

# Vesipiikkauksen työturvallisuus

Tapaturmavakuutuskeskuksen julkaisu  
1/2023

Julkaisija:

Tapaturmavakuutuskeskus (TVK)

[www.tvk.fi](http://www.tvk.fi)

Helsinki 2023

Kirjoittajat:

Pyry Sarkkinen

Oulun yliopisto

Rakennus- ja yhdyskuntatekniikan tutkinto-ohjelma

Diplomityö

Ohjaajat:

Arto Reiman, Oulun yliopisto

Matti Immonen, Oulun yliopisto

Otto Veijola, TVK

ISSN: 2343-4295

ISBN: 978-952-7496-03-9



# Alkusanat

---

Yksi Tapaturmavakuutuskeskuksen (TVK) keskeisistä lakisääteisistä tehtävistä on laatia työtapaturmien ja ammattitautien ehkäisyä edistäviä tutkimuksia ja selvityksiä ehkäisyn ja seurausten välisistä suhteista. Keskeinen osa tätä toimintaa on perinteisesti ollut vakavien työpaikkatapaturmien tutkinta ns. TOT-menettelyn mukaisesti. Onnettomuuksien tutkinnat aloitettiin TVK:ta edeltäneessä Tapaturmavakuutuslaitosten liitossa (TVL) jo v. 1971, ja säännöllinen TOT-toiminta aloitettiin v. 1985. Tiivistäen toiminnan tarkoituksena on alusta alkaen ollut tuottaa uutta tietoa vakavien työtapaturmien syytekijöistä ja niihin perustuvia johtopäätöksiä keinoista ehkäistä vastaavat onnettomuudet tulevaisuudessa.

TVK:n työpaikkaonnettomuuksien tutkimusjohtokunnan kokouksessa 1.12.2022 keskusteltiin vesipiikkaustöissä sattuneista työpaikkatapaturmista. Todettiin, että vesipiikkauksessa sattuneita onnettomuuksia on tutkittu myös TOT-tutkinnassa. Tutkinnat ovat kuitenkin parin kymmenen vuoden takaa. Merkittävänä muutoksena nähtiin, että nykyään laitteissa käytetyt paineet ovat korkeampia ja alalla vallitsevat työturvallisuuskäytännöt kaipaavat uudistusta. Kokouksessa todettiin, että tätä ongelmaa pitäisi tutkia tarkemmin ja pohdittiin voisiko tässä olla rooli TVK:lla. Sovittiin, että aiheesta toteutetaan laajempi tutkimus yksittäisen työpaikkakuolemantapauksen seikkaperäisen TOT-tutkinnan sijaan.

Päätimme toteuttaa projektin Yliopiston diplomityönä. Tekijäksi valikoitui rakennus- ja yhdyskuntatekniikan DI-opiskelija Pyry Sarkkinen Oulun Yliopistosta.

Suunnitteluvaiheessa todettiin, että vesipiikkauksen työturvallisuuteen liittyvää tietoa on suomeksi saatavilla vähän. Näin ollen koettiin tärkeäksi, että työssä käsitellään vähintään seuraavia asioita: laitteiden turvallisuus ja käyttöohjeistus, koulutus ja perehdytys, riskien hallinta, suojavarusteet, sekä työn suunnitelu ja työkohteiden turvallisuus. Päätutkimuskysymyksiksi muodostui kaksi kysymystä: Millaisia työturvallisuusriskejä käsikäyttöiseen vesipiikkaus- ja korkeapainepesutyöskentelyyn liittyy tällä hetkellä, sekä miten laitteiden ja niillä tehtävän työn turvallisuutta voitaisiin parantaa? Työssä hyödynnettiin TVK:n vahinkorekisteriaineistoa ja TOT-raportteja, joissa on tutkittu vesipiikkauksessa tapahtuneita kuolemaan johtaneita työpaikkatapaturmia. Kattavan kuvan saamiseksi haastateltiin mm. alalla toimivia yrityksiä ja vesipiikkaustyön tekijöitä.

Työtä voidaan pitää hyvin onnistuneena. Se lisäsi ymmärrystä vesipiikkaustöissä olevista riskitekijöistä, alan nykyisistä käytännöistä ja työturvallisuuteen liittyvistä kehitystarpeista. Tuloksia ja niihin perustuvia johtopäätöksiä voidaan hyödyntää laajasti työturvallisuuden edistämiseen tähtäävien toimenpiteiden suunnittelussa suomalaisilla työpaikoilla.

Iso kiitos Pyry Sarkkiselle itsenäisestä ja pirteästä työtöteestä, sekä ohjausryhmälle arvokkaasta ja asiantuntevasta ohjauksesta.

**Otto Veijola**, työturvallisuusasiantuntija, TVK

# Tiivistelmä

Otikko: Vesipiikkauksen työturvallisuus

Tekijä: Pyry Sarkkinen

Oulun yliopisto, Rakennus- ja yhdyskuntatekniikan tutkinto-ohjelma

Diplomityö 2023

Sivumäärä: 127 s. + 4 liitettä

Työn ohjaajat:

Arto Reiman ja Matti Immonen, Oulun yliopisto

Otto Veijola, Tapaturmavakuutuskeskus

Tämä diplomityö käsittelee vesipiikkauksen ja korkeapainepesun työturvallisuutta. Vesipiikkaus ja korkeapainepesu ovat teollisuudessa ja rakentamisessa käytettäviä työmenetelmiä, jotka ovat luokiteltu tapaturmavaaralliseksi työksi. Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää, mitä työturvallisuushaasteita vesipiikkaus- ja korkeapainepesutyöhön liittyy ja esittää kehitysehdotuksia työturvallisuuden edistämiseksi.

Diplomityö toteutettiin laadullisin menetelmin. Laadullisen arvioinnin tukena käytettiin määrällistä arviointia. Työn tutkimusaineistona käytettiin Tapaturmavakuutuskeskuksen vahinkoaineistoa sekä haastatteluaineistoa, joka kerättiin haastatteleamalla alan asiantuntijoita.

Diplomityön tuloksina saatiin käsitys nykyisistä vesipiikkauksen ja korkeapainepesun työturvallisuushaasteista sekä tekijöistä, joilla työtä

voidaan ohjata turvallisemmaksi. Työturvallisuuteen vaikuttavia keskeisiä haasteita löydettiin yritys vastuullisuudesta sekä kalustosta ja suojaruusteista. Yritykset eivät ole aina ottaneet vastuuta työturvallisuudesta laitteiden turvallisen käytön osalta, esimerkiksi letkurikkosuojien käyttöä ja huoltotoimenpiteitä on laiminlyöty. Työtä tilaava osapuoli ei ole aina järjestänyt työolosuhteita turvalliseen työskentelyyn riittäviksi. Vesipiikkauksen kaluston dokumenteista on puuttunut tietoja laitteiden kestäväyydestä ja raja-arvoista. Suojaruusteiden osalta puutteita on ilmennyt ergonomiassa, maksimipaineiden kestävydessä ja kulutuskestävyydessä.

Tutkimuksen myötä keskeisiä kehitysehdotuksia annettiin yritysten ja sidosryhmien yhteistoimintaan, koulutukseen sekä laite- ja suojaruustevalmistajien toimintaan. Yritysten välinen yhteistoiminta tulee olla läpinäkyvää ja keskusteluyhteyden säilyä läpi urakan. Koulutusvaatimuksia on tarkastettava. Laitevalmistajien tulee esittää riittävästi tietoa kaluston turvallisen käytön osalta yksiselitteisillä dokumenteilla. Suojaruustevalmistajien pitää huomioida työtä suorittavien henkilöiden toiveita. Maksimipaineen kesto sekä varusteiden kulutuskestävyyttä on kehitettävä.

Työn tuloksia voivat hyödyntää vesipiikkausta ja korkeapainepesua tekevät yritykset sekä työmenetelmän kanssa tekemisissä olevat sidosryhmät. Tuloksia voivat soveltaen käyttää myös muut vaarallisen ja korkean tapaturmariskin parissa työskentelevät yritykset ja sidosryhmät.

