



# Palokoirien kyky tunnistaa palavia nesteitä

Katriina Tiira<sup>1,2</sup>, Niina Viitala<sup>3</sup>, Tapani Turunen<sup>4</sup>, Tuomas Salonen<sup>3</sup>

## SISÄLLYS

### TIIVISTELMÄ

#### 1. TUTKIMUKSEN TAUSTA

#### 2. MENETELMÄT

- 2.1. Tutkimuspopulaatio
- 2.2. Tutkimuksen kulku
- 2.3. Poltot
- 2.4. Haihtuminen
- 2.5. Löytö ja virhemerkkaus
- 2.6. Laboratorioanalyysit
- 2.7. Tasokoe
- 2.8. Tilastolliset analyysit

#### 3. TULOKSET

- 3.1. Koirien löydöt ja virhemerkkaukset tutkimuksessa sekä tasokokeessa
- 3.2. Palavien aineiden pitoisuudet näytteissä
- 3.3. Näytteen sisältämän aineen pitoisuuden, aineen sekä haihtumisen vaikutus koiran onnistumiseen

#### 4. TULOSTEN TARKASTELU

### VIITTEET

1 smartDOG Oy, Pietilänkatu 5, 11130 Riihimäki, (2 Kliinisen hevos- ja pieneläinlääketieteen osasto, PL 57, 00014 HY)

3 KRP, Rikostekninen laboratorio, PL 285, 01301 Vantaa

4 Poliisikoiralaitos, Koirakoulunkatu, 13130 Hämeenlinna

POLIISIAMMATTIKORKEAKOULUN KATSAUKSIA 13/2019

## TIIVISTELMÄ

Palokoirien kykyä haistaa helposti palavia nesteitä (ILR, Ignitable Liquid Residues) nesteen polttamisen jälkeen ei ole juurikaan tutkittu. Palaminen muuttaa nesteen kemiallista rakennetta, ja on todennäköistä, että neste haisee koiran nenään hyvinkin erilaiselta. Halusimme tutkimuksessamme myös selvittää, vaikuttaako viive palamista-pahtumasta koiran kykyyn tunnistaa palavia nesteitä. Tässä tutkimuksessa tutkimme koulutettujen palokoirien (N = 5) kykyä tunnistaa erilaisia palavia aineita (moottoribensiini, sytytysneste sekä isopropanoli) yksi tai kolme päivää polttamisen jälkeen. Jokainen koira nuuski läpi kuusi purkkirataa, joissa jokaisessa radassa oli kolme kontrollinäytettä sekä yksi ILR näyte satunnaisessa sijainnissa. Kaikki ILR näytteet, sekä kaikki koiran merkkeamat näytteet analysoitiin tutkimuksen jälkeen kaasukromatografi-massaspektrometrilla (GC-MSD), jotta voitiin selvittää mahdollisten ILR jäämien pitoisuus näytteessä. Koira löysivät ne näytteet, joista GC-MSD analyysi havaitsi ILR jäämiä, 0,89 todennäköisyydellä, mutta koirat löysivät myös 0,59 todennäköisyydellä niitä ILR näytteitä, joista GC-MSD analyysi ei havainnut jäämiä lainkaan. Isopropanol oli koiralle vaikeiten löydetävä ILR. Yhden tai kolmen päivän viive palotapahtumasta ei näyttänyt juurikaan vaikuttavan koiran kykyyn havaita palavia nestejäämiä.

Näyttää siltä, että palokoirat löytävät virheettömästi ILR jäänteitä, jos ainetta löytyy yli laboratorion lausuntorajan. Kohtuullisen hyvin palokoirat löytävät jäämiä siinäkin tapauksessa, mikäli ainetta ei voida varmistaa (näyte alle lausuntorajan) ja jopa silloin kun ainetta ei löydy laboratoriossa lainkaan.

# 1. TUTKIMUKSEN TAUSTA

Tulipalon tutkinnan kaksi tärkeintä kysymystä on selvittää palon syttymispaikka sekä syy. Mikäli on syytä epäillä, että tulipalo on sytytetty tahallaan helposti palavien nesteiden (yhteinen nimitys ILR, Ignitable Liquid Residues) kuten moottoribensiinin tai sytytysnesteen avulla, käytetään usein tutkinnassa apuna joko teknisiä laitteita tai palokoiria. Koiran hajuaisti on erinomainen, ja ihminen hyödyntääkin sitä yhä enenevässä määrin; koiran hajuaistia käytetään apuna etsittäessä mm. huumeita, räjähteitä, ruumiita, syöpää, homeita sekä sairaskohtauksia ennustettaessa. Koiran kyky erotella hajuja on jopa 10 000-100 000 kertaa parempi kuin ihmisen, ja koirat kykenevät tunnistamaan paljon pienempiä pitoisuuksia erilaisia aineita ihmiseen verrattuna<sup>1</sup>. Palokoirat ovat tuhopolttojen tutkinnan apuvälineenä käytettyjä koiria, jotka etsivät mahdollisia palavien nesteiden jäänteitä. Palokoirien koulutus alkoi 1980-luvulla USA:ssa, ja ensimmäinen eurooppalainen palokoira koulutettiin Englantiin vuonna 1996. Palokoira toimii palopaikalla yleensä heti kun se olosuhteiden kannalta on mahdollista ja turvallista, yleensä 1-3 vuorokautta palon sammuttamisen jälkeen. Mikäli koiranohjaaja toteaa koiran merkanneen mahdollisen palavan aineen, otetaan paikasta näyte, joka analysoidaan myöhemmin rikosteknisessä laboratoriossa, ja löydöksen sisältämät yhdisteet tunnistetaan. Toisinaan laboratorioanalyysillä ei voida osoittaa todisteita palavan nesteen kaupallisesta tuotteesta, vaikka koira on palopaikalla alueen merkinnyt. Suomessa oikeuteen todisteeksi kelpaakin yleensä vain riittävät laatuksiteerit täyttävät tulokset palavien aineiden jäänteistä rikosteknisestä laboratoriosta, sillä monet tavarat ja aineet vapauttavat palaessaan samankaltaisia yhdisteitä, kuin mitä palavat nesteet sisältävät. Toisaalta esimerkiksi USA:ssa sekä Englannissa on myös tuomioita saatu pelkän koiran löydöksen perusteella<sup>2</sup>. Miten tehokas palokoira on löytämään palavia aineita? Vaikka palokoiria käytetään yleisesti ympäri maailmaa, on palokoirien luotettavuudesta tunnistaa palava aine tehty vain muutamia tutkimuksia. Aikaisemmissa tutkimuksissa koirien kyky löytää luotettavasti palavia aineita on vaihdellut paljon koirien välillä, ja parhaimmillaan koira on kyennyt löytämään hyvinkin pieniä pitoisuuksia polttamatonta palavaa ainetta<sup>3</sup>, joita ainakaan vanhemmat rikostekniset analyysilaitteet (1990-luku) eivät ole kyenneet löytämään<sup>2</sup>. Toisaalta koirakkojen välillä on ollut paljon eroja löydöissä sekä väärissä aineen merkkauksissa, toiset koirat ovat olleet huomattavasti luotettavampia kuin toiset<sup>3</sup>.

