



**LAHDEN AMMATTIKORKEAKOULU**  
*Lahti University of Applied Sciences*

ASFALTTITEHTAAN  
BITUMISÄILIÖIDEN  
HÖNKÄKAASUISTA SYNTYVÄN  
HAJUHAITAN KÄSITTELY

LAHDEN  
AMMATTIKORKEAKOULU  
Tekniikan ala  
Ympäristötekniikan koulutusohjelma  
Ympäristötekniikka  
Opinnäytetyö  
Kevät 2012  
Jaska Tittonen

Lahden ammattikorkeakoulu  
Ympäristötekniikka

TITTONEN, JASKA:

Asfalttitehtaan bitumisäiliöiden  
hönkäkaasuista syntyvän hajuhaitan  
käsittely

Ympäristötekniikan opinnäytetyö, 32 sivua

Kevät 2012

TIIVISTELMÄ

---

Haju on subjektiivinen tuntemus, jonka kaikki kokee yksilöllisesti. Se voidaan kokea miellyttävänä tai epämiellyttävänä. Usein teollisuuden hajut koetaan epämiellyttävinä, ja ne aiheuttavat joskus jopa terveyshaittaa, mutta yleisimmin kysymys on sosiaalisesta ongelmasta varsinkin asutusalueilla.

Tässä opinnäytetyössä tutkittiin asfalttitehtaan bitumisäiliöistä syntyviä hönkäkaasuja ja niiden aiheuttamaa hajuhaittaa sekä yleisellä tasolla hajujen käsittelymenetelmiä. Työn tarkoituksena oli kehittää hajuhaitan käsittelymenetelmä Helsingin Konalassa sijaitsevalle asfalttitehtaalle.

Projektin pitkittymisen vuoksi itse käsittelymenetelmän testaus ja koekäyttö rajattiin tämän työn ulkopuolelle. Työssä keskityttiin bitumihöyryistä saatujen analyysitulosten arviointiin ja siihen kuinka ne vaikuttavat itse menetelmän valintaan. Työssä käytiin läpi myös joitain ulkomailla käytössä olevia bitumihöyryjen käsittelymenetelmiä.

Analyysitulosten ja ennakkotietojen perusteella päädyttiin alustavasti kokeilemaan höyryjen puhdistukseen pesuria, joka perustuu absorptioon. Höyryt johdetaan pesuriin, jossa bitumihöyryn happamat yhdisteet absorboituvat emäksiseen pesuliukokseen, sitten höyry johdetaan aktiivihiilisuodattimeen, minkä jälkeen se voidaan päästää ilmaan.

Asiasanat: bitumi, hajuhaitta, hönkäkaasu, asfaltti

Lahti University of Applied Sciences  
Degree Programme in Environmental Technology

TITTONEN, JASKA: Treatment of the odor nuisance caused by the fumes  
from the bitumen storage tanks of an asphalt plant

Bachelor's Thesis in Environmental Engineering, 32 pages

Spring 2012

ABSTRACT

---

Smell is a subjective sensation that everyone experiences individually. Smells can be experienced as pleasant or unpleasant. Industrial odors are often perceived as unpleasant. Sometimes they cause a health hazard, but most commonly they are a social problem, especially in residential areas.

This thesis deals with the unpleasant odor of the fumes from the bitumen storage tanks at an asphalt plant, as well as treatment methods of odor in general. The aim was to develop a treatment method for the odor nuisance of an asphalt plant at Helsinki Konala.

Due to the restricted schedule, testing of the treatment method and the trial was left out of work. The work focused on the evaluation of the analytical results of the bitumen fumes and how they affect the choice of the treatment. The work also covered some existing methods of bitumen fume treatment.

After analyzing the results and preliminary data, the best treatment method seems to be a wet scrubber, which is based on absorption. Fumes are conveyed to the scrubber, where acid bituminous vapor is absorbed by the alkaline washing solution. Then the vapour is led to an activated carbon filter and after that it can be released into the atmosphere.

Key words: bitumen, odor, fumes, asphalt

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO	1
2	BITUMI	2
2.1	Yleistä	2
2.2	Bitumin ominaisuudet	3
2.3	Bitumityypit	4
3	HAJUPÄÄSTÖT	5
3.1	Hajujen havainnointi	5
3.2	Hajupäästöjen mittaus	6
3.3	Hajujen lainsäädäntö ja ohjeavot	7
3.3.1	Olfaktometri	8
3.3.2	Asukaspaneelitutkimus	9
3.3.3	Hajupäästön mallintaminen	9
4	HAJUKAASUJEN PUHDISTUSMENETELMÄT	11
4.1	Terminen poltto	11
4.2	Katalyyttinen poltto	11
4.3	Adsorptio	12
4.4	Biologinen hajunpoisto	12
4.5	Absorptio nesteeseen	13
4.6	Muut menetelmät	13
5	TUTKIMUSKSEN LÄHTÖKOHDAT	14
5.1	Ympäristölupa	14
5.2	Tutkimusongelman kuvaus	15
5.3	Lähtötiedot	15
6	MITTAUKSET JA TULOSTEN ANALYSOINTI	17
6.1	Bitumin hönkaasujen mittaus	17
6.1.1	VOC-mittaus	17
6.1.2	Hajukaasujen mittaus	17
6.1.3	Tilavuusvirran määrittäminen	18
6.2	Mittaustulokset	19
6.3	Tulosten analysointi	24
6.4	Hajunpoistomenetelmän valinta	25
7	BITUMIHÖYRYJEN KÄSITTELY MUUALLA MAAILMASSA	27

8 YHTEENVETO 29

LÄHTEET 30

# 1 JOHDANTO

Tämä opinnäytetyö toteutetaan Lemminkäinen Infra Oy:n toimeksiannosta. Yritys on Lemminkäinen Oyj rakennuskonsernin yksi toimialoista, joka on Suomen suurin infra-alan toimija. Konsernin muut toimialat ovat talotekniikka ja talonrakentaminen. Konsernin liikevaihto oli vuonna 2010 1,9 miljardia euroa ja yhtiön palveluksessa oli 8300 henkilöä. (Lemminkäinen. 2011.)

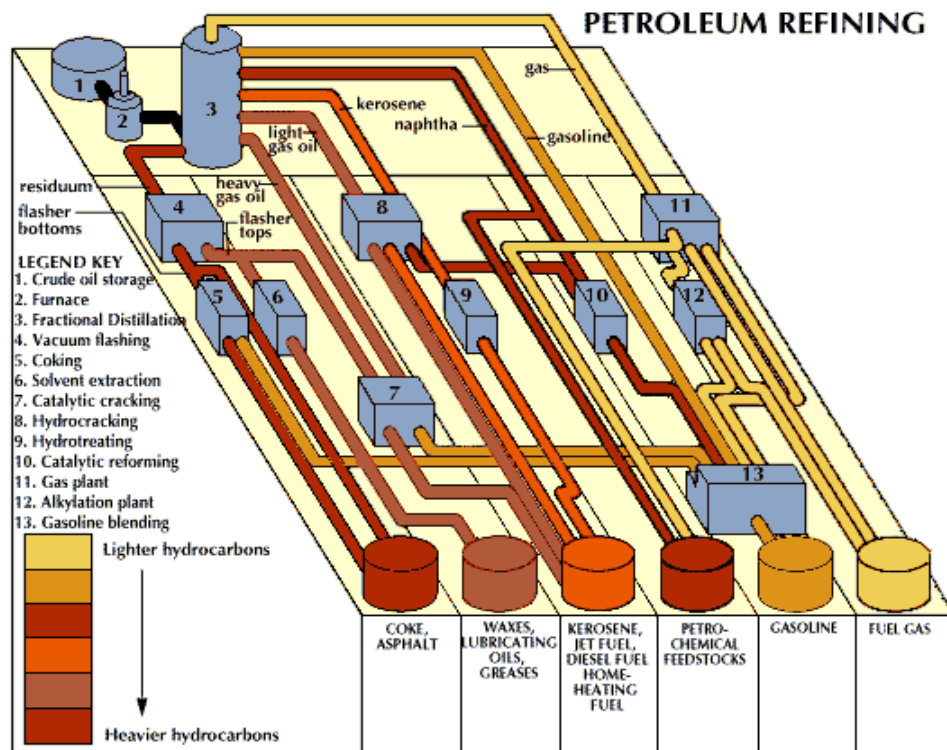
Työn tarkoituksena on tutkia mistä bitumin hajuhaitta syntyy ja miten sitä voidaan tutkia sekä kehittää käsittelymenetelmä, jolla voidaan poistaa bitumin varastointisäiliöistä syntyvien hönkäkaasujen hajuhaitta. Bitumihajupäästöjä syntyy säiliöiden huohotinputkien kautta. Säiliöt eivät ole paineastioita jolloin on oltava paineentasausta varten huohotusputki ulkoilmaan, joka tasaa paineenmuutoksia. Tähän asti syntyvät hönkäkaasut on päästetty suoraan ilmaan, mutta tässä työssä on tarkoitus kehittää menetelmä, jolla saataisiin niiden aiheuttama hajuhaitta hallintaan. Syy hankkeen aloittamiseen on Helsingin Konalassa sijaitsevan asfalttitehtaan sijainti lähellä asutusta, jonka seurauksena Etelä-Suomen aluehallintoviraston myöntämä ympäristölupa vaatii hönkäkaasuista syntyvien hajuhaittojen käsittelyä. Hönkäkaasut eivät ole tässä tapauksessa niinkään terveydelle haitallisia, vaan ne aiheuttavat enemmän sosiaalista haittaa lähialueiden asukkaille.

