. 1996, doi: 10.1016/0045-6535(95)00321-5.
- [22] Olie K and Buekens A, "A COMPARISON OF PCDD/F PROFILES IN COMBUSTION RESIDUES."
- [23] M. Oehme and M. D. Müller, "Levels and congener patterns of polychlorinated dibenzo-p-dioxins and dibenzofurans in solid residues from wood-fired boilers.

- Influence of combustion conditions and fuel type," *Chemosphere*, vol. 30, no. 8, pp. 1527–1539, Apr. 1995, doi: 10.1016/0045-6535(95)00046-B.
- [24] B. Wyrzykowska, N. Hanari, A. Orlikowska, N. Yamashita, and J. Falandysz, "Dioxin-like compound compositional profiles of furnace bottom ashes from household combustion in Poland and their possible associations with contamination status of agricultural soil and pine needles," *Chemosphere*, vol. 76, no. 2, pp. 255–263, 2009, doi: 10.1016/j.chemosphere.2009.03.019.
- [25] "Tegevuse künnisvõimsused ja saasteainete heidete künniskogused, millest alates on käitise tegevuse jaoks nõutav õhusaasteluba–Riigi Teataja." <https://www.riigiteataja.ee/akt/114122017010> (accessed Dec. 04, 2022).
- [26] M. van den Berg *et al.*, "The 2005 World Health Organization reevaluation of human and mammalian toxic equivalency factors for dioxins and dioxin-like compounds," *Toxicological Sciences*, vol. 93, no. 2, pp. 223–241, Oct. 2006. doi: 10.1093/toxsci/kfl055.
- [27] *Commission Regulation (EU) 2017/644 of 5 April 2017 laying down methods of sampling and analysis for the control of levels of dioxins, dioxin-like PCBs and non-dioxin-like PCBs in certain foodstuffs and repealing Regulation (EU) No 589/2014*. Official Journal of the European Union, 2017, pp. 9–34. Accessed: Dec. 12, 2022. [Online]. Available: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/en/TXT/?uri=CELEX%3A32017R0644>

## LISAD

## LISA 1

	Käitaja	Keskkonnaloa number	Kütuse nimetus	Kütuse kogus, tonnides	Nimi-soojusvõimsus sisseantava kütusekoguse põhjal, MWth	Katelde arv	Katlatüüp	Püüdeseade
1	"HORIZON" TSELLULOOSI JA PABERI AKTSIASELTS	L.KKL.HA-217188	Puiduhake	87800	28.00	1	Puidukatel, restkoldega	Elektrifilter
2	"Lasva Liimpuidu" aktsiaselts	L.ÖV/327018	Puidujäätmed	121.5	0.80	1	Puidukatel, restkoldega	Tsüklon, multitsüklon
3	Abja Puit Osaühing	L.ÖV/320137	Puiduhake	355	0.80	1	Puidukatel, restkoldega	puudub
4	Adven Eesti AS	KL-506951	Puiduhake	3274.59	1.765	1		tsüklon, elektrifilter
5	Adven Eesti AS	KL-512585	Puiduhake	8.6	1.760	1		
6	Adven Eesti AS	L.ÖV.HA-131372	Puiduhake	12556.8	6	1	Puidukatel, restkoldega	Tsüklon, multitsüklon
7	Adven Eesti AS	L.ÖV.HA-164699	Puiduhake	1933.63	1.2	1	Puidukatel, eelkoldega	Tsüklon, multitsüklon
8	Adven Eesti AS	L.ÖV.HA-164699	Puiduhake	1933.63	1.2	1	Puidukatel, eelkoldega	Tsüklon, multitsüklon
9	Adven Eesti AS	L.ÖV.IV-152462	Puiduhake	4481.91	2.5	1	Puidukatel, restkoldega	tsüklon
10	Adven Eesti AS	L.ÖV.VI-171259	Puiduhake	2094.48	1.05	1	Puidukatel, eelkoldega	Tsüklon, multitsüklon
12	Adven Eesti AS	L.ÖV/300656	Puidujäätmed	528.153	1.38	1	Puidukatel, põletiga	puudub
13	Adven Eesti AS	L.ÖV/300690	Puiduhake	5973.64	5.3	1	puidukatel eelkoldega	Tsüklon, multitsüklon

## BIOMASSI TUHKADES SISALDUVATE DIOKSIINIDE JA FURAANIDE UURING

	Käitaja	Keskonnala number	Kütuse nimetus	Kütuse kogus, tonnides	Nimi- soojus- võimsus sisse- antava kütuse- koguse põhjal, MWth	Katelde arv	Katlatüüp	Püüdesead
14	Adven Eesti AS	L.ÖV/319478	Puiduhake	2334.64	1.2	1	turbakatel, restkoldega	Tsüklon, multitsüklon
15	Adven Eesti AS	L.ÖV/320020	Puiduhake	1270.33	1.16	1	puidukatel eelkoldega	Tsüklon, multitsüklon
16	Adven Eesti AS	L.ÖV/321152	Puiduhake	1294.17	1.9	2		
17	Adven Eesti AS	L.ÖV/323762	Puidugraanulid	1340.82	1.5	2		tsüklon
18	Adven Eesti AS	L.ÖV/323776	Puidugraanulid	762.61	1	2		tsüklon
19	Adven Eesti AS	L.ÖV/323821	Puiduhake	4011.7	2.35	1	puidukatel eelkoldega	Tsüklon, multitsüklon
20	Adven Eesti AS	L.ÖV/323821	Puiduhake	13970.81	2.35	1	puidukatel eelkoldega	Tsüklon, multitsüklon
21	Adven Eesti AS	L.ÖV/326550	Puiduhake	4436.89	2.91	1	puidukatel, restkoldega	Tsüklon, multitsüklon
22	Adven Eesti AS	L.ÖV/327505	Puiduhake	5752.83	3.53	1	Puidukatel, eelkoldega	Tsüklon, multitsüklon
23	Adven Eesti AS	L.ÖV/329091	Puiduhake	6087.07	3.53	1		multitsüklon
24	Adven Eesti AS	L.ÖV/329696	Puiduhake	2664.06	2.33	1		Tsüklon, multitsüklon
25	Adven Eesti AS	L.ÖV/332331	Puiduhake	6464.26	3.52	1	Puidukatel, eelkoldega	elektrifilter
26	Aikkon Est OÜ	L.ÖV/324760	Puiduhake	0	0.192	1	puidukatel, põletiga	tsüklon
27	aktsiaselts "Valmeco"	L.ÖV.JÕ-143891	Puidujäätmed	541	1	2	Puidukatel, restkoldega	Tsüklon, multitsüklon
28	Aktsiaselts Aegviidu Puit	L.ÖV/328008	Puiduhake	10317	3.9	1	Puidukatel, restkoldega	tsüklon
29	aktsiaselts ANNE SOOJUS	L.KKL.TM-38877	Puiduhake	38877.87	20.9	2	keevkihtkatel	Elektrifilter
30	aktsiaselts ANNE SOOJUS	L.KKL.TM-148737	Puiduhake	218585.99	84	1	keevkiht aurukatel	Elektrifilter

## BIOMASSI TUHKADES SISALDUVATE DIOKSIINIDE JA FURAANIDE UURING

	Käitaja	Keskonnala number	Kütuse nimetus	Kütuse kogus, tonnides	Nimi- soojus- võimsus sisse- antava kütuse- koguse põhjal, MWth	Katelde arv	Katlatüüp	Püüdesead
31	aktsiaselts ANNE SOOJUS	L.ÖV/318525	Puiduhake	8674.75	8.2	1		multitsüklon
32	aktsiaselts Antsla-Inno	L.ÖV/326786	Puidujäätmed	123.6	0.99	1	Puidukatel, restkoldega	puudub
33	aktsiaselts Barrus	L.ÖV/326670	Puidujäätmed	4308	3.49	1	puidukatel eelkoldega	tsüklon
34	aktsiaselts Barrus	L.ÖV/326670	Puidujäätmed	129	1.4	1	puidukatel eelkoldega	tsüklon
35	aktsiaselts Barrus	L.ÖV/326670	Puidujäätmed	10379	3.57	1	puidukatel eelkoldega	tsüklon
36	Aktsiaselts ELVESO	L.ÖV.HA-194360	Puiduhake	5600	3.45	1	Puidukatel, restkoldega	tsüklon
	Aktsiaselts ELVESO	L.ÖV.HA-194360	Puiduhake	3,049	1.7	1	Puidukatel, restkoldega	Tsüklon, multitsüklon
37	Aktsiaselts ELVESO	PHRR/334649	Puiduhake	1214.7	0.87	1	Puidukatel, restkoldega	Tsüklon, multitsüklon
38	aktsiaselts ERAPUIT	L.ÖV/322170	Puidujäätmed	386.197	1.2	1	Puidukatel, restkoldega	puudub
39	aktsiaselts ESRO	L.ÖV.VI-46725	Puiduhake	20903.48	10	1	Veekatel	multitsüklon
40	aktsiaselts ESRO	L.ÖV/326768	Puiduhake	16060	9.31	1	Puidukatel, restkoldega	Tsüklon, multitsüklon
	aktsiaselts ESRO	L.ÖV/326769	Puiduhake	8339	4.27	1	Puidukatel, restkoldega	Tsüklon, multitsüklon
41	aktsiaselts FÖRMANN NT	L.ÖV/324498	Puidujäätmed	480	1.15	1	Puidukatel, restkoldega	puudub
42	aktsiaselts HESVEKA & CO	L.ÖV/326037	Puidujäätmed	0	0.39	1	Puidukatel, restkoldega	puudub
43	aktsiaselts HESVEKA & CO	L.ÖV/326037	Puiduhake	638	1.18	1	puidukatel eelkoldega	puudub
44	aktsiaselts ILMRE	L.ÖV.TM-52487	Puidujäätmed	178.46	0.84	1	Puidukatel, restkoldega	tsüklon
45	AKTSIASELTS INEST MARKET	L.ÖV/324622	Puiduhake	6.5	0.34	1	Puidukatel, restkoldega	puudub

