



TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
INSENERITEADUSKOND
Tartu Kolledž

**PARIMA VÕIMALIKU TEHNIKA PIIRNORMIDELE
VASTAVUS VKG OIL AS PETROTER TEHASE NÄITEL**

**COMPLIANCE WITH BEST AVAILABLE TECHNIQUES IN
VKG OIL AS PETROTER FACTORY**

MAGISTRITÖÖ

Üliõpilane: Jana Kroman

Üliõpilaskood: 183271NAEM

Juhendaja: Lektor Jane Raamets

Tartu 2020

AUTORIDEKLARATSIOON

Olen koostanud lõputöö iseseisvalt.

Lõputöö alusel ei ole varem kutse- või teaduskraadi või inseneridiplomit taotletud.

Kõik töö koostamisel kasutatud teiste autorite tööd, olulised seisukohad, kirjandusallikatest ja mujalt pärinevad andmed on viidatud.

"25" mai 2020. a

Autor: Jana Kroman

/ allkirjastatud digitaalselt /

Töö vastab magistritööle esitatud nõuetele

"25" mai 2020. a

Juhendaja: Jane Raamets

/ allkirjastatud digitaalselt /

Kaitsmisele lubatud

"25" mai 2020. a

Kaitsmiskomisjoni esimees Annely Kuu, allkirjastatud digitaalselt

/ nimi ja allkiri /

TalTech Tartu Kolledž
LÕPUTÖÖ ÜLESANNE

Üliõpilane: Jana Kroman, 183271NAEM

Õppekava, peaaeriala: NAEM06/18, Tööstusökoloogia

Juhendaja: Lektor, Jane Raamets, +372 55 61 33 44

Lõputöö teema:

Parima võimaliku tehnika piirnormidele vastavus VKG Oil AS Petroter tehase näitel

Compliance with best available techniques in VKG Oil AS Petroter factory

Lõputöö põhieesmärgid:

1. Uurida parima võimaliku tehnika saasteainete CO, SO₂, NO_x, PM_{sum} piirnormidele vastavust VKG Oil AS Petroter tehase näitel.
2. Pakkuda välja lahendusi ja teha ettepanekuid heitetase vähendamiseks.

Lõputöö etapid ja ajakava:

Nr	Ülesande kirjeldus	Tähtaeg
1.	Kirjandusega tutvumine ja kirjanduse ülevaate koostamine	30.04.20
2.	Andmete töötlemine ja tegevuskava parima võimaliku tehnika (PVT) väljatöötamine	08.05.20
3.	Saadud tulemuste analüüsimine ja lõputöö viimistlemine	21.05.20

Töö keel: Eesti

Lõputöö esitamise tähtaeg: "25" mai 2020. a

Üliõpilane: Jana Kroman

/ allkirjastatud digitaalselt / "25" mai 2020. a

Juhendaja: Jane Raamets

/ allkirjastatud digitaalselt / "25" mai 2020. a

SISUKORD

EESSÕNA	5
Lühendite ja tähiste loetelu	6
SISSEJUHATUS	7
1 KIRJANDUSE ÜLEVAADE	8
1.1 Põlevkivi maailmas ja Eestis	8
1.1.1 Eesti põlevkivi tootmise arengu lühikronoloogia	8
1.1.2 Põlevkivi varud	10
1.2 Põlevkiviõli tööstuse olulised keskkonnaaspektid	11
1.2.1 Öhuheited	11
1.2.2 Veekasutus	12
1.2.3 Jäätmed	13
1.2.4 Pinnase ja põhjavee reostus	13
1.3 Parim võimalik tehnika	14
1.4 Viru Keemia Grupp AS	16
2 MATERJAL JA METOODIKA	18
2.1 VKG Oil AS Petroter-3000 tehase ülevaa	18
2.1.1 Käitise asukoha geograafia ja kliima iseloomustus	18
2.1.2 Käitise tegevusalade ja heiteallikate kirjeldus	20
2.2 Parima võimaliku tehnika nõuded Galoter-protsessiga tootmise kohta	26
2.3 Pidevseire	27
3 TULEMUSED JA ARUTELU	29
3.1 Tehase vastavus parima võimaliku tehnika nõuetele	29
3.2 Tegevuskava	31
3.3 Järeldused ja ettepanekud	31
KOKKUVÕTE	33
SUMMARY	35
KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU	37
LISAD	41

EESSÕNA

Käesoleva lõputöö teemaks sai autor idee töötades keskkonnaspetsialistina ettevõttes Viru Keemia Grupp AS-s. Põhilised algandmed koguti Viru Keemia Grupp AS-i andmebaasist. Lõputöö ettepanekute ja järelduste tegemiseks töötati läbi teemakohane kirjandus ja erinevad Euroopa Liidu ning Eesti Vabariigi õigusaktid.

Autori poolsed tänusõnad lähevad lektor Jane Raametsale, kes oli nõus olema käesoleva lõputöö juhendajaks ning kes aitas töö koostamisel tekkinud küsimuste ja probleemide lahendamisel.

Antud töö eesmärgiks on uurida parima võimaliku tehnika piirnormidele vastavust VKG Oil AS Petroter tehase näitel. Käesoleva töö uurimisülesandeks on leida tehase probleemseid kohti, kus kasutatav tehnoloogia ei vasta parima võimaliku tehnika nõuetele ja teha kindlaks, mida on tarvis teha, et kasutatav tehnoloogia hakkaks parima võimaliku tehnika nõuetele vastama.

Analüüsima, kas VKG Oil AS Petroter tehas on ületanud parima võimaliku tehnika piirnorme 2017-2019 aastatel. Selleks koguti andmed Viru Keemia Grupp AS-i pidevseire kontrollimise andmekogu süsteemist. Saadud andmed töödeldi, kasutades selleks Microsoft Office Exceli tabelitöötlus tarkvara.

Lõputöö autor tõi välja ettepanekud välisõhu kvaliteedi tagamiseks ja keskkonnaalaste rikkumiste võimalikuks vähendamiseks. Ettepanekud olid seotud keskkonnajärelevalve tõhustamisega ja õhuheite tekke vähendamisega.

Märksõnad: põlevkivi, parim võimalik tehnika, magistritöö

Lühendite ja tähiste loetelu

°C – Celsiuse kraad

BREF – parima võimaliku tehnika (PVT) viitedokument

CO – süsinikoksiid

CO₂ – süsinikdioksiid

EÜ – Euroopa Ühendus

g – gramm

h – tund

H₂S – väävelvesinik

HCl – vesinikkloriid

m³ – kuupmeeter

mg – milligram

MW – megavatt

nm³ – normaalkuupmeeter

NO_x – lämmastikoksiidid

PVT – parim võimalik tehnika

SO₂ – vääveldioksiid

t – tonn

TSK - tahke soojuskandja

VKG AS – Viru Keemia Grupp AS

SISSEJUHATUS

Põlevkiviõli tootmiseks vajatakse suures koguses toorainet ning tarbitakse piisavalt palju soojus- ja elektrienergiat. Tootmisprotsessis tekkivad heited võivad sattuda keskkonda: atmosfääri, vette ja pinnasesse. Põlevkiviõli tootmisprotsess on perspektiivikas ning seda toodetakse Eestis juba paljude aastate vältel. Vaatamata asjaolule, et tööstuse esimestel aastatel oli teadlikkus võimalikest ohtudest madal, töötati hiljem välja sobivad meetmed heitkoguste keskkonda sattumise vältimiseks ja vähendamiseks. Praegu tehakse jõupingutusi keskkonna olukorra parandamiseks, mis on varasema reostuse tagajärjel kannatada saanud. Eestis kasutatavaid põlevkiviõli tootmise tehnikaid reguleerib kinnitatud 17.12.2013 Keskkonnaministri poolt Eesti põlevkiviõli tootmise parima võimaliku tehnika kirjeldus. [1]

Lõputöö eesmärgiks on anda ülevaade Eesti põlevkivi sektorist ja parima võimaliku tehnikale vastavusest VKG Oil AS Petroter tehase näitel, sh koguda ja analüüsida andmeid pidevseire süsteemist ning pakkuda välja lahendusi heitetase vähendamiseks. Autori uurimisülesandeks on leida Petroter tehase probleemsed kohad, kus kasutatav tehnoloogia ei vasta parima võimaliku tehnika nõuetele ning välja selgitada, mida on tarvis teha, et kasutatav tehnoloogia hakkaks parima võimaliku tehnika nõuetele vastama.

Lõputöö uurimisülesande täitmiseks kasutas autor Petroter tehase pidevseire andmeid, CO, SO₂, NO_x ja PM_{sum} kontsentratsioone, ajavahemikus 2017-2019. Andmeanalüüsis kasutatud andmed pärinesid Viru Keemia Grupp AS-i pidevseire kontrollimise andmekogu süsteemist. Selgitamaks välja, kas ja kuidas on ületanud piirväärtusi Petroter tehase, töötas töö autor heitkoguste tunnikeskmiseid kontsentratsioone läbi ja arvutas kuukeskmiseid. Tulemuste analüüs viidi läbi kasutades Microsoft Office Exceli tabelitöötluste tarkvara, kus tulemused kanti tabelisse.

Lõputöö koosneb kolmest peatükist. Esimene annab ülevaate põlevkivist, põlevkiviõli tootmisega seotud keskkonnaprobleemidest, parima võimaliku tehnikast ja Viru Keemia Grupp AS-i ettevõttest. Teine peatükk tutvustab VKG Oil AS Petroter tehast, selle tegevusala, kasutatavaid tootmisprotsesse ja tehnoloogiat ning kirjeldab töös kasutatavat metoodikat. Kolmandas peatükis kajastatakse analüüsi tulemusi, tehakse järeldusi analüüsi tulemustest lähtuvalt ja pakutakse lahendusi olukorra parandamiseks.

Autor kasutab oma töös viitamisel numbrilist süsteemi.

1 KIRJANDUSE ÜLEVAADE

1.1 Põlevkivi maailmas ja Eestis

Põlevkivi on leitav kõikjal maailmas. Teada on enam kui 600 leiukohta rohkem kui 30 riigis kõikidel mandritel. Põlevkivi peetakse suurimaks vedeldatava orgaanilise süsiniku varuks [2]. Kõige suuremad põlevkivivarud asuvad Ameerika Ühendriikides, Brasiilias, Jordaania, Venemaal, Hiinas, Austraalias ja Marokos [1, 3]. Maailmas leiduva põlevkivi kütteväärtus erineb suurel määral ja sõltuvalt asukohast on see oma keemiliselt koostiselt varieeruv. See on olnud peamiseks põhjuseks, mis pärast põlevkivi on vähe uuritud ning energiaallika kasutamiseks on eelistatud pigem kivisütt, naftat ja looduslikku gaasi [4].

Eesti on maailmas erandlik riik, kus üle 80% riigi territooriumil kaevandatud põlevkivist kasutatakse elektrienergia tootmiseks. Põlevkivist toodetud toorõli ja selle fraktsioonid on leidnud nii kodumaal kui ka välisurgudel oma koha [1, 4]. Eesti riigi territooriumil asub hinnanguliselt 0,5–1% maailma põlevkivivarudest, mis on väike osa võrrelduna näiteks Ameerika Ühendriikide varudega, kellele kuulub hinnanguliselt 70% maailma põlevkivi varudest [1, 2].

1.1.1 Eesti põlevkivi tootmise arengu lühikronoloogia

Eesti põlevkiviõlitööstus on arenenud juba 100 aastat ning sai oma alguse Esimese maailmasõja ajal puhkenud kütusekriisi tõttu [5]. Põlevkivi kasutamisega seotud esimeste katsetustega alustati 20. sajandi alguses. 1916. aasta kevadel alustati Türrsalu põlevkivikarjääris rikkalike põlevkivilademete katsekaevandamist ning juuniks saadeti 22 vagunitäit Peterburi tööstuslikuks katsetamiseks. 1916. aastat peetakse Eesti põlevkivitööstuse algusaastaks [6].

Põlevkivi alalist kaevandamist alustati 1918. aastal pärast Eesti Vabariigi iseseisvumist. Rajati Pavandu ja Vanamõisa karjäärid ning Kukruse ja Käva kaevandused. Nende hulka rajati eraettevõttele kuuluvad kaevandused. Need on Kiviõli, Kohtla, Kütte Jõud, Ubja ja Viivikonna. Põlevkivi kasutamiseala piirdus põhiliselt tsemenditööstuse, vedurite küttekollete ja majapidamisega [6, 7].

Teise maailmasõjani arendati iseseisvunud Eestis tõhusalt põlevkivi tootmisprotsessi. Seetõttu ehitati 1921. aastal põlevkivi ütmise katsegeneraatorid, mille kasutusest saadud kogemuste põhjal ehitati mitmeid õlitehaseid ja tunnelahjusid [6].

Aastas 1924 oli käivitatud Kohtla-Järvel esimene suur õlitehas, mille läbilaske võimsus oli 200 tonni põlevkivi päevas ning aastane toorõlitoodang oli umbes 10 000 tonni.

Samal ajal ehitati õlitechase kõrvale jõujaam, mille põhitegevusalaks oli õlitechast auruga ja ümbruskonda elektrienergiaga varustamine. 1926. aastal asendati põlevkivil põhinev kütteviis poolkoksigaasi vastu, mida saadi õlivabrikus tootmise käigus. Aastat 1926 loetakse põlevkivi poolkoksigaasi energeetilise kütuse kasutuse algusaastaks [8].