Työn suurimpana haasteena on se, että vastaavanlaisesta menetelmästä on hyvin vähän relevanttia tietoa, koska asiaa ei ole aikaisemmin tutkittu kovinkaan laajasti ainakaan Suomessa. Yhdysvalloissa hajuhaittaa ja sen käsittelymenetelmiä on sen sijaan tutkittu jonkin verran, ja tässä työssä tullaan käsittelemään mitä sovelluksia sieltä löytyy. Työssä selvitetään aluksi, mitä yhdisteitä bitumin hönkäkaasut sisältävät ja mitä aikaisemmin kehiteltyjä menetelmiä, jotka voisivat soveltua tähän tarkoitukseen, on hajukaasujen poistoon. Vaikka etsitään parasta mahdollista hajunpoistomenetelmää, niin resurssit ovat rajalliset ja menetelmän on oltava kustannuksiltaan kohtuullinen, helppokäyttöinen ja varmasti toimiva. Tarkoituksena on, että Konalaan suunniteltua hajunpoistomenetelmää tullaan käyttämään tulevaisuudessa muissakin Lemminkäisen asfalttitehtaissa. Suunnittelussa ja kehittämisessä tehdään yhteistyötä insinööritoimisto AX-suunnittelun kanssa, jolla on kokemusta teollisuuden hajukaasujen käsittelystä.

## 2 BITUMI

### 2.1 Yleistä

Bitumi on raakaöljyn tislauksesta syntyvä pohjatuote, jota käytetään tienrakennuksessa asfalttimassan sideaineena ja rakennusteollisuudessa bitumikatteisiin, vedeneristeenä ja korroosion estoon. Bitumi on uusiokäyttöön soveltuva ja edullinen sideaine. Bitumit koostuvat monimutkaisista isomolekyylisistä orgaanista yhdisteistä. Pääosin yhdisteet ovat raskaita hiilivetyjä joiden hiililuvut ovat suurempia kuin  $C_{25}$ . Ne sisältävät myös pieniä pitoisuuksia erillaisia metalleja, kuten vanadiinia, rautaa ja nikkeliä sekä rikkiä ja typpeä. Koska bitumi on hyvin monimutkainen yhdiste, sen tarkkaa kemiallista rakennetta on melkein mahdoton selvittää, mutta se voidaan jakaa eri komponentteihin molekyylipainon, liukoisuuden ja polaarisuuden perusteella. Kuvassa 1 näkyy raakaöljyn jalostuksen kaavio, josta näkee mitä eri tuotteita syntyy raakaöljyn tislauksesta. Vaaleimmalla värillä kevyimmät öljytuotteet ja tummimmalla raskain jae, eli bitumi. (Nynas 2005.)

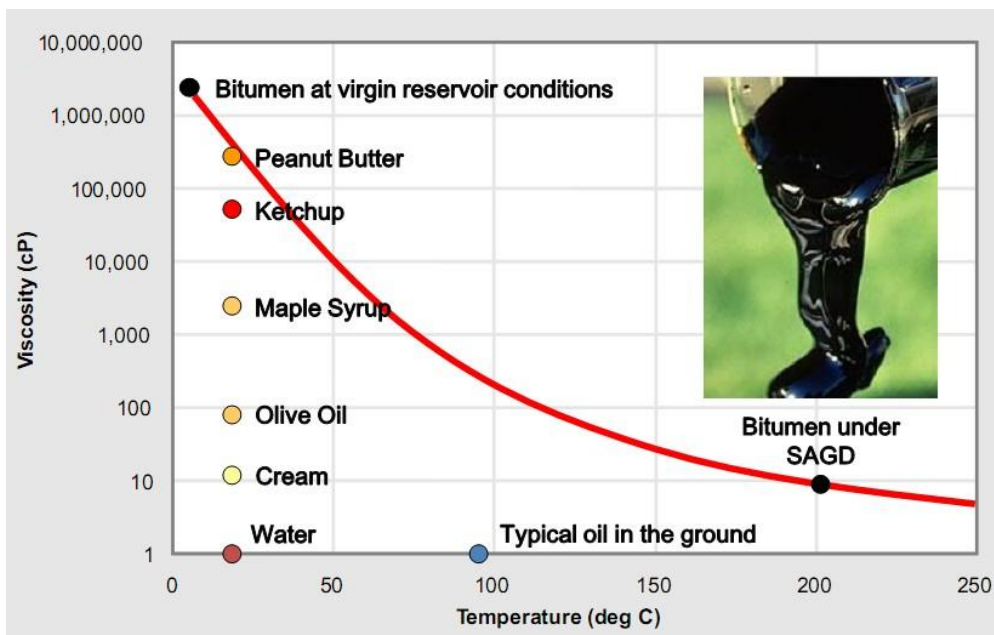


KUVIO 1. Raakaöljystä valmistettavat tuotteet (Britannica 2012.)

## 2.2 Bitumin ominaisuudet

Bitumi on huoneenlämmössä kiinteä tai puolikiinteä aine ja korkeammissa lämpötiloissa neste, joka liukenee trikloorieteeniin. Bitumin viskositeetti on erittäin voimakkaasti lämpötilasta riippuvainen. Bitumin tartuntakyky on hyvä ja se on sitkeää materiaalia, joten se on hyvä sideaine ja eriste. Se on kemiallisesti melko inertti ja myrkytön aine, eikä se reagoi helposti muiden aineiden kanssa. Bitumi kestää hyvin vesipohjaisia liuoksia, laimeita happoja ja emäksiä vastaan, mutta öljypohjaiset liottimet liottavat bitumia. (Nynas 2005.) Alapuolella oleva kuvaaja havainnollistaa hyvin, kuinka bitumin viskositeetti muuttuu lämpötilan funktiona. Kuvaajaan on merkitty myös muutamien elintarvikkeiden viskositeetteja.

TAULUKKO 1. Bitumin viskositeetti lämpötilan funktiona (New energy and fuel 2009.)



Bitumia ei luokitella terveydelle tai ympäristölle vaaralliseksi aineeksi ja mahdollisen päästön voi helposti puhdistaa maasta, koska se on kiinteää huoneenlämmössä ja sitä alhaisemmissa lämpötiloissa. Kuumentaessa bitumista lähtee käryjä, jotka koostuvat kaasufaasista ja aerosoleista. Niitä ei pidetä ihmiselle vaarallisina, mutta suurina pitoisuuksina niistä voi aiheutua silmien ärsytystä ja hengitysoireita. Lisäksi bitumin käry aiheuttaa hajuhaittaa, johon perehdytään tässä työssä perusteellisemmin. (Nynas 2005.)

### 2.3 Bitumityypit

Bitumituotteet jaetaan ryhmiin valmistustavan tai käyttösovellutuksen mukaan. Tärkeimmät ryhmät ovat tislattut bitumit ja puhalletut bitumit. Molempia käsitellään kuumennettuina. Niiden ominaisuuksia kuvataan tunkeumaluokalla. Se kuvaa bitumin kovuutta ja jäykkyyttä ja se on tiebitumin luokitusperuste. Bitumeja voidaan muokata myös kylmänä käsiteltäviksi emulgoimalla ne veteen tai liuottimen avulla. Näitä käytetään tartukkeina esimerkiksi asfalttikerroksen liimaamiseen. Nämä soveltuvat tartukkeeksi myös muihin märkiin ja kuiviin mineraalisiin alustoihin. (Sarkkila, Kuusiniemi, Forsten & Manni-Rantanen. 2006, 37.)

### 3 HAJUPÄÄSTÖT

#### 3.1 Hajujen havainnointi

Haju on subjektiivinen käsite ja hajut koetaan yksilöllisesti. Haju aistitaan yleensä silloin, kun se on normaalista poikkeava ja voimakas. Yleensä hajut eivät aiheuta terveydellisiä haittaa, vaan sosiaalista haittaa, joka vähentää viihtyisyyttä esimerkiksi alueella jossa asutaan. Hajuja ei voida poistaa kokonaan, mutta niitä voidaan vähentää merkittävästi. Hajuhaitan kokemiseen vaikuttavia tekijöitä ovat esimerkiksi hajun kesto, ajankohta, laatu, intensiteetti ja se, onko ihminen työn puolesta tekemisissä hajun kanssa vai ei. Hajut, jotka vaihtelevat nopeasti aistitaan helpommin kuin tasaisen matalat hajukuormat. Usein iltaisin ja viikonloppuisin esiintyvät hajuhaitat havainnoidaan herkemmin, koska ihmisillä on vapaa-aikana korkeammat elämänlaadun vaatimukset. Hajujen vähentämisellä pyritään tasoon, joka tyydyttää suurinta osaa ihmisistä. (Ecobio Oy 2007, 6.)

Hajuun voi myös tottua, eli adaptoitua. Hajuun tottuminen voi tapahtua muutamasta sekunnista viikkoihin riippuen hajusta. Ulkoilmassa ei yleensä adaptaatiota tapahdu, koska hajut leviävät ilman mukana ja hajun voimakkuudet vaihtelevat suuresti. Sisäilmassa taas adaptaatiota tapahtuu, koska hajun pitoisuus on tasaisempaa. Joillekin yhdisteille ei adaptoidu koskaan, esimerkiksi ammoniakkin hajun tuntee niin kauan kun sille altistuu. (Enwin Oy. 2012, 7.)