## BIOMASSI TUHKADES SISALDUVATE DIOKSIINIDE JA FURAANIDE UURING

	Käitaja	Keskonnala number	Kütuse nimetus	Kütuse kogus, tonnides	Nimi- soojus- võimsus sisse- antava kütuse- koguse põhjal, MWth	Katelde arv	Katlatüüp	Püüdesead
46	Aktsiaselts Kadrina Soojus	L.ÕV/3208133.3	Puiduhake	10.60	2.9	1	puidukatel eelkoldega	tsüklon
47	Aktsiaselts Kadrina Soojus	L.ÕV/320813	Puiduhake	4269	3.3	1	puidukatel eelkoldega	tsüklon
48	Aktsiaselts KOVEK	L.ÕV/319702	Puiduhake	1655	1.5	1	Puidukatel, restkoldega	tsüklon
49	Aktsiaselts Kuressaare Soojus	L.ÕV/321483	Puiduhake	5505.64	5.81	1	Puidukatel, eelkoldega	tsüklon
	Aktsiaselts Kuressaare Soojus	L.ÕV/321484	Puiduhake	612.86	7.5	1	Puidukatel, restkoldega	tsüklon
50	Aktsiaselts Kuressaare Soojus	L.ÕV/321483	Puiduhake	31747.5	13.95	1	puidukatel eelkoldega	tsüklon
51	Aktsiaselts Kuressaare Soojus	L.ÕV/325505	Puiduhake	1521.272	2	1		multitsüklon
52	Aktsiaselts Laesti	L.ÕV.PM-48845	Puidujäätmed	1959	4.819	1	puidukatel, eelkoldega	tsüklon
53	aktsiaselts Lapi MT	L.ÕV/322674	Küttepuud	25	0.09	1	Puidukatel, restkoldega	puudub
54	Aktsiaselts Lasita Maja	L.ÕV/324680	Puidujäätmed	655	2	1		
55	Aktsiaselts Luksusjaht	L.ÕV/324953	Puiduhake	596.82	1.06	1	Puidukatel, restkoldega	tsüklon
56	Aktsiaselts Moodul	L.ÕV/321184	Puidugraanulid	154.82	1.1	1	Puidukatel, restkoldega	tsüklon
57	AKTSIASELTS NATURAL	L.ÕV/321445	Puiduhake	3315	3.6	1	turbakatel, restkoldega	tsüklon
58	aktsiaselts NETT	L.ÕV/320099	Puidujäätmed	44.924	0.3	1	puidukatel, eelkoldega	puudub
59	aktsiaselts Nuia PMT	L.ÕV/328372	Puidugraanulid	57.954	0.353	1	Puidukatel, restkoldega	tsüklon
60	Aktsiaselts Nurmiko	L.ÕV.HA-186562	Puiduhake	1087.5	1.4	1	Puidukatel, restkoldega	tsüklon
61	aktsiaselts NÕO LIHATÖÖSTUS	L.ÕV/318822	Puiduhake	14.62				

## BIOMASSI TUHKADES SISALDUVATE DIOKSIINIDE JA FURAANIDE UURING

	Käitaja	Keskonnala number	Kütuse nimetus	Kütuse kogus, tonnides	Nimi- soojus- võimsus sisse- antava kütuse- koguse põhjal, MWth	Katelde arv	Katlatüüp	Püüdesead
62	Aktsiaselts OG Elektra Tootmine	L.ÖV/321524	Puidujäätmed	273	1.11	1		multitsüklon
63	Aktsiaselts PLOKK	L.ÖV/323606	Puiduhake	44	1.25	1	Puidukatel, restkoldega	puudub
64	Aktsiaselts Põlva Soojus	L.ÖV/325157	Puiduhake	9339.91	4.68	1	Hakkekatel	tsüklon
65	aktsiaselts Pühajärve Puhkekodu	L.ÖV/323351	Puidujäätmed	485.893	1	1	Puidukatel, restkoldega	tsüklon
66	aktsiaselts Pühajärve Puhkekodu	L.ÖV/323351	Puidujäätmed	740.607	1.5	1	Puidukatel, restkoldega	tsüklon
67	aktsiaselts RAIT	L.ÖV/318178	Puidujäätmed	1262.87	2.33	1	Puidukatel, eelkoldega	tsüklon
68	aktsiaselts RehPol	L.ÖV/326939	Puidujäätmed	118.88	0.81	1	Puidukatel, restkoldega	puudub
69	Aktsiaselts REPO VABRIKUD	L.KKL.IV-42409	Puidujäätmed	10253	10.99	4	kuivati	tsüklon
70	Aktsiaselts REPO VABRIKUD	L.KKL.IV-42409	Puidujäätmed	2489	0.94	1	Puidukatel, eelkoldega	tsüklon
71	aktsiaselts REVEKOR	L.ÖV/322323	Puiduhake	3718	3	1	Puidukatel, restkoldega	tsüklon
72	Aktsiaselts Saku Maja	L.ÖV.HA-50404	Puiduhake	7022	4.7	1	Puidukatel, restkoldega	tsüklon
73	Aktsiaselts Saku Maja	L.ÖV.HA-55151	Puidugraanulid	393.42	1.3	1	puidukatel, restkoldega	tsüklon
74	aktsiaselts SIRJE	L.ÖV/319902	Puidujäätmed	640	0.6	1	puidukatel, restkoldega	tsüklon
75	aktsiaselts Suure-Jaani Haldus	L.ÖV/323089	Puiduhake	1235	1.5	1	puidukatel, restkoldega	tsüklon
76	aktsiaselts Suure-Jaani Haldus	L.ÖV/325662	Puiduhake	1469	1.176	1	puidukatel, restkoldega	tsüklon
77	aktsiaselts Suure-Jaani Haldus	L.ÖV/325792	Puiduhake	704	0.882	1	puidukatel, restkoldega	tsüklon
78	Aktsiaselts Tarriks	L.ÖV.PM-45998	Puidujäätmed	1200	2.5	1	Puidukatel, eelkoldega	tsüklon



## BIOMASSI TUHKADES SISALDUVATE DIOKSIINIDE JA FURAANIDE UURING

	Käitaja	Keskonnala number	Kütuse nimetus	Kütuse kogus, tonnides	Nimi- soojus- võimsus sisse- antava kütuse- koguse põhjal, MWth	Katelde arv	Katlatüüp	Püüdesead
79	Aktsiaselts TECHNOMAR & ADREM	L.ÕV.HA-152002	Puiduhake	3296.06	2.35	1	Puidukatel, põletiga	tsüklon
80	Aktsiaselts TECHNOMAR & ADREM	L.ÕV.HA-152002	Puiduhake	2985.45	3.53	1	Puidukatel, põletiga	tsüklon
81	Aktsiaselts TECHNOMAR & ADREM	L.ÕV.HA-152002	Puiduhake	38.88	0.14	1	Puidukatel, põletiga	puudub
82	aktsiaselts Textuur	L.ÕV/319296	Puiduhake	7525	6.67	1	Puidukatel, eelkoldega	tsüklon
83	Aktsiaselts Tiksoja Puidugrupp	L.ÕV/321532	Puidujäätmed	275	1	1	puidukatel, restkoldega	tsüklon
	Aktsiaselts Tiksoja Puidugrupp	L.ÕV/321533	Puidujäätmed	220	0.8	1	puidukatel, restkoldega	tsüklon
84	aktsiaselts TOFTAN	L.ÕV/330550	Puiduhake	35179.72	8	1	Puidukatel, eelkoldega	tsüklon
85	aktsiaselts TOFTAN	L.ÕV/330550	Puiduhake	183.825	5	1	puidukatel, restkoldega	tsüklon
86	aktsiaselts TOFTAN	L.ÕV/330550	Puidujäätmed	348.3	5	1	puidukatel, restkoldega	tsüklon
87	Aktsiaselts Valga Ferrum	L.ÕV/328887	Puiduhake	125.496	0.495	1		tsüklon
88	aktsiaselts Viiratsi Saeveski	L.ÕV/318651	Puidujäätmed	12386	4.07	1	Puidukatel, restkoldega	tsüklon
89	aktsiaselts Viljandi Aken ja Uks	L.ÕV/321193	Puidujäätmed	906	1.2	1	Puidukatel, restkoldega	tsüklon
90	Aktsiaselts Viru-Nigula Saeveski	L.ÕV/323653	Puidujäätmed	1746	1.7	1	Puidukatel, restkoldega	tsüklon
91	Aktsiaselts Viru-Nigula Saeveski	L.ÕV/323653	Puidujäätmed	3529	2.5	1	Puidukatel, restkoldega	tsüklon
92	Aktsiaselts Virumaa Metsatööstus	L.ÕV/319917	Puidubrikett	45	0.36	1	Puidukatel, restkoldega	puudub
93	AKTSIASELTS VOKA MASIN	L.ÕV/327890	Küttepuud	140.59	0.561	4	Puidukatel, restkoldega	puudub
94	Aktsiaselts Võhma ELKO	L.ÕV/319316	Puiduhake	2793	3	2	Puidukatel, restkoldega	tsüklon