Kui teine maailmasõda lõppes, arenes põlevkivitööstus eriti tõhusalt Kohtla-Järvel ja Kiviõlis, kus võeti kasutusele mitmeid uusi masinaid - õligerenaatorid, gaasigerenaatorid ja tunnelahjud. 1953. aastal käivitati Kiviõlis esimene tahke soojuskandjaga utteseade. Aastas 1980 rajati Eesti Soojuselektrijaama juurde kaks uut tahket soojuskandjal töötavat põlevkivi utteseadet [6]

Pärast Eesti taasiseseisvumist, 1991. aastal, oli põlevkiviõlitööstuse areng Eesti Vabariigis eriti tootlik. Mitmete Eestis tuntud ettevõtete: Viru Keemia Grupp, Eesti Energia AS ja Kiviõli Keemiatööstuse OÜ aktiivse töö tulemusena on taaskäivitatud tuntud õlitootmise seadmed (TSK-500, TSK-140, Kiviter) ning muuhulgas ehitatud mitmeid kaasaegseid õlitootmise tehaseid (Petroter-1, 2 ja 3) ning täiustatud õlitootmise tehnoloogiat (Enefit 280) [1]. Järsult on kasvanud õlitootmise kõrvalsaaduste ja põlevkivigaaside eraldumine, sellest tulenevalt suurenes nende kasutamine energia tootmisel järgmistes soojuselektrijaamades: VKG Põhja ja Lõuna Elektrijaamad, Eesti Elektrijaam ning Kiviõli Keemiatööstuse Soojuselektrijaam. Saja aasta vältel on põlevkivi põletamisel katsetatud erisuguseid maailmas levinuid tahkekütuse kiht- ja tolmpõletamise meetodite tehnoloogiad, muide ka põlevkivi põletamist tsemendiklinkri pöördahjus. Esialgu põlevkivi põletati otse vedurikoldes, kuid seejärel mindi üle tööstuskatlatele, kus põlevkivi põletati tavalisel puitkütusele ettenähtud plaanrestil [6, 7].

Põlevkivi põletamiseks on tööstuslikesse rakendustesse jõudnud vaid mõned katsetatud tehnoloogilised ning tehnilised lahendused. Põlevkivi peaprobleem, võrreldes teiste tahkekütustega, oli orgaanilise ja mineraalse osa eripärased omadused. Eesti põlevkivi orgaanilise osa omadused on põletamiseks head, kuid mineraalosa omadused teevad põlevkivi põletamist raskeks [6, 7].

Põlevkivi põletamise tehnoloogia töötati välja järk-järgult: mitmekihiline põletamine liikuva restiga, tolmu põletamine tahkešlakiärastusega, keevkihtpõletus tsirkuleerivas keevkihis ning põlevkivigaaside põletamine ainsa kütusena või koos põlevkiviga [9].

Eestis on kolm tööstusettevõtet, mille viis soojuselektrijaama põletatavad põlevkivi ja põlevkivigaase elektri- ja soojusenergia tootmiseks [6].

Vastavalt Eesti Energiamaajanduse arengukava 2030 eelnõule (ENMAK 2030) ning

läheldes Euroopa Liidu kliima ja energiapoliitika pikaajalistest eesmärkidest, on kavas järk-järgult põlevkivienergeetikas senini laialt kasutusel oleva põlevkivi otsepõletus-tehnoloogia asendamine. Tuleviku plaanides on üleminek põlevkivi kõrgemat lisandväärtust, ressursi kasutamise efektiivsust (enam kui 75%) ning madalamat keskkonnamõju võimaldavatele põlevkiviõli ja -elektri koostootmislahenduste rakendamisele [10, 11]. Plaanide realiseerumisel, väheneb põlevkivi otsepõletamine 2030. aastaks oluliselt. See tagab põlevkivi väärtusahela pikenemist ning vähendab saastekoormust, sh heidete eraldumist välisõhku [10].

1.1.2 Põlevkivi varud

1980. aasta peetakse põlevkivi kaevandamise tippaastaks maailmas [9]. Kokku oli kaevandatud 47 miljonit tonni põlevkivi, millest 31 miljonit tonni Eestis. Järgmistel aastatel põlevkivi kaevandamine Eestis kahanes ning tänapäeval kaevandatakse stabiilselt 15–18 miljonit tonni aastas [12].

Eesti põlevkivi on umbes 450 miljonit aastat vana. Põlevkivi kaevandused ja karjäärid asuvad peamiselt Ida-Virumaal ja Lääne-Virumaal, kus paikneb vana Ubja kaevandus ja käesolev Ubja karjäär [4, 6]. Põlevkivi levikuala suurus on umbes 1 647 km², sügavusala on 10-70 meetrit ja kaevandatud ala on umbes 425 km². Eesti põlevkivimaardla on jaotatud 23-ks maardlaosaks [6, 12].

Põlevkivi jaotatakse fraktsiooni suuruse alusel. Suurema fraktsiooniga tükipõlevkivi ehk tükikivi on 25–125 mm ja väikse fraktsiooni peen-põlevkivi ehk peenkivi on 0–25 mm [4, 6].

Põlevkivi kaevandamisel kasutatakse Eestis pealmaakaevandamise ja allmaakaevandamise tehnoloogiat. Pealmaakaevandamise puhul kasutatakse põlevkivi kaevandamiseks vaal- ja/või transportkaevandamise tehnoloogiat. Pealmaakaevandamisel võib kadu ulatuda kuni 12% kaevandatavast varust. Allmaakaevandamise tehnoloogia puhul kaevandatakse põlevkivi kamberkaevandamisviisil ja kadu võib ulatuda kuni 35% kaevandatavast varust [12].

Põlevkivi energeetilist kvaliteeti hinnatakse kütteväärtuse järgi. Põlevkivi kütteväärtust erinevates leiukohtades kirjeldab orgaanilise aine sisalduse näitaja. Praegu Eestis leiatava põlevkivi kütteväärtus jääb vahemikku 7,5–10,9 MJ/kg [6].

1.2 Põlevkiviõli tööstuse olulised keskkonnaaspektid

Põletusseadmetest õhku paiskuvate heidete ja jäätmete kogused ning nende iseloom on üldiselt määratud kütuse omaduste, lõpp-puhastuse seadmete ja põletustehnoloogiatega [6].

1.2.1 Õhuheited

Põlevkiviõli tootmine on energiamahukas protsess, mis avaldab olulist mõju keskkonnale. Põlevkivi termilise töötlemise käigus satuvad erinevad saasteained keskkonda (välisõhku, vette ja pinnasesse) [1].

Põlevkivi, põlevkivigaaside ja teiste kütuste põletamisel on peamisteks välisõhu saasteaineteks tahked osakesed (PM_{sum}), lämmastikoksiidid (NO_x), vääveloksiidid (SO_x), süsinikmonooksiid (CO), vesiniksulfiid (H_2S), vesinikkloriid (HCl), vesinikfluoriid, süsihappegaas (CO_2), polütsüklilised aromaatsed süsivesinikud (PAH) ja kergesti lenduvad raskmetallid [6, 13, 14].

Lämmastikoksiid tekib põlemisprotsessi tagajärjel. Korstnast väljutav kontsentratsioon suitsugaasis sõltub järgmistest aspektidest: lämmastiku hulgast kütuses, liigõhutegurist ja põlemistemperatuurist. Lämmastikoksiidi moodustamiseks on olemas kolm mehhanismi. Õhu lämmastiku ja hapniku omavahelises reaktsioonis põletamise protsessis tekib termiline lämmastikoksiid. Kütuses sisalduva lämmastiku ja õhus sisalduva hapniku reageerimisel põletamise protsessis tekib kütuseline lämmastikoksiid. Põlemisleegi frondil lämmastiku ja hapniku radikaalide reageerimisel põletamise protsessis tekib millisekundite vältel kiire lämmastikoksiid [6, 7, 14].

Iga tehnika kasutamise puhul tekkiva lämmastikoksiidi kontsentratsioon on erinev ja sõltub õhurežiimist, katla soojuskoormusest, kütuse koostisest ning koldes tekkinud gaasi katlas viibest. Lisaks ka kolde ja katla kokkuseadme spetsiifikast [7].

Vääveloksiidide heited tekivad tahkekütuse põletamisel ja väljuvad korstendest. Väavli mineraalosal esineb kaks vormi. Esimene on sulfaatne (Ca -, Mg -, Na -, K_2SO_4), teine - püriidne (FeS_2) ning põlevkivi puhul esineb markasiitne (FeS_2) [16, 17].

Põlevkivitööstuses väljutatakse SO_2 heited suitsukorstendest. Tahkekütuse põletamise protsessis on vääveloksiidide tekkeallikateks kütuse orgaanilise osa väävel ja väävel mineraalosa mineraalidest. Väavli mineraalosa esineb sulfaates (Ca -, Mg -, Na -, K_2SO_4) ja püriidses (FeS_2) vormis, põlevkivi puhul markasiitses (FeS_2). Vääveloksiidide sidumise määra põlevkivi tuhaga mõjutab kütuse koostis, põlemistemperatuur ning ka

lendtuha granulomeetrilise jaotus, hapniku osarõhk koldes tekkinud gaasis ja sulfatiseerumisprotsessi kestus [16, 17].

Süsinikmonooksiid tekib mittetäielikul põletamisel, mille heidetakse välisõhku koos muude heitgaasidega korstendest. Süsinikmonooksiid tekib süsinikust koksi põlemisel. Süsinikmonooksiid on mürgine ühend, mille kontsentratsiooni korstnast väljuvas suitsugaasis määratakse kütuse põlemisprotsessi täiuslikkuse järgi. Täiuslikkus sõltub põlemistemperatuurist ning hapniku kontsentratsioonist. Veeaur omakorda mõjutab katalüsaatorina süsiniku põlemist [9, 16].

Süsinikdioksiid on kasvuhoonegaas, mille heidet atmosfääri loetakse üheks põhiliseks globaalse kliimasoojenemise põhjustajaks. Põlevkivienergeetikas on peamised süsinikdioksiidi heitmete allikad korstnad. Süsinikdioksiid moodustub orgaanilise süsiniku põlemisreaktsioonide käigus ja süsinikku sisaldavatest mineraalidest, mis on peamiselt kütuses sisalduvate karbonaatühendite kujul. Orgaanilise süsiniku muundumine täiel määral süsinikdioksiidiks tähendab süsiniku täielikku põlemist [8, 14, 15].

Tahked osakesed on õhus suspendeeritud orgaaniliste ja anorgaaniliste tahkete osakeste ning vedelate osakeste segu, mis erinevad nende aerodünaamilise läbimõõdu poolest. Põlemisprotsessi tagajärjel esinevad tahkete osakeste heitkogused nii lendtuha kujul kui ka tolmu kujul põlevkivi ettevalmistamisel ja tuhakäitlusel [8, 14].

1.2.2 Veekasutus

Suure võimsusega põletusseadmetel kulutatakse märkimisväärses koguses vett, mida kasutatakse jahutusveeks, auru tootmiseks, märgtuhaärastuseks, suitsugaaside puhastamiseks jne. Põlevkiviõli tootmisprotsessi tagajärjel tekib järgmine vesi:

- olmereovesi;
- tööstuslik reovesi, sh defenoleeritud vesi;
- sadevesi;
- tehnoloogiline tinglikult puhas heitvesi [6, 15].

Eestis olevates käitistes suunatakse tööstuslikud reoveed tuhaväljadele või tööstuste omadesse reoveepuhastitesse, kust reovesi suunatakse edasi järeltöötluseks munitsipaaalsesse reoveepuhastisse. Märgtuhaärastuses kasutatav vesi jääb ringlusesse [1].

Põlevkivienergeetika tööstuslikku heitvett on võimalik juhtida omapuhastist ka otse suublasse, kui see ei teki olulist keskkonnamõju ja kahjusi. Täiendava puhastamiseta suunatakse suublasse:

- tehnoloogilist ning tinglikult puhast heitvett (jahutusvesi);
- saastumata aladelt ärajuhitud sadevett [6, 15].

1.2.3 Jäätmed

Tuhk on kütuse põlemisprotsessi tagajärjel moodustuv tahke jääde ning tuhka saab pidada tähtsaks kütust iseloomustavaks näitajaks. Tuhk klassifitseeritakse ohtlikeks jäätmeteks kõigepealt kõrge leovee leelisuse tõttu. See võib sisaldada sealhulgas ka raskmetalle, mis saavad välja leostuda. Kütuse põletamise protsessis tekkiva tuha koguse ja tuha koostise füüsikalise-keemilised omadused sõltuvad peamiselt kasutatava kütuse koostisest, põlemisprotsessist, tuhapüüdurite tüübi valikust ning tuhaarastussüsteemi ehitustest jne. Põlevkivi on oma loomult kõrge tuhasisaldusega kütus, mille tuhasus jääb vahemikku 45–47 %. Põlevkivi taandatu tuhasus on võrreldes muude samaväärsete kütustega (kivisüsi, pruunsüsi) umbes kümme korda suurem. Tuhk transporditakse ja ladestatakse selleks ettenähtud nõuetekohastele tuhaväljadele või suunatakse taaskasutusse [6, 15].

Lisaks ülalpool mainitud jäätmetele, tekivad energeetikatööstuses ka muud jäätmed: tavajäätmed, õlised jäätmed, ohtlike aineid sisaldavad jäätmed jne.

1.2.4 Pinnase ja põhjavee reostus

Soojus- ja elektrienergia tootmisprotsessis kasutatavad kütused ja kemikaalid ning tootmise käigus tekkivad jäätmed, on peamised põhjavee ja pinnase reostajad. Reostuse teke on vältiv ennetavate meetmete rakendamisega, näiteks vedelkütuste jm hoidlate projekti koostamisel ja kasutamisel arvestatakse veekaitsealisi nõudeid, protsessides tekkivad ohtlikud jäätmed sorteeritakse ning paigutatakse muudest jäätmetest eraldi ning antakse üle litsentseeritud jäätmekäitlejatele [6, 15].

Võrreldes tänapäevaga palju aastaid tagasi ei pööratud nii suurt tähelepanu põlevkivi energeetilisel kasutamisel ning põlevkiviõli tootmisprotsessis tekkivate jäätmete keskkonnasõbralikule käitlemisele – tuhka ja poolkoksi ladestamisel ei rakendatud vajalikke meetmeid pinnase ja põhjavee kaitseks [1]. Praeguseks on märgtuhaarastusest tekkinud vettpidavad tuhaväljad ning kuivtuha ladestamine toimub vastavalt nõuetele ladestusaladel (prügilates) [6, 15].