Aikaisemmissa tutkimuksissa koirat ovat etsineet nestettä, jota on lisätty joko poltetuun tai polttamattomaan materiaaliin jälkeensä, eli palavaa nestettä ei ole poltetu lainkaan<sup>3</sup>. Tilanne palopaikalla todellisuudessa on kuitenkin toinen, koiran on kyettävä haistamaan palava neste polttamisen jälkeen. Polttamisen tiedetään muuttavan palavan nesteen koostumusta siten, että palavan nesteen sisältämät kevyet komponentit palavat tai haihtuvat kokonaan tai osittain pois. Koiralle neste todennäköisesti haisee hyvin erilaisena polttamisen jälkeen. Palokoira ei myöskään pääse palopaikalle välttämättä heti palon jälkeen turvallisuussyistä ja muista tekijöistä johtuen. Keskimäärin koirat kävivät Suomessa palopaikalla vuosina 2016-2017 vasta 2-3 vrk kuluttua palosta. Aikaisemmissa tutkimuksissa ei ole tutkittu lainkaan, miten haihtuminen usean päivän ajan vaikuttaa koiran kykyyn tunnistaa erilaisia aineita.

Koiralle kyetään opettamaan useita erilaisia etsittäviä hajuja, ja Suomessa palokoira-  
le tyypillisimmät etsittävät aineet ovat usein tuhopoltoissa käytetyt moottoribensiini,  
sytytysneste sekä isopropanoli. Tietoa siitä, ovatko kaikki aineet yhtä helposti koiralle  
löydettävissä paloprosessin jälkeen, ei ole. Tässä tutkimuksessa tutkimme koiran kykyä  
tunnistaa erilaisia palavia nesteitä kuten moottoribensiini, sytytysneste sekä isopropa-  
noli aineen polttamisen jälkeen, sekä selvitämme myös, miten usean päivän aikana ta-  
pahtuva haihtuminen vaikuttaa koiran kykyyn löytää aine. Palavan nesteen todellinen  
määrä näytteessä analysoidaan rikosteknisessä laboratoriossa, jotta voidaan verrata ai-  
neen määrän vaikutusta koiran löytämisen todennäköisyyteen.

## 2. MENETELMÄT

### 2.1. Tutkimuspopulaatio

Tutkimus suoritettiin viidellä suomalaisella koulutetulla palokoiralla. Koirat olivat uroksia ja rodultaan belgianpaimenkoira malinois (3 kpl) ja saksanpaimenkoira (2). Koirien ikä oli keskimäärin 5v 8kk kuukautta (2v10kk - 9v10kk) tutkimushetkellä. Koirista 4/5 oli nk kombikoiria, joiden koulutukseen kuuluu suojeleminen, etsiminen, jäljestys, hallittavuus sekä erikoiskoulutus, joka näiden koirien tapauksessa on palokoirakoulutus. Yksi koirista oli erikoisetsintä koira, joka teki pelkästään palokoiran työtä.

### 2.2. Tutkimuksen kulku

Tutkimus suoritettiin 15.11.2017 Hämeenlinnan Poliisikoiralaitoksella. Tutkimuksessa käytettiin kolmea usein tuhopoltoissa käytettyä ainetta (moottoribensiini, sytytysneste sekä isopropanoli). Haihtumisen vaikutusta tutkittiin vertaamalla koiran kykyä tunnistaa ILR (moottoribensiini, sytytysneste sekä isopropanoli) joko yhden tai kolmen vuorokauden kuluttua palon tukahduttamisesta (Taulukko 1). Jokainen koira suoritti yhden päivän aikana kuusi purkkirataa, kolme purkkirataa aamupäivällä ja kolme purkkirataa iltpäivällä. Koiran ohjaajat eivät tienneet palavan aineen sijaintia purkkiradalla.

Yhdessä purkkiradassa oli aina neljä purkkia, joista yhdessä, satunnaisesti määrättyssä paikassa, oli aina etsittävä aine (Kuva 1). Purkkien etäisyys toisistaan oli 1m 40 cm. Kolmessa purkeista on samalla menetelmällä poltettua materiaalia ilman palavaa nestettä (verrokkihiili). Jokainen kolmesta verrokkihilipurkista samassa radassa oli peräisin eri poltoista, jolloin ne olivat jokainen toisistaan riippumattomia verrokkeja. Verrokkihiili kussakin radassa oli ollut haihtuneena yhtä kauan kuin kyseisen radan etsittävä aine, eli jos radassa on bensiini, joka oli poltettu kolme vuorokautta aikaisemmin, oli radassa vastaavasti verrokkihililtä kolmesta eri poltosta, jotka oli tehty myös kolme vuorokautta aikaisemmin. Jokainen koira etsi aineet samassa järjestyksessä (Taulukko 1), mutta siten, että etsittävän aineen sijainti neljän purkin radalla oli arvottu, ja vaihteli siis koirien välillä.