## BIOMASSI TUHKADES SISALDUVATE DIOKSIINIDE JA FURAANIDE UURING

	Käitaja	Keskonnaloa number	Kütuse nimetus	Kütuse kogus, tonnides	Nimi-soojust- võimsus sisse-antava kütuse- koguse põhjal, MWth	Katelde arv	Katlatüüp	Püüdesead
95	aktsiaselts Võru Hallid	L.ÖV/327091	Küttepuud	0	0.27	3	Puidukatel, restkoldega	puudub
96	aktsiaselts Võru Hallid	L.ÖV/327091	Küttepuud	18				
97	aktsiaselts Võru Hallid	L.ÖV/327091	Küttepuud	0				
98	Alutaguse Haldus Osaühing	L.ÖV.IV-139839	Puiduhake	879.903	1	1	Puidukatel, restkoldega	tsüklon
99	Alutaguse Haldus Osaühing	L.ÖV/325464	Puiduhake	1641.348	1.29	1	Puidukatel, restkoldega	tsüklon
100	AMV Metall OÜ	KL-508678	Küttepuud	0				
101	AMV Metall OÜ	KL-508678	Küttepuud	0				
102	Aru Grupp Aktsiaselts	L.ÖV/320525	Puiduhake	148.01	1	1		multitsüklon
103	Aru Grupp Aktsiaselts	L.ÖV/320525	Puiduhake	296	2	1		multitsüklon
104	AS E-Piim Tootmine	L.ÖV/326392	Puiduhake	11050	6	1	puidukatel, keevkihiga	elektrifilter
105	AS FINAK	L.ÖV.TM-39025	Puidujäätmed	15	0.4	1	puidukatel, restkoldega	tsüklon
106	AS GRAANUL INVEST	L.ÖV.JÄ-186413	Puidugraanulid	298.57	0.83	1	puidukatel, põletiga	tsüklon
107	AS GRAANUL INVEST	L.ÖV.JÄ-186413	Puiduhake	9317	8	1	puidukatel, eelkoldega	tsüklon
108	AS HKScan Estonia	L.KKL.HA-217156	Puidugraanulid	14	0.006	1	puidukatel, restkoldega	puudub
109	AS JUMEK	L.ÖV/319142	Puidujäätmed	360	0.98	1	puidukatel, restkoldega	tsüklon
110	AS JUMEK	L.ÖV/330257	Puidujäätmed	290	1.16	1	puidukatel, restkoldega	tsüklon
111	AS Järva Haldus	L.ÖV/322110	Puiduhake	1916	1.5	1		

## BIOMASSI TUHKADES SISALDUVATE DIOKSIINIDE JA FURAANIDE UURING

	Käitaja	Keskonnala number	Kütuse nimetus	Kütuse kogus, tonnides	Nimi- soojus- võimsus sisse- antava kütuse- koguse põhjal, MWth	Katelde arv	Katlatüüp	Püüdesead
112	AS Lääne-Nigula Varahaldus	L.ÖV/328278	Puiduhake	184	0.43	1		
113	AS Maru Metall	L.ÖV/320915	Puidugraanulid	296.998	0.67	1		multitsüklon
114	AS MO-Puit Jõgeva	L.ÖV/322259	Puidujäätmed	660	1.21	2		tsüklon
115	AS MO-Puit Jõgeva	L.ÖV/323388	Puiduhake	538	2.3	2		tsüklon
116	AS Otepää Veevärk	L.ÖV/321165	Puiduhake	3462	2.94	1		tsüklon
117	AS Palmako	L.ÖV.TM-43285	Puidujäätmed	475.92	1	1	puidukatel, restkoldega	tsüklon
118	AS Palmako	L.ÖV/319944	Puidujäätmed	79.6	0.89	1	puidukatel, eelkoldega	puudub
119	AS Palmako	L.ÖV/319944	Puidujäätmed	38.6	0.36	1	puidukatel, eelkoldega	puudub
120	AS Pinest	L.ÖV/321390	Puidujäätmed	1153.55	1.2	1	puidukatel, restkoldega	tsüklon
121	AS PUIT-PROFIIL	L.ÖV.JÕ-35667	Puiduhake	783.84	1.11	1		puudub
122	AS PUIT-PROFIIL	L.ÖV.JÕ-35667	Puiduhake	1567.68	2.78	1		tsüklon
123	AS SANWOOD	L.ÖV/325244	Puidujäätmed	775.9	1.5	1	puidukatel, restkoldega	tsüklon
	AS SANWOOD	L.ÖV/325245	Puidujäätmed	516	1	1	puidukatel, restkoldega	tsüklon
124	AS Tartu Graanul	L.ÖV/325399	Puiduhake	935.08	2	1	puidukatel, restkoldega	tsüklon
125	AS Utilitas Eesti	L.ÖV/319517	Puiduhake	14173.77	8.24	1		multitsüklon
126	AS Utilitas Eesti	L.ÖV/323401	Puiduhake	9381.69	6.09	1	Puidukatel, eelkoldega	elektrifiler, pesur
127	AS Utilitas Eesti	L.ÖV/325073	Puiduhake	4570.84	3.89	1	Puidukatel, eelkoldega	tsüklon

## BIOMASSI TUHKADES SISALDUVATE DIOKSIINIDE JA FURAANIDE UURING

	Käitaja	Keskonnala number	Kütuse nimetus	Kütuse kogus, tonnides	Nimi- soojus- võimsus sisse- antava kütuse- koguse põhjal, MWth	Katelde arv	Katlatüüp	Püüdesead
128	AS Utilitas Eesti	L.ÕV/325287	Puiduhake	8506.57	5.88	1		multitsüklon, elektrifilter
129	AS Utilitas Eesti	L.ÕV/328557	Puiduhake	18858.78	11.76	1		multitsüklon pesuriga
	AS Utilitas Eesti	L.ÕV/328557	Puiduhake	973.68	11.76	1		
	AS Utilitas Eesti	L.ÕV/328557	Puiduhake	276.06	13.13	1		
130	AS Utilitas Eesti	L.ÕV/329761	Puiduhake	16125.43	8.24	1		multitsüklon kondenseerimise seadmega
131	AS Utilitas Tallinn	KKL-506902	Puiduhake	128657.59	22.17	2		elektrifilter
132	AS VIREEN	L.KKL.LV-54040	Küttepuud	14	4.4	1		multitsüklon
133	Atria Eesti Aktsiaselts	L.ÕV/322906	Puiduhake	1910.644	2.3	1	puidukatel, restkoldega	tsüklon
134	Atria Farmid OÜ	L.KKL.JÕ-173757	Puidujäätmed	81.3	1	1	puidukatel, restkoldega	tsüklon
135	Atria Farmid OÜ	L.ÕV/322386	Puidujäätmed	189	1	1	puidukatel, restkoldega	tsüklon
136	AUDES LLC OÜ	KL-509761	Puidujäätmed	6.09	0.03	1		
137	AUTO VÕRU AS	L.ÕV/319157	Küttepuud	0	0.44	1	puidukatel, restkoldega	puudub
138	Baltic Interior OÜ	L.ÕV/325937	Puidubrikett	2.88	0.07	1		puudub
139	Baltic Steelarc OÜ	L.ÕV/328245	Küttepuud	32	0.53	1		
140	Baltic Workboats AS	L.ÕV/326160	Küttepuud	81.909	0.111	1		
141	Baltic Workboats AS	L.ÕV/326160	Küttepuud	81.909	0.111	1		
142	Baltic Workboats AS	L.ÕV/326160	Küttepuud	81.909	0.111	1		

## BIOMASSI TUHKADES SISALDUVATE DIOKSIINIDE JA FURAANIDE UURING

	Käitaja	Keskkonnala number	Kütuse nimetus	Kütuse kogus, tonnides	Nimi- soojus- võimsus sisse- antava kütuse- koguse põhjal, MWth	Katelde arv	Katlatüüp	Püüdesead
143	BD Design AS	L.ÖV/300647	Küttepuud	42.2	1	1		
144	Benita Kodu AS	L.ÖV/322953	Puidugraanulid	211.01	0.3	1	Puidukatel, restkoldega	tsüklon
145	Bennet Puit OÜ	L.ÖV/320250	Puiduhake	6.4	0.075	1	Puidukatel, restkoldega	puudub
146	Busland OÜ	L.ÖV/331267	Puidugraanulid	86.9	0.266	1	Puidukatel, restkoldega	puudub
147	Busland OÜ	L.ÖV/331267	Puiduhake	0	0.1	1	Puidukatel, restkoldega	puudub
148	Combimill Reopalu OÜ	L.ÖV.JÄ-133049	Puidujäätmed	18250	7.5	1	Puidukatel, restkoldega	tsüklon
149	Combimill Sakala OÜ	L.ÖV.VI-45915	Puiduhake	4804.016	2.8	1		multitsüklon
150	Combimill Sakala OÜ	L.ÖV.VI-45915	Puiduhake	5281.984	3.5	1		multitsüklon
151	Combimill Sakala OÜ	L.ÖV.VI-45915	Puidujäätmed	632.2	4.05	1		multitsüklon
152	Composite Plus OÜ	L.ÖV/329195	Puidugraanulid	13.5	0.12	1	puidukatel, restkoldega	tsüklon
153	Danpower Eesti AS	L.ÖV/300564	Puidujäätmed	20974	12.35	1		multitsüklon, suitsugaaside kondensaator
	Danpower Eesti AS	L.ÖV/300564	Puidujäätmed	8735	7.06			
154	Danpower Eesti AS	L.ÖV/321388	Puidujäätmed	1,207	1.6	1	puidukatel, eelkoldega	tsüklon
155	Danpower Eesti AS	L.ÖV/325932	Puidujäätmed	859	1.11	1		
156	Danspin AS	L.ÖV/319732	Puidugraanulid	2694.589	5	1	puidukatel, restkoldega	puudub
157	Ecopellet OÜ	L.ÖV/329572	Puidujäätmed	25	1.5	1	puidukatel, eelkoldega	puudub
158	EF Production OÜ	L.ÖV/321822	Puiduhake	2.40	0.35	1		