Tööstusheite seadusega ja tööstusheite direktiiviga on oluliselt teisendatud pinnasekaitse tagamiseks ettenähtud meetmeid. Keskkonnakompleksloas esitatakse asjakohased nõuded, millega tagatakse põhjavee ja pinnase kaitse [18]. Nende meetmetega täidetakse pideva kontrolli nõudeid ja põhjavee korrapärase seire nõudeid, seoses tegevuskohas leiduva võivate asjakohaste ohtlike ainetega ja võttes arvesse pinnase ja põhjavee reostuse võimalikkust käitise tegevuskohas. Olukorras, kus ettevõtte tegevusega võib kaasneda pinnase ja/või põhjavee saastumise oht, edastatakse koos kompleksloa taotlusega ettevõtte lähteolukorra aruanne ehk andmed põhjavee ja pinnase saastatuse kohta tootmise käigus kasutatavate ohtlike ainetega [6].

1.3 Parim võimalik tehnika

Parim võimalik tehnika on tehnilise arendustegevuse ning selles rakendatavate meetodite kõige efektiivsem ja kõige paremini välja töötatud tehnoloogia [19]. Parim võimalik tehnika on praktiliselt sobiv heite piirväärtuste ja muude loa nõuete määramiseks, et vältida, või kui see ei ole teostatav, siis vähendada heitekogust ja selle üldist mõju keskkonnale [20].

Termini **parim võimalik tehnika** tähendus:

- **tehnika** – tootmisettevõttes kasutatav tehnoloogia ning tootmisettevõtte käitamise, hooldamise, kavandamise, ehitamise ja tegevuse lõpetamise viis;
- **võimalik tehnika** – käitajale mõistlikul viisil kättesaadav nüüdisaegne tehnika, mille kasutamine tegevusvaldkonnas on kulusid ja eeliseid arvesse võttes majanduslikult ja tehniliselt vastuvõetav ning tagab keskkonnanõuete parima täitmise;
- **parim** – tõhusaim/kõrgel tasemel keskkonna kui terviku kaitseviis [19].

Eesti põlevkiviõli tootmise parima võimaliku tehnika kirjeldus sätestab Vabariigi Valitsuse 2013. a 06. juuni määruse nr 89 "Alltegevusvaldkondade loetelu ning künnisvõimsused, mille korral on käitise tegevuse jaoks nõutav kompleksluba" § 2 punkti 4 "muude kütuste, sh põlevkivi utmine käitistes, mille nimisoojusvõimsus on vähemalt 20 MW" raames vastavalt direktiivi 2010/75/EL lisa 1 punktide 1.4 (b) põlevkivist utmisprotsessis toorõli ja sellega kaasnevate kõrvalproduktide (sh poolkoksigaasi, soojuse) *ex situ* tootmist ehk maapealset utmist [18, 21]. Kokkuvõttes, käesolevad järeldused Eesti põlevkiviõli tootmise parima võimaliku tehnika kirjelduse põhjal piirduvad protsessidega, kus:

- kõrgmolekulaarne orgaaniline aine ehk kerogeen, mis leidub põlevkivi koostises, lagundatakse utmisega temperatuuril 400–500 °C sisemise soojendusega retortides [3];
- soojusenergia tagatakse normaalrežiimil töötamisel ilma lisakütuste kasutamiseta, st põlevkivi utmisprotsessist eralduvate uttegaaside keemilise ja soojusenergiaga või utmisprotsessis tekkinud kuuma tuha soojusenergiaga;
- eesmärgiks on toota põlevkivi toorõli, mille kaasnevateks saadusteks on uttegaas, soojusenergia jm [22].

Eestis kasutusel olev põlevkiviõli tootmise parima võimaliku tehnika järelduste reguleerimisala katab kõik Eestis kasutatavad põlevkiviõli tootmise tehnikad. Olemasolevad parima võimaliku tehnika järeldused hõlmavad ka muid põlevkiviõli tootmisega otseselt seotud tegevusi, milleks on näiteks uttesaaduste kondenseerimine, saadud toorõli mehhaanilistest lisanditest puhastamine ja destilleerimine. Reguleerimisala saab alguse karjäärides ja kaevandustes ettevalmistatud põlevkivi sisenemisest põlevkiviõli tootvasse tehasesse ning lõppeb põlevkiviõli eri fraktsioonide lattu suunamisega [22, 23].

Eesti põlevkiviõli tootmise parima võimaliku tehnika reguleerimisalasse ei kuulu:

- a) kõrvalsaaduste tootmine;
- b) põlevkivi kaevandamine ja rikastamine;
- c) edaspidised õli turustamiseelsed tegevused ja jäätmekäitlus;
- d) põlevkiviõli eri fraktsioonide omavaheline või teiste kütustega segamine, näiteks masuudiga, et saada ostjale sobivate parameetritega toode;
- e) jäätmete taaskasutamine, tuhade ja poolkoksi kasutamine ja ladestamine;
- f) spetsiaalselt väljaarendatud tehnoloogiaga toorpõlevkiviõlist Euro V diiselmootori tootmine;
- g) *in situ* ja muud põlevkiviõli saamise tehnoloogiad [22].

Lisaks põlevkiviõlile tekivad põlevkivi töötlemisprotsessides ka muud ainevood. Õlitootmise potentsiaalsete keskkonnaprobleemide ulatus on võrdväärne nende ainevoogude kasutamise võimalustest ja määra. Fenoolveele ja poolkoksigasidale on leitud sobiv kasutusala, samas kui enamik tekkivat poolkoksi ja tuhka sobiva taaskasutamistehnoloogia puudumisel endiselt ladestatakse [6, 22]. Põlevkiviõli tootmisel tekkivate muude ainete kõrvalproduktina käsitlemiseks on igal konkreetsel juhul vaja hinnata, kas jäätmeseaduse § 22 (RT I, 14.06.2013, 6) tingimused on täidetud või on tegemist taaskasutamistoiminguga, millega saavutatakse jäätmete lakkamise staatus jäätmeseaduse § 21 tingimustel [24]. Muuhulgas tuleb ka arvestada

kemikaalikäitluse õigusaktidega: Euroopa Ühenduse uusi kemikaale reguleeriva määrusega (EÜ) nr 1907/2006, mis sätestab kemikaalide registreerimise, hindamise, autoriseerimise ja piiramise korda (edaspidi REACH määrus) ning selle rakendamist juhenditega. REACH määruse jäätmete kohta koostatud juhendi põhjal võib üldistada, et kui tegemist pole jäätmetega, on siis õiguspäraseks käitlemiseks tarvilik materjal ainenä registreerida, välja arvatud juhul, kui tegemist on REACH määruces ja selle lisades IV ja V väljatoodud eranditega [28].

Üks osa põlevkiviõli tootmisprotsessiga seotud tegevustest on poolkoksi ja tuha ladestamine ning moodustuvate poolkoksiagaaside kasutamine energia tootmiseks – on direktiivi 2010/75/EL lisas 1 eraldi nimetatud ning jääb käesolevate parima võimaliku tehnika järelduste reguleerimisalast välja. Teine osa protsessidest on reguleeritud Euroopa Liidu valdkonnapõhiste PVT-viitedokumenditega (BREF'idega) [18, 25].

Tabel 1.3.1 Reguleeritud protsessid Euroopa Liidu valdkonnapõhiste BREF'idega [22, 25]

Põlevkiviõli tootmisprotsessiga kaasnevad tegevused	Täiendav parima võimaliku tehnika informatsioon
Toorme (põlevkivi) vaheladustamine	<i>Storage BREF</i>
Põlevkiviõli ladustamine*	<i>Storage BREF</i>
Tootmises tekkiva reovee puhastamine	<i>CWW BREF</i>
Poolkoksiagaaside kasutamine energia tootmiseks*	<i>LCP BREF</i>
Tootmises tekkivate gaaside puhastamine	<i>CWW BREF</i>
Poolkoksi ja tuha ladestamine*	Prügiladirektiiv 1999/31/EÜ

*Jääb Eesti põlevkiviõli tootmise parima võimaliku tehnika kirjelduse reguleerimisalast välja

1.4 Viru Keemia Grupp AS

Viru Keemia Grupp AS on Eesti suurtööstusettevõte, mis asub Ida-Eesti linnas Kohtla-Järvel, Tallinnast 165 km kaugusel. Kohtla-Järvel tegutseb kolm Petroter põlevkiviõlitehast, üks Kiviteri tehas, elektri jaam ja lubjatehas.

Viru Keemia Grupi peamiseks toodanguks on põlevkivikütteõli, mida saadakse põlevkivi ümbertöötamisel. Põlevkivikütteõli kasutatakse selle madala väävlisisalduse, väiksema viskoossuse ja madala hangumispunkti tõttu peamiselt raske kütteõli omaduste parendamiseks sh laevakütuste lisandina, keemiatööstuse toorainena ning katelde ja tööstuslike ahjude kütteks. VKG-s toodetavat põlevkivikütteõli kasutatakse ka Eestis katelde ja tööstuslike ahjude kütteks, kuid suurem osa toodangust eksporditakse [26].

Aastatel 2009–2016 on VKG olnud kiire arengu- ja laienemisfaasis. Sellel perioodil oli ehitatud ja kasutusele võetud uus kaasaegne Ojamaa põlevkivikaevandus ja kolm Petroter põlevkivitehast. Seda kiiret arengut toetasid naftahindade tõus, mis tõstis ka põlevkivi töötlemise tasuvust. 2015. aastal seoses naftahindade järsu langemisega, mõned ambitsioonikad plaanid, näiteks Petroter-4 seadme ja põlevkiviõli rafineerimistehase ehitamine, olid külmutatud [27].

2016. aastal jätkati tegevusi efektiivsuse tõstmiseks põlevkivi väärimise ahelas, kuid see aasta oli tööstusettevõtte jaoks kaalukate otsuste tegemisel raske aasta. Seoses õlikütuse tohutult madalate hindadega osutus hädavajalikuks Ojamaa kaevanduse allakoormata ja Kiviter õlitehaste töö peatada [28].

Aastal 2017 üle 10 miljoni euro oli investeeritud Viru Keemia Grupp AS-i poolt tehnoloogia ajakohastamiseks ning tootmisprotsesside täiuslikumaks muutmiseks. Aasta keskel teostati ulatuslikud tööd VKG Oil Petroter-tehnoloogial töötavate seadmete uuendamiseks [29].

2018. aastal ettevõtte keskendus arendustegevuses eelkõige olemasolevate tootmisvõimsuste maksimaalse koormamise võimaluste leidmisele ning äriprotsesside digitaliseerimisele ja optimeerimisele. 2019. aastal ettevõtte arendustegevus oli seotud põlevkiviõlitoodete väärtuse suurendamise, poolkoksigaasi kasutusvõimaluste laiendamise ning tootmise digitaliseerimisega [30].

Põlevkiviõlitoodete valdkonnas on prioriteediks õlide eelrafineerimise tehnoloogiate võimaluste uurimine ja tasuvuse selgitamine. Kui seni on VKG müünud oma õlitooteid valdavalt laevakütuse komponendina, siis eelrafineerimise läbi on võimalik muuta põlevkiviõli lõpptootte kvaliteedinormidele vastavaks [30].

Kontserni ettevõtete eesmärk on parimal võimalikul moel, vähimate kadudega ja lubatud normide piires kasutada loodusvarasid. Välja on töötatud terviklik ja süsteemne lähenemine keskkonnaküsimustele, mis on kooskõlas nii siseriiklike kui ka Euroopa Liidu nõuetega. Parima võimaliku tehnika kasutamine tootmises ja keskkonnalubade järgimine aitavad tagada jätkusuutliku arengu [26, 30].

2 MATERJAL JA METOODIKA

2.1 VKG Oil AS Petroter-3000 tehase ülevaa

VKG Oil AS on Viru Keemia Grupp AS-ile kuuluv tütarettevõte, mis tegeleb põlevkivi termilise töötlemise, põlevkiviõli ja -kemikaalide tootmise ning turustamisega [31]. Petroter tootmises on kolme tehase (Petroter-1, 2 ja 3) peale kokku 11 välisõhu heiteallikat, milleks on kolm suitsugaasi korstnat (310, 312, 313), kolm ventilaatorit (308, 317, 334), kolm adsorberit (316, 331, 318) ja kaks küünalseadet (311, 330) [32]. Petroter tootmise heiteallikate paiknemine VKG tööstusterritooriumil on näidatud Joonis 2.1.1.

Petroter-1, Petroter-2, Petroter-3 tootmise seadmed töötavad pidevalt, keskmiselt 8160 h/a ehk 340 ööpäeva. Tavapärasteks hooldustöödeks ja seisakuteks on planeeritud orienteeruvalt 1 kuu ehk 25 päeva [32]. Seisakute ning hooldustööde täpseid aegu pole võimalik prognoosida, samuti pole võimalik prognoosida perioodiliselt või vaheldumisi töötavate seadmete täpseid tööaegu, seega on tehaste tööajaks kõikide heiteallikate puhul võetud 8760 h/a ehk 100% [33].

2.1.1 Käitise asukoha geograafia ja kliima iseloomustus

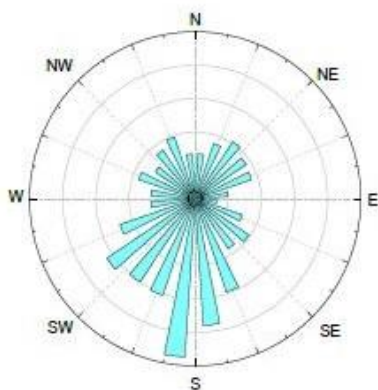
Kohtla-Järve on Ida-Virumaal asuv tööstuslinn, mis paikneb tasasel Viru lavamaal põlevkivimaardla Kukruse lademe põhjaosas, olles põhjast ääristatud Põhja-Eesti klindi astangutega. Linna moodustavad kaevanduste ja karjääride juurde tekkinud asulad, mille vahele jäävad viljakal pinnasel paiknevad põllud, niiskemates piirkondades metsad, niidud ja sood. Linnast põhjas paikneb Saka-Ontika paekallas, mis kuulub Ontika maastikukaitseala koosseisu, kagus Kurtna maastikukaitseala hulka kuuluv Kurtna järvestik ning lõunas Jõhvi kõrgustik. Kohtla-Järvel on kuus linnaosa (Ahtme, Järve, Kukruse, Oru, Sompa ja Viivikonna koos Sirgalaga), mis paiknevad geograafiliselt väga hajusalt, jäädes mõnel juhul üksteisest kuni 40 km kaugusele [30, 31]. Kohtla-Järvel elab 2019. a 1. jaanuari seisuga 33 743 inimest, elanike arvult on suurim Järve linnaosa 15 952 (01.01.2019) elanikuga [34]. Järve linnaosa pindala on 21,57 km², moodustades kogu Kohtla-Järve linnast 51 %, st asustustihedus on 740 inimest/km² [35]. Piirkonnale on iseloomulik tasane ja mõningase kõrghaljastusega loodus ning mereline kliima, kuna linn paikneb mererannikust ligikaudu 4,5 km kaugusel. Linna ja ranniku vahele jäävas piirkonnas puuduvad suuremad geograafilised objektid, mis võiksid oluliselt takistada saasteainete hajumist, elamupiirkondade suunal on maapind tasane, kõrguste erinevus Kohtla-Järve ümbruses 1. kilomeetri kohta ei ületa 50 meetrit [32, 33].