Asiasanat: vesipiikkaus, korkeapainepesu, työturvallisuus



# Abstract

---

Title: Occupational health and safety of water jetting

Author: Pyry Sarkkinen

University of Oulu, Degree Programme of Civil Engineering

Master's thesis 2023

Number of Pages: 127 pp. + 4 Appendixes

Supervisors:

Arto Reiman and Matti Immonen, University of Oulu

Otto Veijola, Finnish Workers' Compensation Center

This master's thesis investigates occupational health and safety in the field of water jetting and high-pressure cleaning. Water jetting and high-pressure cleaning are procedures used in manufacturing and construction and are considered to have high risk for work related accidents. The goal of this thesis was to examine challenges in these procedures and present suggestions for better health and safety in the field.

The research was carried out with qualitative methods. Qualitative assessment of the material was supported by quantitative evaluation.

The research material consisted of accident reports from Finnish Workers' Compensation Center and interviews collected from professionals of the field.

The results of the research show the present state of occupational health and safety challenges in water jetting and high-pressure cleaning. Ways

to guide safer working in the field were also found. The main challenges in safety are related to companies' responsibility, water jetting equipment and safety equipment. Companies have sometimes not been taking enough responsibility for the safe use of equipment, for instance maintenance procedures have been neglected. The commissioner of the work has also not always organized the working environment optimal for safety at work. The water jetting equipment's documentation has been short of information about the durability and limit values of the product. Safety equipment has been found to have deficiency in ergonomics, tolerance for maximum pressures and usage longevity.

Main suggestions to improve safety were given to the way interest groups collaborate, training and manufacturing of equipment. Collaboration needs to be transparent and discussion continuous throughout the contract. Requirements for training should be evaluated. Manufacturers of the equipment are recommended to enhance the guidance documentation for the safe use of equipment. Safety equipment should be made with better durability and manufacturers should observe the expectations from professionals working with the equipment.

The results of this thesis can benefit companies and other interest groups working with water jetting and high-pressure cleaning. With adaptations also other fields with high risks in occupational health and safety can take these results into their consideration.

# Sisällysluettelo

---

**Alkusanat**

**Tiivistelmä**

**Abstract**

**Sisällysluettelo**

**Merkinnät ja lyhenteet**

|   |           |
|---|-----------|
| <b>1. Johdanto</b> .....  | <b>9</b>  |
| 1.1 Tutkimuksen tausta ja tavoitteet  | 9         |
| 1.2 Tutkimuskysymys ja työn rajaus  | 10        |
| 1.3 Tutkimusmenetelmät  | 10        |
| <b>2. Lähtökohtia turvalliseen vesipiikkaus- ja korkeapainepesutyöhön</b> ..... | <b>12</b> |
| 2.1 Korkeapainepesityöskentelyä ohjaava lainsäädäntö                            | 12        |
| 2.2 Koneiden turvallisuusasetuksen uudistuminen 2027                            | 13        |
| 2.3 Standardit osana työturvallisuutta  | 13        |
| <b>3. Työturvallisuuden kehittäminen</b> .....                                  | <b>14</b> |
| 3.1 Riskien hallinta osana työtapaturmien ennaltaehkäisyä                       | 14        |
| 3.2 Työturvallisuuden päivittäinen arviointi työpaikalla                        | 15        |
| 3.3 Tapaturmataajuus ja tapaturmien määrän kehittyminen                         | 16        |
| 3.4 Tapaturmat ja ergonomia   | 19        |
| <b>4. Työturvallisuuden analysoinnissa käytetyt viitekehykset</b> .....         | <b>21</b> |
| 4.1 Reasonin tapaturmateoria  | 21        |
| 4.2 Sosiotekninen järjestelmä   | 22        |
| 4.3 Yhteistä työturvallisuutta korostava malli (safety-in-cohesion)             | 24        |

|  |           |
|--|-----------|
| <b>5. Vesipiikkaus ja korkeapainepesu</b> .....  | <b>26</b> |
| 5.1 Käsikäyttöisen laitteen toimintaperiaate ja vesisuhkun malli                           | 26        |
| 5.1.1 Laitteet ja niihin kuuluvat osat   | 27        |
| 5.1.2 Suuttimet ja vesisuihku  | 29        |
| 5.2 Hätäpysäytymismahdollisuudet   | 32        |
| 5.3 Koulutus vesipiikkausta ja korkeapainepesua varten                                     | 32        |
| 5.4 Suojavarusteet   | 32        |
| 5.5 Töiden suunnittelu ja työkohteen turvallisuus  | 34        |
| 5.6 Kaluston turvallisuus ja kaluston valmistelevat toimenpiteet                           | 35        |
| <b>6. Vesipiikkauksen ja korkeapainepesun käyttökohteita ja merkitys</b> .....             | <b>38</b> |
| 6.1 Betonirakenteiden työstäminen korkeapainevedellä                                       | 38        |
| 6.2 Korkeapaineveden käyttö teollisuuden puhdistustöissä                                   | 40        |
| <b>7. Aineistotutkimus: vesipiikkaustapaturmien piirteet ja sattuneet tapaturmat</b> ..... | <b>41</b> |
| 7.1 TVK:n datan analysointi  | 41        |
| 7.2 Painepesureihin ja korkeapainepesuun liittyvät työtapaturmat                           | 42        |
| 7.3 Vesipiikkaukseen liittyvät työtapaturmat   | 47        |
| 7.4 Kuolemaan johtaneet vesipiikkaustapaturmat   | 47        |
| <b>8. Haastattelututkimus</b> .....  | <b>52</b> |
| 8.1 Riskien kartoitus työpisteellä ja riittävät lähtötiedot työn aloittamiselle            | 53        |
| 8.2 Toiminta työkohteessa osana sidosryhmien kanssa  | 54        |
| 8.2.1 Vaara-alue   | 55        |
| 8.2.2 Työkokonaisuuden laajuus ja vaativuus  | 55        |
| 8.3 Kaluston turvallisuus  | 56        |
| 8.3.1 Kaluston käyttöikä ja ympäristön merkitys  | 56        |
| 8.3.2 Käyttäjien kokemukset työskentelyn turvallisuudesta                                  | 56        |
| 8.3.3 Käyttöohjeiden yksiselitteisyys  | 57        |
| 8.3.4 Kaluston virittäminen  | 57        |
| 8.3.5 Vauriota edeltävät varoittavat muutokset kalustossa                                  | 58        |

|            |  |           |
|------------|--|-----------|
| 8.4        | Suojavarusteet   | 58        |
| 8.4.1      | Iskunkestävyys ja kulutuskestävyys                         | 58        |
| 8.4.2      | Ergonomia ja suhteellisesti oikeiden paikkojen suojaaminen | 58        |
| 8.4.3      | Pesijän ja koneyksikön hoitajan kommunikoinnin haasteet    | 59        |
| 8.5        | Koulutus   | 59        |
| 8.5.1      | Mestari-kisälli-malli                                      | 59        |
| 8.5.2      | Koulutusvaatimusten asettamisen näkökulma                  | 60        |
| 8.6        | Terveys  | 61        |
| 8.6.1      | Altistuminen haitallisille aineille                        | 61        |
| 8.6.2      | Tuki- ja liikuntaelimet                                    | 61        |
| <b>9.</b>  | <b>Tulosten tarkastelu ja suositukset</b>                  | <b>62</b> |
| 9.1        | Tapaturma-aineiston tulosten arviointi                     | 62        |
| 9.2        | Haastatteluaineiston arviointi                             | 63        |
| 9.3        | Työturvallisuuden ulottuvuudet työn suunnitteluvaiheessa   | 63        |
| 9.4        | Työturvallisuuden ulottuvuudet työn toteutusvaiheessa      | 65        |
| 9.5        | Sidosryhmien yhteistyön näkökulma ja tiedon jakaminen      | 68        |
| 9.6        | Tulosten luotettavuus ja merkityksellisyys                 | 69        |
| 9.7        | Kehitys- ja jatkotutkimusehdotukset                        | 70        |
| <b>10.</b> | <b>Yhteenveto</b>  | <b>72</b> |
|            | <b>Lähdeluettelo</b>                                       | <b>73</b> |

**Liitteet:**

- Liite 1. Kysymykset vesipiikkaus- ja korkeapainepesu-urakoitsijoille
- Liite 2. Kysymykset sidosryhmille
- Liite 3. Kysymykset ammattiopiston opettajalle
- Liite 4. Tutkimustiedote