Hajua voidaan arvioida myös miellyttävyyden mukaan, jossa hajua arvioidaan asteikolla -4 (epämiellyttävä) – 0 (neutraali) - +4 (miellyttävä). Asteikko ei kuvaa hajun voimakkuutta, vaan hajutyyppejä. Alla olevassa kuvassa on muutamia esimerkkejä yleisistä hajuista ja niiden miellyttävyydestä (hedonic score) jokapäiväisessä elämässä. Miellyttävätkin hajut, kuten leipomo, voivat muuttua epämiellyttäväiksi, jos hajua joutuu haistelemaan koko ajan. (Enwin Oy. 2012, 8.)

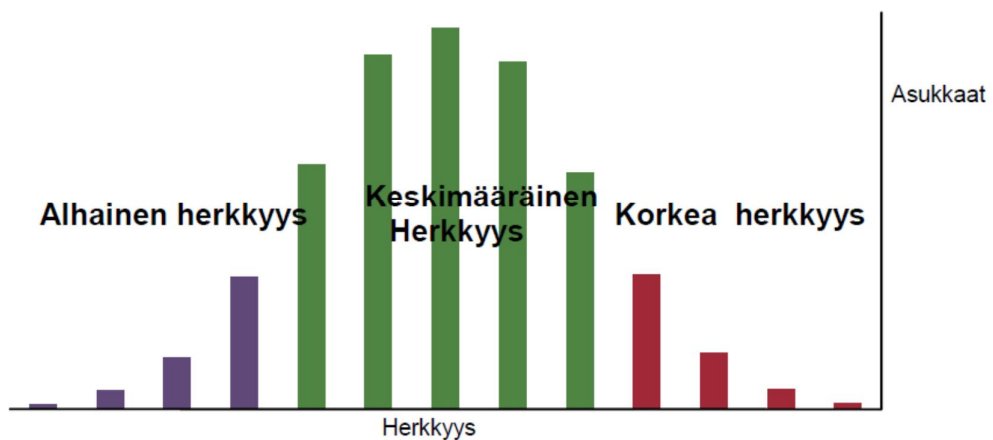
TAULUKKO 2. Tunnettujen hajujen miellyttävyysaste (Enwin 2012, 6.)

Hajutyyppe	Hedonic Score
Leipomo (tuore leipä)	3.53
Kahvi	2.33
Heinä	1.31
Raaka peruna	0.26
Köysi (hamppu)	-0.16
Savustamo- savukala	-0.69
Maalaamo	-0.75
Koipallot, koimyrkky	-1.25
Desinfiointiaine, tuore terva	-1.60
Märkä villa, märkä koira	-2.28

### 3.2 Hajupäästöjen mittaus

Haisevan ilman pitoisuuksia on vaikea mitata, koska ne sisältävät monia eri hajua aiheuttavia yhdisteitä, joiden pitoisuudet ovat yleensä pieniä. Tämän takia hajupitoisuuden mittarina käytetään yleensä hajuyksikköä kuutiometriä kohti (HY/m<sup>3</sup>). Tämä suure kertoo, kuinka monta kertaa ilmaa on laimennettava, jotta se tulisi hajuttomaksi. Ilman hajupitoisuus on yleensä 10 - 100 HY/m<sup>3</sup>. Aistittavan hajun raja-arvona pidetään 1 HY/m<sup>3</sup>. Hajupitoisuudet määritetään laboratorio-olosuhteissa olfaktometrillä. (Arnold. 2002, 11.)

TAULUKKO 3. Hajuaistin normaalijakauma väestössä. (Enwin Oy 2012, 5)



### 3.3 Hajujen lainsäädäntö ja ohjearvot

Suomen lainsäädännössä ei ole asetettu tarkkoja ohjearvoja hajuille. Voidaan kuitenkin käsitellä tapauksia, joissa selkeästi osoitetaan, että hajusta aiheutuu terveydellistä uhkaa tai haittaa viihtyisyydelle. Ympäristönsuojelulaki kieltää toiminnan, joka aiheuttaa ilman pilaantumista ja viihtyvyyshaittaa. (Hannuniemi & Loven. 2009, 4.) Nämä asiat eivät kuitenkaan ole yleensä yksiselitteisiä, koska hajuhaittaan vaikuttavat voimakkuus, esiintymistiheys ja miellyttävyyssaste, ja jokainen ihminen haistaa hajun omalla tavallaan. (Enwin Oy 2012, 5)

Tarkkoja ohjearvoja hajun esiintymiselle on määritetty esimerkiksi Saksassa, Tanskassa ja Englannissa. Saksan säädösten mukaan hajuja saa esiintyä 15 % kokonaisajasta teollisuusalueilla tai asumattomalla alueella ja 10 % kokonaisajasta asuinalueilla. Hajulähdettä, jonka hajukuorma ei ylitä 2 % kokonaisajasta, ei pidetä alueen hajukuorman osalta olennaisena haittana. Tanskassa saa esiintyä häiritsevää hajua ympäristössä korkeintaan 1 % kokonaisajasta. Englannin ohjearvojen mukaan hajupitoisuuksia määritetään tuntikeskiarvopitoisuuksina hajua aiheuttavan laitoksen tontin rajalla. Vuoden tuntipitoisuuksista lasketaan 98. prosenttipiste, eli 98 % tuntiarvoista tulee alittaa ja 2 % saa ylittää asetetun pitoisuusarvon. (Odoroff Oy. 2012.)

Yleiset tavoitetasot hajukuormille ovat

- 1.5 HY / m<sup>3</sup> hyvin epämiellyttäville hajuille
- 3 HY / m<sup>3</sup> keskimääräisesti epämiellyttäville hajuille
- 6 HY / m<sup>3</sup> vähemmän epämiellyttäville hajuille

Jos pitoisuudet ylittävät yläpuolella mainitut raja-arvot, mahdollisuudet hajuhaittaan ovat olemassa. Alapuolella on muutama esimerkkihaju jokaisesta kategoriasta. (Enwin Oy 2012, 10)

Hyvin epämiellyttäviä hajuja ovat

- teurastamot, kalanjalostustehtaat
- rasvaa käsittelevät prosessit
- jätevedenkäsittely
- öljynjalostus
- eläinruokatehtaat

### Keskimääräisesti epämiellyttäviä hajuja

- laajamittainen eläintenkasvatus
- hajut, jotka eivät selvästi sovi kahteen muuhun kategoriaan

### Vähemmän epämiellyttäviä hajuja

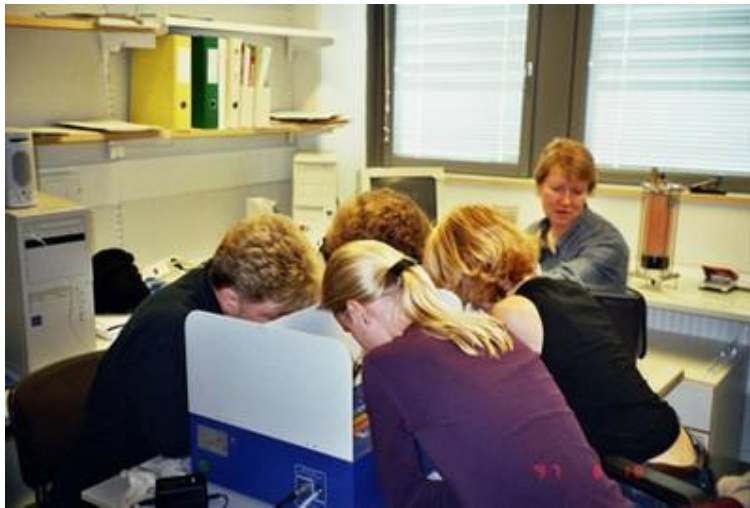
- suklaatehtaat
- panimot
- kahvinpaahtimot
- leipomot

Suomessa on tehty tutkimus hajuohjearvojen perusteista. Tutkimuksen mukaan hajun aiheuttamaa viihtyisyyshaittaa voidaan pitää merkittävänä silloin kun 25 - 50 % ihmisistä pitää sitä häiritsevänä. Tutkimuksessa on myös esitetty, että ohjearvona voitaisiin käyttää myös hajufrekvenssiarvoja 3-9 % kokonaisajasta. Alaraja koskee epämiellyttäviä hajuja ja yläraja miellyttävämpiä hajuja. Esimerkkinä alarajan mukaan epämiellyttäviä hajuja saisi esiintyä 0,72 tuntia vuorokaudesta ja ylärajan mukaan hajua saisi esiintyä 2,16 h/vrk. (Enwin Oy 2012, 9).

#### 3.3.1 Olfaktometri

Olfaktometri on laite, jonka avulla mitatetaan hajupitoisuuksia. Laite ei suoraan mittaa hajupitoisuuksia, vaan se laimentaa tutkittavaa näytettä puhtaalla ilmalla, joita sertifioidut hajupaneelin jäsenet arvioivat. Näytettä laimennetaan aina siihen asti, kunnes 50 % hajupaneelin jäsenistä ei tunnista enää hajua, jolloin saavutetaan hajun raja-arvo 1 HY/m<sup>3</sup>. Hajuyksikkö siis määrittää hajun voimakkuuden suhteessa hajukynnykseen. Ihmisten hajuaisitit poikkeavat toisistaan, ja hajupanelistityöskentelylle on tarkat kriteerit. Valittavien henkilöiden on pystyttävä tunnistamaan toistettavasti n-butanolin hajukynnys oikein väliin 62-246 ug/m<sup>3</sup>, jotta voi toimia hajupaneelissa. Näin pystytään karsimaan henkilöt, joilla on liian huono tai hyvä hajuaisiti. Hajupaneelijärjestelmä on standardisoitu, ja tästä johtuen hajumittausten laatu on kehittynyt viime vuosina paljon. Olfaktometrilla määritetään yleensä vain päästöjä. Ulkoilman hajumittaukset

olfaktometrisesti ovat harvinaista, koska pitoisuudet ovat niin pieniä. (Arnold 2012, 11.)