Valdav enamus tööstusettevõtetest jääb Kohtla-Järve kesklinna suhtes lääne ja edela suunda, mistõttu on Järve linnaosa elumupiirkonnad heiteallikate suhtes allatuult ja ebasoodsa paiknemisega, kuna Kohtla-Järve piirkonnas puhuvad valdavalt edela- ja lõunatuuled, kandes saasteallikate heitmed linna kohale [32, 33]. Allatuult peamistest saasteallikatest paikneb ka Kalevi tänava riiklik õhuseirejaam (L-Est X6590296, Y686128), mis iseloomustab hästi õhukvaliteedi olukorda ja selle muutusi linnas tervikuna. Petroter tehastest on seirejaam orienteeruvalt 3 km kaugusel kirdes [32].

VKG Oil AS Petroter käitis (L-Est X6587894, Y684247) asub Kohtla-Järvel aadressil Keemia vkt 12j ja Keemia vkt 8s. Kinnistu katastritunnusega 32201:001:0189, mis kvalifitseerub Maa-ameti andmetel oma kasutusotstarbelt 80 % ulatuses tootmismaaks ja 20 % ulatuses transpordimaaks, ning kinnistu katastritunnusega 32217:001:0046, mis on oma kasutusotstarbelt 100 % tootmismaa. Käitis paikneb Kohtla-Järve Järve linnaosa lääneküljel. VKG territoorium on ümbritsetud kirde-, ida- ja lõuna poolt teiste tootmis-, äri- ja transpordimaadega, lääne- ja loode suunas asuvad jäätmeoidla maad. Lähimad elumupiirkonnad asuvad 1-1,5 km kaugusel käitise territooriumist ida- ja lõuna suunas. VKG territooriumi lääneosa piirneb poolkoksi ladestusalaga (jäätmeoidla maa) ja VKG poolkoksiprügilaga, milleks on üle 100 m kõrgused poolkoksimäed pindalaga 200 ha, kuhu on ladestatud ligikaudu 70-75 milj. tonni jäätmeid, omades mõju ka piirkonna välisõhu seisundile. Kuna poolkoksimäed on oma iseloomult püsivad ning pidevad saasteallikad, siis sellest tulenevalt on ka linnaõhu saasteainete foon võrreldes ülejäänud Eestiga märkimisväärselt kõrgem, seda eelkõige vääveldioksiidi ning tööstuslike saasteainete, nagu vesiniksulfiidi, fenooli, formaldehüüdi ja benseeni osas. Põhja suunas on Kolga ja Saka küla 2,5 km kaugusel [33]. Ülejäänud ilmakaartes asuvad asulad vastavalt: lõunas Roodu küla (1,2 km), Kohtla (1,2 km) ja Kohtla-Nõmme (2 km), edela suunas – Aidu-Liiva (9 km), lääne suunas – Mustmäta (8 km) ning loodes – Voorepera (4,5 km). Linnast väljas asuvad üksikmajapidamised 1,2 km kaugusel lõunas Vahtsepa kraavi vasakul kaldal ja 2,1 km kaugusel põhjas [31]. Lähimad elumupiirkonnad (Kohtla-Järve linna Järve linnaosa, Käva ja Vanalinn) asuvad VKG territooriumi piirist 0,8-1,5 km kaugusel. Lähimad elumajad jäävad Petroter seadmete heiteallikatest ~900 m kaugusele (Vanalinn, Pioneeri tn), Käva asumini (Ehitajate tn, Lille tn) on ~1050 m ja Kohtla-Järve Järve linnaosa Torujõe tänavani ~2300 m, Põhja- (Metsapargi tn) ja Lõunapiirkonnad (Outokumpu tn) ~3000 m [32]. VKG Oil AS kõrval samal tootmisterritooriumil tegutseb naftakeemiatööstuse ettevõtte Novotrade Invest AS. VKG tütarettevõtetest asuvad tootmisterritooriumil veel VKG Energia OÜ Põhja SEJ, VKG Oil AS vaikude sünteesi seade ja VKG Logistika OÜ. VKG Oil AS koosseisu kuuluvad ka Kiviter tootmise tehased [34]. Teised lähiümbruse olulisemad tööstus- ja keemiaettevõtted on Eastman Specialties OÜ (~1,2 km põhjasuunal) ning Järve Biopuhastus OÜ (~0,8 km põhjasuunal). Väiksematest käitistest on lähiümbruses veel

näiteks Remeksi keskus AS, Portlif Grupp AS, Vesboard OÜ, OÜ Kivirand ja TNC Components [36]. Käitise asukoht ning seda ümbritsevad ettevõtted Kohtla-Järvel on näidatud allolevatel joonistel (Joonis 2.1.1.1, Joonis 2.1.1.2). Petroter tehaste ja nende heiteallikate ning mahutite paiknemine VKG territooriumil on toodud joonistel (Joonis 2.1.1, Joonis 2.1.1.3). Petroter tehaste kaugus elamupiirkondadest ja teistest lähimatest tööstusettevõtetest näitab Joonis 2.1.1.4.

Valdavalt puhuvad Kohtla-Järvel lõuna- ja edelakaarte tuuled kiirusega 2-4,5 m/s. Kui lõunatuuled (23 %) kannavad saastet Petroter tehaste territooriumist pigem Kohtla-Järve Järve linnaosast mööda Saka küla poole, siis edela (18,6 %) - ja läänetuulte (10,3 %) esinemisel kanduvad saasteained Järve linnaosa kohale (Joonis 2.1.1.5). Kuna Kohtla-Järve ilm on mõjutatud mere lähedusest, siis esineb tuulevaikust harva [32].



Joonis 2.1.1.5 Tuulte keskmine esinemissagedus Kohtla-Järvel [21]

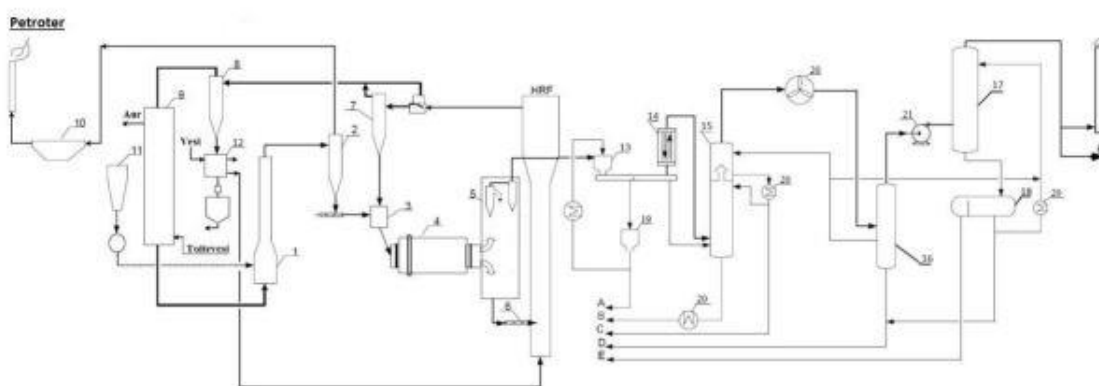
2.1.2 Käitise tegevusalade ja heiteallikate kirjeldus

VKG Oil AS tehases toodetakse põlevkivikütteõli kahel tehnoloogial, milleks on Kiviter ja Petroter tehnoloogia, mõlemal on kolm tehist. Summaarne töötlemise võimsus on 5,41 miljoni tonni kaubapõlevkivi aastas, millest 70 % on Petroteri seadmete osakaal [37].

Petroter tehnoloogia on põlevkivi töötlemise meetod, mis on välja töötatud ja patenditud VKG inseneride poolt. Tehnoloogia on kasutusel alates 2009. aastast. Lühidalt kirjeldades Petroter tehnoloogia põhineb termilise töötlemise (pürolüüsi) protsessi alusel. Tootmisprotsess toimub horisontaalses reaktoris, milles kasutatakse tuhaga segatud põlevkivi peenfraktsiooni (0–25 mm) ehk tahke soojuskandja. Põlevkivi ja kuuma tuha segunemisel pöörlevas trummelreaktoris ilma õhu juurdepääsuta toimub kuumenemine ning põlevkivi orgaaniline osa 450–500 °C temperatuuri juures hakkab eralduma nii vedelede kui ka gaasiliste ainetena. Reaktoris toimuva termilise töötlemise

protsessi tulemusena moodustuv aurugaasisegu puhastatakse tuhast ja mehaanilistest lisanditest ning suunatakse kondensatsiooniosakonda, kus saadakse põlevkiviõli erinevad fraktsioonid ja kõrge kalorsusega gaas. Põlevkiviõli fraktsioonid suunatakse VKG Oil AS teistele tehnoloogilistele seadmetele edasiseks töötlemiseks ning valmistoodangu valmistamiseks. Poolkoksigaas suunatakse valdavalt VKG Energia OÜ Põhjasoojuselektrijaama soojuse ja elektri tootmiseks. Protsessi kõrvalsaadusteks on fenoolvesi, suitsugaasid ja termilise töötuse käigus tekkinud tuhk [3, 37].

Järgnevalt on toodud detailsem põlevkivi ümbertöötlemise tehnoloogilise protsessi kirjeldus. Petroter tehnoloogia ning fenoolvee puhastamise skeem on näidatud Joonis 2.1.2.1 ja Joonis 2.1.2.2.



Joonis 2.1.2.1 Petroteri tootmise tehnoloogiline skeem:

1 – aerofontäänkuivati, 2 – põlevkivitsüklon, 3 – segisti, 4 – pöörlev trummelreaktor, 5 – tolmueraldaja, 6 – kruvikonveier, 7 – soojuskandja tsüklon, 8 – tuhatsüklon, 9 – utilisatsioonkatel, 10 – elektrifilter, 11 – põlevkivi mahuti, HRF – aerofontäänkolle, 12 – tuhasoojusvaheti, 13 – gaasipuhasti, 14 – õhkjahutusega kondensaator, 15 – destillatsioonikolonn, 16 – separaator, 17 – vesijahutusega kondensaator, 18 – fenoolvee ja bensiini vahevastuvõtja, 19 – jahuti, 20 – õhkjahuti, 21 – gaasipuhur.

A – Põlevkiviõli raskfraktsioon; B – Põlevkiviõli keskfraktsioon; C – Diislifraktsioon; D – Bensiini fraktsioon; E – Fenoolvesi; F – Uttegaas [25].

Ümbertöötlemise osakonda töötlusse saabunud põlevkivi suunatakse esmalt põlevkivipunkrisse, kust põlevkivi transporditakse purustisse ja antakse tükkidena suuruses 0÷5 mm aerofontäänkuivatisse, kus katel-utilisaatorist saabuvate jääkgaaside soojuse arvel (~600 °C) põlevkivi kuivatatakse. Kuiva põlevkivi koos suitsugaaside aerohõljumiga suunatakse kuiva põlevkivi tsüklonitesse tahke faasi eraldamiseks gaasilisest faasist. Suitsugaasid tsüklonitest suunatakse tahkete osakeste eemaldamiseks elektrifiltrisse. Elektrifiltrit läbinud suitsugaas suunatakse läbi suitsukorstna atmosfääri [38].

Põlevkivi termilise lagunemise protsessi läbiviimiseks antakse segistisse koos kuiva põlevkiviga soojuskandja, milleks on soojuskandja tsüklonites eraldatud kuumutatud põlevkivituhk. Põlevkivi termilise lagunemise saadused, s.o aurugaasisegu, poolkoks ja

soojuskandja liiguvad reaktorist tolmueralduskambrisse, kus gravitatsiooni teel toimub gaasifaasi ja tahke materjali esmane lahutamine. Kui poolkoks segus tuhaga tolmuakambri allosast antakse põletamisele aerofontäänkoldesse HRF, kus toimub utmise põlevjäägi põletamine õhu puudujäägi tingimustes ($\alpha < 1$), mistõttu soojuskandja mass kuumeneb vajaliku temperatuurini [33, 38].

Aurugaasisegu, mis tekib põlevkivi termilisel lagunemisel ümbertöötlemisosakonnas, suunatakse tuhaeralduskambri ülaosast tuhast ja mehhaanilistest lisanditest puhastatuna edasi kondensatsiooniosakonda [32, 33, 38].

Põlevkivituhk koos tehnoloogilise gaasiga aerofontäänkoldest HRF suunatakse tuhatsüklonitesse ning läbi by-pass-i osaliselt soojuskandja tsüklonitesse. Tuhatsüklonites toimub põlevkivituha eraldamine tehnoloogilisest jääkgasist. Tuhatsüklonites kinnipüütud põlevkivituhk suunatakse tuhasoojusvahetisse. Tuhasoojusvaheti töö põhimõte on protsessis tekkinud põlevkivituha jahutamine – tuhasoojusvahetist väljuva tuha temperatuur on kuni 150 °C. Tuha jääksoojuse arvelt toimub tuhasoojusvahetis VKG Energia OÜ-lt saadud küttevee temperatuuri tõstmine. Küttesee tuhasoojusvahetist suunatakse tagasi VKG Energia OÜ-le (kasutatakse kaugküttevõrgus) [32]. Tuhasoojusvahetit läbinud põlevkivituhk koguneb tuhasoojusvaheti alumisse ossa (punkrisse), kuhu suunatakse ka elektrifiltris kinni püütud põlevkivituhk. Põlevkivituhk tuhasoojusvaheti alumisest osast (punkrist) suunatakse tuhaniisutajasse, milline on ette nähtud põlevkivituha temperatuuri täiendavaks alandamiseks järveveega ja tehnoloogilises protsessis tekkinud puhta veega. Tuhaniisutajast suunatakse põlevkivituhk torukonveierite abil ladestamiseks poolkoksiprügilasse [38].

