

**Suuronnettomuuden aiheuttajana räjähdys:  
Haasteet paikalliselle terveydenhuollolle  
Kuvaileva kirjallisuuskatsaus**

Eetu Hytönen

Opinnäytetyö  
Huhtikuu, 2019  
Sosiaali-, terveys- ja liikunta-ala  
Hoitotyön koulutusohjelma

Tekijä(t) Hytönen, Eetu	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	Päivämäärä Huhtikuu 2019
	Sivumäärä 37	Julkaisun kieli Suomi
		Verkojulkaisulupa myönnetty: x
Työn nimi <b>Suuronnettomuuden aiheuttajana räjähdys: Haasteet paikalliselle terveydenhuollolle</b>		
Tutkinto-ohjelma Hoitotyön koulutusohjelma		
Työn ohjaaja(t) Grommi Salla, Holma Sinikka		
Toimeksiantaja(t)		
Tiivistelmä <p>Räjähdyksen aiheuttamat monipotilastilanteet ja suuronnettomuudet ovat nousseet Suomessa ajankohtaiseksi aiheeksi useiden länsimaissa tehtyjen pommi-iskujen myötä. Mahdollisimman suuria henkilövahinkoja tavoittelevat, ennalta suunnitellut iskut siviiliväestöä kohtaan luovat paikallisille viranomaisille tavanomaisesta poikkeavia haasteita, joihin vastaaminen vaatii ennalta suunniteltuja toimintamalleja ja viranomaisten välistä saumatonta yhteistyötä. Terveydenhuollon ammattilaisille haasteena on myös räjähdysvammapotilailla kohdatut laaja-alaiset ja monimuotoiset vammat, jotka poikkeavat suuresti tavanomaisten traumapotilaiden vammaprofiilista.</p> <p>Opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää aiempaa tutkimustietoa hyödyntäen, millaisia haasteita räjähdysten aiheuttama suuronnettomuus tuottaa paikalliselle terveydenhuollolle niin organisaatiotasolla, kuin myös yksittäisen toimijan näkökulmasta. Tavoitteena opinnäytetyöllä oli löytää aiheen piiristä mahdollisia jatkotutkimusaiheita ja toimia pohjana näiden toteuttamiselle. Opinnäytetyötä on mahdollista myös hyödyntää aiheeseen liittyvän koulutuksen suunnittelussa.</p> <p>Opinnäytetyö toteutettiin kirjallisuuskatsauksena. Työhön valikoitu aineisto sisälsi aihealuetta koskevia tutkimuksia, jotka vaihtelivat räjähdystapahtumien potilasasiakirjoja hyödyntävistä kvantitatiivisista tutkimuksista laaja-alaisiin kirjallisuuskatsauksiin. Sisäänottokriteerien ja manuaalisen karsinnan perusteella aineistoon valikoitui kahdeksan tutkimusartikkelia.</p> <p>Kirjallisuuskatsauksen tärkeimpinä tuloksina oli terveydenhuollon organisaatiotason valmiussuunnitelmien luomisen, ajan tasalla pitämisen ja ennen kaikkea niiden harjoittamisen merkitys räjähdysten aiheuttaman suuronnettomuuden lääkinnällisen vasteen parantamiseksi. Yksittäisen terveydenhuollon ammattilaisen näkökulmasta räjähdysvammapotilasta koskevan hoitovalmiuden kehittämisen olennaisimmaksi tekijäksi nousi räjähdysten mekaniikan ja räjähdysvammojen patofysiologian ymmärtäminen.</p>		
Avainsanat (asiasanat) Suuronnettomuus, räjähdys, monivamma, räjähdysvamma.		
Muut tiedot (Salassa pidettävät liitteet)		

Author(s) Hytönen, Eetu	Type of publication Bachelor's thesis	Date April 2019 Language of publication: Finnish
	Number of pages 37	Permission for web publication: x
Title of publication <b>Explosion as a cause of mass casualty incident:          The challenges faced by local healthcare organizations</b>		
Degree programme Degree programme in Nursing		
Supervisor(s) Grommi Salla, Holma Sinikka		
Assigned by		
Abstract  <p>Explosions causing mass casualty incidents have become a topical issue in Finland along with the multiple terrorist attacks with explosive devices in the Western countries. Attacks targeting civilian population and aimed to cause as many casualties as possible pose unforeseen challenges to the local authorities. Appropriate responses to these challenges require pre-existing preparedness plans and seamless co-operation between different authorities. For an individual healthcare professional the sheer scale and severity of explosive injuries that differ greatly from those found on an average trauma patient pose an additional challenge.</p> <p>The purpose of the thesis was to utilize existing research data and examine the challenges faced by local healthcare organizations and individual healthcare providers in mass casualty incidents caused by explosions. The objective was to find possible topics for further research and to provide a base for its implementation. The thesis can also be utilized for educational purposes.</p> <p>The thesis was implemented as a literature review. The selected material consisted of previous quantitative research utilizing patient files from explosive incidents as well as of a wide array of literature reviews. Eight research articles were selected for the study based on the selection criteria and manual screening.</p> <p>The most important findings of the review with regard to improving the preparedness for mass casualty incidents caused by explosives were the importance of up-to-date emergency plans and especially constant training of the required actions. From the point of view of an individual healthcare professional, the most important aspect in improving the readiness of treating patients with explosive injuries was the basic understanding of the mechanism of an explosion and the pathophysiology of explosive injuries.</p>		
Keywords/tags (subjects) Mass casualty, Explosion, Multiple injury, Blast injury.		
Miscellaneous (Confidential information)		

## Sisältö

<b>1</b>	<b>Johdanto .....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Räjähdysonnettomuuksia Suomessa .....</b>	<b>2</b>
2.1	Räjähdyks Myyrmannin kauppakeskuksessa .....	2
2.2	Kranaatinheitinonnettomuus Rovajärven ampuma-alueella.....	5
2.3	Onnettomuus louhintatyömaalla Espoossa .....	7
<b>3</b>	<b>Räjähdyksen mekaniikka ja räjähdysvammat .....</b>	<b>9</b>
3.1	Räjähdyksen mekaniikka .....	9
3.2	Räjähdyksen aiheuttamat vammat .....	10
<b>4</b>	<b>Suuronnettomuuden lääkinällinen pelastustoiminta .....</b>	<b>12</b>
4.1	Suuronnettomuus ja sairaanhoitopiirien varautumisen suuronnettomuuteen .....	12
4.2	Potilasluokittelu.....	12
4.2.1	Yleiskatsaus, ensiarvio ja henkeä pelastava ensiapu .....	13
4.2.2	Tarkennettu tilanarvio .....	14
4.3	Potilaan kliininen tilanarvio.....	15
4.4	Räjähdystapahtuman potilasluokittelu .....	16
<b>5</b>	<b>Tarkoitus, tavoite ja tutkimuskysymykset .....</b>	<b>16</b>
<b>6</b>	<b>Kirjallisuuskatsauksen toteutus .....</b>	<b>17</b>
6.1	Menetelmä .....	17
6.2	Aineiston koonti .....	18
6.3	Aineiston analyysi.....	19
<b>7</b>	<b>Räjähdyksen aiheuttama suuronnettomuus.....</b>	<b>20</b>
7.1	Vaaratekijät tapahtumapaikalla .....	20

	5
7.2 Räjähdyssvammojen tunnistamisen ja hoidon haasteet .....	21
7.3 Potilasmäärän ja potilasluokittelun haasteet .....	22
7.4 Varautuminen räjähdysonnettomuuksiin .....	24
<b>8 Pohdinta.....</b>	<b>25</b>
8.1 Tulosten tarkastelu.....	25
8.2 Eettisyys ja luotettavuus .....	27
8.3 Johtopäätökset ja jatkotutkimusaiheet.....	28
<b>Lähteet .....</b>	<b>30</b>
<b>Liitteet.....</b>	<b>33</b>
Liite 1. Tiedonhaku taulukoituna .....	33
Liite 2. Valittu aineisto taulukoituna .....	34
<b>Taulukot</b>	
Taulukko 1. Räjähdyksen aiheuttamat vammat .....	10
Taulukko 2. Kiireellisyysluokitukset suuronnettomuudessa .....	13
Taulukko 3. ABCDE-periaate .....	15

# 1 Johdanto

Räjähdyksen aiheuttamat monipotilastilanteet ja suuronnettomuudet ovat 2000-luvulla nousseet ajankohtaiseksi aiheeksi etenkin länsimaissa tehtyjen pommi-iskujen myötä. Ennalta suunnitellut ja siviileihin kohdistuvat iskut toteutetaan tyypillisesti mahdollisimman suuria henkilövahinkoja tavoitellen ja toteutuessaan ne aiheuttavat suuria haasteita paikallisille viranomaisille. Sen lisäksi, että henkilövahingot voivat olla mittavat, ovat räjähdysten aiheuttamat vammat moninaisia aina kuulovaurioista erilaisiin pehmytkudosvammoihin. (Ylikoski, Mrena, Savolainen & Pääkkönen 2003.)

Suomessa räjähdysvammat eivät ole itsessään harvinaisia, mutta suurin osa viime vuosina aiheutuneista vammoista on liittynyt teollisuuden onnettomuuksiin sekä varomattomaan ilotulitteiden käsittelyyn. Vaikka erilaiset räjähdysvammat eivät itsessään ole Suomessa tavattomia, ovat monipotilastilanteita aiheuttavat räjähdysonnettomuudet kuitenkin harvinaisia (Ylikoski ym. 2003). Myyrmannin ostoskeskuksen räjähdys vuonna 2002 on vakavin Suomessa 2000-luvulla tapahtunut räjähdysonnettomuus. Kotitekoisen pommin aiheuttamassa räjähdysten seurauksena menehtyi viisi henkilöä ja 166 sai eri asteisia vammoja (Torkki, Koljonen, Sillanpää, Tukiainen, Pyörälä, Kempainen, Kalske, Arajärvi, Keränen ja Hirvensalo 2005, 377).

Opinnäytetyö käsittelee suuronnettomuuteen johtavan räjähdysten aiheuttamia välittömiä haasteita paikalliselle terveydenhuollolle niin yksittäisen räjähdysvamma-potilaan hoitoon osallistuvan terveydenhuollon ammattilaisen näkökulmasta, kuin myös laajemmin paikallisen terveydenhuollon organisaatiota koskien. Opinnäytetyö keskittyy suuronnettomuustilanteen akuuttihoitoon koskien ensihoidon ja päivystyspoliklinikan toimintaa. Opinnäytetyöni tarkoitus on kartoittaa räjähdysten aiheuttaman suuronnettomuuden tuottamia haasteita paikalliselle terveydenhuollolle. Tavoitteena opinnäytetyöllä on toimia pohjana aiheesta tehtävälle jatkotutkimukselle. Opinnäytetyötä on myös mahdollista hyödyntää aiheeseen liittyvän koulutuksen suunnittelussa.

Aiheen valintaan vaikuttivat olennaisesti aiheen ajankohtaisuus, aiempien aiheita koskettavien opinnäytetöiden vähäisyys sekä opinnäytetyön tekijän henkilökohtais-

la tasolla omaama aiempi kokemus aihealueesta. Opinnäytetyön toteutus tapahtuu kuvailevana kirjallisuuskatsauksena laadullisen tutkimuksen periaatteita noudattaen.

## 2 Räjähdysonnettomuuksia Suomessa

### 2.1 Räjähdyks Myyrmannin kauppakeskuksessa

Myyrmannin kauppakeskuksen räjähdys oli Suomen mittakaavalla poikkeuksellinen tapahtuma tekotapansa, kohteensa ja tuhoivoimaisuutensa osalta. Räjähdyksen seurauksena seitsemän ihmistä menehtyi ja kymmenet saivat vakavia vammoja. Kokonaisuudessaan 164 loukkaantunutta hoidettiin räjähdysten aiheuttamien vammojen vuoksi. Tapahtuman seurauksena syntyi mittava pelastusoperaatio, johon osallistui satoja pelastus-, sosiaali- ja terveys- sekä poliisiviranomaisia. (Ojanen, Söder, Järvinen, Ponteva, Rahikka, Ojala & Vainio 2003.)