# Merkinnät ja lyhenteet

---

|         |   |
|---------|---|
| bar     | Pinta-ala-yksikköön kohdistuva kohtisuora voima: 100 000 Pa |
| ESAW    | European Statistics on Accidents at Work                    |
| EU-OSHA | European Agency for Safety and Health at Work               |
| IEC     | International Electrotechnical Commission                   |
| ISO     | International Organization for Standardization              |
| MPa     | Megapascal  |
| MVR     | Maa- ja vesirakennus  |
| TOT     | Työonnettomuustutkinta                                      |
| SVT     | Suomen virallinen tilasto                                   |
| TTK     | Työturvallisuuskeskus                                       |
| TTL     | Työterveyslaitos  |
| TR      | Talonrakennus   |
| TVK     | Tapaturmavakuutuskeskus                                     |

# 1. Johdanto

---

## 1.1 Tutkimuksen tausta ja tavoitteet

Euroopan unionin (EU) lainsäädäntö ja sen kansallinen täytäntöönpano asettavat kehyksen yritysten työsuojelutoiminnalle. Lainsäädäntö on avaintekijä ennaltaehkäisevissä työturvallisuustoimissa, mutta tehokkaiden ja ennaltaehkäisevien työturvallisuustoimien toteutumiseksi tarvitaan myös sidosryhmien, kuten tilaajien ja urakoitsijoiden aktiivista tukea. Sidosryhmien tukemana voidaan asettaa tarkoituksenmukaisia ja ennaltaehkäiseviä työturvallisuustoimia, jotka auttavat selviämään monimutkaisista työturvallisuusriskeistä. (EU-OSHA 2023, s. 130)

Teollinen toiminta on tunnistettu työturvallisuuden kannalta haastavaksi. Eri toimialat kytkeytyvät toisiinsa ja asettavat tilaajan ja tuottajan välisen toiminnan koetukselle työturvallisuusasioissa (Työturvallisuuskeskus (TTK) 2023). Työterveyslaitoksen tekemästä yleistä rakennusalan työturvallisuuden kehitystä tarkastelevasta raportista käy ilmi, että pitkän ajan kehitys rakennusalan työturvallisuudessa on ollut kokonaisuudessaan suotuisaa. Keskeisimpinä asioina pidetään muutosta työturvallisuuskult-

tuurissa ja henkilösuojainten tuotekehityksessä ja tehokkaammassa käytössä. (Lantto ja Räsänen 2020). Työtapaturmia on kuitenkin sattunut edelleen, joista osa on aiheuttanut kuoleman. Työturvallisuuteen tulisikin suhtautua sitoutuneesti ja entistä vakavammin (Erkkilä–Häkkinen, 2016, s. 198).

Tapaturmavakuutuskeskuksen (TVK) julkaiseman analyysin mukaan 24 työpaikkatapaturmaa johti kuolemaan vuonna 2022. Määrä on liki kaksinkertainen vuoteen 2021 verrattuna (TVK 2023). Yksi työpaikkakuolemista tapahtui vesipiikkaustöissä. Marraskuussa 2022 uutisoitiin Oulussa Laanilan ekovoimalaitoksella sattuneesta kuolemaan johtaneesta vesipiikkaustapaturmasta (Kaleva 2022). Edellä mainitun työtapaturman ja vastaavanlaisissa olosuhteissa sattuneiden muiden vahinkojen seurauksena koettiin tarpeelliseksi käynnistää diplomityö, jossa tutkitaan vesipiikkauksen työturvallisuutta ja esitetään kehitysehdotuksia vesipiikkauksen työturvallisuuden edistämiseksi (TVK 2023). Diplomityön aikana on työpaikkojen aloitteesta myös käynnistetty TTK:n vetämä, tästä työstä erillinen vesipiikkauksen työturvallisuutta käsittelevä hanke. (TTK 2023).

Vesipiikkauksen ominaisia riskitekijöitä ovat korkeapaineinen vesisuihku sekä irtoava betoniaines, joista voi aiheutua esimerkiksi silmätapaturmia, lihasvaurioita, raajavammoja sekä sormien leikkaantumista (Ratu 82-0380 2011, s. 12). Osa vesipiikkaustapaturmista on johtanut kuolemaan. (TVK 2023). Vesisuihkun vaikutus on ampumahaavan kaltainen, kun suuri määrä energiaa siirtyy kudoksiin (Työsuojeluhallinto 2023). Välittömän paineen lisäksi myös kemialliset ja vieraat aineet voivat omalta osaltaan pahentaa tapaturmaa vahingon sattuessa (Rodríguez-Villar ym. 2018).

## 1.2 Tutkimuskysymys ja työn rajaus

Diplomityössä selvitetään, millaisia työturvallisuusriskejä käsikäyttöiseen vesipiikkaus- ja korkeapainepesutyöhön liittyy. Kerätyllä tutkimusaineistolla selvitetään tämänhetkistä työturvallisuustilannetta ja esitetään työturvallisuuteen myötävaikuttavia kehitysehdotuksia.

Diplomityön ohjausryhmien kanssa käytyjen keskustelujen pohjalta nousi esiin tarve tutkia seuraavia asioita:

- laitteiden turvallisuus- ja käyttöohjeistusta,
- koulutusta ja perehdytys työtä varten,
- riskien hallintaa,
- suojarusteita ja
- tarvittavaa työn suunnittelua ja työkohteiden turvallisuutta.

Tutkittavien asioiden myötä päädyttiin esittämään kaksi tutkimuskysymystä:

1. "Millaisia työturvallisuusriskejä käsikäyttöiseen vesipiikkaus- ja korkeapainepesutyöskentelyyn liittyy tällä hetkellä?"
2. "Miten laitteiden ja niillä tehtävän työn turvallisuutta voitaisiin parantaa?"

## 1.3 Tutkimusmenetelmät

Tutkimuksessa TVK:n vahinkoaineiston kautta muodostettiin riittävän laaja otanta sattuneista tapaturmista. Alan asiantuntijoiden haastatteluiden kautta saatiin käsitys nykyisistä työturvallisuuteen vaikuttavista tekijöistä ja kehittämistarpeista.

Tutkimukseen valittiin laadulliset tiedonkeruukeinot, koska haluttiin tutkia ihmisten kokemuksia. Määrälliset tutkimusmenetelmät eivät yksistään olisi riittäneet vastaamaan esitettyihin tutkimuskysymyksiin, mutta määrällistä arviointia on käytetty laadullisen tutkimuksen tukena TVK:n aineiston analysoinnin myötä. Tutkimuksen laadullinen arviointi suoritettiin teoriaohjaavan sisällönanalyysin keinoin, sillä tutkimuksen empiirisessä osuudessa nousi esiin hyviä teorioita, joiden avulla voitiin vastata tutkimuskysymyksiin. Tutkimuksen analysoinnissa käytettiin kolmea eri viitekehystä, sillä tutkimukseen pyrittiin saamaan syvyyttä tällä keinolla. Lincoln ja Guba (1985, s. 305–306) ovatkin esittäneet, että eri tutkijoiden tutkimustulosten ja teorioiden käyttö ovat eräitä keinoja tuoda tutkimukseen luotettavuutta.

Tutkimusmenetelmät jaetaan työssä kahteen osaan: aineistotutkimukseen ja haastattelututkimukseen. Aineistotutkimus valittiin tutkimusmenetelmäksi, sillä haastatteluja varten tarvittiin riittävä kohdeymmärrys aiheesta. Aineisto sekä tutkimuksen empiirinen osuus ohjasivat haastattelukysymysten laadintaa.

Aineistotutkimus toteutettiin analysoimalla TVK:n toimittamaa vesipiikkausta- ja korkeapainepesua käsittelevää vahinkoaineistoa sekä työönnettomuustutkintaraportteja (TOT) laadullisin menetelmin. TOT-raportit tutkittiin tapaustutkimuksina Reasonin (1990, s. 208) tapaturmateoriaa hyödyntäen. Yin (1994, s. 13) on esittänyt tapaustutkimusten olevan empiirinen tutkimus, jossa tutkitaan nykyajan ilmiötä.

TVK:n toimittamaa vahinkoaineistoa tutkittiin teoriaohjaavasti laadullisin menetelmin Carayonin ym. (2015) esittämässä sosioteknisessä viitekehksessä, koska tarkkaan rajattua aihetta haluttiin tarkastella osana isoa järjestelmää.