Kondensatsiooniosakonnas toimub auru-gaasisegu täiendav puhastamine tuhast ja mehhaanilistest lisanditest ning erinevate põlevkiviõli fraktsioonide saamine destillatsioonikolonnis. Destillatsioonil tekivad täiendavalt fenoolvesi ja kõrge kütteväärtusega poolkoksigaas, samuti eraldatakse kondensatsiooni osakonnas poolkoksigaasi puhastamise käigus bensiinifraktsioon [32, 33].

Põlevkiviõli fraktsioonid, s.o kerge masuut, raske masuut, diislifraktsioon, keskfraktsioon, destillatsioonijääk ja bensiinifraktsioon suunatakse põlevkiviõlide seadmele edasiseks töötlemiseks ja lõpptoodangu laadimiseks. Petroter protsessis tekkiv tsirkulatsiooniõli suunatakse edasiseks töötlemiseks raske- ja kerge-keskõli ettevalmistuse ja õliärastuse seadme tsirkulatsiooniõli puhastusseadmele ja/või elektroodkoki seadmele [38].

Poolkoksigaasi kasutatakse kütusena, põhiliselt VKG Energia OÜ Põhja SEJ-s. Tehnoloogiline jääkgaas aerofontäänkoldest HRF suunatakse järelpõletamisele katel-utilisaatorisse, seejärel suitsugaas puhastamisele tsüklonites ja elektrifiltrites ning edasi suitsugaasi korstnasse. Põlevkivituhk, mis tuleb tuhasoojusvahetist ladustatakse VKG ohtlike jäätmete prügilasse. Soojuskandja tsüklonites kinni püütud põlevkivituhk ja tolmu suunatakse protsessi tagasi [33, 38].

Fenoolvesi kõigilt Petroteri seadmetelt suunatakse ühisesse fenoolvee puhastamise seadmesse. Fenoolvesi Petroter seadmetelt suunatakse mahutisse E-801. Fenoolvee pumpamise maksimaalne kiirus on 27 Nm³/h, keskmiselt 22,2 Nm³/h. Leelise (NaOH 15-20 %) lahuse saabub defenolatsiooniseadmelt/generaatorõlide destillatsiooni seadmelt ja pumbatakse mahutisse E-802. Fenoolvesi juhitakse mahutist E-801 koguses 16–27 m³/h läbi soojusvaheti stripping kolonni K-801. Soojusvahetis toimub fenoolvee eelnev soojendamine puhastatud veega stripping kolonni K-801 alumisest osast. Fenoolvee pH reguleerimine toimub 15–20% NaOH lahuse doseerimisega mahutist E-802. Kolonn K-801 – stripping kolonn, mis on varustatud sõeltaldrikutega Kühni, on ette nähtud sinna suunatud fenoolvees olevate enamuse orgaaniliste lahustite aurude ja lahustunud gaaside eemaldamiseks. Kolonni K-801 alumisse ossa juhitakse läbi barbotööri ülekuumutatud veeauru, mille toimel toimub orgaaniliste lahustite ja lahustunud gaaside üleminek veefaasist gaasifaasi. Puhastatud vesi koguneb kolonni alumises osas, see pumbatakse läbi soojusvaheti puhastatud vee mahutisse E-803 või vajadusel fenoolvee mahutisse E-801. Puhastatud vesi suunatakse tagasi tsehhide Petroter-1,2 ja Petroter-3 tehnoloogilisse protsessi [32].

reagentidega. Tehnoloogiliste aparaatide läbipesu viiakse läbi seadmete seisaku ajal järgmise tehnoloogilise skeemi alusel:

- Mahuti E-807-soojusvaheti T-804-stripping kolonn K-801-mahuti E-807;
- Mahuti E-807-soojusvaheti T-802-mahuti E-807.

Mahutid E-801, E-802, E-803, E-804 ja E-807 on ühendatud ühtsesse hingamissüsteemi, mahutitest eralduvad aurud puhastatakse aktiivsöega täidetud adsorberites F-805 ja F-806. Saasteallikaks on adsorberite ühine heiteküünal (heiteallikas nr 316) [32, 38].

Kokku ettevõtte planeerib kasutada kolmel seadmel (Petroter-1, 2 ja 3) aastas toormena 3, 65 miljoni tonni peenpõlevkivi ja lisaks koos põlevkiviga 60 000 tonni peendispersset tuharikast kütust (PDTRK) ning kuni 26 980,80 tonni põlevkivi termilise töötlemise pürolüüsi jääki. Abimaterjaliks on maagaas, mida kasutatakse tavarežiimil vajaduse korral katel-utilisaatoris temperatuuri hoidmiseks 720 000 Nm³/a ja iga seadme käivitamisel 195 000 Nm³/a. Maagaasi aastane kulu kolme seadme kohta kokku moodustab ca 2,745 mln Nm³/a [31, 32].

Pooltoodeteks põlevkivi kuivdestilleerimisel on põlevkiviõli mitmesugused fraktsioonid, mis pumbatakse seadmelt VKG Oil AS põlevkiviõlide seadmel olevatesse puhvermahutitesse (vahemahutitesse), kust need segatakse generaatori protsessis saadud õlidega valmistoodangu saamiseks, või suunatakse edasisele töötlemisele [38].

Tehase tootmisvõimsus on 183 445 000 Nm³ poolkoksigaasi aastas (539 544 Nm³/ööpäevas) ning 685 000 t põlevkiviõli aastas. Vaheproduktiks on Petroteri koosseisus olevale fenoolvee puhastusseadmele suunatav fenoolvesi, mida tekib 194 400 t aastas. Fenoolvee puhastusseade suudab käidelda 27 Nm³/h fenoolvett tunnis. Jääkproduktiks on põlevkivituhk, mida tekib Petroter tehastes kokku 2,015 mln t/a. Atmosfääri eraldub tootmisest suitsugaasi, igalt seadmelt keskmiselt 60 000–77 700 Nm³/h, pidevseire andmetel maksimaalselt 88 400 Nm³/h. Suitsugaas koosneb maagaasi põletamise ja tehnoloogilise jääkgaasi põletamisel katel-utilisaatoris eralduvast gaasist, põlevkivi kuivatamisega kaasnevast veeaurust ning tolmust. Enne atmosfääri suunamist eraldatakse suitsugaasist tolmu [31, 32].

Põlemisproduktid katel-utilisaatorist (tehnoloogilise jääkgaasi ja vajadusel maagaasi põletamine) lähevad nn „summaarse suitsugaasi“ koostisesse korstnatest nr 310, 312 ja 313. Seega on saasteainete heitkogused näidatud arvestatuna summaarse suitsugaasiga (suitsugaasi korstnate pidevseire andmete alusel), mida pole võimalik erinevate kütuseliikide ja seadmete vahel jagada [32, 33, 38].

2.2 Parima võimaliku tehnika nõuded Galoter- protsessiga tootmise kohta

PVT nr 44 on katel-utilisaatori kasutamine suitsugaasi ja mittetäieliku põlemise produkti järelpõletamise soojusenergia taaskasutamiseks, kui see on tehniliselt ja majanduslikult otstarbekas. Parim võimalik tehnika on rakendatav uutele seadmetele. Meetodi rakendatavus ja majanduslik otstarbekus sõltub üldisest energiaefektiivsuse kasvust, sh tekkiva auru tõhusast rakendamisest [22, 41].

PVT nr 45 on Galoter-protsessi tootmises fenoolvee edasine suunamine defenoleerimise seadmele. Juhul, kui käitises puuduvad defenoleerimisvõimalused, rakendada võib fenoolvee põletamist käitise põletusprotsessides [40, 41].

PVT nr 46. Põlevkiviõli Galoter-protsessi tootmises PVT-ga saavutatavad õhkuheite tasemed on esitatud tabelis allpool (Tabel 2.2.1). Tabelis on võetud arvesse, et põlemine toimub suurel määral ilma õhu juurdepääsuta $\alpha \approx 1$, lisaks on heide muutuv, olenevalt konkreetset ajavahemikul kasutatava põlevkivi kvaliteedist ja fraktsioonkoostisest. Olenemata tabelites kuvatud heitetasemetest peavad olema tagatud lühi- ja pikaajalised keskkonna määrad (saastatuse taseme ühe tunni ja 24 tunni keskmine piirväärtus, vastavalt SPV1, ning SPV24) tootmisterritooriumi piiril [40, 41].

Tabel 2.2.1 Parima võimaliku tehnika piirnormid katel-utilisaatori kasutamisel [22]

Näitaja	Heitetase, mg/nm ³ (3% O ₂)
	Kuukeskmise
CO	3000-6100
SO ₂	700-1200
NO _x	40-400
Tahked osakesed	40-200
H ₂ S	0-75

PVT nr 47 on tahke soojuskandja poolkoksiseadme töökindluse ja stabiilsuse suurendamine, milleks koostatakse ja järgitakse eesmärgistatud tegevuskava pika- ja lühiajaliste seiskamiste-käivitamiste arvu vähendamiseks. Üldise töö stabiilsuse minimaalne tase peaks olema 80% aastasest tööajast, millest tööaeg tavapärasel töörežiimis moodustab omakorda 80% [41].

Töökindlus protsentides leitakse vastavalt valemile (2.2.1).

$$\text{Töökindlus} = A \times 100 : H \quad (2.2.1)$$

kus A - tööaeg tundides normaalrežiimil, h

H - tööaeg normaalrežiimil + tööaeg käivitus- ja seiskamisrežiimil, h [22].

PVT nr 48 on planeerida pikaajalist tööseisakut eeldavad remonttööd ühele seisakuremondiperioodile aastas [40, 41].

2.3 Pidevseire

Heiteallikad 310, 312 ja 313 on vastavalt Petroter-1, Petroter-2 ja Petroter-3 suitsukorstnad, kust eraldub atmosfääri suitsugaas maagaasi ning tehnoloogilise jääkgaasi põletamiselt. Ettevõttes mõõdetakse pidevalt nii kasutatavate gaaside keemilist koostist kui välisõhku väljutatavate suitsugaaside omadusi. Pidevseire raames mõõdetakse suitsugaasi koostises oleva SO_2 , NO_2 , CO , CO_2 ja PM_{Sum} kontsentratsioone. CO_2 kontsentratsioon on arvutuslik, põhinedes suitsugaasi CO_2 sisaldusel (%) [21, 22, 27].

Heiteallikatest eralduvate heidete määramisel lähtutakse Keskkonnaministri 24.11.2016. aastal määrusest nr 59 „Põletusseadmetest ja põlevkivi termilisest töötlemisest välisõhku väljutatavate saasteainete heidete mõõtmise ja arvutusliku määramise meetodid“, Keskkonnaministeeriumi 2017. aasta uuringust "Põlevkiviõli tootmisel tekkiva süsinikdioksiidi heitkoguse määramise metoodika uuring" ja keskkonnaministri 27.12.2016 määrust nr 86 "Välisõhku väljutatava süsinikdioksiidi heite arvutusliku määramise meetodid".

VKG Oil AS pidevseirejaam asub VKG tootmisterritooriumi põhjapiiril. Pidevseiret Petroter-1, Petroter-2 ja Petroter-3 suitsugaasidele VKG-s teostatakse mõõtesüsteemidega Opsi (Joonis 2.3.1), kus kõigi mõõdetavate komponentide ja parameetrite mõõtmisagedus on 1 kord minutis, väljundandmed esitatakse 1 h keskmistena. Mõõtesüsteemid Opsi on läbinud kvaliteedi tagamise protseduurid (QAL2, AST) firma Bureau Veritas Hollandi koostööpartneri KW3 B.V, mille tulemusena tõendatakse mõõtmistulemuste usaldusväärsus. Igapäevaste kvaliteediprotseduuride eest vastutab Viru RMT OÜ.

Keskkonnamõju vähendamiseks ja vältimiseks on paigaldatud suitsugaasi puhastamiseks tahketest osakestest tsüklonid koos elektrifiltriga. Elektrifiltri projektiline puhastusaste – 99,92 % [20].

Käesolevas töös analüüsitakse heiteallikatest välisõhku väljutatavate saasteainete heitkoguseid (CO , SO_2 , NO_x ja PM_{sum}), mis on saadud seadmete Petroter-1, Petroter-2 ja Petroter-3 suitsugaasi pidevseire 2017-2019. aastate andmete põhjal. Petroter-1, 2 ja 3 seadmete pidevseire saadud kuukeskmised heitetased on kantud tabelitesse 3.1.1, 3.1.2 ja 3.1.3.

3 TULEMUSED JA ARUTELU

3.1 Tehase vastavus parima võimaliku tehnika nõuetele

Petroter-1 seadme kuukeskmised on esitatud lisas (Lisa 7). Aastal 2017 oli Petroter-1 seadmel ületatud lubatud kuukeskmise SO₂ heitetase jaanuaris, veebruaris, märtsis, aprillis, mais, juunis, juulis ja novembris ning CO kuukeskmise heitetase oli püsivalt ületatud terve aasta jooksul. Septembris ja oktoobris oli Petroter-1 seade seiskunud, seoses katel-utilisaatori kapitaalremondi teostamisega. Kapitaalremondi käigus demonteeriti katel-utilisaatori vana gaasikäigu sisemise osa, katla põleti korpuse sektorit, korpuse lae osa ja aurutorud. Katla sisemise korpuse kaitsmiseks tehti blokeerimissüsteemis muudatused. Muudeti turvasüsteemi algoritmi rõhu erinevuse hoidmiseks katla vaheruumis, olemasoleva diferentsiaalsüsteemi asemel torude tasakaalustamise arvelt paigaldati torustikule otsese toimega regulaatorid katla vaheruumi tehnoloogilise õhuga varustamiseks. Teostatud töö aitas CO heitetaset märkimisväärselt vähendada, kuid mitte piisavas ulatuses, et tagada parima võimaliku tehnika piirnorme.