**Kuva 1.** Testirata, joissa kolmessa harkossa oli verrokkihiili, ja yhdessä, satunnaisesti arvotussa paikassa oli etsittävä kohde.

**Taulukko 1.**

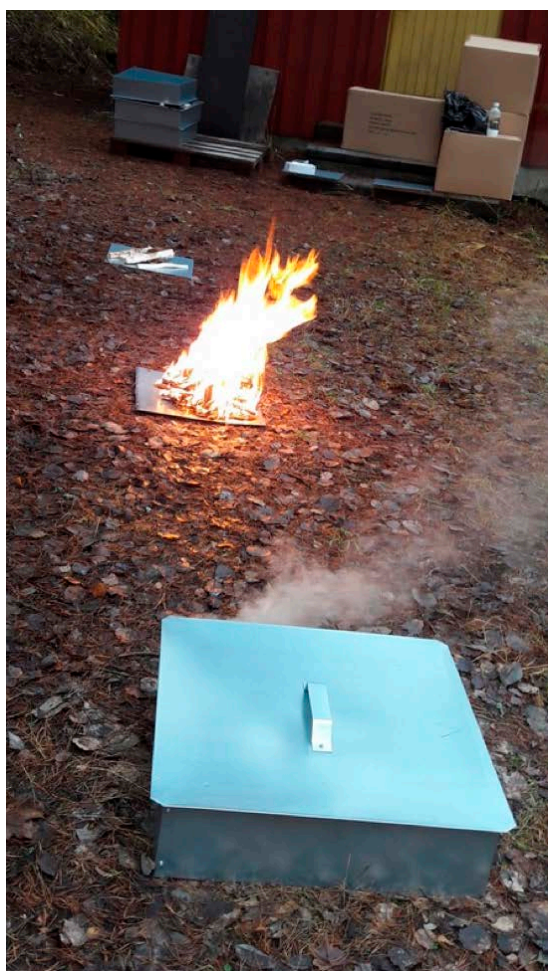
<b>Nimi</b>	<b>järjestys purkkiradalla</b>	<b>selite</b>
MB3	aamupäivä 1	moottoribensiini, säästynyt 3 vuorokautta
ISO3	aamupäivä 2	isopropanoli, säästynyt 3 vuorokautta
SN1	aamupäivä 3	sytytysneste, säästynyt 1 vuorokauden
SN3	iltapäivä 1	sytytysneste, säästynyt 3 vuorokautta
ISO1	iltapäivä 2	isopropanoli, säästynyt 1 vuorokauden
MB1	iltapäivä 3	moottoribensiini, säästynyt 1 vuorokauden
V1A	ap 3, ip 2 ja 3	verrokkihiili, poltto A, säästynyt 1 vuorokauden
V1B	ap 3, ip 2 ja 3	verrokkihiili, poltto B, säästynyt 1 vuorokauden
V1C	ap 3, ip 2 ja 3	verrokkihiili, poltto C, säästynyt 1 vuorokauden
V3A	ap 1 ja 2, ip 1	verrokkihiili, poltto A, säästynyt 3 vuorokautta
V3B	ap 1 ja 2, ip 1	verrokkihiili, poltto B, säästynyt 3 vuorokautta
V3C	ap 1 ja 2, ip 1	verrokkihiili, poltto C, säästynyt 3 vuorokautta

Jokaisen radan jälkeen sekä purkit (verrokkit ja näytepurkit) että purkkien sementtihakkoalustat vaihdettiin hajukontaminaation välttämiseksi, eli jokaiselle purkille käytettiin aina uutta alustaa. Mikäli purkki kaatui radalla, alue siivottiin huolellisesti. Vain yksi henkilö käsitteli palavan aineen sisältävän näytepurkin (hanskat kädessä), ja vei sen paikalleen, mutta verrokkien käsittelijä, joka oli eri henkilö, koski lopuksi jokaiseen astiaan kaikkien neljän näytteen ollessa paikoillaan ennen koiran radalle tuloa. Tutkimuksen jälkeen kaikista palavan aineen sisältävästä purkista otettiin näyte nylonpussiin, jonka jälkeen se toimitettiin rikostekniseen laboratorioon aineen pitoisuuden määrittämiseksi. Näyte otettiin myös jokaisesta koiran merkkiaamasta verrokkipurkista, sillä halusimme varmistaa, ettei virhemerkkaus johtunut mahdollisesti kontaminaatiosta.

Tutkimusta edellisena päivänä (14.11.2017) kaikki koirat kävivät tasokokeessa, jossa koiran tehtävänä oli löytää kolme polttamattoman palavan nesteen kätköä. Tasokoe suoritetaan jokaiselle koiralle vuosittain, mutta halusimme lisäksi verrata mahdollisia eroja poltetun ja palamattoman aineen löytämisen todennäköisyyteen.

### 2.3. Poltot

Verrokkit että palavan nesteen sisältävät näytteet poltettiin poliisikoiralaitoksella joko 12.11.2017 tai 14.11.2017 aamupäivällä kello 9.00-13.30 välisenä aikana. Poltettava materiaalina oli kaikissa näytteissä kuiva koivu, joka sytytettiin tulitikulla. Verrokkipolttoissa sytykkeenä käytettiin tuohtaa. Verrokkipolttoja oli yhteensä kuusi, ja palavan aineen polttoja kaksi / aine. Tarkka polttoaikataulu löytyy liitteestä 1. Palavaa ainetta käytettiin yhteensä 50 ml / poltto, ja aine siveltiin ainekohtaisella pensselillä tasaisesti puun päälle. Yhteensä kutakin ainetta kuului poltoissa 100ml (esim. MB1 50ml ja MB3 50ml). Palo suoritettiin metallisen pellin päällä ja palo sammutettiin tukahduttamalla peltikannella (Kuva 2), ja jokaiselle aineelle käytettiin omaa peltikantta (yhteensä neljä peltikantta 3+kontrolli). Jokaisesta palavan aineen kanssa suoritetusta poltosta otettiin poltettua materiaalia viiteen eri peltipurkkiin (yhteensä 30 purkkiä), ja vastaavasti jokaisesta verrokkihilipoltosta otettiin materiaalia kolmeen eri purkkiin (yhteensä 90 purkkiä). Purkin peitettiin kannella kuljetuksen ajaksi.