Räjähdyks tapahtui 11.10.2002 klo 19.35 Myyrmannin kauppakeskuksen ensimmäisessä kerroksessa sijainneen keskussylinterin läheisyydessä. Räjähdyksen seurauksena kuoli viisi räjähdysten keskipistettä lähimpänä ollutta henkilöä, mukaan lukien räjähdettä kuljettanut mies. Menehtyneiden lisäksi kymmenet loukkaantuivat vakavasti erilaisten lävistävien sirpalevammojen ja painevammojen seurauksena. Kotitekoisen räjähteen pintaan oli liimattu tuhansia lyijy- ja rautahauleja, jotka lisäsivät räjähdysten tuhoivoimaisuutta. Sirpaleiden ja haulien iskemäjälkiä havaittiin 100 metrin säteellä räjähdysten keskipisteestä. Myös räjähdysten aiheuttamat rakenteelliset vauriot olivat mittavia, mutta ne kohdentuivat lähinnä kauppakeskuksen kevyempiin rakenteisiin, eivätkä kauppakeskuksen kantavat rakenteet vaurioituneet. (Ojanen ym. 2003, 12, 19.)

Helsingin hätäkeskus vastaanotti kauppakeskuksen asiakkailta useita hätäpuheluita tapahtumasta pian räjähdysten jälkeen, mutta näissä puheluissa loukkaantuneiden määrä ja räjähdysten luonne jäivät epäselviksi. Hätäkeskus aloitti pelastustoiminnan valmistelun hälyttämällä paikalle maanpinnalla tapahtunutta räjähdystä koskevan

toimintamallinsa mukaisesti päivystävän palomestarin, kaksi pelastusyksikköä, raivausyksikön ja säiliöauton sekä kaksi ensihoitoyksikköä. Potilaiden määrän ja tapahtuman vakavuuden tarkennuttua paikalla olleet yksiköt hälyttivät lisäavuksi 10 ensihoitoyksikköä ja yhden lääkäriambulanssin. Tämän lisäksi Keravan hätäkeskus hälytti paikalle vielä seitsemän ensihoitoyksikköä Helsingin hätäkeskuksen ohjeistuksen mukaisesti. (Ojanen ym. 2003, 19-21.)

Räjähdyspaikalla oli ensihoidon saavuttua menehtyneiden viiden henkilön lisäksi noin 10 kriittisesti loukkaantunutta ja noin 20 vakavasti loukkaantunutta. Lievemmin loukkaantuneita oli silloisen arvion mukaan noin 50, joista osa oli jo poistunut tapahtumapaikalta. Tapahtuman alkuvaiheessa sairaalahoitoon toimitettujen määrä oli 63. Tapahtumapaikalla menehtyneiden lisäksi yksi henkilö kuoli ambulanssissa kuljetuksen aikana ja toinen sairaalahoidossa. (Ojanen ym. 2003, 14, 19, 27.)

Helsingin hätäkeskus teki hälytyksen Töölön sairaalalle, Helsingin yliopistollisen sairaalan pääasialliselle traumayksikölle, 10 minuuttia räjähdysen jälkeen. Töölön sairaala teki suuronnettomuushälytyksen Meilahden, Jorvin sekä Lasten ja nuorten sairaaloihin (Torkki ym. 2005, 377). Peijaksen sairaala sai tiedon onnettomuudesta epäsuorasti hätäkeskuksesta ja Hyvinkään sairaala vasta sairaalaa lähestyvältä ensihoidon yksiköltä. Epätietoisuus tapahtuman laajuudesta viivästytti hälytysten tekemistä. (Ojanen ym. 2003, 22.)

Sairaaloissa valmistautuminen loukkaantuneiden vastaanottoa varten käynnistyi lähes poikkeuksetta hyvin huolimatta epäselvästä tilannekuvasta ja loukkaantuneiden määrän aliarvioinnista. Töölön sairaalassa päivystyspoliklinikka tyhjentäminen aloitettiin klo 19:57, eli alle 15 minuuttia hälytyksen saamisesta. Ensimmäiset loukkaantuneet saapuivat Töölön sairaalaan klo 20:30 ja klo 21:00 mennessä kaikki hälytetty lisätyövoima oli saapunut paikalle. (Torkki ym. 2005, 377.)

Huomionarvoista on räjähdystapahtuman ajoittuminen ilta-aikaan, mikä mahdollisti sairaaloissa käynnissä olevien vuoronvaihtojen hyödyntämisen työvoiman vahvuuden nostamisessa. Esimerkiksi Lasten- ja nuorten sairaalaan ensimmäiset loukkaantuneet saapuivat jo ennen kuin sairaalan ulkoista hälytysjärjestelmää ehdittiin käynnistää.



Käynnissä olevan vuoronvaihdon vuoksi paikalla oli kuitenkin jo valmiiksi kaksinkertainen työvoima, jota hyödyntäen toiminta kyettiin tehokkaasti aloittamaan. (Ojanen ym. 2003, 28-30.)

Räjähdyksen aiheuttamat vammat olivat suurimmaksi osaksi haulien ja sirpaleiden aiheuttamia kudოსvaurioita raajoissa sekä vartalolla. Näitä sirpalevammoja oli kaikkiaan 58 henkilöllä. Myös paineen aiheuttamat vammat olivat merkittäviä ja esimerkiksi eriasteisia kuulovaurioita oli 37 henkilöllä. Ensimmäisen neljän päivän aikana sairaaloissa leikattiin 27:n räjähdyksessä loukkaantunutta. Kokonaisuudessaan räjähdysten vuoksi hoitoon toimitettujen ja hoitoon itsenäisesti hakeutuneiden määrä oli 164. (Ojanen ym. 2003, 14, 19, 27.)

Torkin ym. (2005, 379) Myyrmannin räjähdyksessä loukkaantuneiden potilasasiakirjoja hyödyntävä tutkimus nostaa suurimpana löydöksenä esiin kaiken paikallisen traumapotilaiden hoidon mahdollistavan kapasiteetin käytön oleellisuuden vastaavissa suuronnettomuuksissa. Toinen merkittävä tekijä on tapahtumapaikalla suoritettava potilasluokittelu, mikä mahdollistaa eri astein loukkaantuneiden toimittamisen soveltuvimpaan jatkohoitoyksikköön. Myyrmannin räjähdysten yhteydessä tämä toteutui hyvin: Loukkaantuneet pystyttiin jakamaan tasaisesti lähimpiin sairaaloihin ja kriittisimmin loukkaantuneet toimitettiin monivammapotilaiden hoitoon erikoistuneisiin Töölön, Meilahden sekä Lasten ja nuorten sairaaloihin. (Torkki ym. 2005, 379.)

Suurimmat ongelmakohdat eri viranomaistahojen toiminnassa tapahtumapaikalla kiteytyivät organisoinnin puutteeseen, puutteellisiin viestiyhteyksiin ja johtamisen epäselvyyteen. Viestiyhteyksien puutteellisuuden vuoksi useat toimintaan osallistuneet yksiköt saivat tiedon tapahtumasta liian myöhään Useiden kuntien alueilla toimineet ensihoidon yksiköt toimivat tapahtumapaikalla oma-aloitteisesti eikä lääkinnällisen pelastustoiminnan selkeä johtaminen toteutunut. Merkittävän riskin tilanteessa toimimiselle muodosti myös epäselvyys räjähdysten luonteesta, eikä uuden räjähdysten mahdollisuutta ei otettu pelastustoiminnassa huomioon. Potilaiden hoito tapahtui poikkeuksetta räjähdyspaikalla. (Ojanen ym. 2003, 40-42)

Viestiyhteyksien ongelmien suhteen huomionarvoista on tapahtuma-aikaan viranomaisten välisessä viestinnässä käytetty normaali puhelinverkko. Puhelinverkon ruuhkautuminen aiheutti suuren osan viestiyhteyksien ongelmista, mikä on huomiotu nykyisessä normaalista puhelinverkosta erillään toimivassa viranomaisradioverkoissa. (Torkki ym. 2005, 380)

## 2.2 Kranaatinheitinonnettomuus Rovajärven ampuma-alueella

Rovajärven ampuma-alueella tapahtui vuonna 2005 yhden hengen vaatinut ja viidelle vakavia vammoja tuottanut onnettomuus. Ampuma-alueella oli tuolloin käynnissä tykistön ja kranaatinheittimistön kaksiviikkoiseksi suunniteltu yhteisharjoitus, jonka tavoitteena oli kyseessä olevien aselajien tuliasema- ja tulenjohtotoiminnan harjoittaminen. Harjoitukseen kuului runsas ampumatarvikkeiden käyttö. Onnettomuuden keskiössä ollut kranaatinheitinryhmä olikin harjoittelun aikana ampunut 229 kranaattia. (Kranaatinheitinonnettomuus Rovajärven ampuma-alueella 2005, 1-3.)

Onnettomuuspäivänä 2.12.2005 käynnissä olevassa harjoituksessa tavoitteena oli useamman kranaatin ampuminen nopealla tahdilla. Harjoituksen aikana tapahtui kuitenkin kranaatinheittimen räjähdykseen johtanut onnettomuus. Onnettomuuden aiheutti inhimillisestä virheestä johtunut kaksoislataus, mikä aiheutti heittimessä olevien kranaattien räjähtämisen heittimen sisällä. Kaksoislatauksella tarkoitetaan nimensä mukaisesti kahden kranaatin lataamista kranaatinheittimeen saman aikaisesti. Kranaatinryhmän johtajan antaman ampumakäskyn jälkeen syntyi räjähdys, jonka seurauksena kranaatinheitin räjähti kolmeen osaan. (Kranaatinheitinonnettomuus Rovajärven ampuma-alueella 2005, 6-9.)

Kranaatinheittimen läheisyydessä olleisiin kuuteen varusmieheen kohdistui suuri paine- ja palovaikutus, minkä lisäksi he saivat osumia kranaatinheittimen kappaleista ja kranaatin sirpaleista. Kranaatinheittimen vieressä ollut varusmies sai kuolettavan päähän kohdistuneen iskun ja muut loukkaantuneet eriasteisia raajavammoja. Heitinryhmän varusmiehillä päällä olleet sirpaleliivit oleellisesti vähensivät vammojen

vakavuutta ja todennäköisesti pelastivat yhden varusmiehen hengen. Taaempänä toimintaa videokameralla kuvannut seitsemäs ryhmän jäsen selvisi vammoitta. (Kranaatinheitinonnettomuus Rovajärven ampuma-alueella 2005, 9, 18.)

Tapahtumapaikalla olleet puolustusvoimien kantahenkilökunta aloitti henkeä pelastavan ensiavun ja hälyttivät paikalle lisääpua. Lähistöllä ollut lääkintähuoltoupseeri saapui tapahtumapaikalle pian onnettomuuden jälkeen ja jatkoi aloitettua ensiapua sekä vammojen kartoittamista. Lääkintähuoltoupseeri päätti vaikeimmin loukkaantuneen varusmiehen evakuoinnista, mutta tämä todettiin menehtyneeksi kuljetuksen aikana. Paikalle hälytettiin myös muiden tuliyksiköiden ambulansseja sekä useita siviilipuolen ensihoidon yksiköitä ja pelastushelikopteri Aslak. (Kranaatinheitinonnettomuus Rovajärven ampuma-alueella 2005, 10-14.)

Tapahtumapaikalle noin puoli tuntia onnettomuuden jälkeen saapunut varusmieslääkäri otti pelastustoiminnan johtovastuun, toisti potilaiden luokittelun ja suoritti henkeä pelastavaa ensiapua. Varusmieslääkäri päätti kahden loukkaantuneen evakuoinnista pelastushelikopterilla. Loput loukkaantuneet evakuoitiin ambulansseilla Lapin keskussairaalaan ja fyysisiltä vammoilta välttynyt, tapahtumaa kuvannut varusmies Rovaniemen varuskunnan terveysasemalle. (Kranaatinheitinonnettomuus Rovajärven ampuma-alueella 2005, 14-15.)