Aastal 2018 oli Petroter-1 seadmel ületatud lubatud kuukeskmise SO₂ heitetase märtsis, aprillis, mais, juunis ja juulis ning CO kuukeskmise heitetase oli püsivalt ületatud terve aasta jooksul. Augustikuus Petroter-1 seade seiskus. Tekkis katel-utilisaatori korpuse ja vaheruumi rõhu erinevuse tõttu seinte deformatsioon. Katla ahju sees toimus plahvatus, mida põhjustas plahvatusohtliku kontsentratsiooni tekkimine katla põleti peal, seoses vale automatiseerimiseseadetega. Kõik kahjustatud alad ja katla osad vaadati üle ning parandati ära.

Aastal 2019 oli Petroter-1 seadmel ületatud lubatud kuukeskmise SO₂ heitetase jaanuaris, märtsis, aprillis ning CO heitetase oli püsivalt ületatud terve aasta jooksul. 2019. aastal muudeti tehnoloogilise õhuvarustuse torustikku jälitamist katla põleti peale, mis oli seotud Katel-utilisaatori õnnetusega, mida omakorda põhjustas vale ja mitte täielikult kohandatud algoritmist loodusliku gaasi ja tehnoloogilise õhu andmise katla põletile. Ajutiselt läks õhk katla põletile tuhasoojusvaheti õhuplokkide kaudu ja seetõttu varieerus selle temperatuur sõltuvalt seadme töörežiimist 50–250 °C piires. Kuumutamisel õhk paisub ja seetõttu vajatakse õhutarve selle temperatuurist täiendavat reguleerimist. Õhu andmiseks püsiva temperatuuriga katla põletile tuleks õhku anda otse õhupuhuritest analoogselt seadmetega Petroter-2 ja 3.

Petroter-2 seadme kuukeskmised on esitatud lisas (Lisa 8). Aastas 2017 Petroter-2 seadmel on ületatud lubatud kuukeskmise SO₂ heitetase jaanuaris, veebruaris, märtsis, aprillis, juunis, juulis, augustis, oktoobris, novembris ja detsembris.

2018. aastal Petroter-2 seadmel on ületatud lubatud kuukeskmise SO₂ heitetase jaanuaris, veebruaris, märtsis, aprillis, mais, juunis, juulis, septembris, oktoobris, novembris, detsembris. 2018. aastal suurenesid märkimisväärselt mõlema tasakaalustusseadiste tühimikud katel-utilisaatori aurusoojendi ja aurujahuti astmete vahel. Selle tulemusena asendati katel-utilisaatori torustikkudel kaks tasakaalustusseadist samalaadsetega. Hiljem, selleks, et kõrvaldada suitsugaaside tühimikud, katel-utilisaatori aurusoojendi ja aurujahuti astmete vahel, kaeti mõlemad tasakaalustusseadised sidemetega.

2019. aastal esimeses pooles Petroter-2 seadmel oli jätkuvalt probleeme SO₂ piirnormide tagamisega, mis olid tingitud tehnoloogilise protsessi iseärasustest. Seega Petroter-2 puhul teostati katel-utilisaatori õhukäigu rekonstrueerimine 2019. aasta suvel tagamaks senisest ühtlasem põlemise režiim. Alates 2019. aasta juulikuust vastab vääveldioksiidi kontsentratsioon suitsugaasi parima võimaliku tehnika viitedokumendis toodud piirväärtusele.

Petroter-3 seadme kuukeskmised on esitatud lisas (Lisa 9). Aastas 2017 Petroter-3 seadmel on ületatud lubatud kuukeskmise SO₂ heitetase jaanuaris, veebruaris, märtsis. 2017. aastal kontrolliti ja muudeti seadme algoritmi blokeerimissüsteemi ning paigaldati katel-utilisaatori trumliste uue taseme mõõturit.

Aastas 2018 Petroter-3 seadmel on ületatud lubatud kuukeskmise SO₂ heitetase oktoobris ja novembris. Petroter-3 seade oli ümberseadistatud. Petroter-3 seadme puhul tagab ettevõtte nõutud saasteainete piirnormide tagamise tehnoloogilise protsessi senisest tõhusama operatiivse juhtimisega ning täiendavaid tegevusi ei pea ettevõtte vajalikuks rakendada.

Andmete töötlemisel fikseeriti, et Petroter tehase pidevseirega mõõdetud saasteainete kuukeskmised kontsentratsioonid osaliselt ei vasta parima võimaliku tehnika nõuetele. Eesti põlevkivi tootmise parima võimaliku tehnika kirjelduste järgi Petroter tehnoloogia, Galoter protsessiga tootmine, ei vasta PVT-le nr 46, mis tähendab tööstusheite § 162 ja atmosfääriõhu kaitse § 231 seaduse nõuete rikkumist (VKG Oil AS Petroteri kompleksloa nõuete rikkumine ja saasteainete piirväärtuste ületamine).

3.2 Tegevuskava

Tabel 3.2.1 Petroter-1 seadme tegevuskava parima võimaliku tehnika rakendamiseks

Tootmisetapid	Parima võimaliku tehnika rakendamise meetmed	Parima võimaliku tehnika rakendamise investeeringud
Auru tootmine, tehnoloogilise gaasi põletamine	Uue katel-utilisaatori tööprojekti koostamine Uue katel-utilisaatori ehitamine ja käikulaskmine	Eelprojekti koostamine – 100 000 eurot Tööprojekti koostamine - 400 000 eurot Ehitus ja käikulaskmine – 6 200 000 eurot

Tegevuskava on esitatud Petroter tootmise keskkonnakompleksloa muutmise taotluse raames.

Lähtuvalt ülaltoodust tulemustest on ettevõtte rakendanud tegevuskavas planeeritud meetmed Petroter-2 seadmel, ning rakendatud meetmetega on tagatud saastekomponentide vastavus parima võimaliku tehnika piirväärtustele. Petroter-1 seadme katel-utilisaatori eelprojekt on valmis ning jätkatakse järgmiste tegevustega, sh tööprojekti koostamisega.

3.3 Järeldused ja ettepanekud

Saadud andmete põhjal tuleb edaspidi välisõhu kvaliteedi tagamisel enim tähelepanu pöörata SO₂ ja CO heidete rangele jälgimisele ja vähendamisele ning tegevuskavas planeeritud meetmed saastekomponentide vastavuse parima võimaliku tehnika piirväärtustele tagamiseks rakendada. Viimase aja seiretulemused näitavad, et saasteainete sisaldus heiteallikate (310, 312, 313) suitsugaasis vastab parima võimaliku tehnika väärtustele, välja arvatud Petroter-1 seadme süsinikmonoksiidi heitetase.

Töö autori ettepanekud keskkonnavalaste rikkumiste vähendamiseks on:

- vastavalt Atmosfääri kaitse seaduse §101 lõikele 1 punktile 3 peab paikse saasteallika valdaja eelnevalt teatama saasteloaga või keskkonnakompleksloaga andjale ja kohaliku omavalitsuse organile kõigist kavandatavatest tootmistehnoloogia või saasteallikate parameetrite muudatustest, mis võivad suurendada saasteaine heitkogust üle saasteloaga lubatud piiri;
- vastavalt Atmosfääri kaitse seaduse §101 lõikele 1 punktile 7 peab paikse saasteallika valdaja teavitama õhusaasteloaga või keskkonnakompleksloaga andjat olulisest keskkonnahäiringust, mis kaasneb käitaja tegevusega, olenemata

sellest, kas õhusaasteloas või keskkonnakompleksloas sätestatud nõuded on järgitud [42].

Lähtudes keskkonnaministri määrusest nr 56 „Keskkonnanaloo taotlusele esitatavad täpsustavad nõuded ja loa andmise kord ning keskkonnanaloo taotluse ja loa andmekoosseis“ töö autor esitab järgmised soovitud välisõhku paisatavate saasteainete kontsentratsioonide arvutuslikuks hindamiseks või vajadusel otseste mõõtmiste teostamiseks välisõhus või saasteallikast väljuvas gaasis ja/või kehtiva saasteloo muutmiseks/täiendamiseks:

- tehnoloogilise protsessi muutmisel;
- Petroter tootmise võimsuse suurenemisel;
- uute seadmete kasutusele võtmisel;
- uute toorainete/toodete kasutusele võtmisel/tootmisel;
- Petroter tootmise tööaja ja -dünaamika muutmisel;
- uute puhastus- ja/või püüdeseadmete kasutusele võtmisel.

KOKKUVÕTE

Lõputöö eesmärgiks oli anda ülevaade Eesti põlevkivi sektorist ja parima võimaliku tehnika piirnormidele vastavusest VKG Oil AS Petroter tehase näitel, sh koguda ja analüüsida andmeid pidevseire süsteemist ning pakkuda välja lahendusi heitetase vähendamiseks. Autori uurimisülesandeks on leida Petroter tehase probleemsed kohad, kus kasutatav tehnoloogia ei vasta parima võimaliku tehnika nõuetele ning välja selgitada, mida on tarvis teha, et kasutatav tehnoloogia hakkaks parima võimaliku tehnika nõuetele vastama.

Lõputöö koosneb kolmest peatükist. Esimene annab ülevaate põlevkivist maailmas ja Eestis, parima võimaliku tehnikast ning Viru Keemia Grupp AS-i ettevõttest. Kirjeldatakse põlevkiviõli tootmise arengut ja peamisi põlevkiviõli tootmisega kaasnevaid keskkonnaprobleeme. Teine peatükk tutvustab VKG Oil AS Petroter tehast, selle tegevusala, kasutatavaid tootmisprotsesse ja tehnoloogiat ning kirjeldab töös kasutatavat metoodikat – selgitamaks välja, kas ja kuidas on VKG Oil AS Petroter tehas parima võimaliku tehnika nõuetele vastanud, kasutas töö autor Petroter tehase pidevseire andmeid, CO, SO₂, NO_x ja PM_{sum} kontsetratsioone, ajavahemikus 2017-2019. Andmeanalüüsis kasutatud andmed pärinesid Viru Keemia Grupp AS-i pidevseire kontrollimise andmekogu süsteemist. Kolmandas peatükis kajastatakse analüüsi tulemusi, kirjeldatakse uuritud ajavahemikus tehase parima võimaliku tehnika piirnormidele vastavust, tehakse järeldusi analüüsi tulemustest lähtuvalt. ning ettepanekuid olukorra parandamiseks.

Töö käigus leidis püstitatud uurimisülesanne täitmise. Aastate 2017-2019 andmete töötlemisel tuvastati, et VKG Oil AS Petroter tehase tegevusest tulenev heitetase osaliselt ei vasta parima võimaliku tehnika nõuetele. Eesti põlevkivi tootmise parima võimaliku tehnika kirjelduste järgi Petroter tehas, Galoter protsessiga tootmine ei vasta PVT-le nr 46.

Käesolev lõputöö annab ülevaate, kui palju ja milised saasteainete kuukeskmised kontsentratsioonid pole parima võimaliku tehnika nõuetele vastanud. Aastate lõikes oli Petroter-1 seadmel püsivalt ületatud süsinikumonoksiidi heitetase. Sellele järgnes tööstusheite ja atmosfääriõhu kaitse seaduse nõuete rikkumine. Kuigi 2019. aastal pole Petroter-3 ühtegi parima võimaliku tehnika normi ületust, Petroter-2 peale hooldustöid samuti pole ületatud parima võimaliku tehnikat, Petroter-1 ikka ei vasta CO osas parima võimaliku tehnika nõuetele, kuid selle osas jätkatakse tegevusi antud normi saavutamiseks.

Antud töö ei kajasta Eesti põlevkivitööstuse parima võimaliku tehnika piirnormidele vastavust tervikuna, kuna autor analüüsis vaid VKG Oil AS Petroter tehases tuvastatud keskkonnavalaseid rikkumisi. Saamaks teada, kuidas on teised ettevõtted parima võimaliku tehnikale vastanud Eestis, tuleks teha edasist uurimistööd põlevkiviõli tootmisega seotud ettevõttes.

SUMMARY

The aim of the thesis was to give the overview of the Estonian oil shale sector and compliance with best available techniques in VKG Oil AS Petroter factory, including collecting and analyzing data from a continuous monitoring system and proposing solutions to reduce emissions.

The author's research task is to find the problem areas of the Petroter factory where used technology does not meet the requirements of best available techniques and to find out what needs to be done for the used technology to meet the requirements of best available techniques.

The Master's thesis consists of three chapters. The first chapter gives an overview of oil shale in the world and in Estonia, the best possible technology and the company of Viru Keemia Grupp AS. The development of shale oil production and the main environmental problems associated with shale oil production are described. Chapter two introduces the VKG Oil AS Petroter factory, its field of operation, used production processes and technology and describes the methodology used in thesis - to find out whether and how VKG Oil AS Petroter factory has met the requirements of best available techniques, the author of the work used SO₂, NO_x and PM_{sum} concentrations, for the period 2017-2019. The data used in the analysis came from the continuous monitoring inspection database system of Viru Keemia Grupp AS. The third chapter presents the results of the analysis, describes the compliance of the factory with the best available technology limits during the investigated period, and draws conclusions based on the results of the analysis. and suggestions for improvement.

The Master's thesis research task was fulfilled. When processing the data of 2017-2019, it was established that the emission level arising from the activities of the VKG Oil AS Petroter factory does not partially comply with the requirements of the best available techniques. According to the descriptions of the best available techniques for Estonian oil shale production, the Petroter plant, production with the Galoter process, does not comply with BAT 46.