**Kuva 2. Poltot suoritettiin metallisella alustalla pientä määrää puuta käyttäen, ja ne tukahdutettiin kannen avulla.**



## 2.4. Haihtuminen

Purkit kuljetettiin lautarakenteiseen lämmittämättömään rakennukseen (sisälämpötilat vaihtelivat säilytyksen aikana  $+2,1^{\circ}\text{C}$  -  $+4,4^{\circ}\text{C}$ ) säilytykseen joko yhdeksi tai kolmeksi vuorokaudeksi. Päätimme ulkotilan sijasta haihduttaa astioita sisätilassa, sillä ulkona sade ja lumi olisivat saattaneet vaikuttaa eri aineisiin eri tavalla, ja luoda lisää virhevaihtelua. Purkit olivat haihtumisen aikana avonaisena ilman kantta, mutta kuitenkin suojassa sateelta ja lumelta. Tutkimuspäivän aamuna purkit kansitettiin kuljetuksen ajaksi, ja avattiin tutkimuspaikalla vasta siinä vaiheessa, kun näyte asetettiin purkkiradalle sementtiharkkoalustaan. Purkit säilytettiin toisistaan erillään (Kuva 3) ulkovarastossa kontaminaation välttämiseksi.



**Kuva 3. Polttopurkkien säilytys ulkovarastossa. Purkit säilytettiin joko kolme tai yhden vuorokauden ilman kantta.**

## 2.5. Löytö ja virhemerkkaus

Löydöksi kirjattiin koiran ohjaajan hyväksymä koiran käytöksen muutos oikean purkin kohdalla, vastaavasti virhemerkkaukseksi kirjattiin ohjaajan hyväksymä koiran käytöksen muutos väärän purkin kohdalla.

## 2.6. Laboratorioanalyysit

Näytteen sisältävät metallipurkit pakattiin tutkimuksen päätteeksi nylonpusseihin, ja kuljetettiin Rikostekniseen laboratorioon analysoitavaksi. Pusseja lämmitettiin 45 min  $100^{\circ}\text{C}$ :ssa ja metallipurkin kansi avattiin pussissa ja sieltä otettiin kuumalla ruiskulla HS-näyte 1 ml. Näyte injektioitiin kaasukromatografiin (GC-FID), jolloin näytteen analyysiaika oli 30 min. Mikäli tällä menetelmällä todettiin löydös, jatkettiin näytteen analysointia kaasukromatografi-massaspektrometrilla (GC-MSD). Näytteiden analyysitulokset jaotellaan kolmeen luokkaan 1) lausuntorajan ylittävä (ylr), 2) lausuntorajan alittava (alr) ja 3) ei löydöstä. Näytteen tulkitaan ylittävän lausuntorajan, mikäli näyte ylittää laitteiden toteamisrajan. Kaasukromatografisen menetelmän toteamisraja on noin  $0,5 \mu\text{l/l}$  ja kaa-



sukromatografia-massaspektrometrinen (MSD) noin 0,1 µl/l. Alle lausuntorajan olevassa näytteessä palava neste on hahmotettavissa, mutta ei täytä laadullisia kriteerejä positiiviseen lausuntoon. Mikäli näyte määritellään ”ei löydöstä” luokkaan, näytteessä ei ole havaittavissa palavia nesteitä.

## 2.7. Tasokoe

Kaikki tutkimuksessa mukana olleet koirat testattiin tutkimusta edeltävänä päivänä pienillä määrillä polttamatonta ainetta (ISO, SN, MB). Tasokokeessa noin 70 m<sup>2</sup> kokoiseen kalustamattomaan huoneistoon (viisi huonetta) oli tehty kolme palavan aineen kätköä (ISO, SN, MB). Kussakin kätkössä useita tippoja (4-6 tippaa, arviolta noin 3-5 µl) polttamatonta palavaa nestettä. Kätköjen ikä vaihteli n. 10:stä minuutista noin tuntiin. Koirat etsivät samat kätköt arvotussa satunnaisessa järjestyksessä. Harjoitteen valmisteli, ja otti vastaan henkilö, joka ei ollut mukana seuraavan päivän tutkimuksessa (ylikonstaapeli Timo Nikkinen).

## 2.8. Aineiston tilastollinen käsittely

Tilastollisessa käsittelyssä huomioitiin aineiston erityisominaisuudet: dataa oli suhteessa vähän muuttujiin nähden ja lisäksi jokainen koira suoritti useamman radan. Jälkimmäisen vuoksi mallinnuksessa otettiin huomioon koirien tuoma satunnaisvaikutus. Ensimmäisen vuoksi analyysi jaettiin kiinteiden vaikutusten ja onnistuneen tuloksen määrittelyn suhteen osiin. Kiinteinä vaikutuksina kohdeltiin ainetta, aineen määrää ja haihtumista. Onnistuminen määriteltiin joko radan puhtaana suoritukseksi ilman virhemerkkauksia tai oikean kohteen löytymisenä virhemerkkauksista huolimatta. Koska jokaisen kolmen muuttujan vaikutusta onnistumistodennäköisyyteen tarkasteltiin erikseen kahden eri onnistumismääritelmän suhteen, sovitettiin dataan 6 erillistä mallia. Tämä käsittely helpottaa tulosten tulkintaa, mutta jättää vaikutusten väliset mahdolliset riippuvuudet huomiotta. Tämän vuoksi tilastolliset tulokset ovat suuntaa antavia ja niihin sisältyy huomattavaa epävarmuutta.

Varsinaiset analyysit suoritettiin sovittamalla logistinen regressio sekamalliin, jossa vasteena oli vuoron perään kumpikin eri onnistumista kuvaava muuttuja ja selittävinä muuttujina satunnaisvaikutuksena kunkin radan suorittanut koira ja kiinteänä vaikutuksena joko aine, aineen määrä tai haihtuvuus. Koska klassisten frekventististen luottamusvälien laskeminen tällaisten mallien tuottamille todennäköisyyksillä on monimutkaista, ja koska dataa on vähän, analyysissä käytettiin bayesläistä mallinnusta. Tämä mahdollisti bayesläisten luottamusvälien arvioinnin onnistumistodennäköisyyksien posteriorijakaumien Markov Chain Monte Carlo (MCMC) -simulaatioista.