KUVIO 3. Hajupanelistit työssään. (Jyväskylän yliopisto 2012.)

### 3.3.2 Asukaspaneelitutkimus

Hajuhaittaa voidaan myös määrittää asukaspaneelitutkimuksen avulla. Siinä valitaan hajuhaitan lähellä asuvia ihmisiä paneeliin ja, he kirjaavat hajuaistimuksia päiväkirjan omaisesti ylös. Merkittävät asiat ovat hajun ajankohta, hajun häiritsevyys ja kesto. Tutkimus kestää yleensä kuukausia ja tuloksena saadaan hajun esiintymistiheys ja suuruus. Paneelin tulokset käsitellään tilastollisesti. Tässäkin määrityksessä tuloksiin aiheuttaa hajontaa ihmisten kokema hajuaistimuksen erilaisuus ja eri aikaan suoritettavat havainnot. Näin kuitenkin saadaan tietoa hajuhaitasta pitkällä aikavälillä ja se eroaa olfaktometrisesti määritetystä hajupitoisuudesta, joka on vain yhdestä tietystä näytteestä. (Hannuniemi & Loven 2009,4.)

### 3.3.3 Hajupäästön mallintaminen

Kaikenlaisia päästöjä voidaan mallintaa matemaattisesti, niin myös hajupäästöjä. Mallinnus tarkoittaa sitä, että arvioidaan mihin ja kuinka kauaksi syntyvät

hajupäästöt leviävät ympäristössä. Mallinnuksessa otetaan huomioon säävaihtelut, maaston muodot, taustapitoisuudet ja vuoden ajat. Mallinnuksessa on tärkeää, että taustatiedot ovat oikein, jolloin saadaan luotettava lopputulos. Mallinnuksen avulla saadaan esimerkiksi tietoa siitä, kuinka monena tuntina hajuja esiintyy vuorokaudessa ja kuinka monta hajuyksikköä. (Enwin Oy 2012, 15.)

## 4 HAJUKAASUJEN PUHDISTUSMENETELMÄT

### 4.1 Terminen poltto

Tehokkain tapa puhdistaa hajukaasut on terminen poltto. Orgaanisia yhdisteitä sisältävien hajukaasujen poltossa syntyy hiilidioksidia sekä rikin ja typen oksideja, joista hiilidioksidi kasvihuonekaasuna lisää ilmastomuutosta ja rikin- sekä typenoksidit happamoittavat ja pilaavat ympäristöä. Epäorgaanisia hajuyhdisteitä poltettaessa taas syntyy poltettavien alkuaineiden oksideita ja happoja. Ennen kuin poltoprosessissa syntyvät kaasut voidaan päästää ilmaan, täytyy kyseiset yhdisteet poistaa. Energiakustannusten takia, poltettavat kaasut tulisi olla myös kuivia. Tämä onkin kallein tapa puhdistaa hajukaasuja. Isojen mittakaavojen prosesseissa, esimerkiksi öljynjalostuksessa ja sellutehtaissa, joissa syntyy suuria määriä haju- ja savukaasuja, ne poltetaan, mutta pienemmissä prosesseissa, joissa on pienet päästöt, se ei ole kannattavaa. (Innanmaa 2006, 24.)

### 4.2 Katalyyttinen poltto

Katalyyttisessä poltossa puhdistettavat kaasut johdetaan katalysaattorin läpi. Katalyytteinä käytetään palladiumia ja platinaa. Tällä tavoin voidaan puhdistaa kaasut 500°C alemmassa lämpötilassa kuin termisessä poltossa, eikä prosessissa synny haitallisia yhdisteitä, kuten typen oksideita. Katalyyttinen polttolaitos on myös huomattavasti pienempi kuin terminen polttolaitos, ja näin ollen sen käyttökohteet ovat laajemmat pienemmän tilantarpeen vuoksi. (Ehovoc Oy 2012.)

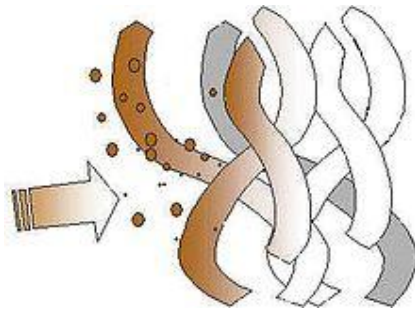


KUVIO 4. Katalyyttinen polttolaitos säilytetään merikontissa. (Ehovoc Oy. 2012.)

### 4.3 Adsorptio

Adsorptio tarkoittaa aineensiirtoprosessia, jossa kaasuyhdisteet tarttuvat jonkin kiinteän aineen pintaan. Yleisin adsorptiosovellus on aktiivihiilisuodatin.

Aktiivihiilisuodattimessa on huokoinen pinta, johon hajuyhdisteet tarttuvat. Suodattimen ominaispinta-ala voi olla jopa  $1000\text{m}^2/\text{g}$ . Suureen ominaispinta-alaan perustuu kyky sitoa kaasuisia hajuyhdisteet. Aktiivihiilisuodattimella voidaan suodattaa sekä orgaanisia että epäorgaanisia aineita. Adsorptiota käytetään useimmiten silloin, kun adsorpoitavan kaasun pitoisuus on pieni. (Iisakkala 2011, 10)



KUVIO 5. Adsorptio (Wikipedia 2012.)

### 4.4 Biologinen hajunpoisto

Toinen adsorptiosovellus on biosuodatin. Suodatinmateriaalina on turve tai komposti ja suodatinmateriaalin paksuus on yleensä 0,5-1m. Hajuyhdisteet siirtyvät kosteaan suodattimeen, jossa mikrobit käyttävät kaasumaisia hajuyhdisteitä ravinnokseen ja hapettavat niitä. Biosuodattimet sopivat parhaiten sellaisiin kohteisiin, joissa hajukaasujen pitoisuudet ovat alhaiset ja kaasumäärät suuria. Parhaiten biosuodattimet soveltuvat jätevedenpuhdistamoihin ja kompostointilaitosten haisevien rikkiyhdisteiden poistoon. Teollisuuden hajukaasut sisältävät suuria pitoisuuksia hajua aiheuttavia yhdisteitä ja usein myös monia erityyppisiä yhdisteitä, joten täytemateriaalin täytyy olla biologisesti lähes hajoamatonta, jotta se kestää käytössä. (Yle.fi. 2003.)

#### 4.5 Absorptio nesteeseen

Absorptiossa kaasut johdetaan nesteen läpi ja hajuyhdisteet imeytyvät siihen. Menetelmä perustuu siihen, että hajuyhdisteiden liukoisuus on suurempi nesteeseen kuin poistokaasuun. Teollisuuden sovellukset ovat yleensä pesureita jonka läpi hajukaasut johdetaan. Pesuneste on tavallisesti vettä tai hapanta tai emäksistä vesiliuosta. Happamat pesunesteet absorboivat emäksisiä yhdisteitä ja emäksiset nesteet happamia yhdisteitä. (Innanmaa 2006, 25.)

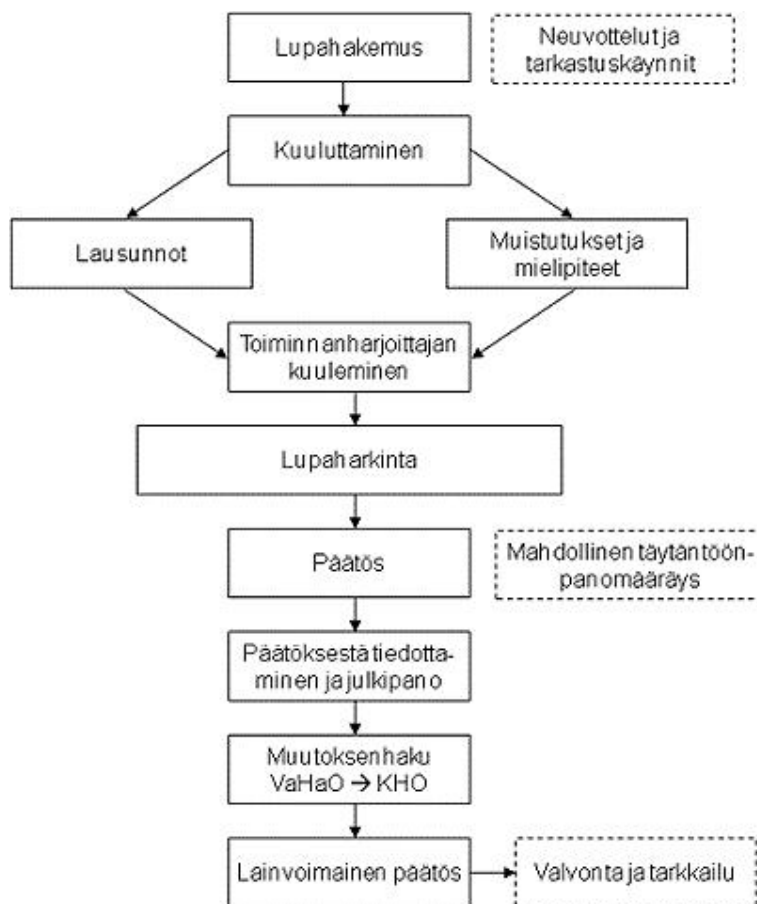
#### 4.6 Muut menetelmät

Hajuja voidaan myös vähentää ilman varsinaista puhdistumenetelmää. Hajuhaittaa voidaan pienentää joissakin tapauksissa peittämällä paha haju jollakin miellyttävällä hajulla. Tätä menetelmää voidaan soveltaa, jos hajuhaitta ei ole jatkuva. Hajuhaittaa voidaan myös vähentää tekemällä prosessimuutoksia, jolloin pyrkimyksenä on tuottaa vähemmän hajuhaittaa aiheuttavia yhdisteitä. Jos hajuhaitalla ei ole terveydellisiä vaikutuksia, niin voidaan esimerkiksi säiliöistä syntyviä hajuhaittoja vähentää tekemällä säiliön päälle korkea piippu. Tällä tavalla hajukaasut ehtivät laimentua ilmaan, ennen kuin ne kulkeutuvat esimerkiksi asutuksen lähelle.