## BIOMASSI TUHKADES SISALDUVATE DIOKSIINIDE JA FURAANIDE UURING

	Käitaja	Keskkonnala number	Kütuse nimetus	Kütuse kogus, tonnides	Nimi- soojus- võimsus sisse- antava kütuse- koguse põhjal, MWth	Katelde arv	Katlatüüp	Püüdesead
159	Elen PT OÜ	L.ÖV/327479	Puiduhake	4.4	0.11	1	puidukatel, restkoldega	puudub
160	Enefit Green AS	KKL-508826	Puiduhake	370.884	8.6	1		multitsüklon
161	Enefit Green AS	KKL-508826	Puiduhake	25095.049	12.6	1		elektrifilter
162	Enefit Green AS	KKL-508826	Puiduhake	5659.642	8.6	1		multitsüklon, pesur
163	Enefit Power AS	KKL/324417	Puiduhake	370078.4	680	1	keevkihtkatel	elektrifilter
164	Enefit Power AS	L.KKL.IV-137279	Puiduhake	175532.2	275	2	keevkihtkatel	elektrifilter
165	Enefit Power AS	L.KKL.IV-172516	Puiduhake	61577.32	275	2	keevkihtkatel	elektrifilter
166	Ermo Sepa talu	L.ÖV/326441	Puiduhake	600	0.3	1	põlevkivikatel, restkoldega	puudub
167	Espak AS	L.ÖV.HA-52754	Puidujäätmed	5	0.2	1	puidukatel, restkoldega	puudub
168	Estonian Plywood AS	L.ÖV/332454	Puidujäätmed	13218.670	8.825	2	puidukatel, põletiga	elektrifilter
169	Estonian Window OÜ	L.ÖV/325909	Puiduhake	0	0.056	1	puidukatel, restkoldega	puudub
170	FLEXA EESTI AKTSIASELTS	L.ÖV/323868	Puiduhake	359.273	1.7	1		multitsüklon
171	FLEXA EESTI AKTSIASELTS	L.ÖV/323868	Puiduhake	200	2.775	1		multitsüklon
172	FLEXA EESTI AS	L.ÖV/321893	Puiduhake	524.88	1.75	1	puidukatel, restkoldega	tsüklon
173	Gomab OÜ	KL-511997	Puiduhake	736	5.5	1		
174	Gomab OÜ	L.KKL.VA-46945	Puiduhake	559	5.5	1	puidukatel, restkoldega	tsüklon
175	Gren Eesti AS	KKL/318381	Puiduhake	236450.4	76	1	keevkihtkatel	elektrifilter

## BIOMASSI TUHKADES SISALDUVATE DIOKSIINIDE JA FURAANIDE UURING

	Käitaja	Keskonnaloa number	Kütuse nimetus	Kütuse kogus, tonnides	Nimi-soojustõivõimsus sisseantava kütusekoguse põhjal, MWth	Katelde arv	Katlatüüp	Püüdesead
176	Gren Eesti AS	L.ÕV.PM-44106	Puiduhake	0	5.176	1		multitsüklon
177	Haapsalu Uksetehase Aktsiaselts	L.ÕV/322233	Puidujäätmed	194.8	0.944	1	puidukatel, restkoldega	tsüklon
178	Haapsalu Uksetehase Aktsiaselts	L.ÕV/322233	Puidujäätmed	170.1	0.889	1	puidukatel, restkoldega	tsüklon
179	Haljala Soojus AS	L.ÕV/319916	Puiduhake	1709.1	1.5	1	puidukatel, restkoldega	tsüklon
180	HALVER MÖÖBEL OÜ	L.ÕV/321821	Puidugraanulid	26	0.295	1	puidukatel, restkoldega	puudub
181	Helland Baltic OÜ	L.ÕV/325782	Puidujäätmed	143	0.7	1	puidukatel, keevkihiga	tsüklon
182	Imavere Energia OÜ	L.ÕV/326748	Puiduhake	153116	24	2	puidukatel, restkoldega	elektrifilter
183	ITT Capital OÜ	L.ÕV/329643	Puiduhake	1.440	0.24	1	puidukatel, põletiga	tsüklon
184	JELD-WEN EESTI AS	KKL/320485	Puiduhake	2896	4	1		multitsüklon
185	JELD-WEN EESTI AS	KKL/320485	Puiduhake	616	4	1		elektrifilter
186	JK OTSA TALU OSAÜHING	KKL/300553	Puidugraanulid	52	0.1	1		
187	JK OTSA TALU OSAÜHING	KKL/300553	Puidugraanulid	7.92	0.032	1		
188	Järvakandi Puidutehas OÜ	L.ÕV/321182	Puidujäätmed	640	0.8	1	Puidukatel, restkoldega	puudub
189	Kadrina vald, Hulja alevik, Tõnismäe tee 16, Tõnismäe tee 19, Tõnismäe tee 20, Tõnismäe tee 21, Tõnismäe tee 22, Tõnismäe tee 23 korteriühistu	PHRR/330474	Küttepuud	535	0.56	2	Puidukatel, restkoldega	puudub

## BIOMASSI TUHKADES SISALDUVATE DIOKSIINIDE JA FURAANIDE UURING

	Käitaja	Keskonnalaola number	Kütuse nimetus	Kütuse kogus, tonnides	Nimi-soojust- või sisse-antava kütuse- koguse põhjal, MWth	Katelde arv	Katlatüüp	Püüdesead
190	Kapa Puit OÜ	L.ÖV/324971	Puidujäätmed	0	0.85	1	Puidukatel, restkoldega	tsüklon
191	KASKA-LUIGA OÜ	L.KKL.PÕ-187785	Küttepuud	23.32	0.03	1	puidukatel, põletiga	puudub
192	KEHTNA MÕISA osaühing	L.KKL.RA-165045	Puiduhake	11	0.057	1	Puidukatel, restkoldega	puudub
193	KEHTNA MÕISA osaühing	L.KKL.RA-165045	Puiduhake	26	0.1	1	Puidukatel, restkoldega	puudub
194	Koriks-Fiiber OÜ	L.ÖV/326009	Puidugraanulid	44.3	0.35	1	Puidukatel, restkoldega	puudub
195	KROONIPUU OÜ	L.ÖV/326647	Puiduhake	1500	1.9	1		multitsüklon
196	KROONIPUU OÜ	L.ÖV/326647	Puiduhake	1000	0.95	1		multitsüklon
197	Kõljala Põllumajanduslik osaühing	KKL/318105	Küttepuud	37.5	0.07	1		
198	Kärla Põllumajandusühistu	KKL/318315	Küttepuud	95	0.15	1		
199	Laesti AS	L.ÖV/328047	Puidujäätmed	3956	4.5	1	puidukatel, eelkoldega	tsüklon
200	Laulasmaa Invest OÜ	L.ÖV/321493	Puidugraanulid	549.31	0.82	1	puidukatel, põletiga	tsüklon, multitsüklon
201	Liistuvabrik OÜ	L.ÖV.TM-45367	Puidujäätmed	1037	1	1		tsüklon
202	Liu Paat OÜ	L.ÖV/321017	Küttepuud	13	0.75	1	puidukatel, restkoldega	puudub
203	LSO Sisustus OÜ	KL-512512	Küttepuud	3.2	0.167	1		
204	Luu Metsanduskool	L.ÖV/320290	Küttepuud	1079.51	1	2	puidukatel, restkoldega	puudub
205	M ja P NURST AS	L.ÖV.HI-140447	Küttepuud	0	0.3	1	puidukatel, restkoldega	puudub
206	Matec Eesti OÜ	L.ÖV/317446	Puiduhake	380	1.18	1	puidukatel, restkoldega	tsüklon



## BIOMASSI TUHKADES SISALDUVATE DIOKSIINIDE JA FURAANIDE UURING

	Käitaja	Keskkonnala number	Kütuse nimetus	Kütuse kogus, tonnides	Nimi- soojus- võimsus sisse- antava kütuse- koguse põhjal, MWth	Katelde arv	Katlatüüp	Püüdesead
207	Meriste Puit OÜ	L.ÖV/329129	Puidujäätmed	18	1.18	1	puidukatel, restkoldega	tsüklon
208	Metsahake OÜ	L.ÖV/326822	Puiduhake	720	1.5	1		tsüklon
209	MG piima invest OÜ	L.ÖV/325461	Puiduhake	2573	3	1	puidukatel, restkoldega	tsüklon
210	MPK Teenused OÜ	L.ÖV.PÕ-42492	Puidujäätmed	4.5	0.05	1	puidukatel, restkoldega	puudub
211	MPK Teenused OÜ	L.ÖV.PÕ-42492	Puidujäätmed	6.4	0.15	1	puidukatel, restkoldega	puudub
212	MPK Teenused OÜ	L.ÖV.PÕ-42492	Puidujäätmed	301	1.2	1	puidukatel, restkoldega	tsüklon
213	Muhu Vallavalitsus	L.ÖV/320580	Puiduhake	750	0.75	1	puidukatel, eelkolega	tsüklon
214	Multimek Baltic OÜ	L.ÖV/330921	Puiduhake	80.598	0.5	1		
	Multimek Baltic OÜ	L.ÖV/330921	Puiduhake	30	0.2	1		
215	Mustvee Linnavara Osaühing	L.ÖV/321150	Puiduhake	1190	0.8	2	puidukatel, restkoldega	puudub
216	Mustvee Vallavalitsus	L.ÖV/300754	Puiduhake	1249	1.3	1	puidukatel, restkoldega	tsüklon
217	Mustvee Vallavara	L.ÖV.JÕ-156941	Küttepuud	398	1	1		
218	Mööblivärk OÜ	L.ÖV/328243	Puiduhake	25	0.095	1	puidukatel, restkoldega	puudub
219	N.R. Energy Osaühing	KL-506839	Puiduhake	1807	0.99	1		
220	N.R. Energy Osaühing	L.ÖV.LV-173558	Puiduhake	15929.95	8.05	1		
221	N.R. Energy Osaühing	L.ÖV.LV-175424	Puiduhake	7169	3.53	1		
222	N.R. Energy Osaühing	L.ÖV.TM-52739	Puiduhake	765	0.99	1		multitsüklon