Haastattelut valittiin tutkimusmenetelmäksi, sillä aiheen syvällisen ymmärryksen saavuttamiseksi aiheesta tarvittiin alan asiantuntijoiden näkemystä. Haastattelujen avulla päästään tutkimaan ihmisten kokemuksia, jotka muuten jäisivät selvittämättä (Peräkylä 2005, s. 869). Haastattelusuudessa selvitettiin vesipiikkaus- ja korkeapesua suorittavien yritysten työntekijöiden ja toimihenkilöiden sekä työn tilaajien kokemuksia töistä ja töihin vaikuttavista turvallisuushaasteista. Teemahaastattelu valittiin haastattelumenetelmäksi, sillä kuten Hirsijärvi ja Hurme (2022) esittävät, haastattelut etenevät tällä haastattelumenetelmällä keskeisten

teemojen varassa. Haastatteluaineistoa analysoitiin teoriaohjaavasti Bayramova ym. (2023) esittämän teorian mukaisesti aineiston ehdoilla siten, että analysointi pysyi johdonmukaisena

Aineistotutkimuksella ja haastatteluilla saatiin vastaus tutkimuskysymykseen:

1. "Millaisia työturvallisuusriskejä käsikäyttöiseen vesipiikkaus- ja korkeapainepesutyöskentelyyn liittyy tällä hetkellä?"

Haastattelututkimuksella saatiin vastaus myös toiseen tutkimuskysymykseen:

2. "Miten laitteiden ja niillä tehtävän työn turvallisuutta voitaisiin parantaa?"

## 2. Lähtökohtia turvalliseen vesipiikkaus- ja korkeapainepesutyöhön

---

Vesipiikkauksella ja korkeapainepesulla on tärkeä ja vakiintunut rooli rakentamisessa ja teollisuudessa. Rakentaminen ja teollisuus ovat jo lähtökohtaisesti korkean tapaturmariskin toimialoja (TVK 2023). Korkeapainepesutyöt ovat luokiteltu tapaturmavaaralliseksi työksi ja TVK:n Työonnettomuustutkinnat (TOT) osoittavat, että käsikäyttöisillä laitteilla suoritettavat korkeapainepesutyöt ovat aiheuttaneet kuolemia ja vakavia tapaturmia (Työterveyslaitos (TTL) 2023; TVK 2023).

### 2.1 Korkeapainepesutyöskentelyä ohjaava lainsäädäntö

Työnantajan on huomioitava työntekijän henkilökohtaiset edellytykset ja yksilölliset työsuojelutoimenpiteet. (Finlex 2002). Työturvallisuuslain lisäksi myös valtioneuvoston päätöksillä ja -asetuksilla annetaan yksityiskohtaisempia alakohtaisia veloitteita turvallisempaan työskentelyyn (Sosiaali- ja terveysministeriö 2021). Työn tilaaja on velvollinen organisaationsa ulkopuolisesta työvoimasta – tilaajan tehtävä on selvittää, että sopimuskumppani on hoitanut lain edellyttämät veloitteet. (Työsuojelu 2023).

## 2.2 Koneiden turvallisuusasetuksen uudistuminen 2027

Koneiden turvallisuutta tarkastellaan koko EU-alueen kontekstissa. Koneiden turvallisuus pohjautuu EU:n konedirektiiviin 2006/42/EY ja vaatimukset on otettu Suomessa käyttöön valtioneuvoston koneasetuksella. Tällä valtioneuvoston asetuksella velvoitetaan valmistajia ja heidän valtuutettuja toteuttamaan vaaditut turvallisuus- ja ergonomia-asiat (Finlex 2008). Tämä koneiden turvallisuutta ohjaava 2006 käyttöön otettu konedirektiivi on päivittymässä. Uusi asetus otetaan käyttöön 2027, jolloin se kumoaa nykyisen direktiivin. Uudistuvan asetuksen myötä ollaan myös laatimassa standardisointipyyntöä koneturvallisuusstandardeihin. (EU:n neuvosto 2023; METSTA 2023)

Tämän uudistuksen tavoitteeksi on esitetty koneiden vapaan liikkuvuuden mahdollistamista markkinoilla sekä koneita käyttävien henkilöiden suojeleminen. Jäsenvaltioiden velvoittavat vastuut koneiden turvallisuudesta tulevat kasvamaan uudistuksen myötä – jäsenvaltioiden vastuulla on harjoittaa markkinavalvontaa, joka varmentaa koneiden vaatimustenmukaisuuden. Valmistajien vastuuta suunnittelussa ja markkinoille saattamisessa tullaan kasvattamaan: valmistajat tai heidän edustajansa ovat muun muassa velvoitettuja laatimaan riskinarvio sekä tekninen rakennetiedosto, joka osoittaa koneen olevan turvallinen käyttäjälle (EU-OSHA, 2021).

## 2.3 Standardit osana työturvallisuutta

Kansainvälinen standardisointijärjestö International Organization for Standardization (ISO) ja International Electrotechnical Commission (IEC) muodostavat maailmanlaajuisen standardisointijärjestelmän, joka käsittelee eri tekniikan aloja (SFS-EN ISO/IEC 17000, 2020 s. 4). Standardit ovat Suomen Standardisointiliiton (SFS) mukaan kirjallisia yhteisten hyvien toimintatapojen mukaisia julkaisuja, joissa määritetään tuotteen ja palveluiden ominaisuuksia, vaatimuksia tai järjestelmien toimintaa (SFS 2023). Koneturvallisuuden osalta standardit ovat yleensä vapaaehtoisia, mutta toisinaan standardeissa on viittauksia lainsäädäntöön ja niiden soveltaminen on joissain tapauksissa pakollista (METSTA 2023).

Standardissa SFS-ISO 45001 (2018) käsitellään työterveyttä ja niiden turvallisuusjärjestelmien soveltamisohjeita ja vaatimuksia. Standardin mukaisesti organisaation vastuulla on organisaatioon kuuluvien ihmisten fyysisen ja psyykkisen terveyden edistäminen. Julkaisussa määritellään seikkaperäisesti organisaatiolle ja sen eri tasoille ohjeita ja työkaluja, joiden avulla erikokoiset organisaatiot voivat edistää ja parantaa työturvallisuuttaan. Vesipiikkausta koskevissa standardeissa SFS-EN 1829-1 (2021) ja SFS-EN 1829-2 (2008) esitetään käsikäyttöisen vesipiikkauslaitteiston turvallisuutta ja turvallisen työskentelyn edellytyksiä. Nämä standardit ovat yhteyksissä useisiin normatiivisiin viittauksiin, jotka ovat yhteydessä laitteiston kannalta olennaisiin asioihin (SFS-EN 1829-1, 2021 s. 6–8).



## 3. Työturvallisuuden kehittäminen

---

Työturvallisuuden tutkiminen on yritys vastuullisuutta. Yritysten työturvallisuustyön lisäksi tarvitaan jatkuvaa tutkimus- ja kehitystyötä (Jounila 2021, s. 58). Rakentamisessa työtapaturmien tapaturmatilastot ovat kaksinkertaisia muihin teollisuusaloihin nähden. Erilaisiksi syiksi on tunnistettu muun muassa huolimattomuus, vahingot, toimintatavat, olosuhteet sekä vähättelevä suhtautuminen työturvallisuuteen (Erkkilä--Häkkinen 2016 s. 197). Teollisuuden tapaturmatilastot ovat myös korkeampia kuin keskimäärin muilla toimialoilla. (TVK 2023; Suomen virallinen tilasto (SVT) 2023)

### 3.1 Riskien hallinta osana työtapaturmien ennaltaehkäisyä

Standardissa SFS-ISO 31000 (2018, s. 5–14) on määritelty työkaluja, joiden avulla riskejä voidaan hallita. Riskienhallinta on jaettu kolmeen pääkategoriaan: periaatteisiin, puitteisiin ja prosessiin. Periaatteissa luodaan ja sidotaan arvot yrityksen toimintaan. Puitteiden tarkoitus on yhdistää riskienhallinta organisaation keskeisiin toimintatapoihin ja tehtäviin. Prosessissa tarkoituksena on soveltaa järjestelmällisesti menettelyjä ja käytäntöjä, jotta riskienhallinta tavoittaa tehokkaasti koko organisaation ja sidosryhmät. Organisaatio voi ottaa nämä käyttöön joko kokonaan tai osittain ja kehittää niitä tarpeen mukaan. Standardissa on mainittu, että riskinhallinnan periaatteet ovat sovellettavissa kaikkeen toimintaan organisaatiossa. Albanesi ym. (2023) nostivat tutkimukses-

saan esille riskinarvioinnin olevan monitieteellinen ja vakiintunut tieteenala, jossa tarvitaan muun muassa insinöörien ja tilastotieteilijöiden näkemysten yhteensovittamista.