## 5 TUTKIMUKSEN LÄHTÖKOHDAT

### 5.1 Ympäristölupa

Jos yrityksessä on ympäristön pilaantumisen vaaraa aiheuttavia toimintoja, tarvitaan ympäristösuojelulain mukainen ympäristölupa. Ympäristölupa määrää toiminnan laajuutta, päästöjä ja niiden vähentämistä. Luvan edellytyksenä on, että yrityksen toiminnasta ei saa aiheutua ympäristölle vaarallisia päästöjä eikä terveyshaittoja. Ympäristölupaa haetaan kirjallisesti Aluevirastohallinnosta (AVI) ja se on maksullinen. Lähialueen asukkailla on mahdollisuus esittää mielipiteitä ja vaatimuksia hakemuksesta ja lupapäätöksestä on mahdollisuus valittaa Vaasan hallinto-oikeuteen ja korkeimpaan hallinto-oikeuteen. Alapuolella on esitetty lupakäsittelyn vaiheet kaaviona. (Ymparisto.fi. 2012)



KUVIO 6. Ympäristöluvan hakuprosessin vaiheet. (Ymparisto.fi 2012.)

Tämä työ liittyy olennaisesti ympäristölupaan ja sen määräyksiin. Projekti on aloitettu ympäristöluvan vaatimuksesta käsitellä bitumisäiliöistä syntyvät hönkäkaasut. Asfalttitehtaan välittömässä läheisyydessä n. 250 metrin päässä asuvat lähimmät asukkaat, ja heille koituu kohtuutonta sosiaalista hajuhaittaa bitumin hönkäkaasuista. Jos luvan hakija ei noudata ympäristölupaa tai se ei ole voimassa, yritys määrätään toimintakieltoon siihen asti, kun se on voimassa.

## 5.2 Tutkimusongelman kuvaus

Asfalttitehtaassa on kaksi 100m<sup>3</sup>:n kokoista bitumisäiliötä, joiden yläosan kaasutilassa on paineentasausta varten huohotusputki ulkoilmaan. Säiliössä olevasta kuumasta nestemäisestä bitumista kaasuuntuu yhdisteitä, jotka huohotusputken kautta pääsevät ulkoilmaan ja aiheuttavat hajuhaittaa. Nämä kaasuuntuvat yhdisteet pitäisi pystyä käsittelemään siten, että hajuhaitta poistuu tai ainakin merkittävästi vähenee.

Käsittelymenetelmän pitäisi olla taloudelliselta kannalta toteuttamiskelpoinen ja teknisesti varmatoiminen, turvallinen ja tehokkaasti hajukaasuja suodattava.

## 5.3 Lähtötiedot

Ennen varsinaista suunnittelutyötä tiedettiin jo muutamia käsittelymenetelmiä, jotka eivät ole teknisesti tai taloudellisesti järkeviä. Bitumista kaasuuntuvat yhdisteet ovat osittain niin raskaita hiilivetyjä, että ne konsendoituvat lähes heti ilmaan päästyään. Tämä sulkee pois aktiivihiihliisuodattimien käytön, koska suodatin menisi heti tukkoon, ja sitä joutuisi vaihtamaan niin usein, ettei se olisi enää järkevää teknisesti eikä taloudellisesti.

Toinen poissuljettu vaihtoehto oli kaasujen polttaminen. Kaasuja syntyy niin vähän, että ei ole taloudellisesti järkevää rakentaa polttoprosessia. Mikäli kaasuja syntyisi huomattavasti enemmän, voisi polttamisesta syntyvää lämpöenergiaa käyttää asfaltin valmistuksen prosesseissa, mutta tässä kokoluokassa se ei ole järkevää. Lisäksi hönkäkaasuja pääsee ilmaan myös yöaikaan, jolloin tehtaan

ollessa suljettu olisi turvallisuusriski käyttää polttoprosessia ilman valvovaa henkilökuntaa. On myös huomioitava olosuhteet: huohotusputket ovat ulkona, ja menetelmän tulee toimia myös talviolosuhteissa.



KUVIO 7. Asfalttitehtaan bitumisäiliöt kuvassa vasemmalla. (KH-Koneet Oy 2012.)

## 6 MITTAUKSET JA TULOSTEN ANALYSOINTI

### 6.1 Bitumin hönkaasujen mittaus

Työ aloitettiin mittaamalla eri parametreja bitumin hönkäkaasuista. Kaasuista määritettiin VOC-pitoisuuksia, tilavuusvirran määrittäminen ja hajumittaus.

Hajumittaukset otetaan ennen ja jälkeen hajunpoistoa, jotta saadaan tietoa, kuinka hyvin menetelmä toimii. Mittaukset suoritti insinööritoimisto AX-suunnittelu Oy.

Hönkäkaasuista saatavat analyysitulokset ovat tärkeitä työkaluja itse

hajunpoistomenetelmän valinnassa ja mitoituksessa. Mittaukset suoritettiin samaan aikaan bitumisäiliön täytön yhteydessä, koska silloin hönkäkaasujen määrä on suurimmillaan. Bitumisäiliöt täytettiin perävaunullisesta rekasta ja jokaisesta määräyksestä otettiin kaksi rinnakkaisnäytettä, eli ensimmäinen näyte otettiin rekan nuppia tyhjennettäessä ja toinen perävaunua tyhjennettäessä.

Säiliössä oli ennen täyttöä valmiiksi 30 000 kg bitumia, ja sinne täytettiin 40 840 kg uutta bitumia. Säiliöön laitetun bitumin lämpötila oli 189 °C. Säiliössä olevan bitumin lämpötila oli 160 °C ja ulkoilman lämpötila oli -4 °C. Alkuperäisen suunnitelman mukaan oli tarkoitus mitata samat parametrit ennen säiliön täyttöä, mutta todettiin höyryn virtauksen olevan niin pieni, että siihen ei ollut tarvetta.

#### 6.1.1 VOC-mittaus

VOC-yhdisteet ovat haihtuvia orgaanisia yhdisteitä. Näitä mitattiin sen takia, että tiedettäisiin, mitä eri yhdisteitä bitumista höyrystyy. Näytteenotto perustuu adsorptiomenetelmään, jossa tutkittava näyte adsorboituu kiinteän aineen pintaan ja huokosiin. Tässä tapauksessa bitumisäiliöstä tulevat höyryt otettiin pumpun avulla aktiivihiliputkeen, jolloin näyte adsorboitui aktiivihilleen ja mitattiin kaasukromatografisesti. Näytteet analysoitiin Työterveyslaitoksen Tampereen laboratoriossa. Mittaus tehtiin standardeja SFS 3869 ja SFS 3861 soveltaen.

#### 6.1.2 Hajukaasujen mittaus

Hajupitoisuusnäytteet saatiin ottamalla imupumpun avulla bitumisäiliöstä tulevia höyryjä laminaattipussiin. Laminaattipussi on ilmatiivis, jotta näyte ei pääse

kontaminoitumaan. Laboratoriossa näytteet laimennettiin 250 - 5000 kertaaisesti. Laimennus tehtiin siirtämällä näyteilmaa lääkeruiskulla neljään tyhjään laminaattipussiin, joihin lisättiin synteettistä ilmaa. Tämän jälkeen hajupaneeli analysoi näytepussien sisällön. Jokaisessa sarjassa oli referenssinä yksi puhdasta ilmaa sisältävä pussi. Tuloksista on muokattu pois ne tulokset, jotka ovat ilmiselvästi virheellisiä. Menetelmässä on sovellettu standardeja VDI 3881, 3882, 3883 ja SFSEN 13725. Käytetty menetelmä ei kuitenkaan vastaa niitä yksityiskohtaisesti esim. laimennuksen ja haistelulaitteiston osalta.

### 6.1.3 Tilavuusvirran määrittäminen

Tilavuusvirran määrittämisellä saadaan tietoa, kuinka suuria määriä hönkäkaasuja syntyy säiliön täytön yhteydessä. Tietoa tarvitaan siinä vaiheessa, kun mitoitetaan hajunpoistomenetelmää. Tilavuusvirta mitattiin pistokoeluonteisesti hönkäputksesta siipipyörällä ja mikromanometrin ja pitot-putken avulla. Mittaukset tehtiin standardin SFS 5512 mukaan.