Tutkinnan havaitsemat ongelmakohdat pelastustoiminnassa keskittyivät Myyrmannin räjähdystä mukaillen tilannejohtamiseen ja eri organisaatioiden väliseen yhteistoimintaan. Pelastustoimintaa johtaneella varusmieslääkärillä ei ollut valmiuksia tai koulutusta vastaavan suuren onnettomuuden johtamiseen, vaan hän valikoitui tehtävään aiemman ensihoidon kokemuksensa perusteella. Lääkinnällinen pelastustoiminta toteutui kuitenkin kokonaisuudessaan hyvin, joskin suuressa osassa oli eri toimijoiden oma-aloitteinen ja tilanteeseen sopiva toiminta. Huomattavia puutteita oli myös hoidollisten päätösten ja potilastietojen dokumentoinnissa, mikä olisi voinut suuremmassa onnettomuudessa hankaloittaa tilannekuvan muodostamista. (Kranaatinheitinonnettomuus Rovajärven ampuma-alueella 2005, 14, 113)

## 2.3 Onnettomuus louhintatyömaalla Espoossa

24.4.2006 Espoon Friisilän kaupunginosassa oli käynnissä asuintalojen rakennusta edeltänyt louhintatyömaa. Varhain aamulla aloitetut työt kuitenkin keskeytyivät kello 8.31 ei suunnitellun räjähdysen vuoksi. Räjähdysksen seurauksena loukkaantui kymmenen henkilöä. (Onnettomuus louhintatyömaalla Espoossa 2006, 1.)

Onnettomuusaamuna työmaalla oli viisi henkilöä: räjäytystöitä tehneet panostaja sekä panostajan apulainen, porari ja louhinnassa syntyneen kiviaineen siirtämisestä vastanneet louheenkuljetusajoneuvon kuljettaja sekä kaivinkoneenkuljettaja. Räjäytystöitä varten työmaalle oli tuotu siellä jo olleiden räjähteiden lisäksi vielä 50 kiloa dynamiittia. Onnettomuus aiheutui räjähdelaatikon päälle tipahtaneesta noin 400 kilon painoisesta kivistä kaivinkoneen siirtäessä kiviainesta louheenkuljetusajoneuvon lavalle. Onnettomuustutkintalautakunnan arvion mukaan onnettomuudessa räjähti noin 45 kiloa dynamiittia. (Onnettomuus louhintatyömaalla Espoossa 2006, 3-4, 21.)

Räjähdys synnytti voimakkaan paineaallon, joka tuhosi lähimpänä olleen paritalon huoneet sekä sinkosi kallion sirpaleita ja räjäytysnallega kymmenien metrien päähän. Paineaalto myös kaatoi panostajan ja tämän apulaisen maahan. Räjähdysen vapauttama lämpöenergia sytytti vieressä olleen louheenkuljetusajoneuvon tuleen ja aiheutti osalle työmaan henkilöstöstä palovammoja. Yhteensä eriasteisia vammoja aiheutui kymmenelle henkilölle, viidelle työmaan henkilöstöön kuuluneelle ja viidelle ulkopuoliselle. Kolme loukkaantuneista sai vakavia vammoja, jotka koostuivat viilto- ja ruhjevammoista, murtumista, sisäelinvammoista ja tärykalvon rikkoutumisista. Louheenkuljetusajoneuvon kuljettaja oli ainut loukkaantunut, joka ei kyennyt omatoimisesti poistumaan onnettomuuspaikalta. (Onnettomuus louhintatyömaalla Espoossa 2006, 4-6, 14, 21-23.)

Länsi-Uudenmaan hätäkeskus sai onnettomuuteen liittyen useita hätäilmoituksia minuuttien sisällä räjähdyksestä, mutta ensimmäiset ilmoitukset antoivat lähinnä suuntaa antavan kuvan räjähdysen sijainnista. Neljän minuutin kuluttua räjähdyksestä hätäkeskus sai puhelun suoraan onnettomuuspaikalta louhintatyömaan poraril-

ta. Porarin antamien tietojen perusteella hätäkeskus teki hälytyksen hälytysvasteen ”räjähdys/keskisuuri” mukaisesti. Kyseiseen hälytysvasteeseen kuului kaksi ensihoidon yksikköä, kaksi pelastusyksikköä, Espoon päivystävä päällikkö ja Mediheli. Loukkaantuneiden määräksi oli tuolloin arvioitu porarin ilmoituksen mukaisesti neljä. Tilannekuvan selkiytyessä paikalle hälytettiin runsaasti lisäyksiköitä. Esimerkiksi ensihoitoon ja loukkaantuneiden kuljetukseen osallistui lopulta jokainen Espoon alueella valmiudessa ollut ensihoidon yksikkö. Myös poliisi osallistui onnettomuuspaikan eristämiseen, lähialueen asuntojen evakuointiin ja räjähtämättömien räjäytysnallien rai-vaamiseen. (Onnettomuus louhintatyömaalla Espoossa 2006, 6-8, 12.)

Pelastustoiminta onnettomuuspaikalla keskittyi loukkaantuneiden etsintöihin ja lisävahinkojen välttämisen valmisteluun, sillä räjähdysten sytyttämiä tulipaloja ei voitu räjähdysvaaran vuoksi sammuttaa. Pelastustoimintaa häytti myös ympäröivään maastoon sinkoutuneet räjäytysnallit, joita tulipalojen seurauksena räjähteli tuntien ajan. (Onnettomuus louhintatyömaalla Espoossa 2006, 8-9.)

Kokonaisuudessaan pahiten loukkaantuneita olivat työmaan henkilöstöön kuuluneet. Lähialueen asukkailla oli lievempiä paineen ja rikkoutuneiden lasirakenteiden aiheuttamia vammoja. Ambulansseilla kuljetettiin Jorvin sekä Puolarmetsän sairaaloihin yhdeksän loukkaantunutta ja Töölön sairaalaan vaikeimmin loukkaantunut louheen-kuljetusajoneuvon kuljettaja. (Onnettomuus louhintatyömaalla Espoossa 2006, 11.)

Tutkintalautakunnan selvityksessä pelastustoimintaan liittyvät ongelmakohdat alkoivat hätäkeskuksen onnettomuuspaikalle hälyttämästä, liian pienestä hälytysvasteesta. Porarin tekemästä hätäilmoituksesta selvinnyt loukkaantuneiden määrä olisi vaa-tinut suurempaa vastetta ensihoidon yksiköiden osalta. Ilmoituksesta selvinnyt run-sas paikalla räjähtäneen räjähdysaineen määrä olisi myös antanut aihetta varautua suuronnettomuuteen. (Onnettomuus louhintatyömaalla Espoossa 2006, 61-62.)

Lääkinnällisen pelastustoiminnan osalta suurimmaksi ongelmakohdaksi muodostui onnettomuuspaikalla toimineiden ensihoidon yksiköiden välisen tiedonkulun ja joh-tamisen epäselvyys. Kaikilla paikalla olleilla yksiköillä ei ollut tietoa lääkinnällisen joh-tajan olemassa olosta, mikä heijastui yksittäisten lääkinnän ja pelastuspuolen yksi-

köiden toimintaan. Esimerkiksi ensimmäisessä hälytysvasteessa lääkinnällisen johdon ottanut hoitaja ei saanut aluksi tietoa lääkintäesimiehen liittymisestä pelastustoimintaan. Epäselvyyttä osaltaan lisäsi ensihoidon yksiköiden sijoittuminen kahdelle erilliselle, käytännössä itsenäisesti toimivalle lääkinnällisen pelastustoiminnan alueelle. Näistä toisella ei ollut myöskään käytössä pelastusyksiköiden apua, mitä olisi tarvittu loukkaantuneiden etsinnässä. (Onnettomuus louhintatyömaalla Espoossa 2006, 63.)

### **3 Räjähdyksen mekaniikka ja räjähdysvammat**

#### **3.1 Räjähdyksen mekaniikka**

Räjähdyks on kiinteään tai nestemäisen aineen muuttumista kemiallisesti kaasuksi. Tämä reaktio aiheuttaa fysikaalisia vaikutuksia kuten painetta ja lämpöä. Räjähdyksessä tapahtuvan nopean palamisreaktion seurauksena syntyvät kuumat kaasut puristavat ympäröivää ilmaa aiheuttaen paineaallon, joka etenee pallomaisesti räjähdyskeskipisteestä ulospäin. Paineaalto sinkoaa vaikutusalueellaan olevia kohteita mukanaan ja vaurioittaa ympäröiviä rakenteita. Paineaalto myös heijastuu ympäröivistä rakennuksista vaikuttaen myös kohteisiin, jotka eivät ole suoraan sen kulkureitillä. (Castrén ym. 2015, 402-403.)

Suljetussa tilassa paine ei pääse tasaantumaan yhtä tehokkaasti, vaan paineaalto heijastuu takaisin ympäröivistä rakenteista. Vaikutusalueella oleville ihmisille tämä tarkoittaa usein suurempaa altistusta äkilliselle paineen vaihtelulle ja näin ollen vakavampia vammoja. Avoimessa tilassa paineaallon voimakkuus laskee nopeasti ja esimerkiksi kolmen metrin päässä räjähdyskeskipisteestä paineaallon voimakkuus on yhdeksän kertaa voimakkaampi kuin kuuden metrin etäisyydellä (Goh 2009, 101-102).

### 3.2 Räjähdyksen aiheuttamat vammat

Räjähdyks aiheuttaa monenlaisia vammoja, joista vakavimmat aiheutuvat pääsääntöisesti joko suoraan tai epäsuorasti räjähdyksen aiheuttamasta paineaallosta. Räjähdyksen uhrien vammojen profiiliin eniten vaikuttavat tekijät ovat räjähdyksen voimakkuus, etäisyys räjähdyksen keskipisteestä sekä räjähdyksen sinkoamien heitteiden ja sirpaleiden tyyppi. (Balazs, Blais, Bluman, Andersen & Potter 2015, 305) Tyypillisesti räjähdyssvammapotilaat ovat myös tavanomaista traumapotilasta haasteellisemmin vammautuneita, sillä vammat koskettavat useammin monia ruumiinosia ja elinjärjestelmiä yhtäaikaisesti (Goh 2009, 102). Räjähdyksen aiheuttamat vammat jaetaan neljään kategoriaan eri vammamekanismien mukaan (Castrén, Ekman, Ruuska, & Silfast 2015, 411-412).

Vammatyyppi	Aiheuttaja	Tyypilliset vammat
Primaariset vammat	Paineaalto	Ilmatäytteisten sisäelinten vammat Kuulovammat
Sekundaariset vammat	Sirpaleet ja heitteet	Lävistävät vammat Tylpät vammat
Tertiääriset vammat	Paiskautuminen	Murtumat Traumaattiset amputaatiot Aivovammat
Muut vammat	Palaminen Myrkylliset yhdisteet Sortumat	Palovammat Myrkytykset Murskavammat Aivovammat

Taulukko 1. Räjähdyksen aiheuttamat vammat (Mukaiillen Castren ym, 2015, 411-412).

**Primaariset vammat** sisältävät paineaallon aiheuttaman äkillisen paineen vaihtumisen aiheuttamat vammat. Paineaallon vaikutus riippuu etäisyydestä räjähdyksipisteeseen. Vaikutus on suurin ilmatäytteisissä kudoksissa kuten suolistossa ja keuhkoissa,

joihin nopea paineen vaihtuminen voi aiheuttaa verenvuotoa ja repeämiä. Sokkiaalto vaikuttaa tyyppillisesti myös silmiin ja korviin sekä aiheuttaa disorientaatiota sekä muita aistiharhoja. Erityisen voimakkaissa räjähdyksissä paineaalto voi aiheuttaa myös ruumiinosien murskautumisia ja sijoiltaanmenoja tai jopa silpoutumisia tai irttoamisia. (Castrén ym. 2015, 412.) Paineaallon on myös havaittu mahdollisesti aiheuttavan tapaturmaista aivovammaa (Balazs ym. 2015, 308)

**Sekundaariset vammat** kattavat paineaallon sinkoamien kappaleiden eli erilaisten sirpaleiden ja heitteiden aiheuttamat lävistävät ja tylpät vammat. Näitä vammoja voi räjähdysten uhreilla olla useissa eri ruumiinosissa ja näin ollen mahdolliset vammat ovat moninaisia. Sirpaleiden aiheuttamat vammat ovat myös usein pieniä ja etenkin kentällä vaikeasti havaittavia. Sirpaleiden aiheuttamat vammat ovatkin suurin kuolemaan johtava vammatyyppejä räjähdystapahtumassa. (Castrén ym. 2015, 412.)