## BIOMASSI TUHKADES SISALDUVATE DIOKSIINIDE JA FURAANIDE UURING

	Käitaja	Keskonnala number	Kütuse nimetus	Kütuse kogus, tonnides	Nimi- soojus- võimsus sisse- antava kütuse- koguse põhjal, MWth	Katelde arv	Katlatüüp	Püüdesead
223	N.R. Energy Osaühing	L.ÖV/300308	Puiduhake	787.4	1	1	puidukatel, restkoldega	tsüklon
224	N.R. Energy Osaühing	L.ÖV/322230	Puiduhake	929.4	1.95	1	puidukatel, restkoldega	tsüklon
225	N.R. Energy Osaühing	L.ÖV/324430	Puiduhake	845	1.5	1		puudub
226	N.R. Energy Osaühing	L.ÖV/324438	Puiduhake	1031.8	1.5	1	puidukatel, restkoldega	tsüklon
227	N.R. Energy Osaühing	L.ÖV/325397	Puiduhake	2854.96	2	1	puidukatel, eelkoldega	tsüklon
228	N.R. Energy Osaühing	L.ÖV/325506	Puiduhake	1922.83	1.5	1	turbakatel, eelkoldega	tsüklon
229	N.R. Energy Osaühing	L.ÖV/325523	Puiduhake	2158.24	2	1	turbakatel, eelkoldega	puudub
230	Nefab Packaging OÜ	L.ÖV/321572	Puidujäätmed	630	1	1	puidukatel, restkoldega	tsüklon
231	Nevel Eesti OÜ	203686	Puidugraanulid	17	0.85	1		multitsüklon
232	Nevel Eesti OÜ	203686	Puiduhake	338				
233	Nevel Eesti OÜ	L.ÖV/318020	Puiduhake	727.7	4.43	1		multitsüklon
234	Nevel Eesti OÜ	L.ÖV/322475	Puiduhake	883.2	1.18	1		multitsüklon
235	Nevel Eesti OÜ	L.ÖV/324581	Puiduhake	304.8	1.176	1		
236	Nevel Eesti OÜ	L.ÖV/324581	Puiduhake	1,108	3.53	1		
237	Nevel Eesti OÜ	L.ÖV/326023	Puiduhake	371.4	2.955	1		
238	Nevel Eesti OÜ	L.ÖV/326023	Puiduhake	1646.6	2.955	1		
239	Nevel Eesti OÜ	L.ÖV/329002	Puiduhake	2348.8	5.02	1		
240	Nevel Eesti OÜ	L.ÖV/329515	Puiduhake	157	3.353	1		
241	NOAROOTSI SOOJUS OÜ	L.ÖV/318340	Puiduhake	27.3	1.25	1	Puidukatel, restkoldega	tsüklon

## BIOMASSI TUHKADES SISALDUVATE DIOKSIINIDE JA FURAANIDE UURING

	Käitaja	Keskonnala number	Kütuse nimetus	Kütuse kogus, tonnides	Nimi- soojus- võimsus sisse- antava kütuse- koguse põhjal, MWth	Katelde arv	Katlatüüp	Püüdesead
242	Nopri talu	L.ÕV/333915	Puiduhake	159	0.122	1	Puidukatel, restkoldega	puudub
243	Nordic Fibreboard Ltd Osaühing	L.ÕV/333672	Puiduhake	15057.4	8.2	1		
	Nordic Fibreboard Ltd Osaühing	L.ÕV/333672	Puiduhake	8543.4	8.235	1		multitsüklon
244	Näpi Metall Osaühing	L.ÕV/329277	Puidugraanulid	12	0.059	1	puidukatel, restkoldega	puudub
245	Oniar OÜ	L.ÕV/329144	Puidugraanulid	113	0.15	1	puidukatel, restkoldega	puudub
246	Osaühing 4x4	L.ÕV/326573	Puiduhake	8	0.05	1	puidukatel, restkoldega	puudub
247	osaühing "Perepuit"	L.ÕV/323322	Puiduhake	68	0.6	1	puidukatel, eelkoldega	tsüklon
248	Osaühing AHTIMA	L.ÕV/322948	Puiduhake	1177.08	2	1	puidukatel, põletiga	tsüklon
249	Osaühing Alaric	L.ÕV/331097	Küttepuud	8.8	0.108	6	puidukatel, eelkoldega	puudub
250	Osaühing ALFRINA	L.ÕV.IV-128459	Puidujäätmed	140	1	1	puidukatel, restkoldega	tsüklon
251	osaühing ATORAT	L.ÕV/328974	Puiduhake	531	0.6	1	puidukatel, restkoldega	tsüklon
252	OSAÜHING BIRGER	L.ÕV/327686	Puiduhake	635	1.15	1		multitsüklon
253	Osaühing Combiwood	L.ÕV/318586	Puidujäätmed	196	2.33	1	puidukatel, restkoldega	tsüklon
254	Osaühing Delux	L.ÕV/322048	Puidugraanulid	89.9	0.7	1	puidukatel, restkoldega	tsüklon
255	Osaühing Dold Puidutööstus	L.ÕV/321778	Puidujäätmed	2289	3.37	1	puidukatel, keevkihiiga	tsüklon
256	osaühing Eesti Höövelliist	L.ÕV/320323	Puiduhake	396	0.85	1	puidukatel, restkoldega	tsüklon
257	osaühing Eesti Höövelliist	L.ÕV/325284	Puidujäätmed	730	1.5	1	puidukatel, restkoldega	tsüklon

## BIOMASSI TUHKADES SISALDUVATE DIOKSIINIDE JA FURAAINIDE UURING

	Käitaja	Keskonnalaola number	Kütuse nimetus	Kütuse kogus, tonnides	Nimi-sooju- võimsus sisse- antava kütuse- koguse põhjal, MWth	Katelde arv	Katlatüüp	Püüdesead
258	osaühing Elva Soojus	KL-513359	Puiduhake	55.2	0.966	1		
259	osaühing Elva Soojus	L.ÖV.TM-136286	Puidujäätmed	1107.45	1.3	1	puidukatel, restkoldega	tsüklon
260	osaühing Elva Soojus	L.ÖV.TM-192937	Puidujäätmed	3642.05	3	1	puidukatel, restkoldega	tsüklon
261	osaühing Falaris Puit	L.ÖV/318018	Puidujäätmed	71.25	0.8	1	puidukatel, restkoldega	puudub
262	Osaühing Grenster	L.ÖV/323375	Puidugraanulid	46.243	0.5	1	puidukatel, restkoldega	puudub
263	osaühing H&P Trepp	KL-512433	Küttepuud	6	0.1	1		
264	osaühing HOBBITON	L.ÖV/320984	Puidujäätmed	60	0.47	1	puidukatel, restkoldega	puudub
265	osaühing Härjanurme Mõis	L.KKL.JÕ-173736	Puiduhake	2.5	0.11	1		
266	osaühing JÄNEDA PUIT	L.ÖV/324440	Puidujäätmed	66	0.582	1	puidukatel, eelkoldega	tsüklon
267	Osaühing KAUBI FARMID	KKL/300274	Puidugraanulid	70	0.14	2		
268	Osaühing KAUBI FARMID	KKL/300274	Puidugraanulid	37	0.14	1		
269	osaühing KENADRON	L.ÖV.TM-200827	Puidujäätmed	488.565	1.5	1	puidukatel, restkoldega	tsüklon
270	Osaühing Lihula Soojus	L.ÖV/319385	Puiduhake	24	1.8	1	puidukatel, restkoldega	tsüklon
271	Osaühing Lindvart	L.ÖV/323405	Puidubrikett	19	0.07	1	puidukatel, restkoldega	puudub
272	osaühing Mangeni PM	KKL/317821	Puiduhake	1100	0.15	1	puidukatel, eelkoldega	puudub
273	Osaühing MUVOR	L.ÖV/321876	Küttepuud	36.5	0.09	1		
274	Osaühing NOVARA	L.ÖV/329900	Puiduhake	9	0.141	1	puidukatel, eelkoldega	puudub