KUVIO 8. Bitumisäiliön hönkäkaasujen mittaus käynnissä.

## 6.2 Mittaustulokset

Tuloksista (taulukko 4.) voidaan nähdä, että bitumihöyryn hajupitoisuus on erittäin suuri, mutta hönkävirtaus on pieni. Tämä tarkoittaa, että hajupäästö jää suhteellisen matalaksi. Toisaalta säiliön hönkäputken pää on johdettu vain metrin maanpinnan yläpuolelle, joten haju ei pääse laimenemaan ilmaan kovin helposti, mikä lisää hajupäästön merkityksellisuutta. Mitattu hönkävirtaus vastaa hyvin bitumin virtausta, eli tämä tulos vahvistaa jo aiemman oletuksen, että hönkäkaasuja syntyy saman verran kuin on säiliöön syötetty bitumin tilavuusmäärä. VOC-pitoisuus on myös suhteellisen suuri sisältäen monia erilaisia yhdisteitä ja päästö on pieni, mikä johtuu pienestä hönkävirtauksesta. Taulukossa 6 on tarkemmin esitetty VOC-pitoisuuksia eri komponenttien osalta.

TAULUKKO 4. Bitumihöyryn haju- ja VOC -pitoisuudet.

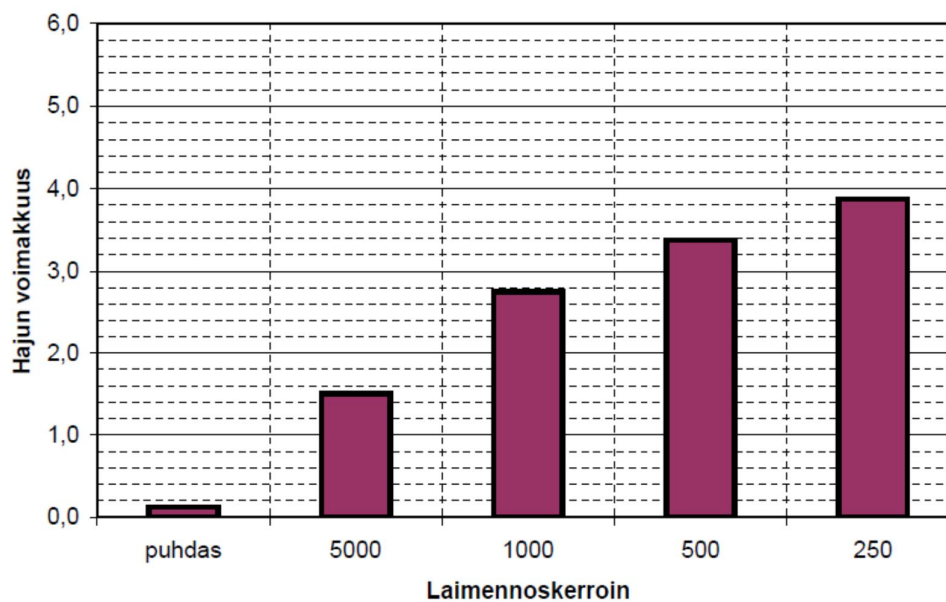
Mitattava suure	Perävaunu	Nuppi	Summa/Aikapainotettu keskiarvo
Täytön kesto (min)	38	19	57
Bitumin määrä (m <sup>3</sup> )	26,9	16,8	46
Bitumin virtaus (m <sup>3</sup> /h)	42,5	53,1	46,5
Hönkävirtaus (m <sup>3</sup> /h)	44,5	50,4	46,5
Hajupitoisuus (hy/m <sup>3</sup> )	5521	5181	5408
Hajupäästö (hy/s)	68	73	70
VOC-pitoisuus (mg/m <sup>3</sup> )	3852	3414	3706
VOC-päästö (mg/s)	47,6	47,8	47,7

Alla olevassa taulukossa on esitetty hajupaneelin tulokset. Hajupaneeli koostui kahdeksasta henkilöstä, joiden aistinvaraisen arvioinnin perusteella määritettiin hajun voimakkuus laimennuskertoimen funktiona. Suurta hajupitoisuutta korreloivat myös hajupanelistien tulokset. Kun näytettä oli laimennettu 250-kertaisesti, hajun voimakkuus oli vielä voimakas ja 1000-kertaisessa laimennoksessa haju oli selvää. Hajun voimakkuus nousee lineaarisesti laimennuskertoimen mukaan, joten tuloksia voitaneen pitää luotettavina.

## TAULUKKO 5. Hajumittaus.

Hajunäyte bitumisäiliö 4 hönkäputki, 14.2.2012 klo 10:04:30-10:12:00  
Haistelu 16.2.2012

laimennos	puhdas	5000	1000	500	250
Marko Liikanen	0	2	3	3	4
Henna Numminen	0	1	2	3	4
Hannele Hokkanen	0	1	2	4	3
Seppo Heinänen	0	1	3	2	4
Raisa Katajamäki	1	2	4	5	4
Minna Jaakkola	0	3	3	4	4
Mervi Myyrä	0	1	2	3	4
Markku Tapola	0	1	3	3	4
keskiarvo	0,1	1,5	2,8	3,4	3,9



## Hajun voimakkuus

0 = ei havaittavissa

1 = tuskin havaittavissa

3 = selvä

4 = voimakas

5 = hyvin voimakas

6 = sietämättömän voimakas

Erilaisia VOC-yhdisteitä löytyi paljon, kuitenkin suurin osa oli tunnistamattomia aromaattisia, alifaattisia ja syklisiä hiilivetyjä. Tulos on tyypillinen bitumeille.

Bitumin ja ulkoilman lämpötila vaikuttaa yhdisteiden suhteellisiin osuuksiin. Suhteellisesti suurin määrä tunnistetuista yhdisteistä oli butaania 19,8 %. Haisevista yhdisteistä voidaan sanoa, että asetonin pitoisuus oli yli hajukynnyksen. Asetonin haju on voimakas. Terveydellisesti vaarallisin tunnistettu yhdiste oli bentseeni, joka on syöpää aiheuttava karsinogeeni.

TAULUKKO 6. VOC-yhdisteet.

Mittauspiste	Bitumisäiliön 4 hönkä	Bitumisäiliön 4 hönkä
	perävaunun tyhjäys	nupin tyhjäys
Aloitus	10:04:30	10:56:30
Lopetus	10:14:40	11:13:40
<b>VOC-pitoisuus</b>	<i>mg/Nm<sup>3</sup></i>	<i>mg/Nm<sup>3</sup></i>
Asetoni	223	168
Bentseeni	21	16
Butaanit	761	551
C5-hiilivedyt	90	72
Dekaani	69	62
Dodekaani	27	31
Heksaani	112	90
Heptaani	96	84
2-Metyylipentaani	59	47
2-Metyyliheptaani	53	44
3-Metyyliheptaani	43	37
2-Metyylioktaani	69	53
3-Metyylioktaani	48	34
Nonaani	106	93
Oktaani	106	87
Pentaani	165	128
Tolueeni	21	19
Undekaani	48	50
Muut VOC:t	1 734	1 749
<b>summa</b>	<b>3 852</b>	<b>3 414</b>
<b>Yhdisteen osuus</b>	<b>%</b>	<b>%</b>
Asetoni	5,8	4,9
Bentseeni	0,6	0,5
Butaanit	19,8	16,1
C5-hiilivedyt	2,3	2,1
Dekaani	1,8	1,8
Dodekaani	0,7	0,9
Heksaani	2,9	2,6
Heptaani	2,5	2,5
2-Metyylipentaani	1,5	1,4
2-Metyyliheptaani	1,4	1,3
3-Metyyliheptaani	1,1	1,1
2-Metyylioktaani	1,8	1,5
3-Metyylioktaani	1,2	1,0
Nonaani	2,8	2,7
Oktaani	2,8	2,6
Pentaani	4,3	3,7
Tolueeni	0,6	0,5
Undekaani	1,2	1,5
Muut VOC:t	45,0	51,2
<b>summa</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>

### 6.3 Tulosten analysointi

Lähtökohtana hönkäkaasujen mittauksille oli, että saadaan alkutietoa hajunpoistomenetelmän valintaa ja mitoitusta varten. Eräs merkittävämmistä tiedoista oli se, kuinka paljon määrällisesti hajukaasuja syntyy. Kun säiliössä on bitumia, eikä sitä olla täyttämässä, hönkäkaasuja syntyy äärimmäisen vähän (n.1,4m<sup>3</sup>/h) ja voidaan katsoa, että varsinaista hajuhaittaa ei esiinny. Käytännössä hajuhaittaa aiheuttavia hönkäpäästöjä syntyy vain silloin, kun bitumisäiliötä täytetään. Tutkimusten mukaan hönkävirtaus on tällöin yhtä suuri kuin säiliöön täytetyn bitumin tilavuus. Näin ollen tiedetään, että tyhjän säiliön täytössä syntyy 100 m<sup>3</sup> hönkäkaasua, koska säiliön tilavuus on 100 m<sup>3</sup>. Hajupäästö ei siis ole jatkuva. Valittavan hajunpoistomenetelmän täytyy pystyä käsittelemään ainakin 100 m<sup>3</sup> hönkäkaasuja kerralla.