**Tertiääriset vammat** käsittävät paineaallon aiheuttaman uhrin paiskautumisen ympäristöön. Vammat voivat ympäristöstä riippuen olla monenlaisia kuten murskaantumisia, murtumia, raajojen amputaatiota sekä vääntymiä sekä eri asteisia sijoiltaanmenoja. Sinkoutuminen voi aiheuttaa myös ranka- ja kallovammoja. (Castrén ym. 2015, 412.) Tertiääriset vammat muistuttavat profiililtaan putoamisen tai liikenneonnettomuuden aiheuttamia vammoja (Balazs ym. 2015, 308).

**Neljäs kategoria** käsittää kaikki muut räjähdysten suoraan tai epäsuorasti aiheuttamat vammat kuten räjähdyksessä syntyvän lämpöaallon aiheuttamat palovammat, myrkytykset palamisen seurauksena syntyvistä myrkyllisistä kaasuista ja ympäristön rakenteiden vaurioitumisen aiheuttamien sortumien seurauksena syntyvät murskavammat. (Castrén ym. 2015, 411-412.)



## 4 Suuronnettomuuden lääkinällinen pelastustoiminta

### 4.1 Suuronnettomuus ja sairaanhoitopiirien varautumisen suuronnettomuuteen

Turvallisuustutkintalaki (2011/525, 2§) määrittää suuronnettomuuden seuraavasti:

”Onnettomuus, jota on kuolleiden tai loukkaantuneiden taikka ympäristöön, omaisuuteen tai varallisuuteen kohdistuneiden vahinkojen määrän taikka onnettomuuden laadun perusteella pidettävä erityisen vakavana...”

Käytännössä suuronnettomuudella siis tarkoitetaan onnettomuutta, jonka hoitamiseen normaalit, päivittäiset pelastustoimen ja terveydenhuollon voimavarat eivät riitä. Tämä voi tarkoittaa niin henkilövahinkoja kuin materiaa, minkä johdosta käytävissä olevien resurssien riittämättömyys ei välttämättä ulotu kaikkiin toimintaan osallistuviin viranomaisiin. Terveydenhuoltoa koskiessaan suuronnettomuus näyttyy tilanteena, jossa ensihoidon tai terveydenhuollon resurssit eivät riitä vastaamaan hoitoa tarvitsevien määrään. (Castrén ym. 2015, 10-11.)

Valmiuslain (1552/2011, 12 §) mukaan valtion ja kuntien tai kuntayhtymien tulee varmistaa mahdollisimman hyvä tehtäviensä hoitaminen poikkeusoloissa valmiussuunnitelmin ja poikkeusoloja käsittävällä etukäteisvalmistautumisella. Valmiuslain kohdan 3 § mukaan poikkeusoloksi määritellään erittäin vakava suuronnettomuus ja sen välitön jälkitila. Terveydenhuoltolaki (1326/2010, 38 §) määrittää sairaanhoitopiirin olevan alueensa kuntien kanssa velvollinen päättämään varautumisesta suuronnettomuuksiin ja valmiussuunnitelman laatimisesta.

### 4.2 Potilasluokittelu

Potilasluokittelun eli triagen tarkoituksena on potilaiden luokittelu hoidon tarpeen kiireellisyyden mukaan. Suuronnettomuudessa potilasluokittelu on oleellista resurssien kohdentamisen kannalta. Luokittelu tapahtumapaikalla käsittää primaariluokit-

telun ja sekundaariluokittelun. Mahdollisia luokittelujärjestelmiä on useita, mutta pääsääntöisesti kaikissa potilaat jaetaan kolmeen tai neljään eri kiireellisyysluokkaan sekä kuolleisiin. (Castrén ym. 2015, 318, 325.)

Esimerkki kiireellisyysluokista suuronnettomuudessa

Kiireellisyysluokka	Kiireellisyysaste
Punainen	Erittäin kiireellinen
Keltainen	Kiireellinen
Vihreä	Kiireetön
Musta	Kuollut

Taulukko 2. Kiireellisyysluokitukset suuronnettomuudessa (Mukaillen Kuisma, Holmström, Nurmi, Porthan & Taskinen 2017, 728).

#### 4.2.1 Yleiskatsaus, ensiarvio ja henkeä pelastava ensiapu

Tarkoituksena ensiarviolla eli primaari triagella on tunnistaa välitöntä hoitoa vaativat potilaat hoitoviiveen minimoimisen ja mahdollisimman nopean jatkohoitoon kuljetuksen varmistamiseksi. Ensiarvio tapahtumapaikalla suoritetaan potilaiden kohtausjärjestyksessä ja sen aloittaa ensimmäisenä paikalle saapunut ensihoidon yksikkö. Ennen luokittelun aloittamista ensimmäisenä paikalle saapunut yksikkö suorittaa tapahtumapaikan yleiskatsauksen, jonka tarkoituksena on selvittää tapahtuman luonne, laajuus, riskit ja loukkaantuneiden karkea lukumäärä. (Kuisma ym. 2017, 727.)

Ohjenuorana ensiarvion tekemisessä voidaan pitää ABCDE –menetelmän muunnosta cABCD. Kyseisessä menetelmässä tunnistetaan mahdollinen massiivinen verenvuoto, varmistetaan ilmasteiden avoimuus, tarkkaillaan hengitystyötä, tarkistetaan ran-

nesykkeen tuntuminen ja tehdään tajunnantason karkea arvio. Tarkoituksena on potilaan kiireellisyysluokan määrittämisen lisäksi tunnistaa henkeä uhkaavat ja yksinkertaisin menetelmin hallintaan saatavat tilat kuten kiristys- tai painesiteellä hallintaan saatava raajan massiivinen verenvuoto. (Ångermann 2017, 117.)

Alentunut tajunnantaso, massiivinen verenvuoto, alentunut tai kiihtynyt hengitystajuus tai rannesykkeen puuttuminen viittaavat erittäin kiireelliseen potilaaseen. Kävelykyvyttömät, mutta peruselintoiminnoiltaan ja tajunnantasoltaan normaalit potilaat lasketaan kiireelliseen luokkaan ja kävelykykyiset pääsääntöisesti kiireettömään luokkaan. (Kuisma ym. 2017, 727-728.)

#### 4.2.2 Tarkennettu tilanarvio

Tarkennettu tilanarvio eli sekundaari triage tapahtuu sekundaarisella kokoamispaikalla, jolle potilaat siirretään primaariluokittelun jälkeen. (Castrén ym. 2015, 323) Olosuhteiden ja tapahtumapaikan turvallisuuden niin salliessa, voidaan tarkennettu tilanarvio toteuttaa myös tapahtumapaikalla. Hoitopaikalla toimintaa johtaa hoitojohtaja, joka valvoo potilaiden ensihoidon toteutumista primaariluokittelun mukaisessa järjestyksessä. Hoitojohtajan toimii pääsääntöisesti ensihoitolääkäri, ensihoidon kenttäjohtaja tai muu kokenut ensihoitaja. (Kuisma ym. 2017, 728-729.)

Tarkennettu tilanarvio määrittää potilaiden kuljetusjärjestyksen ja se suoritetaan välittömästi välttämättömien hoitotoimien jälkeen. Tarkennettu tilanarvio määräytyy potilaan elintoimintojen sekä potilaalla todettujen vammojen mukaan ja perustuu potilaan tarkempaan tutkimiseen. Kiireellisyysluokat heijastelevat ensiarvion vastavia, mutta etenkin suuronnettomuudessa, jossa erittäin kiireellisiä potilaita on paljon, lisänä on neljäs kiireellisyysluokka. Neljänteen kiireellisyysluokkaan määritetään potilaat, jotka vammojensa vakavuuden perusteella todennäköisesti menehtyvät saatavilla olevasta hoidosta huolimatta ja ovat näin ollen vähiten kiireellisiä. (Kuisma ym. 2017, 729-730)

Sekundaariluokittelun yhteydessä tarjotaan potilaille myös perusteellisempaa vammojen hoitoa, mutta etenkin suuronnettomuudessa hoito tulisi kentällä rajata vain

välttämättömiin toimenpiteisiin kuten paineilmarinnan purkuun, hengitysteiden turvaamiseen tai suonensisäiseen nestehoitoon. (Castrén ym. 2015, 318, 325 & Kuisma ym. 2017, 554, 729.)

#### 4.3 Potilaan kliininen tilanarvio

Kaikkien traumapotilaiden tilan arviointi noudattaa samoja peruseriaatteita, jotka muodostuvat potilaan tilan kliinisestä arviosta ja peruselintoimintojen mittauksista. Näiden tekijöiden arvioinnin tueksi on luotu yksikertaisia muistisääntöjä, jotka ohjaavat kokonaisvaltaisen arvion muodostamista ja tärkeimpien henkeä uhkaavien tilojen havaitsemista. (Ångermann 2017, 117.)

<b>Airways</b>	Hengitysteiden avoimuuden varmistaminen
<b>Breathing</b>	Hengityksen riittävyyden arviointi ja tukeminen
<b>Circulation</b>	Verenkierron riittävyyden arviointi ja tukeminen
<b>Disability</b>	Neurologinen arvio
<b>Exposure</b>	Vammojen kartoitus ja hypotermian esto

Taulukko 3. ABCDE-periaate (Mukaillen Kuisma ym. 2017, 552-553).

ATLS eli Advanced Trauma Life Support on kansainvälisesti käytössä oleva menetelmä traumapotilaan akuuttihoiossa. ATLS:in tarkoituksena on tehostaa traumapotilaan henkeä uhkaavien vammojen tunnistamista ja peruselintoimintojen arviointia selkeiden ohjesääntöjen avulla. ATLS perustuu systemaattiselle ABCDE-periaatteelle, joka ohjaa potilaan tilan arvioimisen olennaisimmat henkeä uhkaavat tilat tärkeysjärjestyksessä huomioiden. ABCDE-periaatteen mukainen järjestys etenee käytännössä

seuraavasti: hengitystiet, hengitys verenkierto, tajunta ja kaikki muu. (Muenzberg, Paffrath, Matthes, Mahlke, Swartman, Hoffman, Lefering & Wölfl 2013, 518). Potilaan tilan arviointi on syytä toistaa säännöllisesti ja aina potilaan tilaan tullessa muutoksia (Kuisma ym. 2017, 552-553.)

Tarkempi potilaan tutkiminen on oleellista suorittaa systemaattisesti ja kattavasti. Esimerkiksi RiVaLAISeR- menetelmän mukainen tutkimus ohjaa potilaan tutkimusta järjestyksessä rinta, vatsa, lantio, aivot (kallo), selkä ja viimeisenä raajat. Samanaikaisesti on syytä tarkkailla potilaan peruselintoimintoja ja tarvittaessa turvata ilmatiet, tukea hengitystä sekä tai puuttua muihin, henkeä uhkaaviin tiloihin. (Ångermann 2017, 117.)

#### 4.4 Räjähdystapahtuman potilasluokittelu

Räjähdystapahtumassa luokittelu noudattaa pääpiirteiltään normaalia monivamma-potilaan luokittelua, mutta on monimuotoisen vammaprofiilin vuoksi haastavaa. Eri-tyisesti huomionarvoista on paineaallon aiheuttamat vammat, joiden vakavuudesta antaa usein viitteitä potilaan ulkoisten vammojen määrä. Laajat ja useita kehon osia koskettavat ulkoiset vammat kertovat lyhyestä etäisyydestä räjähdyskeskipisteesseen. (Kuisma ym. 2017, 758.)

Räjähdyksessä vammautuneiden osalta on myös huomionarvoista tyypillinen hyvävointisen potilaan kunnon romahtaminen nopeasti esimerkiksi havaitsematta jääneen sirpaleen aiheuttaman lävistävän vamman vuoksi. Systemaattinen ja perusteellinen potilaan tutkiminen korostuukin räjähdysvammapotilasta hoidettaessa, sillä etenkin sirpaleiden aiheuttamia vammoja voi olla potilaalla useita ja näiden havaitseminen on usein haastavaa (Castrén ym. 2015, 412).

## 5 Tarkoitus, tavoite ja tutkimuskysymykset

Opinnäytetyöni tarkoitus on kartoittaa räjähdyskeskipisteen aiheuttaman suuronnettomuuden tuottamia haasteita paikalliselle terveydenhuollolle. Tavoitteena opinnäytetyöllä löytää aiheen piiristä mahdollisia jatkotutkimusaiheita ja ohjata näiden toteuttamis-

ta. Opinnäytetyötä on myös mahdollista hyödyntää aiheeseen liittyvän koulutuksen suunnittelussa.