## BIOMASSI TUHKADES SISALDUVATE DIOKSIINIDE JA FURAANIDE UURING

	Käitaja	Keskkonnanaloa number	Kütuse nimetus	Kütuse kogus, tonnides	Nimi-soojust- võimsus sisse-antava kütuse- koguse põhjal, MWth	Katelde arv	Katlatüüp	Püüdesead
275	Osaühing NOVARA	L.ÖV/329900	Puiduhake	48	0.411	1	puidukatel, eelkoldega	puudub
276	Osaühing NOVARA	L.ÖV/329900	Puiduhake	36	0.352	1	puidukatel, eelkoldega	puudub
277	Osaühing NOVARA	L.ÖV/329900	Puiduhake	60	0.588	1	puidukatel, eelkoldega	puudub
278	osaühing NÕO LIHATÖÖSTUS	L.ÖV/318822	Puiduhake	4.68	0.003	6	suitsuahi	puudub
279	Osaühing Oja Puit	L.ÖV/319078	Puidujäätmed	240	0.8	1		
280	Osaühing Osula Graanul	L.ÖV/325676	Puidugraanulid	154	1	1		multitsüklon
281	Osaühing Osula Graanul	L.ÖV/325676	Puiduhake	25807.75	27.8	1	trummelkuivati	tsüklon
282	Osaühing Parila Klaas	L.ÖV/317254	Küttepuud	55	0.04	1	Puidukatel, restkoldega	puudub
283	osaühing PEETRI PUIT	L.ÖV/317424	Puidujäätmed	821	1.87	1	Puidukatel, restkoldega	tsüklon
284	osaühing PEETRI PUIT	L.ÖV/317424	Puidujäätmed	515	2.874	1	Puidukatel, restkoldega	tsüklon
285	Osaühing Piistaoja Katsetalu	KKL/318312	Küttepuud	40	0.027	1	bullerjaan	
286	Osaühing Piistaoja Katsetalu	KKL/318312	Küttepuud	0	0.014	1		
287	Osaühing Procom Investeeringud	L.ÖV/319059	Puiduhake	2668.57	1.65	1	puidukatel, restkoldega	tsüklon
288	Osaühing Puidukoda	KL-513135	Puiduhake	20	0.556	1		multitsüklon
289	Osaühing Puit	L.ÖV.PM-162544	Puidujäätmed	135	0.935	1	puidukatel, põletiga	tsüklon
290	osaühing Põrguvälja Soojus	L.ÖV/318858	Puiduhake	2000	1.5	1		multitsüklon, elektrifilter
291	osaühing Põrguvälja Soojus	L.ÖV/318858	Puiduhake	4144	6	1		multitsüklon, elektrifilter

## BIOMASSI TUHKADES SISALDUVATE DIOKSIINIDE JA FURAAINIDE UURING

	Käitaja	Keskonnalaola number	Kütuse nimetus	Kütuse kogus, tonnides	Nimi-soojust- võimsus sisse-antava kütuse- koguse põhjal, MWth	Katelde arv	Katlatüüp	Püüdesead
292	Osaühing Rainert RL	L.ÖV/320089	Puiduhake	18	0.58	1	puidukatel, restkoldega	puudub
293	Osaühing Rapsak Grupp	L.ÖV/326822	Puiduhake	635	1.5	1	puidukatel, restkoldega	tsüklon
294	Osaühing Roela Soojus	L.ÖV.LV-139185	Puiduhake	275.952	1.38	1	puidukatel, restkoldega	tsüklon, multitsüklon
295	osaühing Saimre	KKL/300663	Puidugraanulid	100	0.8	1		
296	Osaühing SF Pandivere	KKL/184855	Puiduhake	24	0.25	1		
297	Osaühing SF Pandivere	L.ÖV/325826	Küttepuud	12	0.027	1	puidukatel, restkoldega	puudub
298	Osaühing Stenmarein	L.ÖV/327494	Küttepuud	7.8	0.028	1		
299	Osaühing SuFe	L.ÖV/322516	Puiduhake	525	0.7	1	puidukatel, restkoldega	tsüklon
300	Osaühing Suitsu Suurtalu	L.ÖV/300634	Puiduhake	150	0.56	1	puidukatel, restkoldega	tsüklon
301	Osaühing Surju PM	KKL/317445	Küttepuud	3	0.11	1	puidukatel, restkoldega	puudub
302	osaühing Säätke	L.ÖV/327438	Puiduhake	218	0.72	1	puidukatel, restkoldega	tsüklon
303	Osaühing Taagepera Loss	L.ÖV/318281	Puiduhake	142.6	0.872	1	puidukatel, restkoldega	tsüklon
304	Osaühing TAPA MILL	L.ÖV/321809	Puidujäätmed	650	0.6	1	puidukatel, restkoldega	tsüklon
305	Osaühing TEAMWOOD	L.ÖV/321090	Puiduhake	1288.92	2	1	puidukatel, restkoldega	puudub
306	osaühing Tene Kaubandus	ÖL-32-2	Puiduhake	134	0.34	1	puidukatel, restkoldega	tsüklon
307	Osaühing Terasman	L.ÖV/330997	Puiduhake	14.001	0.1	1	puidukatel, restkoldega	tsüklon
308	Osaühing TNC-Components	L.ÖV/327164	Puiduhake	1070	1	1	puidukatel, põletiga	tsüklon, multitsüklon

## BIOMASSI TUHKADES SISALDUVATE DIOKSIINIDE JA FURAANIDE UURING

	Käitaja	Keskkonnala number	Kütuse nimetus	Kütuse kogus, tonnides	Nimi- soojus- võimsus sisse- antava kütuse- koguse põhjal, MWth	Katelde arv	Katlatüüp	Püüdesead
309	osaühing VAKS	L.ÖV/327124	Puiduhake	1235	1.25	1	puidukatel, restkoldega	tsüklon
310	Osaühing VALDEPOL	L.ÖV/332175	Puiduhake	72	0.353	1	puidukatel, eelkoldega	puudub
311	Osaühing Valge VN	L.ÖV/325746	Puiduhake	440	1.86	1	puidukatel, restkoldega	tsüklon
312	Osaühing Valmos	L.ÖV/324894	Puiduhake	6674.153	4.444	1	puidukatel, restkoldega	tsüklon
313	Osaühing Valmos	L.ÖV/324894	Puiduhake	2326.372	5.168	1	puidukatel, restkoldega	tsüklon
314	Osaühing VELKO AV	L.ÖV.HA-47586	Puidugraanulid	154.6	0.4	1	puidukatel, põletiga	puudub
315	osaühing Vesset	L.ÖV/323342	Puidujäätmed	520	0.814	1	puidukatel, restkoldega	puudub
316	Osaühing VETIKU S.T.	KKL/300549	Puidugraanulid	10	0.05	1		
317	osaühing Võru Seeder	L.ÖV/331355	Küttepuud	53	0.36	1	puidukatel, restkoldega	puudub
318	Osaühing Väluste PL	KKL/322102	Puiduhake	6	0.3	1	põlevkivikatel, põletiga	tsüklon
319	Osaühing Väluste PL	KKL/322102	Puiduhake	0	0.3	1		
320	OSAÜHING VÄRSKA LAHT	KL-509665	Puiduhake	78.6	1.67	1		tsüklon
321	Osula Energia OÜ	L.ÖV/325712	Puiduhake	168858	23.85	2	Puidukatel, restkoldega	Elektrifilter
322	OÜ ABRIS	L.ÖV/325514	Küttepuud	185.1	0.68	1	Puidukatel, restkoldega	puudub
323	OÜ AIU PÖLLUMAJANDUS	L.KKL.TM-184693	Puidugraanulid	83.92	0.15	1		
324	OÜ AP PUIT	L.ÖV/300341	Puidujäätmed	40	0.35	1	Puidukatel, restkoldega	puudub
325	OÜ Balti Spoon	L.ÖV/300189	Puiduhake	14275	16.39	1	Puidukatel, restkoldega	tsüklon

## BIOMASSI TUHKADES SISALDUVATE DIOKSIINIDE JA FURAANIDE UURING

	Käitaja	Keskonnala number	Kütuse nimetus	Kütuse kogus, tonnides	Nimi- soojus- võimsus sisse- antava kütuse- koguse põhjal, MWth	Katelde arv	Katlatüüp	Püüdesead
326	OÜ Colspo	L.ÖV/3253100.751	Puidujäätmed	200	0.75	1	Puidukatel, restkoldega	tsüklon
327	OÜ Densel Baltic	KL-513711	Puidugraanulid	19.55	0.152	1		
328	OÜ DISEKT ST	L.ÖV/322529	Puidubrikett	24.27	0.1	1	Puidukatel, restkoldega	puudub
329	OÜ Ebavere Graanul	L.ÖV/300300	Puidugraanulid	308.41	0.25	1	puidukatel, põletiga	tsüklon
330	OÜ Ebavere Graanul	L.ÖV/300300	Puiduhake	23998	7.5	1	puidukatel, põletiga	tsüklon
331	OÜ EKSIIV	L.ÖV/322892	Puiduhake	475.6	0.9	1	Puidukatel, restkoldega	tsüklon
332	OÜ Helme Energia	L.ÖV/320672	Puiduhake	96278	24.8	1	keevkihtkatel	elektrifilter
333	OÜ Helme Graanul	L.ÖV/317447	Puidugraanulid	68.1	1.79	1	puidukatel, põletiga	tsüklon
334	OÜ Helme Graanul	L.ÖV/317447	Puiduhake	6512.36	13.3	1	puidukatel, eelkoldega	tsüklon
	OÜ Helmetal IMS	L.ÖV/320551	Küttepuud	115.5	0.3	1		puudub
335	OÜ Helmetal IMS	L.ÖV/320551	Küttepuud	38.5	0.1	1	puidukatel, restkoldega	puudub
336	OÜ Ikomet	L.ÖV/326552	Küttepuud	9.35	0.2	1	puidukatel, restkoldega	puudub
337	OÜ Insel Woodhouse	L.ÖV/328648	Puiduhake	682	2.15	1	puidukatel, eelkoldega	tsüklon
338	OÜ Kiilung	KL-510098	Puidugraanulid	112	0.34	1		multitsüklon
339	OÜ Kohila Vineer	L.ÖV.RA-57395	Puiduhake	12817	15.05	1		multitsüklon
340	OÜ KUIVAJÕE FARMER	KKL/320195	Küttepuud	19.3	0.1	1		
341	OÜ KURE MÕIS	L.KKL.TM-170711	Puiduhake	10	0.12	1		