VOC-yhdisteiden kokonaispitoisuus oli 3706 mg/m<sup>3</sup>, ja se piti sisällään useita erilaisia hiilivetykomponentteja. Tuloksista ei voida kuitenkaan sanoa, mikä tai mitkä komponentit olisivat haisevimpia. Eri yhdisteillä on erilaiset hajukynnykset, ja jotkin yhdisteet haisevat todella pienissä pitoisuuksissa. Bitumin VOC-yhdisteistä 45 % oli tunnistamattomia ja näin ollen ei voi tietää kuinka haisevia yhdisteitä niiden joukossa on. (Heinänen 2012.) Tämä aiheuttaa haastetta hajunpoistoa varten, koska ei voida tietää tarkalleen, mitä yhdisteitä pitäisi saada poistettua. Yhdisteet ovat kuitenkin happamia, eli ne absorboituvat emäksiseen aineeseen. Absorbtiota voidaan käyttää, jos hajunpoistoon käytetään pesuri sovellusta.

Kaikki löydetty yhdisteet eivät kuitenkaan liukene veteen eivätkä neutralisoidu emäspitoiseen vesiliuokseen. Yhdisteistä hyvin veteen liukeneva on asetoni, ja niukasti veteen liukenevia ovat bentseeni ja tolueni. Asetonin hajukynnys on 13 ppm (parts per million) ja mitattu pitoisuus oli 80 ppm, joten hajukynnys ylittyy selvästi. Toluenin hajukynnys on 2,9 ppm ja mitattu pitoisuus oli 5,2 ppm, joten senkin hajukynnys ylittyi. Bentseenin hajukynnys sen sijaan ei ylittynyt, sen hajukynnys on 10 - 14 ppm ja mitattu pitoisuus oli 5,7 ppm. Muut tunnistetut yhdisteet ovat veteen liukenemattomia, mutta ne eivät myöskään ylitä hajukynnystä. Vaikka butaania oli suhteellisesti eniten höyryssä, niin se ei ylitä hajukynnystä; sen hajukynnys on 2700 ppm ja mitattu pitoisuus oli 1192 ppm.

Butaani on myös veteen liukenematon. Veteen liukenemattomista yhdisteistä alhaisin hajukynnys on heksaanilla, joka on 130 ppm. Mitattu pitoisuus oli 28 ppm, eli reilusti alle hajukynnyksen. Useimpien yhdisteiden kohdalla ei ole määritetty käyttöturvallisuustiedotteessa hajukynnystä, koska ovat laimeasti haisevia. (Työterveyslaitos 2012.) Alapuolella on taulukoitu tärkeimmät yhdisteet joille on määritetty hajukynnys.

TAULUKKO 7. Hajukynnykset ja liukoisuus

Yhdiste	Hajukynnys	Mitattu pit.	Liukoisuus veteen
Asetoni	13 ppm	80 ppm	liukenee
Bentseeni	10-14 ppm	5,7 ppm	niukkaliukoinen
Butaani	2700 ppm	1192 ppm	ei liukene
Heksaani	130 ppm	28 ppm	ei liukene
Tolueeni	2,9 ppm	5,2 ppm	niukkaliukoinen

Hajupitoisuus oli erittäin suuri 5408 HY/m<sup>3</sup>. Vertailukohtana normaali ilman hajupitoisuus on yleensä n. 10 - 100 HY/m<sup>3</sup>. Kompostoreista voidaan saada vieläkin suurempia pitoisuuksia, jopa 20 000 HY/m<sup>3</sup>, se johtuu kompostoitavan materiaalin sisältämistä rikkiyhdisteistä, mutta bitumista ei voida yksiselitteisesti sanoa mistä tietystä yhdisteestä haju tulee. (Heinänen 2012.) Koska hönkäkaasuja syntyy pääasiassa vain säiliön täytön aikana, hajupäästö jää suhteellisen pieneksi 70 HY/s.

#### 6.4 Hajunpoistomenetelmän valinta

Tulosten perusteella ja aikaisempiin tietoihin perustuen hajunpoistomenetelmäksi soveltuu parhaiten emäspesuri, joka neutralisoi happamia yhdisteitä hönkäkaasusta. Jo työn valmisteluvaiheessa todettiin, että hönkäkaasujen polttaminen ei ole toimiva ratkaisu tässä tapauksessa korkeiden kustannusten vuoksi. Mittaustuloksetkin tukevat tätä, koska hönkävirtaus on niin pieni, ettei ole kannattavaa investoida kalliiseen polttolaitokseen. Myös bitumisäiliöiden täyttö saattaa tapahtua sellaiseen aikaan, ettei asfalttitehtaassa ole tuotantoa käynnissä

eikä näin ollen henkilökuntaa paikalla. Polttoprosessia ei voi käyttää ilman valvovaa henkilökuntaa turvallisesti.

Aktiivihiihliisuodatinkin todettiin jo alkuvaiheessa sopimattomaksi ratkaisuksi, koska yhdisteet ovat raskaita hiilivetyjä ja kondensoituvat normaalissa lämpötilassa tukkien suodattimen nopeasti.

Hajunpoistossa käytettävää pesuritekniikkaa tukevat seuraavat asiat: Pesuri on investointi- ja käyttökustannuksiltaan edullinen ratkaisu. Haisevista yhdisteistä asetoni ja tolueni ovat veteen liukenevia, ja näin ollen emäksinen vesiliuos voisi neutralisoida nämä hajut. Pesurilaitteisto maksaa noin 5000 euroa ja on huomattavasti halvempi kuin polttolaitteisto. Se on myös varmatoiminen ja turvallinen, ja sitä voidaan käyttää, vaikka bitumisäiliön täyttö tapahtuisi sellaiseen aikaan, että henkilökuntaa ei ole paikalla. Vaikka aktiivihiihliisuodatin todettiin sopimattomaksi, niin sitä voidaan käyttää pesurin jälkeen viimeisenä suodattimena ennen höyryn ilmaan päästämistä. Tässä vaiheessa raskaimmat jakeet ovat jo absorboituneet pesunesteeseen eivätkä näin ollen tuki enää suodinta niin helposti.

Epävarmuustekijä on käytettävä pesuneste, koska hajukaasut sisältävät paljon erilaisia yhdisteitä, ja onkin haasteellista löytää juuri oikea pesuneste. Tässä lienee paras ratkaisu yritys / erehdys periaate, eli kokeilla erilaisia nesteitä niin kauan, kunnes löytyy tehokkain vaihtoehto. Tässä opinnäytetyössä pesurilaitteiston koekäyttö ja testaus rajataan ulkopuolelle aikaresurssien takia. Sen sijaan käsitellään, millaisia bitumihöyryjen käsittelymenetelmiä muualla maailmassa käytetään.

## 7 BITUMIHÖYRYJEN KÄSITTELY MUUALLA MAAILMASSA

Bitumihöyryjen hajuhaitat eivät ole pelkästään suomessa ongelma, vaan joka puolella ympäri maailmaa painitaan saman ongelman kanssa. Yhdysvaltojen suurin asfaltintuottaja Paramount asphalt on kehitellyt bitumihöyryjen keräyslaitteiston, jossa hajuhaitta poistetaan kokonaan. Idea on pääosin samanlainen, jota tässäkin työssä on pohdittu. Paramount asphaltilla on käytössä 15 bitumisäiliötä joiden kapasiteetti on yhteensä 50 000t. Säiliöiden hönkaputkista kerätään höyryt yhteen pääputkistoon, josta ne johdetaan täytekappalesuriin, jossa höyryt absorboidaan vesiliuokseen. Pesurissa käytetään täytekappaleina posliini palloja, jotta saadaan suurempi kontaktipinta-ala absorboitumisen parantamiseksi. Tämän jälkeen höyry kuivataan johtamalla se sukkuodattimen läpi. Viimeisenä vaiheena höyryt johdetaan aktiivihiilisuodattimen läpi. Tällä prosessilla saadaan bitumihöyryt puhdistettua täydellisesti, eikä hajuhaittaa esiinny ollenkaan. Tällä tavalla saadaan poistettua höyryistä myös VOC-yhdisteet ja useat aromaattiset hiilivedyt. (Norit Americas Inc. 2006.)



KUVIO 9. Bitumihöyryjen pesurilaitteisto (OMI industries 2012.)

Toinen mielenkiintoinen innovaatio on yhdysvaltalaisen OMI-industriesin kehittämä Ecosorb® lisäaine, jota voidaan käyttää bitumin, asfaltin tai polttoaineiden seassa. Lisäaine neutralisoi hajun, ja se tehoaa sekä orgaanisiin, että epäorgaanisiin yhdisteisiin. Se voi neutralisoida jopa savukaasujen hajun. Aine on ympäristöystävällinen ja turvallinen käyttää, siinä ei ole myrkyllisiä aineita ja se on biologisesti hajoavaa. Aineen etuna on se, että se ei pelkästään poista hönkäkaasujen hajuhaittaa, vaan se poistaa hajun kokonaisvaltaisesti myös valmiista tuotteesta, eli asfaltista. Haisevia bitumihöyryjä syntyy mm. asfaltimassan valmistuksessa, asfaltin siirtämisessä varastosiiloon ja sieltä siirrettäessä kuorma-auton lavalle ja vielä asfaltin levitystyömaalla. Tällä lisäaineella voisi teoriassa olla mahdollista päästä eroon kaikkien työvaiheiden hajuhaitoista. Lisäaineen annostusmäärä on myös hyvin pieni 0,01 %. Lemminkäisen suurimman asfalttitehtaan bitumin kulutus päivässä on keskimäärin 200 000 kg, eli lisäainetta kuluisi päivässä vain 20 kg. (OMI industries 2012.)