Aineiston tilastollinen käsittely suoritettiin R-ohjelmistolla (*R Core Team (2018). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>*) käyttäen *rstanarm*-paketin *stan\_glmer*-funktioita (Stan Development Team (2016). *rstanarm: Bayesian applied regression modeling via Stan. R package version 2.13.1. <http://mc-stan.org/>*). Kyseinen funktio tuottaa MCMC-simuloituja ilmentymiä määritellyn mallin posteriorijakaumasta. Priorijakaumina käytettiin funktion antamia oletuksia, jotka skaalautuvat annettuun dataan ja pyrkivät olemaan heikosti informatiivisia.

## 3. TULOKSET

### 3.1. Koirien löydöt ja virhemerkkaukset tutkimuksessa sekä tasokokeessa

Koirien välillä oli selkeitä eroja siinä, miten hyvin etsittävä aine löydettiin, ja montako virhemerkkausta koira teki (Taulukko 2). Löytöjen määrä vaihteli koirakoittain 4-6 (max kuusi ainetta), kuten myös virhemerkkausten määrä 0-4. Täysin puhtaiden ratojen (eli koira merkkaa vain oikean, ei virhemerkkausta) määrä vaihteli 3-5 (max kuusi). Aineista huonoiten löydettiin ISO1, eli yhden päivän haihtuneena ollut isopropanoli, ja parhaiten kolme päivää haihtuneena ollut moottoribensiini sekä yhden päivän haihtuneena ollut sytytysneste. Tasokokeessa (suoritettiin edellisenä päivänä ennen koetta), jossa etsittävänä oli vain polttamaton aine, onnistuminen oli 100% eikä virhemerkkauksia ollut lainkaan. Yhdellä tutkimuksessa mukana olleista koirista (K3) diagnosoitiin tutkimuksen jälkeen pitkälle levinnyt syöpä, ja koira lopetettiin. Tämä koira teki eniten virhemerkkauksia tutkimuksessa, mutta löysi myös eniten.

**Taulukko 2.** Taulukossa esitettynä jokaisen koiran suoritus tutkimuksen aikana, sekä lopussa vertailun vuoksi edellisen päivän tasokokeen löytöjen ja virhemerkkausten määrä per koira. Kokeessa etsittävä aine oli poltettu, kun taas tasokokeessa etsittävä aine oli polttamaton (Puhdas rata= koira merkkaa vain oikean, ei virhemerkkausta).

KOIRA	VIRHEMERKKAUS	LÖYTÖ	PUHDAS RATA	MB <sub>3</sub>	MB <sub>1</sub>	ISO <sub>3</sub>	ISO <sub>1</sub>	SN <sub>3</sub>	SN <sub>1</sub>	tasokoe: löydöt	tasokoe: virhemerkkaus
K1	2	4	4	1	1	1	0	0	1	3	0
K2	1	4	4	0	1	1	0	1	1	3	0
K3	4	6	3	1	1	1	1	1	1	3	0
K4	0	5	5	1	1	1	0	1	1	3	0
K5	2	4	4	4	1	0	1	1	1	3	0
yhteensä	9	23	20	3	5	4	2	4	5		

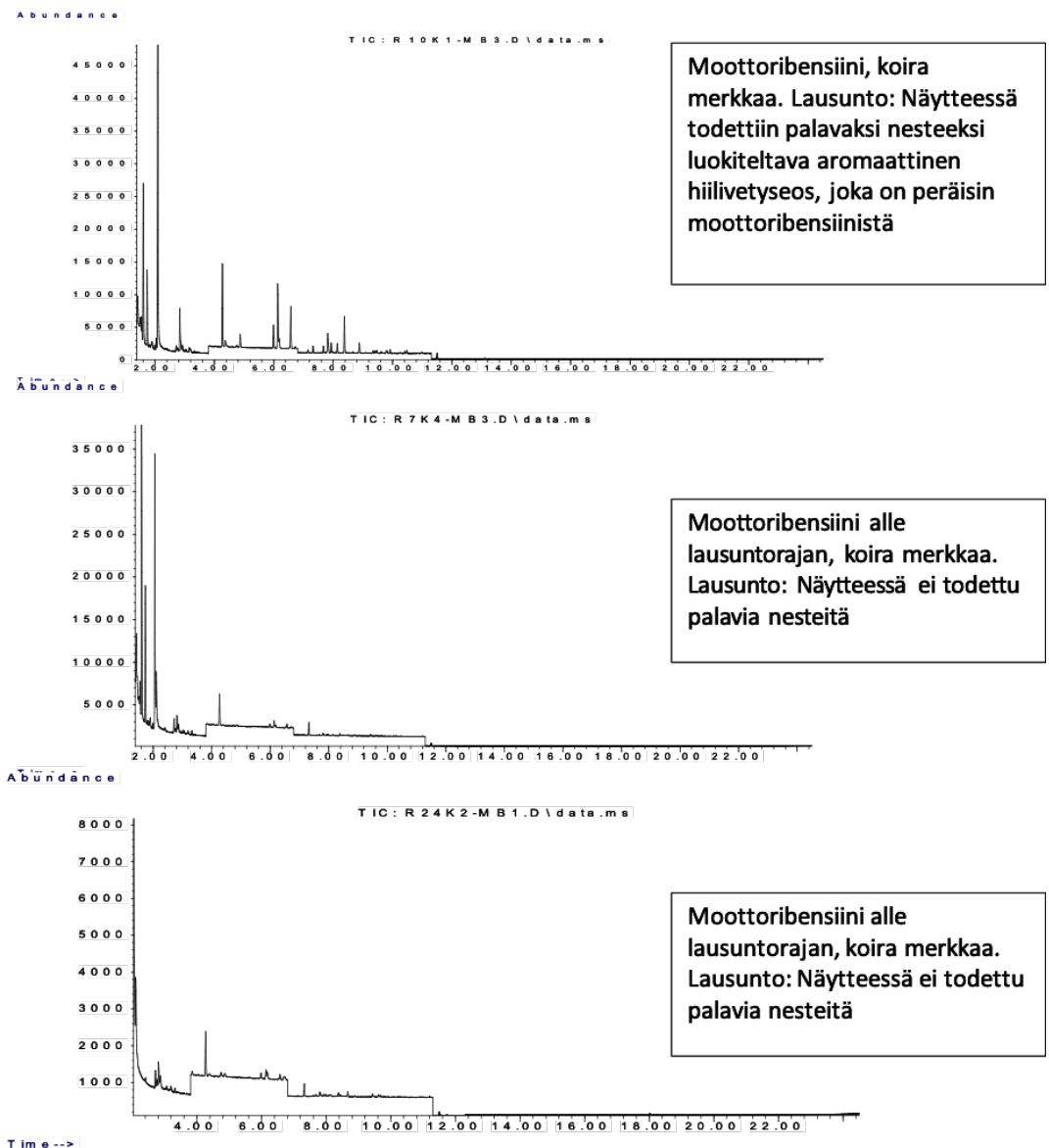
### 3.2. Palavien aineiden pitoisuudet näytteissä