Tutkimuskysymykset ovat seuraavat:

1. Mitkä ovat keskeiset räjähdysen aiheuttaman suuronnettomuuden haasteet paikalliselle terveydenhuollolle?
  - a. Ensihoidon ja päivystyspoliklinikan organisaatiotasolla
  - b. Yksittäisen terveydenhuollon ammattilaisen näkökulmasta
2. Millä menetelmillä paikallinen terveydenhuolto voi varautua suuronnettomuuteen johtavaan räjähdykseen?

## 6 Kirjallisuuskatsauksen toteutus

### 6.1 Menetelmä

Opinnäytetyön toteutusmuotona toimi kuvaileva kirjallisuuskatsaus. Kuvaileva kirjallisuuskatsaus on kirjallisuuskatsauksen muoto, joka keskittyy ennalta asetettuun tutkimuskysymykseen vastaamiseen aiemman tutkitun tiedon pohjalta. Kuvailevassa kirjallisuuskatsauksessa tutkimuskysymys ohjaa vahvasti toteutusta ja pohja-aineiston valintaa, sillä se määrittää tutkimuksen näkökulman. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että aineiston koonnissa olennaisinta on valitun aineiston käytettävyys tutkimuskysymykseen vastaamisessa. (Kangasniemi, Utriainen, Ahonen, Pietilä, Jääskeläinen & Liikanen 2013, 291, 294-295.)

Opinnäytetyön toteutusmuoto kirjallisuuskatsauksena valikoitui luonnollisesti opinnäytetyön aihealueen sanelemana, sillä muiden tutkimusmenetelmien hyödyntäminen suhteellisen harvoin kohdatussa ilmiössä ei olisi ollut järkevästi toteutettavissa. Opinnäytetyön tutkimuskysymykset muodostettiin ennen varsinaista aineiston koonnista aihepiiriä koskettavien alustavien tiedonhakujen pohjalta. Kuvaileva lähestymistapa valikoitui ennako-olettamuksista saatavilla olevaa aineistoa kohtaan ja vahvistui aineiston analyysin aikana. Ymmärtämiseen perustuva lähestymistapa mahdollisti kootun aineiston vertailun ja eri tutkimusten rajat ylittävien löydösten vahvistamisen ja toisaalta myös tutkimusten välillä olevien ristiriitojen esille nostamisen.

## 6.2 Aineiston koonti

Systemaattisessa kirjallisuuskatsauksessa ennalta asetetut, tarkasti määritellyt hakulausekkeet muodostavat tiedonhaun pohjan. Kuvailevassa kirjallisuuskatsauksessa aineiston koonti tapahtuu tästä poiketen tutkimuskysymyksen ehdoilla ja aineistoa voidaan tarvittaessa sisällyttää myös pääasiallisten hakujen ulkopuolelta. Systemaattisuuden sijaan aineiston luotettavuus muodostuu jatkuvan aineistojen välisen reflektionin ja vertailun kautta. (Kangasniemi ym. 2013, 296.)

Aineiston koonti toteutettiin pääasiassa valituista tietokannoista löytyviä kotimaisia ja kansainvälisiä tutkimuksia keräämällä. Lisäksi opinnäytetyössä hyödynnettiin Suomessa 2000-luvulla tapahtuneiden monipotilastilanteisiin johtaneiden räjähdysonnettomuuksien tutkintaraportteja. Tietokannoista haettujen tutkimusten lisäksi keskeisimpien käsitteiden avaamiseen on hyödynnetty aihetta käsittelevää suomenkielistä kirjallisuutta.

Tarkoituksena aineiston koonnissa oli löytää räjähdystapahtumien lääkinällistä toimintaa kuvaavia tutkimuksia, jotka keskittyvät erityisesti akuuttihoitolliseen puoleen. Käytetyt hakulausekkeet muodostettiin opinnäytetyön aihepiirin määrittämien avainsanojen perusteella. Opinnäytetyön aineiston koonnissa hyödynnetyt tietokannat ja käytetyt hakusanat on avattu tarkemmin liitteessä 1. Aineistoa on haettu seuraavista tietokannoista: PubMed, Medic, Medline (EBSCO) ja Cinahl (EBSCO).

Tiedonhakua rajaavat sisäänottokriteerit olivat seuraavat:

- englannin tai suomen kieli
- julkaisuvuosi alkaen vuodesta 2008
- koko teksti lähteineen on saatavilla
- tutkimus on hyödynnettävissä tutkimuskysymykseen vastaamisessa tai keskeisimpien käsitteiden avaamisessa.

Valituilla kriteereillä ja hakusanoilla rajatut haut tuottivat rajauksesta huolimatta paljon aihealueeseen sopimattomia osumia, johtuen termin ”räjähdys” käyttämisestä

kuvaavana terminä räjähdysvammoihin liittymättömien aihealueiden yhteydessä. Kyseessä oleva ongelma teki myös mahdottomaksi soveltumattomien aihealueiden rajaamisen tietokantojen hakukonetta hyödyntämällä. Tiedonhaun prosessissa hyödynnettiinkin pääasiassa manuaalista seulontaa soveltumattomia tutkimusten pois rajaamiseksi jo otsikoinnin perusteella. Opinnäytetyössä hyödynnetyt artikkelit on taulukoitu tutkimusten tarkoitus, tavoite ja keskeisimmät tutkimustulokset sisällyttäen liitteessä 2.

### 6.3 Aineiston analyysi

Kuvailevassa kirjallisuuskatsauksessa aineiston analyysi perustuu uusien tulkintojen tekemiseen aiemman tutkitun tiedon pohjalta. Käytännössä tämä toteutuu valikoidun aineiston jäsentämisellä keskenään vertailtaviin kokonaisuuksiin. Eri tutkimusten keskinäisellä vertailulla tavoitellaan sekä olemassa olevan tiedon vahvuksien ja heikkouksien esille tuontia ja uusien johtopäätösten tekemistä. Kuvailevan kirjallisuuskatsauksen tarkoituksena ei ole aiemman tiedon raportointi. (Kangasniemi ym. 2013, 296.)

Aineiston analyysi toteutettiin opinnäytetyöhön valitun aineiston läpikäymisellä ja tutkimuskysymyksiin vastaavien aihe-alueiden poimiminnalla. Suurin osa valitusta aineistosta koostuu kansainvälisistä tutkimuksista, johtuen aihealuetta koskettavan suomenkielisen ja ajantasaisen tiedon huonosta saatavuudesta. Valituista tutkimuksista valtaosa koostui aiempaa tietoa hyödyntävistä kirjallisuuskatsauksista. Analyysissä nousi esille myös eri tutkimusten tekijöiden runsas omakohtaisen tiedon hyödyntäminen, mikä osaltaan heikensi tutkimustulosten käyttökelpoisuutta. Varsinaisia ensikäden tietoon, esimerkiksi räjähdysonnettomuuksien potilasasiakirjoihin tukeutuvia tutkimuksia oli niukasti saatavilla ja saatavilla olevissakin korostui potilasasiakirjojen puutteellisen dokumentoinnin aiheuttamat haasteet yleistettävissä olevien johtopäätösten tekemisessä.



## 7 Räjähdyksen aiheuttama suuronnettomuus

### 7.1 Vaaratekijät tapahtumapaikalla

Hoitohenkilöstön turvallisuuden kannalta räjähdystapahtuma aiheuttaa omanlaisiaan haasteita. Tapahtumapaikalla voi esiintyä räjähdysten vapauttaman lämpöenergian aiheuttamia tulipaloja. Räjähdyksineen palaminen voi myös vapauttaa ilmaan myrkyllisiä savukaasuja. Räjähdyksestä seurannut paineaalto voi myös itsessään vaurioittaa ympäröiviä rakenteita aiheuttaen sortumia ja haurastuttaen rakenteita. Räjähdyks voi myös vaurioittaa kiinteistötekniikkaa, mikä voi aiheuttaa erilaisia vaaratekijöitä aina sähköverkoston vaurioitumisesta ympäristöön vapautuneisiin kemikaaleihin. (Castrén ym. 2015, 398-401.)

Räjähdyksipaikalla tulee huomioida myös toisen räjähdysten mahdollisuus, mitä kuvataan +1 sääntönä. +1 sääntö määrittää, että räjähdyspaikalla tulee aina olettaa voivan tapahtua myös toinen määrittämättömästä syystä tapahtuva räjähdys (Castrén ym. 2015, 400). Tämä pitää paikkansa etenkin tarkoituksella tehdyn räjähdyskohdalla, sillä räjähdyspaikalla tai sen läheisyydessä voi olla toinen paikalle saapuvia auttajia kohtaan iskemiseen tarkoitettu räjähdys. Terroristisessa tarkoituksessa tehdyn pommi-iskun kohdalla on huomioitava myös mahdollisuus kemiallisten tai radiologisten aineiden käyttöön räjähteen yhteydessä. Kemialliset ja radiologiset aineet leviävät räjähdysten seurauksena ympäristöön ja kontaminoivat tapahtuma-alueen ja vaikutusalueella olevat ihmiset. (Goh 2009, 102.)

Tapahtumapaikalla ollessa välitön uhka, hoitotoimenpiteitä ei voida aloittaa. Epäsuorassa uhatta tapahtumapaikalla suoritettavat hoitotoimenpiteet tulee rajata henkeä pelastavaan ensiapuun. (Riddez 2014, 462.) Räjähdyksen luonteesta riippuen poliisi tai pelastusviranomainen määrittää milloin kohteelle on turvallista mennä (Kuisma ym. 2017, 757).

## 7.2 Räjähdyssvammojen tunnistamisen ja hoidon haasteet.

Niin Gohin (2009, 102) kuin Ashkenazin, Ture'gano-Fuentesin, Einavin, Kesselin, Alfi-  
cin ja Olshan (2014, 445-446) tutkimuksissa nousee esiin räjähdysten monimuotoi-  
nen ja useita elinjärjestelmiä koskettava vammautumismalli ja sen haastavuus hoi-  
toon osallistuvalla henkilöstöllä. Gohin (2009, 102) mukaan Mayon ja Krugerin (2006)  
tutkimuksessa ilmenee räjähdeiskuissa vakavasti vammautuneiden osuuden olevan  
kolme kertaa suurempi ja yli kolmea kehon osaa koskettavien vammojen olevan lä-  
hes neljä kertaa yleisempiä kuin tavanomaisilla traumapotilailla.

Erilaisten vammamekanismien aiheuttamat, useita kehon osia koskettavat vammat  
eroavat tyypiltään ja vakavuudeltaan tavanomaista traumapotilasta koskettavista,  
mikä aiheuttaa haasteita traumapuolella kokeneellekin henkilöstöllä. Suuren poti-  
lasmäärän aiheuttamana haasteena on myös traumaosaamiseltaan kokemattoman  
henkilöstön osallistuminen hoitotyöhön. (Ashkenazi ym. 2014, 445-446).

Ashkenazi ym. (2014, 448) ehdottavatkin traumaosaamiseltaan kokeneimman henki-  
löstön sijoittamista kriittisesti vammautuneimpien hoitoon johtamis- tai potilas-  
luokittelutehtävien sijaan. Perusteena tälle on se, että kokenut henkilöstö on tärkein  
kriittisesti vammautuneiden selviämistä parantava tekijä. Franke, Bieler Friemert,  
Schwab, Kollig ja Güsgen (2017, 238) kuitenkin painottavat, etenkin sairaalan resurs-  
sien ollessa riittämättömät kaikkien potilaiden samanaikaiseen hoitoon, että koko-  
naiskuva johtavan lääkärin tulisi olla kokenut aihealuetta koskevasta lääkinnästä.