On myös kehitetty ympäristöystävällinen asfalttilaatu ns. Green Asphalt. Tässä menetelmässä bitumi vaahdotetaan lisäämällä siihen vettä, mikä kasvattaa bitumin tilavuuden kaksikymmenkertaiseksi. Tällä tavalla bitumia voidaan käsitellä pienemmässä lämpötilassa, ja se vähentää energiankulutusta 20 % ja hiilidioksidipäästöjä 25 - 30 % perinteiseen valmistusmenetelmään verrattuna. Näin ollen myös bitumista aiheutuvaa hajua ei synny niin paljon, koska lämpötila on alhaisempi. Green Asphalt on ominaisuuksiltaan yhtä hyvä kuin perinteinen asfaltti ja jopa parantaa tuotteen käyttöikä, koska bitumi ei menetä ominaisuuksiaan yhtä nopeasti pienemmän valmistuslämpötilan takia. (NCC Roads Oy 2012.)

## 8 YHTEENVETO

Tässä työssä tutkittiin bitumin hönkäkaasujen hajuhaittaa, sen syntyä ja kuinka sitä voitaisiin vähentää. Tavoitteena oli saada tehokas hajunpoisto systeemi edullisin investoinnein. Työ osoittautui haasteelliseksi niin kuin aluksi arveltiin. Tiedossa oli menetelmiä, joilla hajut saa poistettua, mutta juuri tähän tarkoitukseen soveltuva menetelmä ei ollut tiedossa. Koska lähtötietoja oli vähän, hajumittaukset ja VOC-analyysit antoivat hyvän pohjan jatkaa tutkintaa. Hajut olivat erittäin voimakkaita, mutta päästöinä vähäisiä johtuen hyvin pienistä höyryn virtausmääristä. Juuri tämä sulkee polttotekniikan käyttämisen pois. Niin pieniä määriä ei kannata lähteä polttamaan ainakaan, jos ajattelee taloudellisesti. VOC- analyyseistä sai selville joitakin yhdisteitä, jotka ylittivät hajukynnyksen, mutta suurin osa oli tunnistamattomia yhdisteitä. Tärkein informaatio oli kuitenkin, että hajukynnyksen ylittävät yhdisteet olivat vesiliukoisia, ja näin ollen ne voisivat olla poistettavissa pesuritekniikalla. Vaikka tässä työssä ei päästy kokeilemaan pesuria käytännössä ja arvioimaan tuloksia, niin saatiin kuitenkin pohjatieto ja tutkimustuloksia tulevaisuutta varten. Pesurikokeita tullaan kyllä heti tekemään, kun laite saadaan koekäyttöön.

Myös yhdysvalloissa käytetty ja kehitetty asfaltin lisäaine Ecosorb®, vaikuttaa mielenkiintoiselta ja kokeilun arvoiselta vaihtoehdolta. Pieni määrä lisäainetta bitumin joukkoon ja koko asfaltin valmistusketjun hajupäästöt voitaisiin saada kuriin, mikä kuulostaa liian hyvältä ollakseen totta. Tätä tullaan varmasti kokeilemaan.

## LÄHTEET

- Arnold, M. 2002. Eläinsuojien hajuhaitat – Ohjeistusmallit, arviointi ja vähentäminen sekä käytäntö eri maissa [viitattu 18.1.2012]. Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=40984&lan=fi>
- Britannica. 2012. Petroleum refining [Viitattu 2.4.2012]. Saatavissa: <http://www.britannica.com/EBchecked/media/121439/Petroleum-being-refined-to-produce-gasoline-and-other-petroleum-products>
- Ecobio Oy. 2007. Hajuselvitys Naantalissa, Raisioissa ja Turussa [viitattu 19.1.2012]. Saatavissa: [Hajuselvitys Naantalissa, Raisioissa ja Turussa 2006 - 2007](#)
- Ehovoc Oy. 2012. VOC-kaasujen käsittely [viitattu 23.1.2012]. Saatavissa: <http://www.ehovoc.fi/?lang=fi&page=home>
- Enwin Oy. 2012. Asfalttiasemien hajujen leviäminen. Raportti.
- Hannuniemi, H. & Loven, Katja. 2009. Lakeuden etappi Oy:n jätehuoltokeskuksen hajupäästöjen leviämislaskelmat [viitattu 20.1.2012]. Saatavissa: [http://www.ely-keskus.fi/fi/ELYkeskukset/EtelaPohjanmaanELY/Ymparistonsuojelu/YVA/paattyneet/jatehuolto/Documents/J%C3%A4tehuoltokeskuksen%20kehitt%C3%A4minen,%20Lakeuden%20Etappi%20Oy/Lakeuden\\_Etappi\\_Liite\\_IV.pdf](http://www.ely-keskus.fi/fi/ELYkeskukset/EtelaPohjanmaanELY/Ymparistonsuojelu/YVA/paattyneet/jatehuolto/Documents/J%C3%A4tehuoltokeskuksen%20kehitt%C3%A4minen,%20Lakeuden%20Etappi%20Oy/Lakeuden_Etappi_Liite_IV.pdf)
- Heinänen, S. 2012. Yksikön johtaja. AX-Suunnittelu Oy. Haastattelu 13.3.2012.
- Iisakkala, T-P. 2011. Aktiivihiihden adsorptiokyky. Pori: Satakunnan ammattikorkeakoulu, Tekniikan Porin yksikkö [viitattu 24.1.2012]. AMK-opinnäytetyö. Saatavissa:

[https://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/26813/Iisakkala\\_Toni-Pekka.pdf?sequence=1](https://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/26813/Iisakkala_Toni-Pekka.pdf?sequence=1)

Innanmaa, R. 2006. Emäspesurin testaus hajunpoistossa. Tampere: Tampereen ammattikorkeakoulu, Kemianteeniikan koulutusohjelma [viitattu 25.1.2012].

AMK- opinnäytetyö. Saatavissa:

<http://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/8607/TMP.objres.501.pdf?sequence=2>

Jyväskylän yliopisto, Bio- ja ympäristötieteiden laitos. 2012. Oflaktometri [viitattu 18.1.2012]. Saatavissa:

<https://www.jyu.fi/bioenv/osastot/ymp/backup/ymp/tutkimus/olfaktometri/view>

KH-koneet Oy. 2012. Asfalttitehdas [Viitattu 8.2.2012] Saatavissa:

<http://www.kh-koneet.fi/?mid=62>

Lemminkäinen Oyj. 2012. Yrityksen kuvaus [viitattu 15.1.2012]. Saatavissa:

<http://www.lemminkainen.fi/WebRoot/10008509/page.aspx?id=10008651>

NCC Roads Oy. 2012. Green Asphalt [Viitattu 2.4.2012]. Saatavissa:

[http://www.ncc.fi/infrarakentaminen/paallystys/asfalttituotteet\\_1/fi\\_FI/greenasphalt/](http://www.ncc.fi/infrarakentaminen/paallystys/asfalttituotteet_1/fi_FI/greenasphalt/)

New energy and fuel. 2011. Explanes bitumen viscosity [viitattu 18.1.2012].

Saatavissa:

<http://newenergyandfuel.com/http://newenergyandfuel.com/2009/08/13/at-conocophillips-oil-sands-site/conocophillips-explains-bitumen-viscosity/>

Norit Americas Inc. 2006. Asphalt odor control news [Viitattu 1.4.2012].

Saatavissa: [http://www.norit-americas.com/pdf/case\\_study\\_asphalt\\_rev1.pdf](http://www.norit-americas.com/pdf/case_study_asphalt_rev1.pdf)

Nynas Oy. 2005. Bitumin turvallinen käsittely [viitattu 15.1.2012]. Saatavissa:

[http://www.nynas.com/upload/docs/Broschures\\_available\\_languages/FINNISH\\_Nynas\\_booklet.pdf](http://www.nynas.com/upload/docs/Broschures_available_languages/FINNISH_Nynas_booklet.pdf)

Odoroff Oy. 2012. Hajuohjearvoja [Viitattu 28.2.2012]. Saatavissa:

<http://www.odoroff.fi/artikkelit>

OMI industries. 2012. Asphalt additives [Viitattu 1.4.2012]. Saatavissa:

<http://www.odormanagement.com/markets/asphalt.php>

Sarkkila, J., Kuusiniemi, R., Forsten, L. & Manni-Rantanen, L. 2006. Asfalttiset ympäristönsuojusrakenteet [viitattu 18.1.2012]. Saatavissa:

<http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=61298>

Työterveyslaitos. 2012. Onnettomuuden vaaraa aiheuttavat aineet [Viitattu 2.4.2012] Saatavissa: <http://www.ttl.fi/ova/>

Wikipedia. 2012. Adsorptio [viitattu 25.1.2012]. Saatavissa:

<http://fi.wikipedia.org/wiki/Adsorptio>

Yle.fi. 2003. Biosuodatin puhdistaa hajupäästöt [viitattu 24.1.2012]. Saatavissa:

[http://yle.fi/uutiset/arkisto/2003/03/biosuodatin\\_puhdistaa\\_hajupaastot\\_44347.html](http://yle.fi/uutiset/arkisto/2003/03/biosuodatin_puhdistaa_hajupaastot_44347.html)

Ymparisto.fi. 2012. Ympäristölupa [Viitattu 1.3.2012] Saatavissa:

<http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=47724>

Öljyalan keskusliitto 2012. Öljyyn liittyviä käsitteitä [viitattu 15.1.2012].

Satavissa: <http://www.oil.fi/index.php?m=3&id=151>