Riskien arviointia voidaan suorittaa esimerkiksi riskimatriiseilla. Taulukossa 1 on esitetty koneturvallisuutta käsittelevän teknisen raportin SFS-ISO/TR 14121-2 (2014, s. 24) mukainen riskien arviointitaulukko, jossa muuttujina käsitellään vahingon vakavuutta sekä vahingon todennäköisyyttä.

## 3.2 Työturvallisuuden päivittäinen arviointi työpaikalla

Työskentely-ympäristö ja työkohteet vesipiikkaustöissä ovat usein jo lähtökohtaisesti vaarallisia ja korkean tapaturmariskin kohteita, koska työmenetelmää käytetään rakentamisessa ja teollisuudessa, jotka ovat

työturvallisuuden kannalta haastavia ympäristöjä (Työturvallisuuskeskus 2023; TVK 2023; Työterveyslaitos 2023).

Simola (2005, s. 221–223) tutki väitöskirjassaan turvallista johtamista esimiestyönä isossa teollisessa organisaatiossa. Tutkimuksessa pääteltiin, että tärkein rooli turvallisuuskulttuurissa ja muuttamisessa on johdolla: ylin johto asettaa suunnan työturvallisuudelle ja sen kehittämistoimenpiteille. Ammattimaisesta esimiestyöstä nostettiin esille johdon ohjausvoiman toteutuminen: päivittäisessä toiminnassa tulee turvallisuuden toteutumiseksi noudattaa yhteisesti laadittuja pelisääntöjä tunnollisesti ja tarkasti. Myös ISO-standardissa SFS 31000 (2018) korostetaan johtamisen merkitystä osana riskienhallintaa.

Rakennustyömaalla työturvallisuutta arvioidaan Talonrakennus-mittarilla (TR) ja maa- ja vesirakentamisessa vastaavasti Maa- ja vesirakennus-mittarilla (MVR). Molemmissa mittausmenetelmistä arvioidaan työmaan

Taulukko 1. Koneturvallisuuden riskimatriisi (mukaillen SFS-ISO/TR 14121-2 2013, s. 24).

| Todennäköisyys            | Vakavuus:<br>Tuhoisa | Vakavuus:<br>Vaikea | Vakavuus:<br>Kohtalainen | Vakavuus:<br>Vähäinen |
|---------------------------|----------------------|---------------------|--------------------------|-----------------------|
| Erittäin todennäköinen    | Suuri                | Suuri               | Suuri                    | Keskimääräinen        |
| Todennäköinen             | Suuri                | Suuri               | Keskimääräinen           | Pieni                 |
| Epätodennäköinen          | Keskimääräinen       | Keskimääräinen      | Pieni                    | Merkityksetön         |
| Erittäin epätodennäköinen | Pieni                | Pieni               | Merkityksetön            | Merkityksetön         |

turvallisuutta ja turvallista työskentelyä yksiselitteisillä arviointimenetelmillä. Molempia mittareita voidaan käyttää työsuojelun viranomaistarkastuksissa (Työsuojelu 2023). TR-mittausten avulla annetaan objektiivista palautetta pelkän negatiivisen palautteen sijaan ja mittauksissa kiinnitetään huomioita asioihin, jotka voivat aiheuttaa sekä lieviä--, että vakavia tapaturmia. (Laitinen ym. 1998). TR-mittauksesta on olemassa tanskalainen variaatio Turvallinen työpaikka -mittaus, jota muun muassa Mikkelsen ym. (2010) ovat tutkineet. He päättelivät, että valvojan tekemillä loukkaantumisriskihavainnoilla ja tilastoilla oli selkeitä yhteyksiä. Myös Laitinen ym. (1998) osoittivat samoja päätelmiä omassa tutkimuksessaan.

### 3.3 Tapaturmataajuus ja tapaturmien määrän kehittyminen

Tapaturmataajuus on yksi tärkeä määrällinen keino arvioida tapaturmariskejä, josta saadaan toimialakohtaisia riskilukuja. Tapaturmataajuus lasketaan suhteuttamalla tapaturmat tehtyjen tuntien lukumäärään, joka esitetään tapaturmien esiintyvyytenä miljoonaa työtuntia kohden (SVT, 2023). Tapaturmataajuuksia voidaan tarkastella työturvallisuutta kuvaavina virstanpylväinä, joista voidaan oppia ja tehdä kehitystoimenpiteitä, jotta voidaan edetä kohti pienempää tapaturmataajuutta ja kohti tavoitetta – nollaa tapaturmaa Koivupalo (2019, s. 78). On myös erityisen tärkeää, että tapaturmien analysointi ei jää pelkkien tilastojen analysoinnin tasolle, sillä työturvallisuuden edistäminen vaatii konkreettisia toimia. Kuten Hofmann ym. (2017) ovat todenneet: työturvallisuutta ei pidä

tarkastella vain tilastoina ja datana tietokannoissa, sillä data edustaa tapaturmia, vakavia vammoja ja kuolemia.

Suomessa työtapaturman tutkimisissa voidaan käyttää Tilastokeskuksen tietokantoja apuna, joista saadaan tilastollisia riskilukuja, esimerkiksi edellä mainittu tapaturmataajuus. Tässä arviointimenetelmässä on huomioitavaa kuitenkin, että tapaturma-<sup>3</sup>alttius vaihtelee myös samassa ammatissa ja toimialan sisällä työtehtävien mukaan (SVT 2023).

Tapaturmien määrän muutoksiin lyhyen aikavälin tarkastuksella on löydetty syitä talouden noususuhdanteista ja työn volyymistä, jotka suoraan vaikuttavat tapaturmataajuuden kehittymiseen. Pidemmän aikavälin muutosten syiksi on esitetty tuotantorakenteen- ja teknologian kehittyminen, työturvallisuuden kehittäminen ja hallintamenettely. (TVK, 2021)

Työtapaturmaksi on määritetty SVT:n (2023) mukaisesti seuraavat:

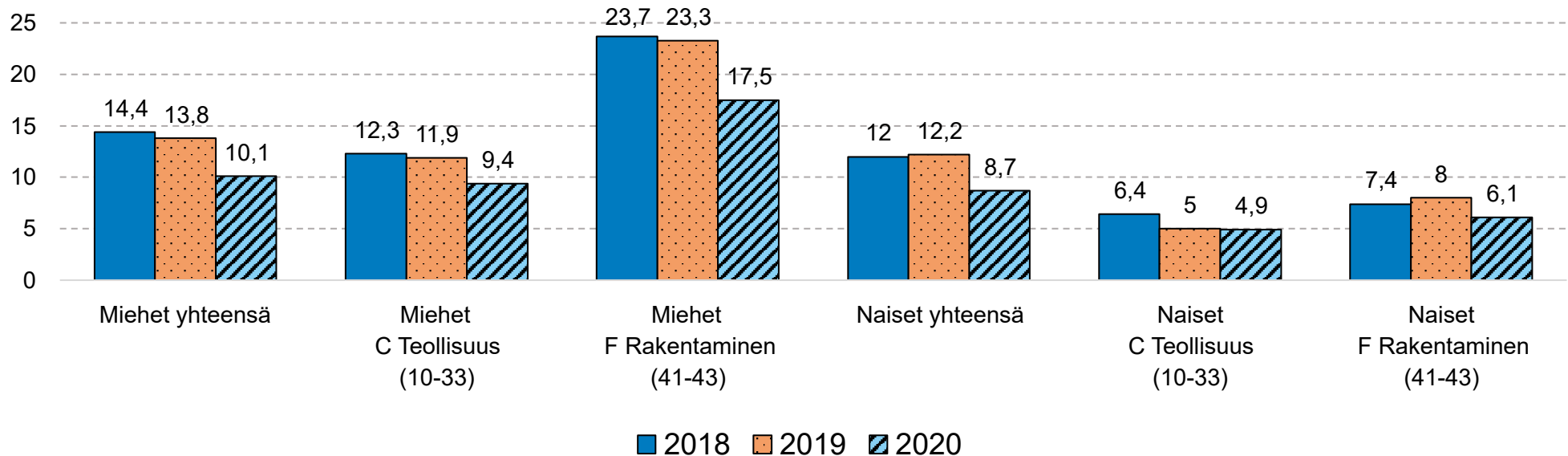
- tapaturma, joka on aiheuttanut vamman tai sairauden työssä tai työstä johtuvissa olosuhteissa,
- työtapaturma, josta vakuutuslaitos on maksanut korvausta.