## BIOMASSI TUHKADES SISALDUVATE DIOKSIINIDE JA FURAANIDE UURING

	Käitaja	Keskkonnala number	Kütuse nimetus	Kütuse kogus, tonnides	Nimi- soojus- võimsus sisse- antava kütuse- koguse põhjal, MWth	Katelde arv	Katlatüüp	Püüdesead
342	OÜ Kuusalu Soojus	L.ÖV/300206	Puiduhake	1259	1.3	1	puidukatel, restkoldega	tsüklon
343	OÜ Kuusalu Soojus	L.ÖV/317245	Puiduhake	1359	1.5	1	puidukatel, restkoldega	tsüklon
344	OÜ Nerilon	L.ÖV/322701	Puidujäätmed	230	1.4	1	puidukatel, restkoldega	tsüklon, multitsüklon
345	OÜ Neveri	L.ÖV/321123	Puidujäätmed	1031.74	1.57	1		tsüklon
346	OÜ Paalimäe	L.ÖV.TM-157706	Puidujäätmed	70	0.6	1	puidukatel, restkoldega	tsüklon
347	OÜ Pae Farmer	L.KKL.RA-164670	Küttepuud	11.6	0.035	1		
348	OÜ Palmse Mehaanikakoda	L.ÖV/326959	Puidugraanulid	0	0.29	1	puidukatel, restkoldega	puudub
349	OÜ Pinska	KL-506925	Puidujäätmed	89.7	0.24	1		
350	OÜ Pinska	KL-507865	Puidujäätmed	24.155	0.29	1		
351	OÜ Piso-Puit	L.ÖV/320701	Puiduhake	285	1.176	1	puidukatel, põletiga	tsüklon
352	OÜ Puuslik	L.ÖV/325340	Puidujäätmed	7.5	0.15	2	puidukatel, restkoldega	tsüklon
353	OÜ Ridas Yacht & Composites	KL-509182	Küttepuud	0	0.2	1		
354	OÜ Ridas Yacht & Composites	KL-509182	Küttepuud	0	0.08	1		
355	OÜ RONI REM	L.ÖV/319293	Puidujäätmed	935	3	1	puidukatel, eelkoldega	puudub
356	OÜ Sangaste Mõis	L.ÖV/321764	Puiduhake	313	1.05	1	puidukatel, restkoldega	tsüklon
357	OÜ Saru Lauavabrik	L.ÖV/332042	Puidujäätmed	314	1.65	1		tsüklon, multitsüklon
358	OÜ SILEEM	L.ÖV/319453	Puidujäätmed	244	1.4	1	puidukatel, keevkihiga	puudub

## BIOMASSI TUHKADES SISALDUVATE DIOKSIINIDE JA FURAANIDE UURING

	Käitaja	Keskonnala number	Kütuse nimetus	Kütuse kogus, tonnides	Nimi- soojus- võimsus sisse- antava kütuse- koguse põhjal, MWth	Katelde arv	Katlatüüp	Püüdesead
359	OÜ Thermoarena	L.ÖV/323956	Puidujäätmed	45.9	0.73	1	puidukatel, restkoldega	puudub
360	OÜ UMMACAR AUTO	L.ÖV/327826	Küttepuud	1.760	0.045	1	puidukatel, restkoldega	puudub
361	OÜ Utilitas Tallinna Elektrijaam	L.KKL.HA-162843	Puiduhake	168343.56	82	1	keevkihtkatel	elektrifilter
362	OÜ Utilitas Tallinna Elektrijaam	KKL/327404	Puiduhake	253580.26	29	3	puidukatel, restkoldega	elektrifilter
363	OÜ Vara Saeveski	L.ÖV.TM-157707	Puiduhake	14137.15	6.67	1		elektrifilter
364	OÜ Vindor	L.ÖV/327737	Puiduhake	215	2	1	puidukatel, restkoldega	tsüklon
365	PRIVATE PROJECT OÜ	L.ÖV/330739	Küttepuud	25.7	0.25	1	puidukatel, restkoldega	puudub
366	Puit - Iisaku OÜ	L.ÖV/319819	Puidujäätmed	30	0.8	1	puidukatel, restkoldega	puudub
367	Puurmani Soojus OÜ	L.ÖV/325344	Puiduhake	172.5	0.5	1	Puidukatel, restkoldega	tsüklon
368	PÕLVA WOOD OÜ	L.ÖV.PÕ-42496	Puiduhake	45	1.6	1	Puidukatel, restkoldega	tsüklon
369	Rakvere Metsamajand AS	L.ÖV/321577	Puidujäätmed	0	0.6	1	Puidukatel, restkoldega	tsüklon
370	Retlar OÜ	KL-513799	Puiduhake	14.4	0.222	1		
371	Retlar OÜ	KL-513799	Puiduhake	7	0.103	1		
372	Ritsu Loghomes OÜ	KL-508458	Puidujäätmed	325	1.25	2		tsüklon
373	Saare Yachts OÜ	L.ÖV/300347	Puidugraanulid	16.09	0.125	1		
	Saare Yachts OÜ	L.ÖV/300348	Puidugraanulid	34	0.25	1		
374	Saimre Seakasvatuse Osühing	KKL-505857	Küttepuud	4.6	0.125	1	Puidukatel, restkoldega	puudub

## BIOMASSI TUHKADES SISALDUVATE DIOKSIINIDE JA FURAANIDE UURING

	Käitaja	Keskonnala number	Kütuse nimetus	Kütuse kogus, tonnides	Nimi- soojus- võimsus sisse- antava kütuse- koguse põhjal, MWth	Katelde arv	Katlatüüp	Püüdesead
375	Saimre Seakasvatuse Osaühing	KKL/317250	Puiduhake	152	0.5	1		
376	Sigwar OÜ	L.ÖV/324895	Küttepuud	14	0.17	1	Puidukatel, restkoldega	puudub
377	Sihtasutus Kõue Varahaldus	L.ÖV/300288	Puiduhake	1465.9	1.5	1	Puidukatel, restkoldega	tsüklon
378	Silpower Aktsiaselts	L.KKL.IV-197728	Puiduhake	80039.643	31.2	1	Puidukatel, restkoldega	elektrifilter
379	Silpower Aktsiaselts	L.KKL.IV-197728	Puiduhake	46667.484	26.3	2	puidukatel, keevkihiga	tsüklon, elektrifilter
380	Silverfields OÜ	L.ÖV/321235	Küttepuud	0	0.02	1		puudub
381	SKAN HOLZ HELME AS	L.ÖV/317219	Puidujäätmed	242	1.095	1	puidukatel, restkoldega	tsüklon
382	SR Carman OÜ	L.ÖV/331223	Küttepuud	0.9	0.025	1	puidukatel, restkoldega	puudub
383	Standard AS	L.ÖV/321538	Puidujäätmed	222.4	0.425	1	puidukatel, restkoldega	tsüklon
384	Stemwood OÜ	L.ÖV/328856	Puiduhake	165.68	1.29	1	puidukatel, restkoldega	tsüklon
385	Stilmet OÜ	KL-506914	Küttepuud	17	0.018	1		
386	Stilmet OÜ	KL-506914	Küttepuud	15	0.018	1		
387	Stora Enso Eesti AS	L.ÖV/317482	Puidugraanulid	150	0.345	1	puidukatel, restkoldega	puudub
388	Stora Enso Eesti AS	L.ÖV/317482	Puidugraanulid	123.24	0.345	1	puidukatel, restkoldega	puudub
389	Stora Enso Eesti AS	L.ÖV/320550	Puiduhake	56895.431	8	1	puidukatel, restkoldega	tsüklon
390	Stora Enso Eesti AS	L.ÖV/320550	Puiduhake	0	8	1	puidukatel, restkoldega	tsüklon
391	Stora Enso Eesti AS	L.ÖV/320550	Puiduhake	0	10	1	puidukatel, restkoldega	tsüklon

## BIOMASSI TUHKADES SISALDUVATE DIOKSIINIDE JA FURAANIDE UURING

	Käitaja	Keskkonnanaloo number	Kütuse nimetus	Kütuse kogus, tonnides	Nimi-soojust- või sisse-antava kütuse- koguse põhjal, MWth	Katelde arv	Katlatüüp	Püüdesead
392	Stora Enso Eesti AS	L.ÖV/320550	Puidugraanulid	231.21	0.348	1	puidukatel, restkoldega	tsüklon
393	Stora Enso Eesti AS	L.ÖV/324477	Puidugraanulid	48.22	0.5	1	puidukatel, põletiga	puudub
394	Stora Enso Eesti AS	L.ÖV/324477	Puidujäätmed	2354	6	1	puidukatel, restkoldega	puudub
395	SW ENERGIA OÜ	L.ÖV.HA-131669	Puiduhake	1413.88	0.95	1	puidukatel, restkoldega	tsüklon
396	SW ENERGIA OÜ	L.ÖV.PÕ-182390	Puiduhake	828.1	1.25	1	puidukatel, restkoldega	tsüklon
397	SW ENERGIA OÜ	L.ÖV.TM-34791	Puiduhake	102	0.5	1	puidukatel, restkoldega	tsüklon
398	SW ENERGIA OÜ	L.ÖV.TM-34791	Puiduhake	2021.191	1	1	puidukatel, restkoldega	tsüklon
399	SW ENERGIA OÜ	L.ÖV.TM-43364	Puiduhake	591.968	0.72	1	puidukatel, restkoldega	tsüklon
400	SW ENERGIA OÜ	L.ÖV/300479	Puiduhake	2852.616	2.353	1	puidukatel, restkoldega	tsüklon
401	SW ENERGIA OÜ	L.ÖV/300479	Puiduhake	575	1.118	1	puidukatel, restkoldega	tsüklon
402	SW ENERGIA OÜ	L.ÖV/318416	Puiduhake	472.16	2.5	1	puidukatel, restkoldega	tsüklon
403	SW ENERGIA OÜ	L.ÖV/319903	Puiduhake	575.799	1	1	puidukatel, restkoldega	tsüklon
404	SW ENERGIA OÜ	L.ÖV/320512	Puiduhake	8569.574	7	1	puidukatel, restkoldega	tsüklon
405	SW ENERGIA OÜ	L.ÖV/320650	Puiduhake	924.723	1.765	1	puidukatel, restkoldega	tsüklon
406	SW ENERGIA OÜ	L.ÖV/320685	Puiduhake	1528.199	3.8	1	puidukatel, restkoldega	puudub
407	SW ENERGIA OÜ	L.ÖV/320730	Puiduhake	1131.925	0.84	1	puidukatel, restkoldega	tsüklon
408	SW ENERGIA OÜ	L.ÖV/321298	Puidugraanulid	390.980	1	1	puidukatel, restkoldega	tsüklon