Laboratoriotutkimuksissa vain neljästä palavan aineen avulla sytytetystä palosta otetusta 30:stä näytteessä löytyi lausuntorajan ylittävä löydös (Taulukko 2, kuva 4) – näissä kaikissa koira teki virheettömän suorituksen, eli koira merkkasi vain näytteen eikä tehnyt lainkaan virhemerkkausta (onnistuminen 100%). Alle lausuntorajan olevia näytteitä oli yhteensä 17, joista koira merkkasi oikein näytteen 14 tapauksessa (82,4%). Yhteensä yhdeksässä näytteessä ei ollut lainkaan löydöstä laboratorioanalyysien mukaan, mutta näistä joka tapauksessa viisi näytettä koira löysi (kaikki SN<sub>3</sub>). Koirien tekemät virhemerkkauksen näytteet analysoitiin myös, jotta voitiin varmistaa, ettei niissä ollut palavien nesteiden jäämiä. Mistään virhemerkkauksesta ei löydetty jäämiä palavista nesteistä.

**Taulukko 3.** Palavien nesteiden pitoisuudet kokeessa. Alr = aineen pitoisuus on alle lausuntorajan, ylr = aineen pitoisuus ylittää lausuntorajan.

		AINE						
		ISO1	ISO3	MB1	MB3	SN1	SN3	Total
Pitoisuus	ei löydöstä	3	0	0	1	0	5	9
	alr	2	5	4	3	3	0	17
	ylr	0	0	1	1	2	0	4
Total		5	5	5	5	5	5	30

**Kuva 4.** Esimerkki moottoribensiinin erilaisista löydöksistä tutkimuksessa. Vain ylimmäisessä näytteessä palavien aineiden löydös ylittää lausuntorajan, kahdessa alimmaisessa näytteessä palavia aineita ei löydetä luotettavasti. Koira löytää kaikki näytteet.



### 3.3. Näytteen sisältämän aineen pitoisuuden, aineen sekä haihtumisen vaikutus koiran onnistumiseen

Tutkimuksessamme olimme kiinnostuneita aineen pitoisuuden, etsittävän aineen, sekä haihtumisen vaikutuksesta siihen, löytääkö koira oikean näytteen, sekä löytääkö koira oikean ilman virhemerkkauksia. Tarkasteltaessa sitä, löysikö koira ylipäätään oikean aineen vai ei, havaittiin että aineen pitoisuus sekä itse aine, olivat suurimpia aineen löytämistodennäköisyyteen vaikuttavia tekijöitä, haihtumisella ei näyttänyt olevan vaikutusta (Taulukko 3). Mikäli ainetta havaittiin jonkin verran (alle ja yli lausuntorajan) näytteessä, koirat löysivät keskimäärin todennäköisyydellä 0,89, mutta mikäli aineesta ei ollut löydöstä mittauksissa, myös koirien löytämisen todennäköisyys tipahti 0,59:een (todennäköisyys 1= kaikki löydettiin). Etsittävästä aineesta ISO oli vaikeimmin löydettävä kuin MB tai SN.

Mikäli tarkastellaan puhdasta onnistumista, eli löytöä ilman ainuttakaan virhemerkkausta, onnistumisen todennäköisyys laskee 0,61, mikäli ainetta on jossain määrin havaittavissa mittauksissa (yli tai alle lausuntorajan). Puhtaan onnistumisen todennäköisyys siinä tapauksessa, jos näytteen sisältämää ainetta ei havaita lainkaan (ei löydöstä) on 0,46, eli selkeästi alhaisempi. Aineiden välillä on tässäkin tapauksessa eroja; ISO löydettiin aineena huonoiten (0,34), ja SN (0,77) parhaiten. Pieni suuntaus näkyy myös haihtumisajassa – kolme vuorokautta haihtuneena olleen näytteen (0,54) löytämistodennäköisyys on hieman pienempi kuin yhden vuorokauden haihtuneena olleen näytteen (0,60).