Kuvassa 1 on esitetty palkansaajien tapaturmataajuus vuosina 2018–2020.

Kuvasta 1 nähdään, että rakentamisessa on sattunut selvästi eniten tapaturmia ja miehillä sattuu huomattavasti enemmän tapaturmia kuin naisilla. Erityisesti rakentamisessa ero on valtava: miehillä tapaturmia on sattunut liki kolmenkertaisesti verrattuna naisten tapaturmiin. Kuvasta 1 on huomattava, että tässä tapaturmataajuustilastossa on huomioitu

kaikki SVT:n määrittämät teollisuuden- ja rakentamisen alat. Teollisuuden sisältyy tässä kuvaajassa kymmeniä erilaisia toimialoja ja rakentamiseen sisältyy talonrakentaminen, maa- ja vesirakentaminen sekä erikoistunut rakennustoiminta.

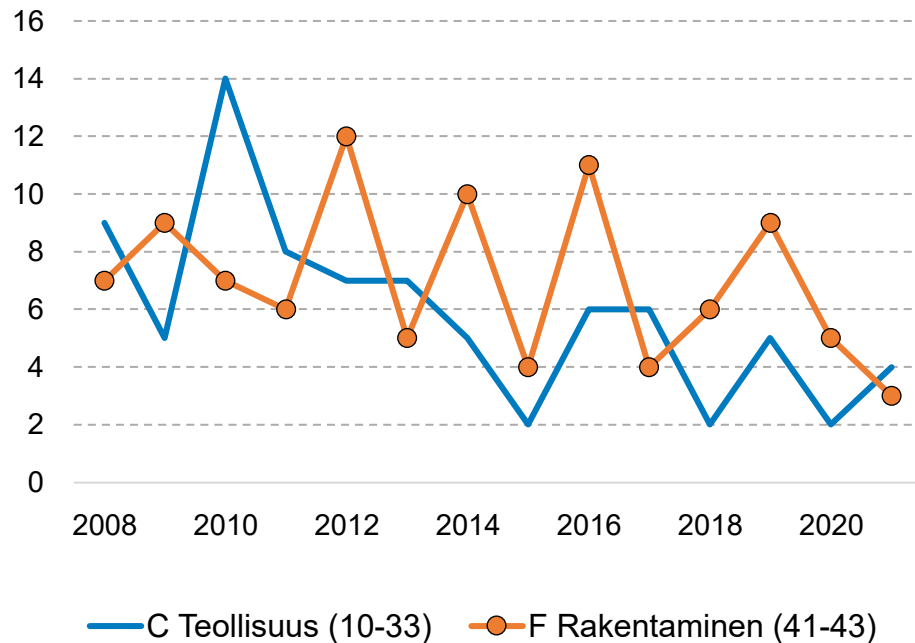
### Tapaturmataajuus miljoonaa työtuntia kohden 2018-2020



Kuva 1. Miesten ja naisten tapaturmataajuudet teollisuudessa, rakentamisessa ja yhteensä kaikilla toimialoilla 2018–2020 (mukaillen SVT 2023).

Kuvassa 2 on esitetty teollisuuden ja rakentamisen työpaikkakuolemat välillä 2008–2021:

### Teollisuuden ja rakentamisen työpaikkakuolemat 2008-2021



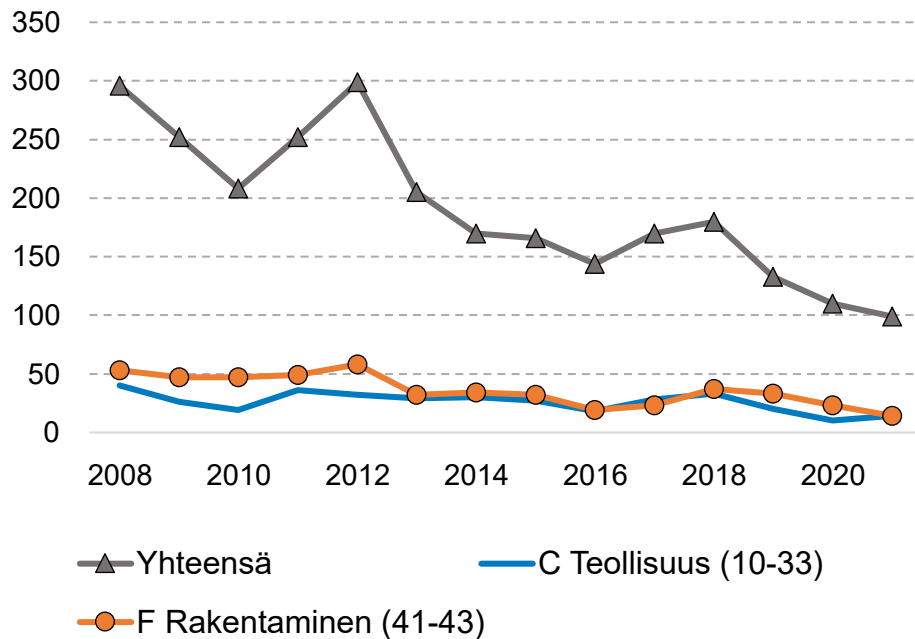
Kuva 2. Työpaikkakuolemat teollisuudessa ja rakentamisessa 2008–2021 (mukaillen SVT 2023).

Kuvasta 2 nähdään, että vuonna 2010 teollisuudessa on sattunut enemmän kuolemaan johtaneita tapaturmia, kuin rakentamisessa. Rakentamisessa tapaturmien määrä on vaihdellut, siten että vuosittain on vähimmillään sattunut 4- ja enimmillään 12 kuolemaan johtanutta tapaturmaa. Vaikka rakentamisessa on esitetty olevan suotuisaa kehitystä tapaturmissa, niin tilastoista nähdään, että kuolemia sattuu edelleenkin joka vuosi. Teollisuudessa korkein lukema on vuonna 2010, jolloin yhteensä 14 työntekijää kuoli tapaturmissa.

Mikäli työkyvyttömyys jatkuu vielä vuoden vahinkotapahtumasta, niin työntekijälle maksetaan tapaturmaeläkettä (TVK, 2023). Kuvasta 3 nähdään, että tapaturmaeläkkeeseen johtaneet tapaturmat ovat laskeneet aikavälillä 2008–2021, mutta välille on mahtunut vuosia, jolloin tapaturmia on sattunut enemmän. Nähdään, että rakentaminen ja teollisuus mukailevat kaikkien toimialojen kehitystä.

Vesipiikkausta käytetään rakentamisessa ja teollisuudessa. Se on yksi mahdollinen vaara aiheuttava työtehtävä, mutta kuten edellä esitetyistä kaavioista näkyy, rakentamisen ja teollisuuden alalla työtapaturmat ovat muutenkin yleisiä. Osa tapaturmista on johtanut työkyvyttömyyteen tai jopa kuolemiin. On tärkeää tutkia työturvallisuutta näiden alojen eri tehtävissä, jotta voidaan selvittää keinoja pienentää onnettomuusriskiä. Inhimillisen kärsimyksen lisäksi tapaturmilla on myös kansantaloudellisia vaikutuksia (Rissanen ja Kaseva 2014).

### Tapaturmaeläkkeet vuosina 2008-2021



Kuva 3. Tapaturmaeläkkeet vuosina 2008–2021 (mukaillen SVT 2023).