Niin Balaz ym. (2015, 305) ja Franke ym. (2017, 237) pitävät myös oleellisena itse  
räjähdysten mekaniikan sekä räjähdysvammojen patofysiologian tuntemista mahdol-  
lisen vammaprofiilin ymmärtämiseksi sekä hoidollisen päätöksenteon mahdollistami-  
seksi. Myös tieto loukkaantuneen etäisyydestä räjähdysten keskipisteeseen antaa  
usein viitteitä vammojen vakavuudesta, sillä vammat ovat pääsääntöisesti sitä laa-  
jempia ja vakavampia, mitä lähempänä loukkaantunut on räjähdystä ollut. (Balaz ym.  
2015, 305.) Rintakehää, vatsaa ja raajoja koskettava verenvuoto on suurin kuolleisuu-

teen johtava, hoidettavissa oleva tekijä räjähdyksessä vammautuneilla (Franke ym. 2017, 238).

Pääasiassa räjähdysvammapotilaan vammojen kartoitus ja hoito, etenkin tapahtumapaikalla, noudattaa systeemaattista lähestymistapaa, kuten ATLS-menetelmän mukaista ABCDE-periaatetta. Tarkoituksena on alkuvaiheessa peruselintoimintojen vakauttaminen ennen perusteellisempaa vammojen kartoittamista. Ensihoidon suorittamien hoidollisten toimenpiteiden tulisi jäädä lähinnä henkeä pelastaviin, kuten massiivisten raajaverenvuotojen hallintaan, sillä mahdollisuudet painevammojen ja lävistävien vammojen kartoittamiseen ja hoitoon ovat kentällä rajalliset. Ensisijaista on mahdollisimman nopea kuljetus jatkohoitoon. (Riddez 2014, 462.)

Myös sairaalaympäristössä räjähdysvammapotilaan hoito noudattaa ATLS-mallin mukaisia periaatteita, mutta hoitoon osallistuvan henkilöstön määrän ollessa suurempi, voidaan eri peruselintoimintojen häiriöihin puuttua samanaikaisesti. Välitöntä leikkaushoitoa tarvitsevat potilaat on syytä tunnistaa viimeistään sairaalaan saavuttaessa. (Balaz ym. 2015, 306-307.)

Goh (2009, 104) suosittelee räjähdysvammapotilaan vammojen kartoittamisen kulkemiseksi tietokonetomografian laaja-alaista käyttöä, sillä esimerkiksi sisäelinten painevammat voidaan luotettavasti poissulkea vain radiologisilla tutkimuksilla. Kaikilta vakavasti loukkaantuneille tulisi kuvantaa ainakin rintakehä, selkäranka ja lantio ulkoisten vammojen ohjaamien kuvantamistutkimusten lisäksi. Laajan kuvantamistarpeen vuoksi sairaalan kuvantamisyksiköt tulisi varata pääasiassa onnettomuudessa loukkaantuneiden käyttöön. (Goh 2009, 104- 105.)

### 7.3 Potilasmäärän ja potilasluokittelun haasteet

Suurimmassa osassa räjähdysonnettomuuksista tapahtumankulku noudattaa tyypillistä kaavaa. Räjähdysten jälkeen lähimpänä räjähdysten keskipistettä olleet menehtyvät välittömästi tai pian räjähdysten jälkeen. Muut vaikutusalueella olleet saavat eriasteisia vammoja, jotka riippuvat pääasiassa heidän etäisyydestään räjähdysten

keskipisteeseen. Vain noin 10% vammautuu kriittisesti, suurimman osan vammojen jäädessä lieviksi. (Balazs ym. 2015, 305. Ashkenazi ym. 2014, 448.)

Räjähdyksen aiheuttama suuronnettomuus heijastelee myös tapahtumankulultaan tavanomaisempia suuronnettomuuksia, mikä mahdollistaa olemassa olevien toimintamallien hyödyntämisen myös räjähdysuonnettomuudessa. Räjähdyksessä loukkaantuneilla esiintyvät vammat ovat myös suurelta osin erilaisissa luonnonkatastrofeissa esiintyvien vammojen kaltaisia. (Balazs ym. 2015, 305.)

Lääkinnällisten resurssien ylittävässä suuronnettomuudessa hoidon kohdentaminen mahdollisimman suuren hyödyn saavuttamiseksi on ehdotonta. Käytännössä tämä tarkoittaa käytettävissä olevien resurssien kohdentamista niiden kriittisesti vammautuneiden hoitoon, joilla on paras mahdollisuus selviytyä. Hoidosta huolimatta todennäköisesti menehtyvät ja lievemmin loukkaantuneet on normaalien toimintamallien vastaisesti rajattava pois välittömän hoidon piiristä. Hoidon kohdentaminen toteutuu potilasluokittelun perusteella. (Balazs ym. 2015, 306.)

Potilasluokittelun toteuttaminen on räjähdysuonnettomuudessa kuitenkin haasteellista. Useita elinjärjestelmiä koskettavat vammat vaikeuttavat potilaan tilanarvion tekemistä ja ulkoiset vammat voivat viedä huomion muilta, henkeä uhkaavilta vammoilta. Ashkenazin ym. (2014, 445, 447) tutkimuksessa käytettyjen potilasasiakirjoista käy ilmi viidesosan potilaista olleen sairaalassa tehdyssä ensiarviossa määritettyä vaadittua alempaan kiireellisyysluokkaan. Lisäksi kahden potilaan henkeä uhkaavat vammat jäivät tunnistamatta harhaanjohtavien ulkoisten vammojen vuoksi.

Ashkenazi ym. (2014, 449) suosittavatkin tilanarvio uusimista ja potilaiden perusteellista tutkimista mahdollisimman nopeasti ensiarvion jälkeen. Potilaan tila antaa lähes aina viitteitä vammojen todellisesta laajuudesta (Ashkenazi ym. 2014, 450). Oleellista on kuitenkin välttää potilaiden luokittelua tarvittavaa ylempään kiireellisyysluokkaan, sillä tämä kuluttaa turhaan kriittisesti vammautuneiden hoitoon vaadittavia resursseja ja näin ollen nostaa kuolleisuutta (Balazs ym. 2015, 306). Riddez (2014, 462) suosittelee kriittisesti loukkaantuneiden kuljettamista eniten traumaosaamista omaaviin

yksiköihin ja lievästi loukkaantuneiden jatkohoitoa muualla traumayksiköiden ylikuormittamisen välttämiseksi.

Haasteita voi kuitenkin aiheuttaa lievästi loukkaantuneiden omaehtoinen hakeutuminen hoitoon, mikä luo jatkuvaa painetta vastaanottaville yksiköille. Lääkinnällisen pelastustoiminnan nopeudesta riippuen osa lievästi loukkaantuneista voi saapua sairaalaan jo ennen kriittisesti vammautuneita potilaita. (Balazs ym. 2015, 305. Ashkenazi ym. 2014, 448.)

#### 7.4 Varautuminen räjähdysonnettomuuksiin

Biddinger, Baggish, Harrington, d’Hemecourt, Hooley, Jones, Kue, Troyanos ja Dyer (2013, 1958) keskittyvät artikkelissaan Bostonin maratonin pommi-iskua seuranneeseen onnistuneeseen pelastustoimintaan. Pommi-isku toteutettiin kahdella kotitekoisella räjähteellä ja se kohdistui suureen väkijoukkoon lähellä maratonin maalivii-vaa. Räjähdyksen seurauksena kolme ihmistä menehtyi ja 264 loukkaantui, joista 20 kriittisesti. Tapahtumaa seurannut lääkinnällinen pelastustoiminta oli kuitenkin tehokasta ja viimeisetkin loukkaantuneet saatiin kuljetettua sairaalahoitoon vain 45 minuuttia räjähdysten jälkeen. Yksikään sairaalahoitoon toimitetuista ei menehtynyt. (Biddinger ym. 2013, 1958.)

Onnistuneen pelastustoiminnan taustalla oli useita tekijöitä, joista Biddinger ym. (2013, 1958) nostavat olennaisimpaan rooliin Bostonin terveydenhuollon aiemman valmistautumisen vastaavien tilanteiden varalle. Erilaisiin suuronnettomuuksiin ja terrori-iskuihin oli Bostonissa varauduttu pitkään ja näitä uhkakuvia varten luoduissa valmiussuunnitelmissa oli hyödynnetty laaja-alaisesti kansainvälistä kokemusta vastaavanlaisista tapahtumista. Valmiussuunnitelmien toimivuus ja ennen kaikkea niiden jatkuva harjoittelu mahdollistivat nopean ja tarvittavan suuren pelastustoiminnan aloittamisen, sairaaloiden valmistautumisen loukkaantuneiden vastaanottoon ja loukkaantuneiden tasaisen jakamisen eri sairaaloihin (Biddinger ym. 2013, 1958-1959).

Gates, Arabian, Biddinger, Blansfield, Burke, Chung, Fischer, Friedman, Gervasini, Goralnick, Gupta, Larentzakis, McMahon, Mella, Michaud, Mooney, Rabinovici, Sweet, Ulrich, Velmahos, Weber ja Yaffe (2014, 1) selvittivät tutkimuksessaan Bostonin pommi-iskun lääkinällistä toimintaa traumayksiköiden tekemien raporttien kautta. Raportit pääasiassa tukevat Biddingerin ym. aiempia huomioita, mutta Gates ym. (2014, 4) huomioivat myös Bostonin terveydenhuollon toiminnasta riippumattomat tekijät, kuten iskussa käytetyn räjähdysaineen matalan tehon ja räjähdys tapahtumisen avoimessa ympäristössä osaltaan selittävinä tekijöinä tapahtuman matalassa kuolleisuudessa. Näiden tekijöiden vuoksi esimerkiksi räjähdys aiheuttamat painevammat jäivät vähäisiksi. Suhteellinen vähäinen kriittisesti loukkaantuneiden määrä myös helpotti näiden potilaiden tasaista jakamista Bostonin eri traumayksiköiden välillä (Gates ym. 2014, 4-6).

Gates ym. (2014, 9) kuitenkin tunnustavat aiemman valmistautumisen merkityksen Bostonin pommi-iskun jälkeisessä lääkinällisessä toiminnassa ja korostavat jatkuvan harjoittelun merkitystä myös sairaaloiden sisäisessä, moniammatillisessa tiimityöskentelyssä.

Balazsin ym. (2015, 306) tutkimuksessa vertailu siviili- ja sotilasympäristön lääkinälliselle toiminnalle painottaa pääkohtana säännöllisen ja tarkoituksenmukaisen harjoittelun merkityksen räjähdysonnettomuuksia koskettavassa lääkinällisessä toiminnassa. Tutkimuksessa käsitellyistä onnettomuusraporteissa selviää myös siviilipuolen monipotilastilanteiden jälkeiseen lääkinälliseen toimintaan osallistuneiden aiemmalle harjoittelulle antama merkitys todellisissa tilanteissa tapahtuvan toiminnan onnistumiselle (Balazs ym. 2015, 306).

## **8 Pohdinta**

### **8.1 Tulosten tarkastelu**

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli kartoittaa räjähdys aiheuttaman suuronnettomuuden haasteita paikalliselle terveydenhuollolle ja akuuttihoitoon osallistuville sekä selvittää keskeisimpiä toimenpiteitä, jolla opinnäytetyössä käsitellyn kaltaiseen

tilanteeseen voidaan paikallisen terveydenhuollon taholta varautua. Opinnäytetyöhön valitussa aineistossa nousi esiin tutkimusrajat ylittäviä toistuvia teemoja, jotka voidaan jakaa kolmeen pääkategoriaan: mahdolliset vaaratekijät tapahtumapaikan lääkinnälliselle pelastustoiminnalle, loukkaantuneiden suuren määrän aiheuttamat haasteet sekä räjähdysten uhrien vammojen laajuus ja vaikeusaste.

Lääkinnällisen pelastustoiminnan kohtaamat uhkakuvat ovat suuri, mutta saatavilla olleessa aineistossa vähälle huomiolle jäänyt osa-alue. Suurin osa kyseistä osa- aluetta koskettavasta tietoperustasta pohjautui tästä syystä pääasiassa Cástrenin ym. Suuronnettomuusoppaaseen ja Gohn kirjallisuuskatsaukseen. Opinnäytetyössä kyseinen osa-alue rajattiin pintapuoliseksi myös siksi, koska se koskettaa pääasiassa pelastus- ja poliisiviranomaisia. Kuitenkin vaikka räjähdyspaikan turvallisuuden varmistaminen on pääasiassa muiden viranomaisten tehtävä, tulisi myös lääkinnälliseen toimintaan osallistuvien tiedostaa mahdolliset uhkakuvat tapahtumapaikalla, etenkin räjähdysten luonteen ollessa epäselvä. Ensihoidon osalta tämä näyttäytyy toiminnassa tapahtumapaikalla, mikä tulisi Riddez (2014, 264) mukaan minimoida epäsuorasakin uhatta. Käytännössä tämä tarkoittaa loukkaantuneiden nopeaa evakuointia turvalliselle kokoontumispaikalle.