**Taulukko 4. Todennäköisyydet sille, että a) koira löytää ylipäätään oikean aineen radalta (virheet sallittuja) ja b) koira löytää oikean aineen ilman virhemerkkauksia. Taulukkoon on merkitty aineen pitoisuuden, haihtumisen (1 tai 3 vrk) sekä itse etsittävän aineen vaikutus onnistumistodennäköisyyteen. Aine löytyy mittauksissa (= alr ja ylr), aine ei löydy mittauksissa (=ei löydöstä).**

a) Todennäköisyys, että koira löytää aineen, virheet sallittu					95% Bayesiläinen luottamusväli	
Aineen määrä	Ainetta ei löytynyt mittauksissa	Keskiarvo	Keskihajonta	Mediaani	Alaraja	Yläraja
		0,59	0,17	0,60	0,25	0,89
	Aine löytyi mittauksissa	0,89	0,07	0,91	0,72	0,99
Haihtuminen	1pv	0,81	0,11	0,82	0,55	0,96
	3pv	0,81	0,11	0,82	0,55	0,96
Aine	ISO	0,66	0,15	0,67	0,33	0,91
	MB	0,88	0,10	0,91	0,62	0,99
	SN	0,88	0,10	0,91	0,62	0,99
b) Todennäköisyys, että koira löytää aineen ilman virheitä (puhdas rata)						
Aineen määrä	Ainetta ei löytynyt mittauksissa	0,46	0,16	0,46	0,16	0,78
	Aine löytyi mittauksissa	0,61	0,12	0,62	0,37	0,83
Haihtuminen	1pv	0,60	0,13	0,61	0,33	0,83
	3pv	0,54	0,14	0,53	0,27	0,79
Aine	ISO	0,35	0,15	0,33	0,10	0,66
	MB	0,58	0,16	0,59	0,26	0,86
	SN	0,77	0,13	0,79	0,46	0,96

## 4. TULOSTEN TARKASTELU

Polttamisen tiedetään muuttavan palavan nesteen koostumusta siten, että palavan nesteen sisältämät kevyet komponentit palavat tai haihtuvat kokonaan tai osittain pois. Koiralle neste todennäköisesti haisee hyvin erilaisena polttamisen jälkeen. Silti tutkimuksessamme koirat haistoivat poltetun aineen 100% todennäköisyydellä ja ilman virheitä, mikäli sitä oli havaittavissa laboratoriomittauksissa yli lausuntorajan. Näyttääkin siltä, että palokoirat löytää hyvin varmasti ja virheettömästi ne näytteet, joista myös laboratorio löytää palavien aineiden jäämiä. Palamista ei voi hallita, ja tutkimuksessamme näitä yli lausuntorajan olevia näytteitä olikin vain neljä (30:stä). Löytämisen todennäköisyys laski ja virheiden määrä nousi, kun haisteltavana oli myös alle lausuntorajan olevia näytteitä. Tutkimuksessa löytämisen todennäköisyys oli 0,89 kun ainetta löytyi jonkin verran mittaauksissa (tässä analyysissä mukana oli sekä yli että alle lausuntorajan olevat näytteet). Puhtaan radan (ilman virheilmaisuja) koirat tekivät todennäköisyydellä 0,61, kun ainetta oli jonkin verran havaittavissa näytteissä (yli tai alle lausuntorajan). Palokoirat kykenevät siis löytämään kohtuullisen hyvin myös sellaisia määriä palavien nesteiden jäänteitä, joista ei saada luotettavia laboratoriotuloksia. Virheellisten merkkauksen määrä kuitenkin selkeästi lisääntyy koirilla näissä tapauksissa.

Aikaisemmissa tutkimuksissa palokoiran luotettavuutta löytää palavia aineita on tehty käyttäen polttamatonta ainetta. Esimerkiksi moottoribensiinin (50%, 3µl, polttamaton) löysi eräässä tutkimuksessa 42 palokoirakkoa 96,7% todennäköisyydellä<sup>3</sup> ja toisessa tutkimuksessa 96,9% todennäköisyydellä (50% moottoribensiini, 5 µl)<sup>4</sup>. Varsinaista tutkimusta edeltävässä tasokokeessa, jossa etsittävänä oli polttamaton aine (ISO, SN, MB), onnistumisprosentti oli 100% ilman virheilmaisuja – tosin tässä aineen määrä kätköissä oli huomattavasti isompi kuin aikaisemmissa tutkimuksissa, joissa etsittävänä oli palamaton aine. Onnistumisprosentti oli tutkimuksessamme myös 100% niissä neljässä tapauksessa, joissa palamisen jäljiltä ainetta oli yli lausuntorajan jäljellä. Kaiken kaikkiaan suomalaisten palokoirien löytämisen todennäköisyys on tämän tutkimuksen perusteella erittäin hyvä, erityisesti silloin kun aine on joko palamaton, tai sitä on polttamisen jäljiltä havaittavissa yli lausuntorajan.

Mielenkiintoisinta tutkimuksessamme oli, että koirat ilmaisivat tutkimuksessamme palavien aineiden jäännöksiä, joita ei pystytty massaspektrometrilla havaitsemaan lainkaan. Koiran merkkaukset pystyttiin todentamaan oikeiksi, koska näytteet oli poltettu palavaa nestettä käyttäen. Koiran hajuaisi on siis huomattavasti laboratorioanalyysiä parempi havaitsemaan hyvin pieniä määriä palavia nesteitä. Myös aikaisemmassa tutkimuksessa koira on merkannut löydöksiä, joista ei laboratorioanalyysissä ole saatu tukea. Osa näistä aikaisemmista tutkimuksista selittyy sillä, että tutkimusten tekoaikaan (1990-luvulla) laitteisto ei kyennyt havaitsemaan kovin pieniä määriä jäämiä<sup>5</sup>. Koska monen muunkin aineen palamistuotteena saattaa syntyä pieniä määriä samanlaisia yhdisteitä kuin palavien nesteiden tuotteissa, on monet koiran merkkaukset, joita laboratorioanalyysi ei vahvista, usein tulkittu vääriksi. Aineen määrän vaikutusta löytämisen todennäköisyyteen on tutkittu aikaisemmin kahdessa tutkimuksessa. Näissä tutkimuksissa polttamaton aine on lisätty pipetillä pumpuliin, jolloin tarkka aineen määrä on tie-

dossa. Yleisesti näyttää siltä että 3-5 µl on helposti löydettävissä<sup>5</sup> , kuten myös 0.1 µl – eräässä tutkimuksessa neljä koirakkoa viidestä löysi jopa 0,005 µl (50% moottoribensiini) määrän ainetta<sup>3</sup> .