## BIOMASSI TUHKADES SISALDUVATE DIOKSIINIDE JA FURAANIDE UURING

	Käitaja	Keskkonnala number	Kütuse nimetus	Kütuse kogus, tonnides	Nimi- soojus- võimsus sisse- antava kütuse- koguse põhjal, MWth	Katelde arv	Katlatüüp	Püüdesead
409	SW ENERGIA OÜ	L.ÖV/321300	Puiduhake	910.13	1	1	puidukatel, restkoldega	tsüklon
410	SW ENERGIA OÜ	L.ÖV/321332	Puiduhake	1736.54	1.5	1	puidukatel, restkoldega	tsüklon
411	SW ENERGIA OÜ	L.ÖV/322320	Puiduhake	2192.837	4.2	1	puidukatel, restkoldega	puudub
412	SW ENERGIA OÜ	L.ÖV/322597	Puiduhake	1737.166	1.2	1	puidukatel, restkoldega	tsüklon
413	SW ENERGIA OÜ	L.ÖV/323742	Puiduhake	2256.53	3.75	1	puidukatel, restkoldega	multitsüklon
414	SW ENERGIA OÜ	L.ÖV/323746	Puiduhake	0	0.8	2		puudub
415	SW ENERGIA OÜ	L.ÖV/323764	Puidugraanulid	158.48	1.176	1	puidukatel, restkoldega	puudub
416	SW ENERGIA OÜ	L.ÖV/324776	Puiduhake	2263.627	3.529	1		multitsüklon
417	SW ENERGIA OÜ	L.ÖV/324910	Puiduhake	880.1	1.765	1		multitsüklon
418	SW ENERGIA OÜ	L.ÖV/325120	Puiduhake	306.54	0.5	1	puidukatel, restkoldega	tsüklon
419	SW ENERGIA OÜ	L.ÖV/325315	Puiduhake	577.2	0.72	1	puidukatel, restkoldega	tsüklon
420	SW ENERGIA OÜ	L.ÖV/325725	Puiduhake	1769.853	4.5	1	puidukatel, restkoldega	puudub
421	SW ENERGIA OÜ	L.ÖV/326657	Puiduhake	3851.603	3.529	1	puidukatel, restkoldega	tsüklon
422	SW ENERGIA OÜ	L.ÖV/326657	Puiduhake	944	1.118	1	puidukatel, restkoldega	tsüklon
423	SW ENERGIA OÜ	L.ÖV/326905	Puiduhake	588.429	1.16	1	puidukatel, restkoldega	tsüklon
424	SW ENERGIA OÜ	L.ÖV/332760	Puiduhake	4984.98	4.706	1	puidukatel, restkoldega	tsüklon
425	Tabivere Soojus OÜ	L.ÖV/322279	Puiduhake	752	0.95	1	puidukatel, restkoldega	tsüklon

## BIOMASSI TUHKADES SISALDUVATE DIOKSIINIDE JA FURAANIDE UURING

	Käitaja	Keskonnala number	Kütuse nimetus	Kütuse kogus, tonnides	Nimi- soojus- võimsus sisse- antava kütuse- koguse põhjal, MWth	Katelde arv	Katlatüüp	Püüdesead
426	TABIVERE TERMINAL OÜ	L.ÖV/325022	Puiduhake	2150	1.07	1	puidukatel, restkoldega	puudub
427	Tamsalu Kalor AS	L.ÖV/321317	Puiduhake	5641	2.72	1		skraber
428	Tapvei Estonia OÜ	L.ÖV.HA-45242	Puiduhake	1046.6	1	1	puidukatel, restkoldega	puudub
429	TB Works Osaühing	L.ÖV/327084	Puidujäätmed	10	0.25	1	puidukatel, restkoldega	puudub
430	TB Works Osaühing	L.ÖV/327349	Küttepuud	123	0.625	1	turbakatel, restkoldega	puudub
431	Thermory AS	L.ÖV/324637	Puidujäätmed	1500	1.6	1		tsüklon
432	Thermory AS	L.ÖV/324637	Puidujäätmed	300	1.5	1		tsüklon
433	Thermory AS	L.ÖV/324937	Puidujäätmed	3831	2.5	1	puidukatel, restkoldega	tsüklon
	Thermory AS	L.ÖV/324937	Puidujäätmed	1915	1.6	1	puidukatel, restkoldega	tsüklon
434	Toomas Rimmelkoor Harju talu	L.ÖV/321543	Küttepuud	600	0.87	1	puidukatel, restkoldega	puudub
435	Torma Põllumajandusosaühing	L.KKL.JÕ-148673	Puidugraanulid	26	0.045	1		
436	Trakmets OÜ	L.OV.RA-137040	Küttepuud	40	0.3	1	puidukatel, restkoldega	puudub
437	UPM-Kymmene Otepää OÜ	L.KKL.VA-34605	Puidujäätmed	22742	11.765	2	puidukatel, restkoldega	tsüklon+multitsüklon
438	Usaldusühing "MADESAARE"	L.ÖV/323921	Puiduhake	559	0.63	1	puidukatel, restkoldega	tsüklon
439	Vana-Vigala Tehnika- ja Teeninduskool	L.ÖV/319145	Puiduhake	1177.58	1.5	2	puidukatel, restkoldega	tsüklon
440	Vao Agro Osaühing	KKL/300461	Puidugraanulid	17.78	0.05	1	puidukatel, restkoldega	puudub
441	Varola OÜ	L.ÖV.PÕ-135356	Puidujäätmed	125	0.8	1	puidukatel, restkoldega	puudub

## BIOMASSI TUHKADES SISALDUVATE DIOKSIINIDE JA FURAANIDE UURING

	Käitaja	Keskonnala number	Kütuse nimetus	Kütuse kogus, tonnides	Nimi- soojus- võimsus sisse- antava kütuse- koguse põhjal, MWth	Katelde arv	Katlatüüp	Püüdesead
442	Veguma OÜ	L.ÖV/333417	Puidujäätmed	0	0.086	1		
443	Viimsi Haldus OÜ	L.ÖV/323885	Puidugraanulid	95	0.412	1	puidukatel, põletiga	tsüklon
444	VILBEL OÜ	L.ÖV/323134	Puidujäätmed	148	1.25	1	puidukatel, restkoldega	tsüklon
445	Viljandi Aken ja Uks AS	KKL-500262	Puidujäätmed	1014	1.2	1	puidukatel, restkoldega	puudub
	Viljandi Aken ja Uks AS	KKL-500263	Puidujäätmed	654	1	1	puidukatel, restkoldega	tsüklon
446	VIR-VAR KAUBA OÜ	L.ÖV/321822	Puiduhake	1.399	0.3	1	puidukatel, restkoldega	puudub
447	Värviks OÜ	L.ÖV/328276	Küttepuud	10	0.01	1	puidukatel, restkoldega	puudub
448	Walcar OÜ	L.ÖV/328450	Puidujäätmed	231.3	1.18	1	puidukatel, restkoldega	tsüklon
449	Warmeston OÜ	L.ÖV/324635	Puiduhake	17152.079	9.41	1	puidukatel, restkoldega	tsüklon
450	Warmeston OÜ	L.ÖV/324635	Puiduhake	9618.254	5.29	1	puidukatel, põletiga	tsüklon
451	Warmeston OÜ	L.ÖV/326526	Puiduhake	1385.31	0.7	1	puidukatel, restkoldega	tsüklon
	Warmeston OÜ	L.ÖV/326526	Puiduhake	5562.685	4.5	1	puidukatel, eelkoldega	tsüklon
	Warmeston OÜ	L.ÖV/326526	Puiduhake	5562.685	4.5	1	puidukatel, eelkoldega	tsüklon
452	Warmeston OÜ	L.ÖV/326971	Puiduhake	4253.594	4.5	1	puidukatel, restkoldega	tsüklon
	Warmeston OÜ	L.ÖV/326971	Puiduhake	4253.594	4.5	1	puidukatel, restkoldega	tsüklon
	Warmeston OÜ	L.ÖV/326971	Puiduhake	1290.41	0.7	1	puidukatel, eelkoldega	tsüklon
	Warmeston OÜ	L.ÖV/326971	Puiduhake	4253.594	1	1	puidukatel, restkoldega	tsüklon

BIOMASSI TUHKADES SISALDUVATE DIOKSIINIDE JA FURAANIDE UURING

	Käitaja	Keskkonnaloa number	Kütuse nimetus	Kütuse kogus, tonnides	Nimi-soojusvõimsus sisseantava kütusekoguse põhjal, MWth	Katelde arv	Katlatüüp	Püüdesead
	Warmeston OÜ	L.ÕV/326971	Puiduhake	4253.594	4.5	1	puidukatel, restkoldega	tsüklon
	Warmeston OÜ	L.ÕV/326971	Puiduhake	4253.594	4.5	1	puidukatel, restkoldega	tsüklon
453	Westwood Group OÜ	L.ÕV/328801	Puidujäätmed	731	1.5	1	puidukatel, restkoldega	tsüklon
454	Woodman OÜ	L.ÕV/332266	Puiduhake	47	0.141	1	puidukatel, restkoldega	tsüklon
	Katlaid kokku					511		