### 3.4 Tapaturmat ja ergonomia

Launis ja Lehtelä (2011, s. 19) ovat määritelleet ergonomian ajattelutapana, soveltavana tutkimusalueena sekä käytännön toimijana: ergonomia on tekniikan ja toiminnan sovittamista ihmisille, jonka avulla edistetään työhön liittyvää turvallisuutta, terveyttä ja hyvinvointia ja järjestelmän häiriötöntä ja tehokasta toimintaa. Reiman ym. (2021) osoittivat tutkimuksessaan, että ergonomia-asiantuntemusta tarvitaan suunnittelemaan, soveltamaan ja käyttöönottamaan uutta teknologiaa. Reiman ja Suokko (2020) ovat tutkineet valmistavan teollisuuden näkökulmasta ergonomian haasteita, kuten tilan puutteesta johtuvia hankalia työasentoja, työn häiriöttömyyttä ja sujuvuutta. Tutkimuksessa ergonomian kehitystoimenpiteillä saavutettiin näyttöä paremmasta tuottavuudesta, sairaspöissaolojen vähentymisestä, työturvallisuuden kohentumisesta sekä työhyvinvoinnista.

Tapaturmien taustalla on usein monia tekijöitä, mutta aiheuttajaksi voidaan tunnistaa yksi tai useampi ratkaiseva syy. Jos tapaturmassa esiintyy monta samanaikaisesti tapaturmaan myötävaikuttavaa tekijää, voidaan katsoa, että tapaturma on seurausta ergonomian puutteesta. Tekijät voivat olla esimerkiksi seuraavanlaisia: vaaraa ei nähdä tai kuulla, ohjeet ovat puutteelliset, työ on liian kuormittavaa, työtila tai järjestelyt ovat puutteelliset. Ergonomiaan esitetään kaksi lähestymistapaa: suunnittelulinja sekä työtieteet ja työn muotoilu. Suunnittelulinjassa painopiste on teknisten järjestelmien ja laitteiden kehityksessä. Työtieteet ja työn muotoilu edustaa kuormituksen säätelyä ja ihmiselle optimaalisen kuormitustason etsimistä (Launis ja Lehtelä, 2011. s. 26–27, s. 335)



Käsillä tehtävään työhön ja käsikäyttöisten työkalujen huonon ergonomian sekä turvallisen käytön välillä on syy-yhteyksiä. Erityisesti kahvojen suunnittelussa tulee huomioida yksilölliset tarpeet ja suunnitteluvaiheessa on tehtävä yhteistyötä teollisuuden tutkimus- ja suunnittelukustusten kanssa (Matuszek ja Drobina 2018, s. 72). Eräänä ergonomiaa edistävänä ratkaisuna on tutkittu päälle puettavaa tukirankaa. Onofrejevá ja Baláziková (2021) tutkivat tukirankaa autoteollisuudessa lämmönvaihtimen kokoonpanolinjalla. He suorittivat ergonomian riskianalyysin, jossa he havaitsivat päälle puettavan tukirangan olevan eräs ratkaisu lisätä kuormankäsittelykapasiteettia ja ehkäistä ergonomian puutteesta aiheutuvia ongelmia.

## 4. Työturvallisuuden analysoinnissa käytetyt viitekehukset

---

Tutkimuksen empiiriseen työturvallisuustutkimusosioon on tässä työssä käytetty kolmea viitekehystä, joilla saatiin raamit tutkimuksen teoriaohjaavalle analyysille. Kappaleessa 4.1 esitetty viitekehys on Reasonin (1990, s. 208) esittämä klassinen tapaturmateoria. Kappaleiden 4.2 ja 4.3 mallit pohjautuvat sosiotekniseen järjestelmään, jossa työturvallisuutta tarkastellaan osana isoa kokonaisuutta, johon liittyvät kaikki osatekijät työntekijästä lainsäädäntöön Carayon ym. (2015).

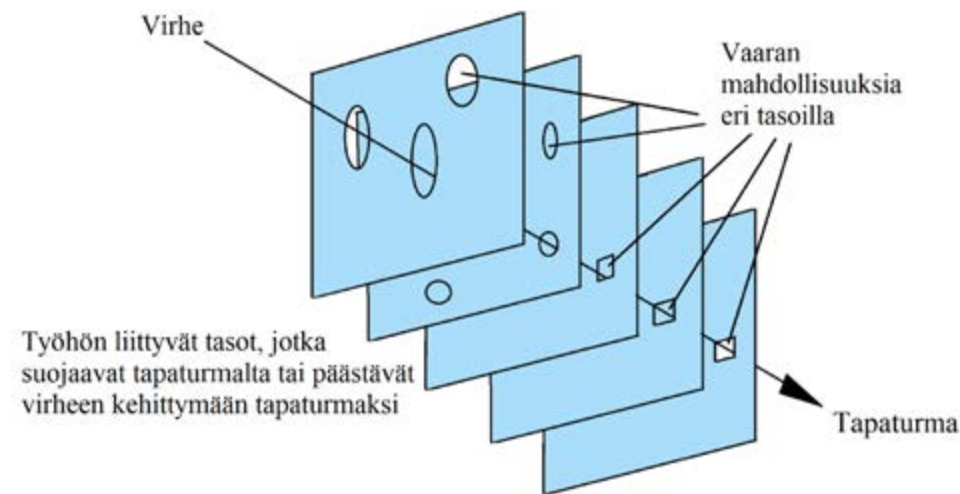
### 4.1 Reasonin tapaturmateoria

Kuvassa 4 on esitetty malli, jota voidaan hyödyntää tapaturmatutkimuksissa (Reason 1990, s. 204–210). Tässä mallissa tapaturma on esitetty kuvassa nuolena, joka kulkee tapaturmaa edeltävien tasojen läpi. Tasot toimivat suojaavina tekijöinä, mutta niissä voi olla turvallisuuspuutteita,

jotka näkyvät kuvassa esitetyn mallin mukaisesti aukkoina. Turvallisuuspuute voi siis tapahtua millä vain tasolla: organisaation ylimmällä tasolla, työnjohdossa tai esivalmisteluissa, huolimattomasti tehdyn työn takia tai muiden tekijöiden vuoksi. Tapaturma syntyy, kun riittävän monessa suojaavassa kerroksessa on aukko samanaikaisesti. Mallin tarkoitus on havainnollistaa, että tapaturma on useamman tekijän summa, eikä tapaturmia tutkiessa tule keskittyä vain viimeiseen tason virheeseen, joka voi olla vesipiikkauksessa esimerkiksi mekaanisen osan rikkoutuminen tai laitteen käsittelystä johtuva vaara.

Reasonin kehittämää teoriaa ovat myöhemmin tutkineet ja hyödyntäneet lukuisat tutkijat. Esimerkiksi Larouzeé ja Guarneri (2015) selvittivät mallin soveltumista 2010-luvun onnettomuuksiin. Tutkimuksessa todettiin, että malli on toimiva viitekehys tietynlaisissa tapauksissa, joissa ihminen ja

ihmisen toiminta on keskeisessä roolissa, kuten kulkuvälineissä, esimerkiksi lentokoneissa tai junissa sekä operointitehtävissä ydinvoimaloissa. Mallia voitaisiin tutkimuksen mukaan pitää vanhentuneena pitkälle automatisoituihin järjestelmiin. Fukuoka ja Fursho (2016) ovat tutkineet Reasonin teoriaa merionnettomuuksissa. Heidän tutkimustuloksensa tukivat teoriaa: he löysivät työn eri tasoilla avautuvia ja sulkeutuvia aukkoja eli turvallisuuspuutteita ja erilaisia onnettomuuspolkuja. Li ja Thimbleby (2014) huomauttivat, että mikään virheen laadullinen malli ei voi olla täydellinen. He ovat tutkineet mallin soveltamista ja toteavat mallin olevan sovellettuna hyvä lähtökohta virheiden ymmärtämiseen ja syvälliseen keskusteluun. Vesipiikkauksen ollessa ihmisten toteuttamaa käsillä tehtävää työtä, joka koostuu useista tasoista, Reasonin mallia voidaan lähtökohtaisesti pitää sopivana viitekehyksenä vesipiikkaustapaturmien tarkasteluun.



Kuva 4. Reasonin tapaturmateoria (mukaillen Reason 1990, s. 208).