Kun tutkimuksessamme oli radalla etsittävänä näyte, josta ei laboratorioissa saatu löydöstä, lisääntyi reilusti myös koirilla virheellisten merkkeiden määrä. Samoin mikäli havaittavissa oli vain vähän ainetta (alle lausuntorajan olevat näytteet), puhtaan radan eli vain oikean astian merkkaamisen todennäköisyys laski, ja virheiden määrä kasvoi. Koirien virheilmaisuja on havaittu myös yleisesti aikaisemmissa tutkimuksissa, mikäli aineen määrä on pieni. Eräässä tutkimuksessa iso osa koirista teki virheilmaisuja muiden materiaalien (matto ym) palamisnäytteille, jotka saattavat sisältää samankaltaisia yhdisteitä kuin palavien nesteiden jäänteet<sup>4</sup> mikäli etsittävän aineen määrä oli pieni. Tässä tutkimuksessamme pystyimme sulkemaan pois sen mahdollisuuden, että virheilmaisu johtuisi esimerkiksi kontaminaatiosta, tai että vahingossa verrokipuu sisältäisikin palavaa ainetta. Kaikki virheilmaisupurkkien näytteet analysoitiin, eikä löydöstä tullut mistään näistä näytteistä. Koirien välillä oli myös eroja virheilmaisujen ja puhtaiden ratojen määrässä, joista osa selittyy sattumalla – osalle koirista tuli sattumalta radoille haisteltaviksi paljon näytteitä, joissa ei ollut löydöstä tai oli alle lausuntorajan. Koirien välillä on havaittu paljon eroja löytämisen todennäköisyydessä aikaisemminkin, mutta osa eroista selittyy koiranohjaajan käytöksellä sekä koiran ja ohjaajan suhteella<sup>3</sup> . Koiran hajuaistiin vaikuttaa useat eri tekijät, ja hajuaistia heikentäviä tekijöitä on mm. sairaudet, tietyt lääkeaineet (esim anestesia, antihistamiini, metronidatsoli), sekä voimakas läähätys (syynä kuuma sää tai koiran huono kunto)<sup>1</sup>. Tutkimuksessamme eniten virheilmaisuja teki koirra K3, joka kuoli pian tutkimuksen jälkeen, ja oli tutkimushetkellä sairas (ei ohjaajan ja tutkimusentekijöiden tiedossa tutkimushetkellä), mikä todennäköisesti on vaikuttanut koiran suoritukseen. Sairauden ja kipujen lisäksi myös, suolistomikrobeilla sekä ruokavaliolla on vaikutus eläinten kykyyn haistaa, ja todennäköisesti näillä on vaikutusta myös koiran hajuaistiin<sup>1</sup> . Myös voimakas kiihtymystila ja impulsiivisuus heikensi suomalaisilla räjähdkeoirilla räjähteiden löytämisen todennäköisyyttä (Tiira ym, lähetetty käsikirjoitus).

Koirat löysivät tutkimuksessa palavista aineista parhaiten moottoribensiinin sekä sytytysnesteen, vastaavasti isopropanoli oli koirille vaikein. Tämä vastaa käytännön kokemusta palopaikalta (Tapani Turunen, suullinen kommentti). Aineen vaikutusta 17 koirakon löydön onnistumiseen on tutkittu yhdessä aikaisemmassa tutkimuksessa, jossa verrattiin koiran onnistumistodennäköisyyttä eri raakaöljytuotteilla (Light: Ronsonol Lighter Fluid; Medium: Royal Oak Charcoal; Heavy: diesel), moottoribensiinin (Gasoline), sekä sytytysneste (Gulf-Lite Charcoal Light Fluid) välillä. Moottoribensiini löytyi siinäkin tutkimuksessa helpoiten (100%), ja sytytysnesteen löydössä onnistui 88,2% koirista<sup>3</sup> .

Haihtumisella (jopa kolmen vuorokauden ajan) ei näyttänyt olevan suurta vaikutusta löytämisen todennäköisyyteen, vaikka pieni ero oli havaittavissa kolmen ja yhden vuorokauden välillä, jos katsotaan vain puhtaita suorituksia – vuorokauden haihtuneena ollut näyte löydettiin hieman paremmin kuin kolme vuorokautta haihtuneena ollut näyte.

Yhteenvetona voidaan sanoa, että tutkimuksen palokoirat löytävät virheettömästi poltetuja palavan aineen jäänteitä, joissa ainetta löytyy yli laboratorion lausuntorajan. Koirat löytävät aineita kohtuullisen hyvin siinäkin tapauksessa, mikäli ainetta ei voida varmistaa (alr) tai sitä ei löydy laboratorioissa lainkaan. Koiran hajuaisti on selkeästi laboratorioanalyysiä tarkempi, mutta pienillä näytemäärillä koiran virheiden määrä myös lisääntyy.

## VIITTEET

1. Jenkins, EK. When the nose doesn't know: Canine olfactory function associated with health, management, and potential links to microbiota. *Frontiers in Veterinary Science*. 2018;5.  
[https://helka.finna.fi/PrimoRecord/pci.doaj\\_soai\\_doaj\\_org\\_article\\_5a9f0fed90fd44b5b98e53ae1e8c0c89](https://helka.finna.fi/PrimoRecord/pci.doaj_soai_doaj_org_article_5a9f0fed90fd44b5b98e53ae1e8c0c89).
2. Henneberg ML, Morling NR. Unconfirmed accelerant: &nbsp;controversial evidence in fire investigations. *The International Journal of Evidence & Proof*. 2018;22(1):45-67.  
<http://journals.sagepub.com/doi/full/10.1177/1365712717746419>. doi:  
[10.1177/1365712717746419](https://doi.org/10.1177/1365712717746419).
3. Tindall R, Lothridge K. An evaluation of 42 accelerant detection dogs. *Journal of Forensic Science*. 1995;40(4):561-564.
4. Kurz ME, Schultz S, Griffith J, et al. Effect of background interference on accelerant detection by canines. *J Forensic Sci*. 1996;41(5):868-873.
5. Kurz ME, Billard M, Rettig M, et al. Evaluation of canines for accelerant detection at fire scenes. *J Forensic Sci*. 1994;39(6):1528-1536.