Suuren potilasmäärän aiheuttamat haasteet heijastelevat muissakin suuronnettomuuksissa kohdattuja. Kuten Ashkenazi ym. (2014, 448) esittävät on suurimmassa osassa räjähdysonnettomuuksista kriittisesti loukkaantuneiden, välitöntä hoitoa tarvitsevien potilaiden määrä alle 10% loukkaantuneiden kokonaismäärästä. Käytännössä tämä tarkoittaa, että lääkinnällistä pelastustoimintaa koskettavassa suuronnettomuudessa hoidon kohdentaminen tapahtumapaikalla ja osin myös jatkohoidossa tulisi keskittää juuri näihin potilaisiin. Huomion arvoista on myös Gohin (2009, 102) viittaamassa Mayon ja Krugerin (2006) tutkimuksessa esille tuotu räjähdysvammapotilaan vammojen vaikeus ja laajuus verrattuna tyyppillisempiin traumapotilaisiin. Kriittisesti loukkaantuneiden ollessa tavanomaista vakavammin loukkaantuneita, voidaan olettaa myös hoidon kohdentamisen merkityksen näille potilaille korostuvan entisestään.

Kuten Riddez (2014, 462) huomioi on jatkohoitoa koskien olennaista pyrkiä varaan eniten traumaosaamista omaavat yksiköt kriittisesti vammautuneiden käyttöön ja hoitaa lievemmin loukkaantuneet muualla turhan ylikuormituksen välttämiseksi. Niin lääkinnällisen pelastustoiminnan, kuin myös jatkohoidon yksiköiden käytössä olevien resurssien mahdollisimman tehokas hyödyntäminen riippuu suuresti tapahtumapaikan potilasluokittelusta, sillä se ohjaa vahvasti potilaan seuraavan jatkohoitopaikan

Keskeisimpänä yksittäistä terveydenhuollon ammattilaista koskevana haasteena voidaan tutkimusaineiston perusteella pitää räjähdysvammapotilaan vammaprofiilin monimuotoisuutta. Useista eri vammatekijöistä koostuva vammautumismalli tekee potilaan tilanarviosta ja henkeä uhkaavien vammojen tunnistamisesta haastavaa. Suuresti kyseisen haasteen voidaan olettaa vaikuttavan niin tapahtumapaikan, kuin myös sairaalaympäristön potilasluokitteluun, mihin myös Ashkenazin ym. (2014, 445) tutkimuksen tulokset viittaavat.

Opinnäytetyölle asetettuihin tutkimuskysymyksiin on löydetty käytetyn tutkimusaineiston perusteella käytettävissä olevia tuloksia. Pääasiallisena löydöksenä voidaan pitää tutkimusaineisto tukemaa laajojen, useisiin eri tyyppisiin suuronnettomuuksiin vastaavien valmiussuunnitelmien käyttöä sairaanhoitopiirien varautumisessa räjähdysten aiheuttamaan suuronnettomuuteen. Olennaisena löydöksenä on myös olemassa olevien valmiussuunnitelmien jatkuvan päivittäminen sekä ennen kaikkea niiden tarkoituksenmukainen harjoittamisen merkitys valmiussuunnitelmien käytännön toimivuuden kannalta. Yksittäisen terveydenhuollon ammattilaisen tasolla tuntemus räjähdysten mekaniikasta ja sen tuottamista vammoista on tärkein räjähdysvammapotilaan kohtaamista vahvistava tekijä.

## 8.2 Eettisyys ja luotettavuus

Hirsjärvi ym. (2009, 22-23) painottavat yleisen tieteen ohjeissa järjestelmällisyyden, suunnitelmallisuuden ja lähdekriittisyyden merkitystä. Näiden tutkimuseettisten periaatteiden noudattaminen jää kuitenkin tutkimusta tekevän vastuulle. Myös tutkimuskysymyksen muodostaminen, aineiston valinnan perustelu ja aineiston pohjalta



tehtyjen havaintojen vakuuttavuus ovat oleellisessa roolissa niin eettisyyden, kuin myös luotettavuuden kannalta (Kangasniemi ym. 2013, 292). Opinnäytetyön toteutuksessa on noudatettu näitä yleisiä tieteenteon ohjeita.

Opinnäytetyö on toteutettu kirjallisuuskatsauksena ilman toimeksiantajaa tai muita sidonnaisuuksia, mistä johtuen tutkimuseettisiä ongelmia sidonnaisuuksien tai tutkittavien kohteiden suhteen ei ole. Hirsjärvi ym. (2009, 26-27) nostavat esiin lähteiden luotettavuuden ja eettisyyden arvioiminen sekä aiempien tutkimustulosten yleistäminen tai väärinkäyttäminen aiheuttamat ongelmat. Näiden ongelmien välttämiseksi opinnäytetyön aineiston kokoaminen ja analysointi on toteutettu tarkkojen sisäänotokriteerien mukaan ja huolellisuutta noudattaen. Opinnäytetyön aihe ei myöskään ole vaikuttanut toteutukseen, sillä työ on rajattu käsittelemään tiukasti hoidollista puolta.

Opinnäytetyössä hyödynnetyn tutkimusaineiston luotettavuutta heikensi osaltaan runsas näyttöön perustumattoman, tutkimusten tekijöiden omakohtaisen tiedon hyödyntäminen. Kyseinen ongelma ilmeni etenkin kirjallisuuskatsauksina toteutetuissa tutkimuksissa. Myös potilasasiakirjoihin ja jälkiraportteihin pohjautuvissa tutkimuksissa myönnettiin puutteellisen dokumentoinnin aiheuttamat ongelmat kyseisten tietojen perusteella muodostettujen johtopäätösten hyödynnettävyydessä.

Saadut tutkimustulokset on esitetty opinnäytetyössä, kuten ne ovat lähdemateriaalissa. Havaitut ristiriidat on pyritty nostamaan esiin ja tutkimuksissa tunnistetut ongelmakohdat tutkimustulosten hyödynnettävyydessä on huomioitu kyseisten tulosten käytössä opinnäytetyön tietoperustana. Opinnäytetyön suurimmat löydökset ovat useiden tutkimusten tukemia tuloksia.

### 8.3 Johtopäätökset ja jatkotutkimusaiheet

Räjähdyksen aiheuttaman suuronnettomuuden paikalliselle terveydenhuollolle asettamat haasteet ovat laaja-alaisia. Tyypillisten suuronnettomuuden aiheuttamien haasteiden lisäksi opinnäytetyössä keskeisenä havaittu haaste keskittyy räjähdysvammapotilaan vammaprofiilin epätyypillisyyden aiheuttamiin haasteisiin varsinkin

räjähdysvammapotilaan akuuttihoiossa ja potilasluokittelussa. Voidaan myös olettaa hoidon kohdentamisen kriittisesti vammautuneille olevan tavanomaisempia suuronnettomuustilanteitakin tärkeämpää suhteellisesti vaikeamman vammautumisasteen vuoksi.

Suomessa ja maailmalla tapahtuneiden räjähddeonnettomuuksien ja –iskujen jälkiraporttien sekä hyödynnetyn tutkimusaineiston perusteella olennaisin varautuminen niin räjähdysten aiheuttamiin, kuin myös muihinkin suuronnettomuuksiin ovat laajasti hyödynnettävät sekä ajantasalla pidetyt valmiussuunnitelmat. Valmiussuunnitelmien käytännön hyödyntämisen kannalta ehdotonta on myös niiden jatkuva harjoittelu. Mielekkäänä voitaisiin myös pitää valmiussuunnitelmien toimivuuden arviointia mahdollisimman monipuolisten ennakoasetelmien suhteen, mikä voisi myös mahdollisesti toimia aihepiiriä koskettavan jatkotutkimuksen tulokulmana.

Muita mahdollisia jatkotutkimusaiheina voisi etenkin yksittäisen terveydenhuollon ammattilaista koskien olla erilaisten koulutuskokonaisuuksien luominen etenkin erilaisten räjähdysten aiheuttamien vammojen tunnistamista koskien, sillä suurin osa saatavilla olevasta ja aihepiiriä sivuavasta tutkimusaineistosta keskittyy sotilasympäristöstä saatujen toimintamallien hyödyntämiseen pääasiassa ampumavammoja koskien. Räjähdysten aiheuttamat vammat ovat kirjoiltaan kuitenkin huomattavasti laajempi kokonaisuus ja vaikka akuuttivaiheen hoidolliset toimintamallit noudavat käytännössä samaa kaavaa, voitaisiin rajatummalla koulutuksella tehostaa räjähdysvammapotilaan tilan arvioimisen ja etenkin potilasluokittelun toteutusta.

## Lähteet

525/2011. Turvallisuuustutkintalaki. Annettu 1.6.2011. Viim. muutos 1.1.2019. Viitattu 4.12.2018. Saatavissa: <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2011/20110525>

1326/2010. Terveysthuoltolaki. Annettu 1.5.2011. Viim. muutos 01.01.2018. Viitattu 4.12.2018. Saatavissa: <https://www.finlex.fi/fi/laki/smur/2010/20101326>

1552/2011. Valmiuslaki. Annettu 1.3.2012. Viim. muutos 01.07.2018. Viitattu 4.12.2018. Saatavissa: <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2011/20111552#O1L3P12>

Ashkenazi, I., Turegano-Fuentes, F., Einav, S., Kessel, B., Alfici, B. & Olsha, O. 2014. Pitfalls to avoid in the medical management of mass casualty incidents following terrorist bombings: the hospital perspective. *European Journal of Trauma & Emergency Surgery*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. 445 – 450. Viitattu 12.12.2018.

Balazs, G., Blais, M., Bluman, E., Andersen, R. & Potter, B. 2015. Blurred front lines: triage and initial management of blast injuries. 305 – 308. Viitattu 20.2.2019. Saatavissa:

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4596209/>

Biddinger, P., Baggish, A., Harrington, L., d'Hemecourt, P., Hooley, J., Jones, J., Kue, R., Troyanos, C. & Dyer, S. 2013. Be Prepared — The Boston Marathon and Mass-Casualty Events. *The New England Journal of Medicine*. 1958 – 1959. Viitattu 18.3.2019. Saatavissa:

[https://www.nejm.org/doi/10.1056/NEJMp1305480?url\\_ver=Z39.88-2003&rfr\\_id=ori:rid:crossref.org&rfr\\_dat=cr\\_pub%3dwww.ncbi.nlm.nih.gov](https://www.nejm.org/doi/10.1056/NEJMp1305480?url_ver=Z39.88-2003&rfr_id=ori:rid:crossref.org&rfr_dat=cr_pub%3dwww.ncbi.nlm.nih.gov)

Castrén, M., Ekman, S., Ruuska, R. & Silfast, T. 2015. Suuronnettomuusopas. Kustannus Oy Duodecim. Helsinki. 318, 323, 325, 398 – 403, 411 – 412.

Franke, A., Bieler, D., Friemert, B., Schwab, R., Kollig, E. & GÜsgen, C. 2017. The First Aid and Hospital Treatment of Gunshot and Blast Injuries. *Deutsches Ärzteblatt International*. Deutscher Aerzte-Verlag GmbH. 237 – 238. Viitattu 18.3.2019.

Gates, J., Arabian, S., Biddinger, P., Blansfield, J., Burke, P., Chung, S., Fischer, J., Friedman, F., Gervasini, A., Goralnick, E., Gupta, A., Larentzakis, A., McMahon, M., Mella, J., Michaud, Y., Mooney, D., Rabinovici, R., Sweet, D., Ulrich, A., Velmahos, G., Weber, C. & Yaffe, M. 2014. The Initial Response to the Boston Marathon Bombing: Lessons Learned to Prepare for the Next Disaster. *Annals of surgery*. 1, 4, 6, 9. Viitattu 20.3.2019.