The Master's thesis provides an overview of how much and which monthly average concentrations of pollutants did not meet the requirements of the best available techniques. Over the years, the Petroter-1 had permanently exceeded its carbon monoxide emissions. This was followed by a violation of the requirements of the Industrial Emissions and Atmospheric Air Protection Act. Although Petroter-3 has not exceeded any BAT in 2019, Petroter-2 has not exceeded BAT after maintenance,

Petroter-1 still does not meet the requirements of BAT for CO, but actions will continue to achieve this norm.

This Master thesis does not reflect the compliance of the Estonian oil shale industry with the best available techniques limits problem as a whole, as the author analyzed only the environmental violations identified at the VKG Oil AS Petroter factory. In order to find out how other companies have met the requirements with the best available techniques in Estonia, further research should be carried out in all factories involved in the production of shale oil.

KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU

[1] ÄF-Consulting AS. Eesti Põlevkiviõli tootmise parim võimalik tehnika. Tallinn, 2013. [WWW]

https://www.envir.ee/sites/default/files/p6levkivi6li_toostuse_pvt_aruanne_05_07_2013.pdf (15.04.2020)

[2] European Academies Science Advisory Council. A Study on the EU oil shale industry – viewed in the light of the Estonian experience, 2007. [WWW] http://www.akadeemia.ee/_repository/File/VALISSUHTED/Oil%20Shale%20-%20final.pdf (08.05.2020)

[3] Siirde, A., Roos, I., Martins, A. Estimation of Carbon Emission Factors for the Estonian Shale Oil Industry. – *Oil Shale*. 2011, 28 (1S), 127-139. DOI: 10.3176/oil.2011.1S.05

[4] Tammiksaar, E. Põhijooni põlevkiviõlitööstuse arengust Eestis. Viru Keemia Grupp, 2019. [WWW] <https://www.vkg.ee/wp-content/uploads/2019/10/pohijooni-polevkivilitoostuse-arengust-eestis.pdf>

[5] Väli, E., Valgma, I., Reinsalu, E. Usage of Estonian Oil Shale. – *Oil Shale*. 2008, 25 (2), 101-114. DOI: 10.3176/oil.2008.2S.02

[6] ÄF-Consulting AS. Eesti põlevkiviõli energeetilise kasutamise parima võimaliku tehnika uuring. Tallinn, 2016.

[WWW] https://www.envir.ee/sites/default/files/pvt_lopparuanne_02.01.2017.pdf (15.04.2020)

[7] Ots, A. Põlevkivi põletustehnika. Tallinn, 2004.

[8] Konist, A. Põlevkiviõli tootmisel tekkiva uttegaasi kasutusvõimaluste uuring. Tallinn, 2014. [WWW]

https://www.energiatalgud.ee/img_auth.php/4/4f/Konist,_A._P%C3%B5levkivi%C3%B5li_tootmisel_tekkiva_uttegaasi_kasutusv%C3%B5imaluste_uuring.pdf (08.05.2020)

[9] Valgma, I. Kaevandamine ja keskkond. Mäeinstituut, 2012. [WWW] <https://www.slideshare.net/VeikoKaru/kaevandamine-ja-keskkond-41748498> (11.05.2020)

- [10] Majandus- ja Kommunikatsiooniministeerium. Eelnõu 03.10.2016, ENMAK 2030, Eesti energiamajanduse arengukava aastani 2030. Tallinn, 2016. [WWW] https://www.mkm.ee/sites/default/files/enmak_2030_koos_elamumajanduse_lisaga.pdf (11.05.2020)
- [11] Euroopa Komisjoni teatis, 23. oktoober 2014, Kliima- ja energiapoliitika raamistik 2030. [WWW] <https://www.consilium.europa.eu/et/policies/climate-change/2030-climate-and-energy-framework/> (11.05.2020)
- [12] Keskkonnaministeerium. Põlevkivi kasutamise riiklik arengukava 2016-2030. Tallinn, 2015. [WWW] https://www.envir.ee/sites/default/files/arengukava_eelnou.pdf (11.05.2020)
- [13] Plamus, K., Soosaar, S., Ots, A., Neshumayev, D. Firing Estonian oil shale of higher quality in CFB boilers – environmental and economic impact. – *Oil Shale*. 2011, 28 (1S), 113-126. DOI: 10.3176/oil.2011.1S.04
- [14] Lecomte, T., Ferreria De La Fuente, J. F., Neuwahl, F., Canova, M., Pinasseau, A., Jankov, I., Brinkmann, T., Roudier, S., Delgano Sancho, L. Best Available Techniques (BAT) Reference Document for Large Combustion Plants. Industrial Emissions Directive 2010/75/EU (Integrated Pollution Prevention and Control). – *Publications Office of the European Union*. 2017. DOI: 10.2760/949
- [15] Barthe, P., Chaugny, M., Roudier, S., Delgano Sancho, L. Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Refining of Mineral Oil and Gas. Industrial Emissions Directive 2010/75/EU (Integrated Pollution Prevention and Control). – *Publications Office of the European Union*. 2015. DOI:10.2791/010758
- [16] Kleesmaa, J., Latõšov, E., Karolin, R. Primary method for reduction of SO₂ and its impact for CO₂ in pulverized oil shale fired boilers at Narva Power Plant. – *Oil Shale*. 2011, 28 (2), 321-336. DOI: 10.3176/oil.2011.2.06
- [17] Karolin, R., Latõšov, E., Kleesmaa, J. Primary method for reduction of SO₂ emission in pulverized oil shale-fired boilers at Narva Power Plants: Test 1 – water injection after superheater. – *Oil Shale*. 2016, 33 (4), 70-81. DOI: 10.3176/oil.2017.1.05
- [18] Euroopa Parlamendi ja Nõukogu direktiiv 2010/75/EL, 24. november 2010, tööstus-heidete kohta (saastuse kompleksne vältimine ja kontroll). – *Euroopa Liidu Teataja*.

- [19] Evrard, D., Laforest, V., Villot, J., Gaucher, R. Best Available Techniques as a Sustainability Tool in Manufacturing: Case Study in the Dairy Sector. – *Procedia CIRP*. 2016, 48, 520-525. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.03.098>
- [20] Tööstusheite seadus. – *Riigi Teataja* I, 16.05.2013, 1.
- [21] Alltegevusvaldkondade loetelu ning künnisvõimsused, mille korral on käitise tegevuse jaoks nõutav kompleksluba. – *Riigi Teataja* I, 11.06.2013, 19.
- [22] Keskkonnaminister. Järeldused Eesti põlevkiviõli tootmise parima võimaliku tehnika kirjelduse põhjal. 17.12.2013. [WWW]
- [23] Keskkonnaminister. Järeldused Eesti põlevkiviõli energeetilise kasutamise parima võimaliku tehnika kirjelduse põhjal. 25.10.2017. [WWW]
- [24] Jäätmeseadus. – *Riigi Teataja* I, 2004, 9, 52.
- [25] Dellise, M., Villot, J., Gaucher R., Amardeil, A., Laforest, V. Challenges in assessing Best Available Techniques (BATs) compliance in the absence of industrial sectoral reference. – *Journal of Cleaner Production*. 2020, 263. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121474>
- [26] Viru Keemia Grupp AS. [WWW] <https://www.vkg.ee/> (11.05.2020)
- [27] Viru Keemia Grupp AS. VKG aastaraamat 2015. [WWW] <https://www.vkg.ee/aastaraamat2015/index.html> (11.05.2020)
- [28] Viru Keemia Grupp AS. VKG aastaraamat 2016. [WWW] <https://www.vkg.ee/aastaraamat2016/index.html> (11.05.2020)
- [29] Viru Keemia Grupp AS. VKG aastaraamat 2017. [WWW] <https://www.vkg.ee/aastaraamat2017/index.html> (11.05.2020)
- [30] Viru Keemia Grupp AS. VKG aastaraamat 2018. [WWW] <https://www.vkg.ee/aastaraamat2018/et/> (11.05.2020)
- [31] Kohtla-Järve põlevkiviõlitehas Petroter. KKL/300389. – *Keskonnaotsuste infosüsteem*. Välja antud 14.03.2019.
- [32] Kesanurm, K. VKG OIL AS Petroter tootmise välisõhku eralduvate saasteainete lubatud heitkoguste (LHK) projekt. Eesti Keskkonnauuringute Keskus. Tallinn, 2020.

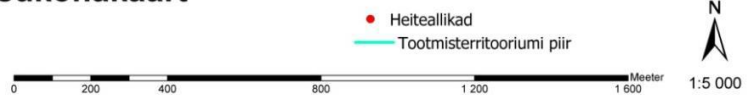
- [33] Liblik, V. VKG Oil AS Petroter tootmise lubatud heitkoguste (LHK) projekt. Töö nr 241-17VKG 433-17. Tallinna Ülikooli loodus- ja terviseteaduste instituut. Ökoloogia keskuse Kirde-Eesti osakond. Jõhvi, 2018.
- [34] Eesti Statistika. Kohtla-Järve linn. [WWW] <https://www.stat.ee/ppe-55753> (15.04.2020)
- [35] Kohtla-Järve linna arengukava aastateks 2016-2034 kinnitamine. Lisa Kohtla-Järve linna arengukava 2016-2034 – *Riigi Teataja*. Vastu võetud 30.09.2015 nr 76
- [36] Liblik, V. VKG Oil AS lubatud heitkoguste (LHK) projekt. Töö nr 261-19-vkg/100-19. Tallinna Ülikooli loodus- ja terviseteaduste instituut. Ökoloogia keskuse Kirde-Eesti osakond. Jõhvi, 2019.
- [37] Viru Keemia Grupp AS. Tehnoloogia. [WWW] <https://www.vkg.ee/tehnoloogia/> (15.04.2020)
- [38] Liblik, V. VKG Oil AS Petroter tootmise lubatud heitkoguste (LHK) projekt. Töö nr 226-16-vkg/174-16. Tallinna Ülikooli loodus- ja terviseteaduste instituut. Ökoloogia keskuse Kirde-Eesti osakond. Jõhvi, 2016.
- [39] Gwinn, R. M., Sokull-Klüttgen, B. Chapter 6 – Regulation and Legislation. – *Adverse Effects of Engineered Nanomaterials*. 2012, 97-117. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-386940-1.00006-4>
- [40] Huybrechts, D., Derden, A., Van den Abeele, L., Vander Aa, S., Smets, T. Best available techniques and the value chain perspective. – *Journal of Cleaner Production*. 2018, 174. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.10.346>
- [41] Cusano, G., Rodrigo Gonzalo, M., Farrell, F., Reimus, R., Roudier, S., Delgano Sancho, L. Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Non-Ferrous Metals Industries. Industrial Emissions Directive 2010/75/EU (Integrated Pollution Prevention and Control). – *Publications Office of the European Union*. 2017. DOI: 10.2760/8224
- [42] Atmosfääriõhu kaitse seadus. – *Riigi Teataja* I, 05.07.2016, 1.

LISAD

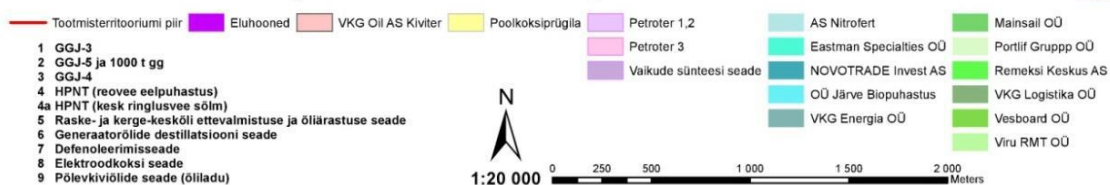
Lisa 1 Petroter tootmise heiteallikad



Petroter heiteallikate asukohakaart

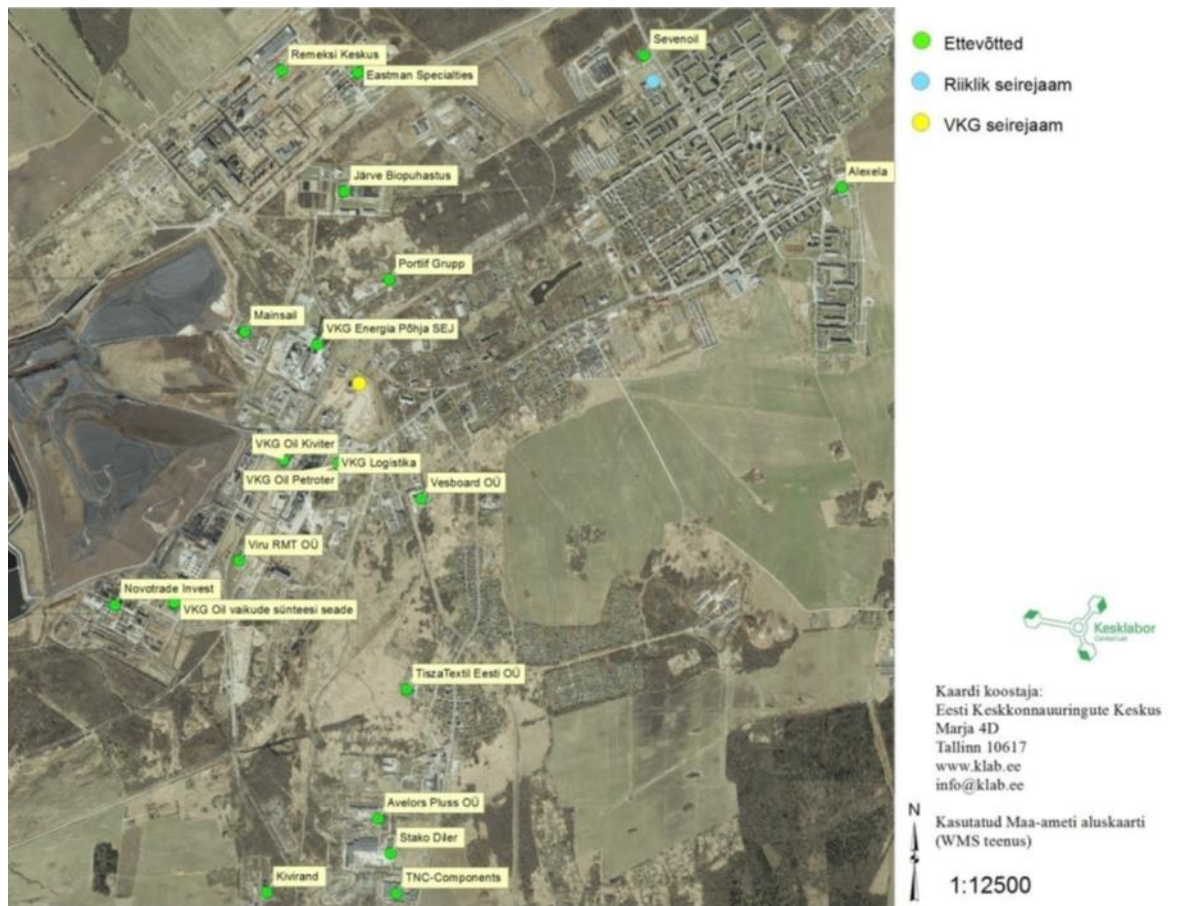


Joonis 2.1.1 Petroter tootmise heiteallikad (Viru Keemia Grupp AS, 2020)