Goh, S. 2009. Bomb blast mass casualty incidents: initial triage and management of injuries. Singapore Medical Journal. 101 – 102, 104 – 105. Viitattu 12.12.2018.  
Saatavissa:

<http://smj.sma.org.sg/5001/5001me1.pdf>

Hirsjärvi, S., Remes, P. & Sajavaara, P. 2009. Tutki ja kirjoita. Tammi. Helsinki. 22 – 23, 26 – 27, 113, 223 – 225, 258 – 259.

Kangasniemi, M., Utriainen, K., Ahonen, S., Pietilä, A., Jääskeläinen, P. & Liikanen, E. 2013. Kuvaileva kirjallisuuskatsaus: eteneminen tutkimuskysymyksestä jäsennettyyn tietoon. Hoitotiede. HTTS Ry. Kerava. 292 – 293, 295 – 296.

Kranaatinheitinonnettomuus Rovajärven ampuma-alueella 2.12.2005. 2005. Tutkintaselostus B3/2005Y. Onnettomuustutkintakeskus. 1 – 3, 6 – 15, 18, 113. Viitattu 11.12.2018. Saatavissa:

<https://www.turvallisuustutkinta.fi/fi/index/tutkintaselostukset/muutonnettomuudet/tutkintaselostuksetvuosittain/muutonnettomuudet2005/b32005ykranaatinheitinonnettomuusrovajarvenampuma-alueella2.12.2005.html>

Kuisma, M., Holmström, P., Nurmi, J., Porthan, K. & Taskinen, T. 2017. Ensihoito. Sanoma Pro Oy. Helsinki.

Muenzberg, M., Paffrath, T., Matthes, G., Mahlke, L., Swartman, B., Hoffman, M., Lefering, R. & Wölfel, C. 2013. Does ATLS trauma training fit into Western countries: evaluation of the first 8 years of ATLS in Germany. European Journal of Trauma & Emergency Surgery. Springer Science & Business Media. 518. Viitattu 25.3.2019.

Riddez, L. 2014. Wounds of war in the civilian sector: principles of treatment and pitfalls to avoid. European Journal of Trauma & Emergency Surgery. Springer Science & Business Media B.V. Berlin. 462. Viitattu 16.3.2019

Rytsä, P. & Fogelholm, S. 2016. Räjähdyksessä Myyrmannissa kesken iltaruuhkan. Yle elävä arkisto. Viitattu 21.4.2018. Saatavissa:

<https://yle.fi/aihe/artikkeli/2006/09/26/rajahdys-myyrmannissa-kesken-iltaruuhkan>

Ojanen, O., Söder, J., Järvinen, M., Ponteva, M., Rahikka, H., Ojala, J. & Vainio, T. 2003. Räjähdyksessä kauppa- ja palveluskeskus Myyrmannissa: sisäasiainministeriön asettaman tutkijaryhmän raportti. Sisäasiainministeriön julkaisu 12/2003. Sisäasiainministeriö. 12, 14, 19 – 22, 28 – 30, 40 – 42. Viitattu 21.11.2018.

Onnettomuus louhintatyömaalla Espoossa 24.4.2006. 2006. Tutkintaselostus B3/2006Y. Onnettomuustutkintakeskus. 1, 3 – 9, 11 – 12, 14, 21 – 23, 61 – 63. Viitattu 21.4.2018. Saatavissa:

[https://www.turvallisuustutkinta.fi/material/attachments/otkes/tutkintaselostukset/sv/muutonnettomuudet/2006/b32006y\\_tutkintaselostus/b32006y\\_tutkintaselostus.pdf](https://www.turvallisuustutkinta.fi/material/attachments/otkes/tutkintaselostukset/sv/muutonnettomuudet/2006/b32006y_tutkintaselostus/b32006y_tutkintaselostus.pdf)

Torkki, M., Koljonen, V., Sillanpää, K., Tukiainen, E., Pyörälä, S., Kemppainen, E., Kalske, J., Arajärvi, E., Keränen, U. & Hirvensalo, E. 2005. Triage in a Bomb Disaster with 166 Casualties. *European Journal of Trauma*. Springer Science & Business Media B.V. 377, 379 – 380. Viitattu 15.3.2019.

Ylikoski, J., Mrena, R., Savolainen, S. & Pääkkönen, R. 2003. Miten pommi vahingoittaa? *Suomen Lääkärilehti*. 58, 13, 1553 – 1557. Viitattu 14.5.2018.

Ångermann, S. 2017. Vammapotilaan ensihoito. *Finnanest*. 117. Viitattu 22.4.2018.  
Saatavissa:

[http://www.finnanest.fi/files/angerman\\_vammapotilaan\\_ensihoito.pdf](http://www.finnanest.fi/files/angerman_vammapotilaan_ensihoito.pdf)

## Liitteet

Liite 1. Tiedonhaku taulukoituna

Hakukone	Pubmed	Pubmed	Medline ja CINAHL plus	Medic
Hakusanat	explosi* AND blast AND injur*	"mass casualty" AND "Blast OR explosion OR bomb"	explosi* OR blast AND mass casual- ty	Räjähd*
Hakukriteerit	Linked Full Text; Date of Publica- tion: 20080101- 20181231; Ab- stract Available; English Language	Linked Full Text; Date of Publica- tion: 20080101- 20181231; Ab- stract Available; English Language	Linked Full Text; Date of Publica- tion: 20080101- 20181231; Ab- stract Available; English Language	Vain koko- tekstit
Hakutulokset	95	32	12	10
Otsikon perus- teella hyväksytyt	9	6	4	2
Abstraktin perus- teella hyväksytyt	5	4	3	2
Tekstinperusteella hyväksytyt	2	4	3	0

## Liite 2. Valittu aineisto taulukoituna

Tekijät, julkaisuvuosi ja maa	Tutkimuksen nimi	Aineiston menetelmä	Tutkimuksen tarkoitus	Päätulokset
<b>Ashkenazi, I., Ture'gano-Fuentes, F., Einav, S., Kessel, B., Alfici, B. &amp; Olsha, O. 2014. (Saksa)</b>	Pitfalls to avoid in the medical management of mass casualty incidents following terrorist bombings: the hospital perspective.	Laadullinen tutkimus. (N = 400) potilasasiakirjaa 19:ää eri pommi-iskua koskien.	Tunnistaa ja korostaa sairaaloissa kohdattuja ongelmia pommi-iskun aiheuttamassa suuronnettomuudessa.	Räjähdyksen aiheuttamien vammojen moninaisuus ja laaja-alaisuus tekevät niiden hoidosta ja tunnistamisesta haastavaa. Suuret potilasmäärät kuormittavat sairaalan resursseja.
<b>Goh, S. 2019. (Singapore)</b>	Bomb blast mass casualty incidents: initial triage and management of injuries.	Kirjallisuuskatsaus. (N = 22) tutkimusta.	Selvittää tyypillisiä räjähdysvammoja ja keskeisiä menetelmiä näiden tunnistamiseen pommi-iskun aiheuttamassa suuronnettomuudessa.	Räjähdysmekanismin ymmärtäminen on oleellista räjähdysvammojen kartoittamisen kannalta. Radiologiset kuvantamistutkimukset ovat oleellisia aivo- ja sisäelinvammojen tunnistamiseksi.
<b>Torkki, M., Koljonen, V., Sillanpää, K., Tukiainen, E., Pyörälä,</b>	Triage in a Bomb Disaster with	Tapauskertomus/laadullinen tutkimus. (N = 166) poti-	Selvittää Helsingin Yliopistollisen sairaalan vasteen	Kaikkien paikallisten traumayksiköiden hyödyntäminen on oleellis-

<p><b>S., Kemppainen, E., Kalske, J., Arajärvi, E., Keränen, U. &amp; Hirvensalo, E. 2005. (Suomi)</b></p>	<p>166 Casualties.</p>	<p>lasasiakirjaa. Kirjallisuuskatsaus. (N=18) tutkimusta.</p>	<p>vahvuuksia ja heikkouksia Myyrmannin räjähdystapahtumassa.</p>	<p>ta suuronnettomuudessa. Suuronnettomuusharjoituksissa tulisi hyödyntää useampia eriskenaarioita.</p>
<p><b>Freanke, A., Bieler, D., Friemert, B., Schwab, R., Kollig, E. &amp; GÜsGen, C. 2017. (Saksa)</b></p>	<p>The First Aid and Hospital Treatment of Gunshot and Blast Injuries.</p>	<p>Kirjallisuuskatsaus. (N=40) tutkimusta.</p>	<p>Selvittää tyypillisten ampumajärähdysvammojen hoitoa ja keskeisiä menetelmiä näiden tunnistamiseen.</p>	<p>Kriittisesti vammautuneiden nopea tunnistaminen ja hoidon kohdentaminen laskee kuolleisuutta. Ennalta varautuminen eri suuronnettomuuksiin on tärkeää.</p>
<p><b>Balazs, G., Blais, M., Bluman, E., Andersen, R. &amp; Potter, B. 2015. (Yhdysvallat)</b></p>	<p>Blurred front lines: triage and initial management of blast injuries.</p>	<p>Kirjallisuuskatsaus. (N=71) tutkimusta.</p>	<p>Selvittää suuronnettomuuden potilasluokittelun ja räjähdysvammapotilaan akuuttihoiton perusteita ortopedin näkökulmasta.</p>	<p>Räjähdyksen mekaniikan tunteminen on oleellista räjähdysaiheuttamien vammojen ymmärtämiseksi. Räjähdyshammapotilaan akuuttihoitossa tulee keskittyä peruselintoimintojen turvaamiseen. Hoidon kohdentaminen kriittisesti loukkaantuneille on ehdotonta suuronnettomuudessa.</p>
<p><b>Riddez, L. 2014.</b></p>	<p>Wounds of war in the</p>	<p>Kirjallisuuskatsaus. N =</p>	<p>Selvittää tyypillisten sotilasympä-</p>	<p>Tapahtumapaikalla on huomioitava mahdolli-</p>



<b>(Saksa)</b>	civilian sector: principles of treatment and pitfalls to avoid.	47 tutkimusta.	ristön vammojen hoitamisen perusteita siviilipuolella sekä kartoittaa oleellisimpia kohdattuja ongelma-kohtia hoidon toteuttamisessa.	set uhkakuvat. Potilaiden nopea kuljettaminen jatkohoitoon priorisoitava kentällä toteutettavan hoidon ylitse. Lähimpää sairaalaa ei tule ylikuormittaa lievästi loukkaantuneilla potilailla.
<b>Biddinger, Baggish, Harrington, d’Hemecourt, Hooley, Jones, Kue, Troyanos &amp; Dyer. 2013. (Yhdysvallat)</b>	Be Prepared — The Boston Marathon and Mass-Casualty Events.	Tapauskertomus/kirjallisuuskatsaus. (N=4) tutkimusta.	Katsaus Bostonin maratonin pommi-iskua seuranneen lääkinnällisen toiminnan vahvuuksiin.	Lääkinnällisen pelastustoiminnan onnistumisen mahdollisti Bostonin terveydenhuollon perusteellinen varautuminen mahdollisiin suuronnettomuuksiin ja luotujen valmiussuunnitelmien riittävä harjoittelu.
<b>Gates, J., Arabian, S., Biddinger, P., Blansfield, J., Burke, P., Chung, S., Fischer, J., Friedman, F., Gervasini, A., Goral-</b>	The Initial Response to the Boston Marathon Bombing: Lessons Learned to Prepare for the Next Disaster.	Laadullinen tutkimus. Traumayksiköiden jälkiraportit. (N=50) tutkimusta.	Tarkastella Bostonin maratonin pommi-iskun lääkinnällisen vasteen vahvuuksia ja heikkouksia.	Lääkinnällinen vaste Bostonissa toimi hyvin, mutta myös terveydenhuollon toiminnasta riippumattomat tekijät olennaisesti vaikuttivat matalaan kuolleisuuteen. Terveydenhuollon organisaatioiden tulisi jatkuvasti arvioida, päivittää valmiussuunni-

<b>nick, E., Gupta, A., Laurentzakis, A., McMahon, M., Mella, J., Michaud, Y., Mooney, D., Rabinovici, R., Sweet, D., Ulrich, A., Velmahos, G., Weber, C. &amp; Yaffe, M. 2014. (Yhdysvallat)</b>				telmiaan kansainvälistä tietoa hyödyntämällä.
---	--	--	--	---