42

Lisa 3 Ettevõtted Kohtla-Järve linnas Järve linnaosas



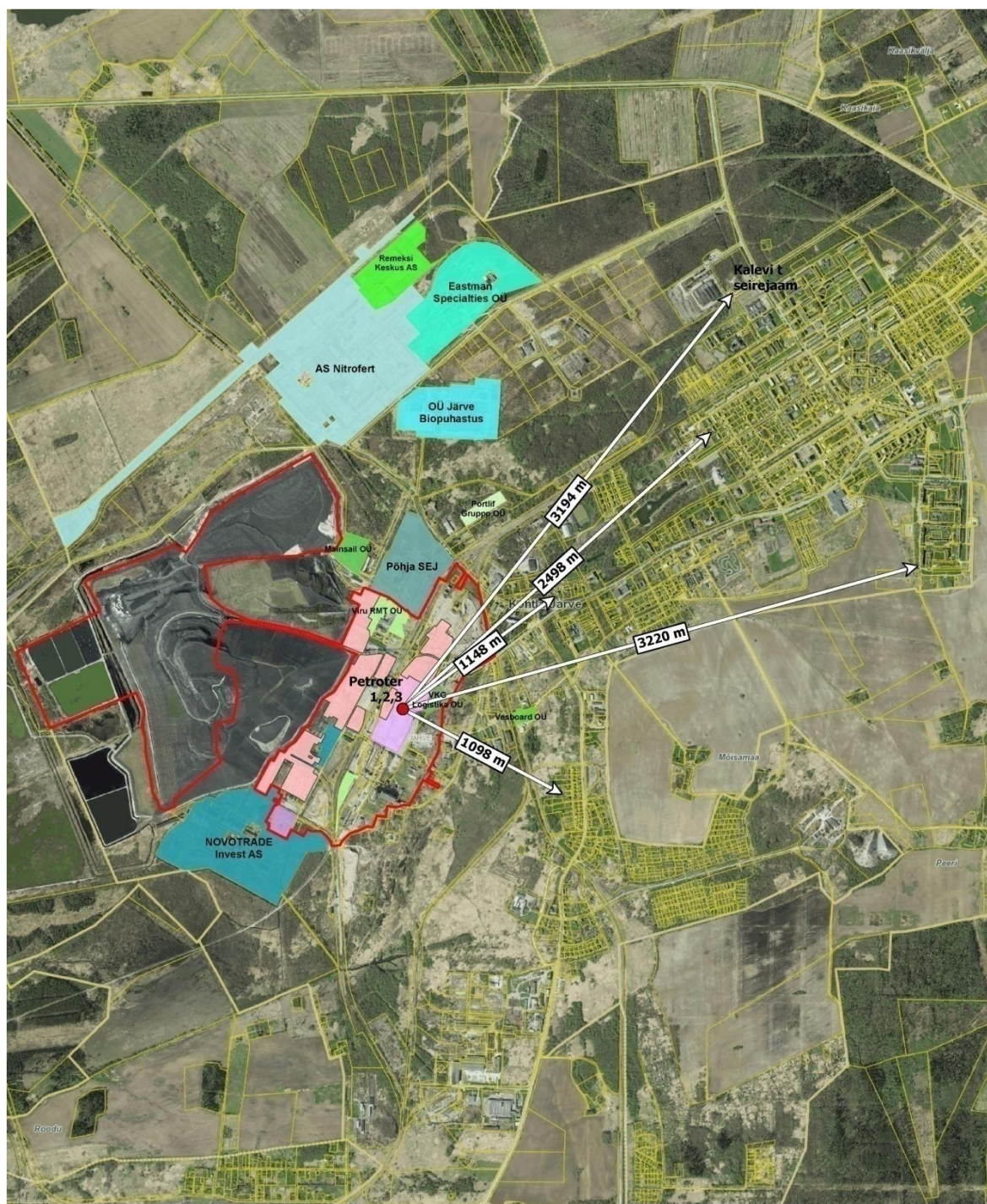
Joonis 2.1.1.2 Ettevõtted Kohtla-Järve linnas Järve linnaosas [19]

Lisa 4 Petroter tootmise mahutid



Joonis 2.1.1.3 Petroter tootmise mahutid (Viru Keemia Grupp AS, 2020)

Lisa 5 Lähimate elumupiirkondade kaugus Petroter tehastest



Petroter tootmise asukoht ja lähiümbruse ettevõtted (hajumisarvutuste ala 5x5 km)



— Tootmisterritooriumi piir	Vaikude sünteesi seade	OÜ Järve Biopuhastus	Remeksi Keskus AS
VKG Oil AS Kiviter	AS Nitrofert	VKG Energia OÜ	VKG Logistika OÜ
Petroter 1,2	Eastman Specialties OÜ	Mainsail OÜ	Vesboard OÜ
Petroter 3	NOVOTRADE Invest AS	Portif Grupp OÜ	Viru RMT OÜ

0 250 500 1 000 1 500 2 000 Meters

1:20 000



Joonis 2.1.1.4 Lähimate elumupiirkondade kaugus Petroter tehastest (Viru Keemia Grupp AS, 2020)

Lisa 6 Pidevseire mõõtesüsteem OpsiS



Joonis 2.3.1 Pidevseire mõõtesüsteem OpsiS (Kroman, 2020)

Lisa 7 Petroter-1 aastate 2017, 2018, 2019 kuukeskmised CO, SO₂, NO_x ja PM_{sum} kontsentratsioonid

Tabel 3.1.1 Petroter-1 aastate 2017, 2018, 2019 kuukeskmised CO, SO₂, NO_x ja PM_{sum} kontsentratsioonid

		Petroter-1											
		2017				2018				2019			
		CO, mg/Nm ³	SO ₂ , mg/Nm ³	NO _x , mg/Nm ³	PM _{sum} , mg/Nm ³	CO, mg/Nm ³	SO ₂ , mg/Nm ³	NO _x , mg/Nm ³	PM _{sum} , mg/Nm ³	CO, mg/Nm ³	SO ₂ , mg/Nm ³	NO _x , mg/Nm ³	PM _{sum} , mg/Nm ³
PVT piirväärtus		6100	1200	400	200	6100	1200	400	200	6100	1200	400	200
Kuukeskmised	Jaauar	20995.29	1219.08	122.86	47.67	14736.53	1193.18	140.89	60.4	17349.60	1229.74	129.90	151.34
	Veebruar	19476.27	1369.31	150.27	96.40	16321.68	1181.86	134.42	76.64	22317.52	1148.98	98.62	148.83
	Märts	24490.98	1392.50	125.71	140.83	17119.48	1246.71	171.83	49.08	22531.67	1521.80	180.14	149.84
	Aprill	25169.63	1223.84	146.62	147.45	12581.45	1211.35	187.19	31.42	25908.90	1395.90	179.26	125.26
	Mai	37771.71	1280.46	67.41	52.93	17442.72	1361.73	178.67	28.73	20689.09	1195.15	138.62	72.60
	Juuni	51065.24	1358.72	105.59	56.91	15702.76	1420.24	174.29	34.45	24812.94	1142.74	140.58	119.47
	Juuli	26754.78	1224.82	116.84	108.44	16880.61	1411.89	176.11	37.14	25638.61	991.73	131.07	140.46
	August	25141.85	1012.84	23.38	90.27	0.00	0.00	0.00	0.00	23799.81	1174.23	180.63	93.91
	September	0.00	0.00	0.00	0.00	11059.68	693.76	212.26	41.04	28287.04	1044.84	118.65	85.52
	Oktoober	0.00	0.00	0.00	0.00	7990.63	951.89	214.97	51.81	26636.74	1032.38	120.18	101.13
	November	16938.88	1338.43	154.93	55.81	10160.75	1030.78	184.75	72.78	27292.21	876.42	101.73	122.81
	Detsember	11384.84	1169.57	169.55	50.20	12751.05	1056.34	165.4	116.32	26878.07	829.38	117.33	150.77

Lisa 8 Petroter-2 aastate 2017, 2018, 2019 kuukeskmised CO, SO₂, NO_x ja PM_{sum} kontsentratsioonid

Tabel 3.1.2 Petroter-2 aastate 2017, 2018, 2019 kuukeskmised CO, SO₂, NO_x ja PM_{sum} kontsentratsioonid

		Petroter-2											
		2017				2018				2019			
		CO, mg/Nm ³	SO ₂ , mg/Nm ³	NO _x , mg/Nm ³	PM _{sum} , mg/Nm ³	CO, mg/Nm ³	SO ₂ , mg/Nm ³	NO _x , mg/Nm ³	PM _{sum} , mg/Nm ³	CO, mg/Nm ³	SO ₂ , mg/Nm ³	NO _x , mg/Nm ³	PM _{sum} , mg/Nm ³
PVT piirväärtus		6100	1200	400	200	6100	1200	400	200	6100	1200	400	200
Kuukeskmised	Jaauar	3.642.12	1.291.17	197.34	5.96	2604.23	1257.51	276.07	4.81	3799.04	1628.95	241.04	249.62
	Veebruar	1.964.35	1.839.68	286.72	4.41	1681.81	1496.36	283.74	6.01	3831.04	1728.15	274.68	129.27
	Märts	1.316.29	1.588.27	292.57	26.09	1594.31	1346.41	281.54	4.53	3342.95	1806.80	295.42	148.54
	Aprill	1.221.23	1.217.50	301.39	33.88	2155.65	1256.69	292.56	3.68	3419.91	1870.61	327.65	192.16
	Mai	2.400.03	1.003.47	239.29	4.78	2695.16	1672.52	292.92	6.39	2260.18	1592.45	328.58	80.03
	Juuni	1.202.97	1.495.21	301.41	3.24	1751.84	1780.39	337.04	6.68	1700.00	1286.56	336.48	84.74
	Juuli	1.713.36	1.684.10	335.17	3.69	2870.57	1373.93	334.55	5.96	126.01	1085.60	318.21	215.43
	August	1.519.27	1.346.27	286.29	3.07	2348.98	1131.53	309.92	5.05	1879.14	1132.09	311.46	157.41
	September	733.67	1.139.30	280.52	5.08	2795.53	1268.22	355.01	5	2607.50	1171.77	331.37	98.02
	Oktoober	932.37	1.207.21	260.9	2.35	2431.85	1563.02	332.24	5.8	1340.26	1083.51	326.49	112.56
	November	1.279.12	1.277.48	300.54	3.1	932.7	1488.74	284.17	4.5	1948.79	1143.39	297.71	60.09
	Detsember	1.855.39	1.301.98	315.3	3.35	1623.83	1622.67	284.92	7.31	1860.14	1112.25	282.47	69.46

Lisa 9 Petroter-3 aastate 2017, 2018, 2019 kuukeskmised CO, SO₂, NO_x ja PM_{sum} kontsentratsioonid

Tabel 3.1.3 Petroter-3 aastate 2017, 2018, 2019 kuukeskmised CO, SO₂, NO_x ja PM_{sum} kontsentratsioonid

		Petroter-3											
		2017				2018				2019			
		CO, mg/Nm ³	SO ₂ , mg/Nm ³	NO _x , mg/Nm ³	PM _{sum} , mg/Nm ³	CO, mg/Nm ³	SO ₂ , mg/Nm ³	NO _x , mg/Nm ³	PM _{sum} , mg/Nm ³	CO, mg/Nm ³	SO ₂ , mg/Nm ³	NO _x , mg/Nm ³	PM _{sum} , mg/Nm ³
PVT piirväärtus		6100	1200	400	200	6100	1200	400	200	6100	1200	400	200
Kuukeskmised	Jaanuar	484.74	1349.94	256.34	8.07	184.61	1123.04	379.48	6.4	532.73	1017.28	369.17	100.29
	Veebruar	716.48	1337.08	232.95	8.75	196.09	1174.36	389.06	8.85	872.93	927.97	324.17	92.01
	Märts	242.06	1448.63	273.85	5.54	223.18	1104.46	398.79	8.67	688.48	907.83	330.19	77.42
	Aprill	208.22	1063.32	269.69	5.73	492.9	1002.08	380.63	8.14	594.90	1168.31	285.21	61.35
	Mai	149.03	1093.62	261.68	5.67	543.34	986.88	382.16	8.11	242.10	930.30	370.40	108.08
	Juuni	128.83	1031.31	287.75	5.82	131.17	1083.6	384.81	7.87	642.92	860.82	364.92	95.76
	Juuli	135.83	1120.94	311.16	6.06	217.19	1064.9	385.96	8.2	473.79	1111.10	364.75	8.27
	August	181.96	1063.51	289.69	4.84	182	996.57	372.39	8.29	215.37	988.87	369.75	8.34
	September	157.60	1052.37	314.88	5.92	339.23	1033.71	374.63	9.63	480.78	973.37	258.25	41.64
	Oktoober	133.76	1025.08	346.43	6.51	382.09	1214.22	355.54	8.63	1085.18	479.11	259.66	51.47
	November	141.84	1006.31	365.33	7.10	239.24	1212.44	387.21	5.93	351.41	1064.34	304.81	66.90
	Detsember	781.56	1045.16	384.00	7.90	376	1019.05	381.95	7.03	1012.61	977.82	271.15	62.99