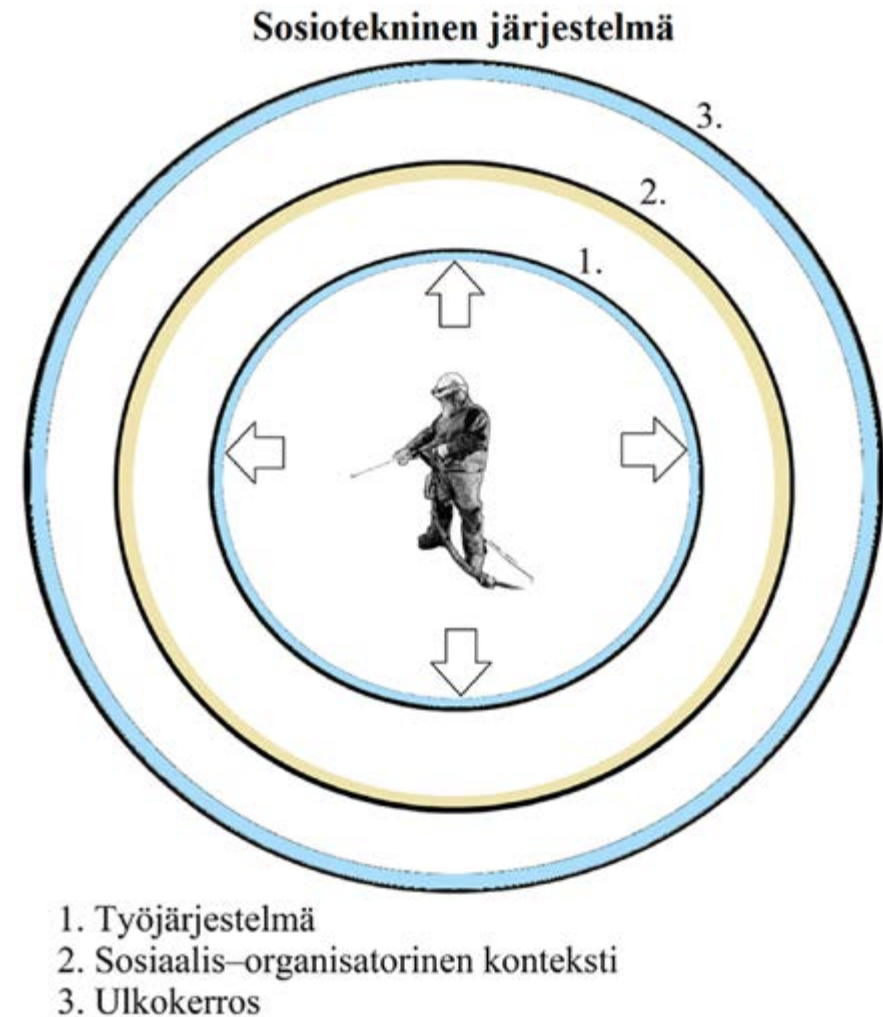
## 4.2 Sosiotekninen järjestelmä

Lukuisat tutkijat ovat esittäneet erilaisia variaatioita sosioteknisistä järjestelmistä, riippuen siitä tekijöitä halutaan painottaa ja nostaa esiin. Esimerkiksi Zarei ym (2023) ovat tutkineet sosioteknisen mallin soveltamista ennakoivaan arviointiin. Toisaalta he toivat tutkimuksessaan esille, että malli on lupaava myös sietokyvyn arvioimiseen: suorituskykyä muokkaavien tekijöiden ja sietokyvyn on löydettävissä merkityssuhteita erityisesti teollisuuden kunnossapitotöissä. Zhou ym. (2018) puolestaan ovat tutkineet torninosturin turvallisuutta He osoittivat torninosturin turvallisuuteen vaikuttavan kymmeniä eri tekijöitä, jotka vaikuttavat laitteen turvalliseen käyttöön. Murphy ym. (2018) ovat tutkineet raskaan liikenteen työoloja sosioteknisestä näkökulmasta. He saivat näkyvimpiä tuloksia työntekijöiden ja heidän toimintaansa liittyvistä tekijöistä, kuten sisäisestä ympäristöstä ja organisaatiosuunnittelusta. Coze ym. (2017) ovat tutkineet korkean tapaturmariskien teollisuutta. He huomauttavat että, riskiprofiili on muuttuva markkinoiden kehittyessä sekä teknologian ja organisaation muuttuessa.

Carayon ym. (2015) esittivät tutkimuksessaan sosioteknisen viitekehyksen, jonka tarkoitus on osoittaa systeemiä vaaroja, jotka johtuvat organisaation ongelmista. Tutkimuksessa kriittisiä näkemyksiä, joiden mukaan nykyisillä riskienhallintamalleilla on uhkana jättää käsittelemättä piileviä ja syntyviä riskejä, sekä toisaalta huomautetaan yritysmaailman realiteetit, kuten ristiriita turvallisuuden ja tuotannon tehokkaan toiminnan välillä: turvallisuus on esiin nouseva ominaisuus, joka ei ole irrotettavissa sellaisenaan järjestelmästä. Tuotantopaineen ja työturvallisuuden yhteys on tunnistettu useissa tutkimuksissa ongelmalliseksi turvallisen

työskentelyn kannalta. Zarei ym. (2023) löysivät syy-seuraussuhteita tuotantopaineen ja työturvallisuuden toteutumisen välillä. Myös Woods (2006) nostaa tutkimuksessaan esille tuottavuuden ja turvallisuuden yhteensovittamisen merkityksen.

Kuvassa 5 on esitetty Carayonin ym. (2015) versio sosioteknisestä järjestelmästä, jota voidaan käyttää työturvallisuuden arviointiin. Tässä mallissa työntekijä on keskellä. Työntekijän ympärillä on kolme elementtiä, jotka kaikki vaikuttavat omalta osaltaan turvallisuuteen. Sisimmäinen kerros on työjärjestelmä, johon sisältyy työntekijän näkökulma – ihmisen rooli suhteessa muihin elementteihin, kuten mitä työntekijä kohtaa työssään: tehtävät, työkalut, tekniikat, fyysinen ympäristö ja organisaatiokysymykset. Toiseen kerrokseen, sosiaalisorganisaatoriseen kontekstiin kuuluvat yrityksen sisällä vallitseva sosiaalinen, organisatorinen kulttuuri ja rakenne – asiat, jotka vaikuttavat työntekijän käyttäytymiseen ja tapaan, jolla he ovat vuorovaikutuksessa olemassa olevien elementtien kanssa: turvallisuuskulttuuri ja ympäristö, organisaatorakenne, henkilöstöhallinto ja työnjohdon suhteet. Kolmanteen kerrokseen, eli ulkokerrokseen kuuluvat ulkoinen ympäristö: sosiaalinen, taloudellinen oikeudellinen ja poliittinen ympäristö, joihin lukeutuvat taloudellinen ympäristö, turvallisuusmääräykset, väestölliset rakenteet ja alaa koskevat standardit.



Kuva 5. Sosiotekninen järjestelmä (mukaillen Carayon ym. 2015).

### 4.3 Yhteistä työturvallisuutta korostava malli (safety-in-cohesion)

Kuvassa 6 on Bayramova ym. (2023) esittämä näkökulma yhteisestä turvallisuudesta monimutkaisessa sosioteknisessä järjestelmässä.

Teoriassa esitetään työjärjestelmä toisistaan riippuvina osakokonaisuuksina. Mallissa sosiotekniseen ajatteluun on yhdistetty turvallisuus 1- ja 2 näkökulmat, joista on muodostettu yksi kokonaisuus, jossa pyritään tuomaan kummankin näkökulman parhaat puolet esiin.

Turvallisuus 1 -näkökulmasta turvallisuusjohtamisen lähtökohtana on se, että joku asia on tunnistettu riskiksi tai joku asia menee väärin. Hyväksyttävät ja haitalliset tulokset johtuvat erilaisista toimintatavoista: kun asiat menevät oikein, järjestelmä toimii. Turvallisuuspuutteiden korjaamiseen käytetään "etsi ja korjaa" lähtökohtaa. Turvallisuus 2 -näkökulmassa puolestaan esitetään, että järjestelmän epäonnistumista ei tulisi käsitellä ainutlaatuisena yksittäisenä tapahtumana. Turvallisuusajattelu 2:ssa tarkastellaan järjestelmän toiminnan mukautumista jokapäiväisiin ja muuttuviin toimiin. Näkökulmassa pyritään ymmärtämään miksi asiat menevät, kuin niiden pitäisi mennä (Hollangel ym. 2015).

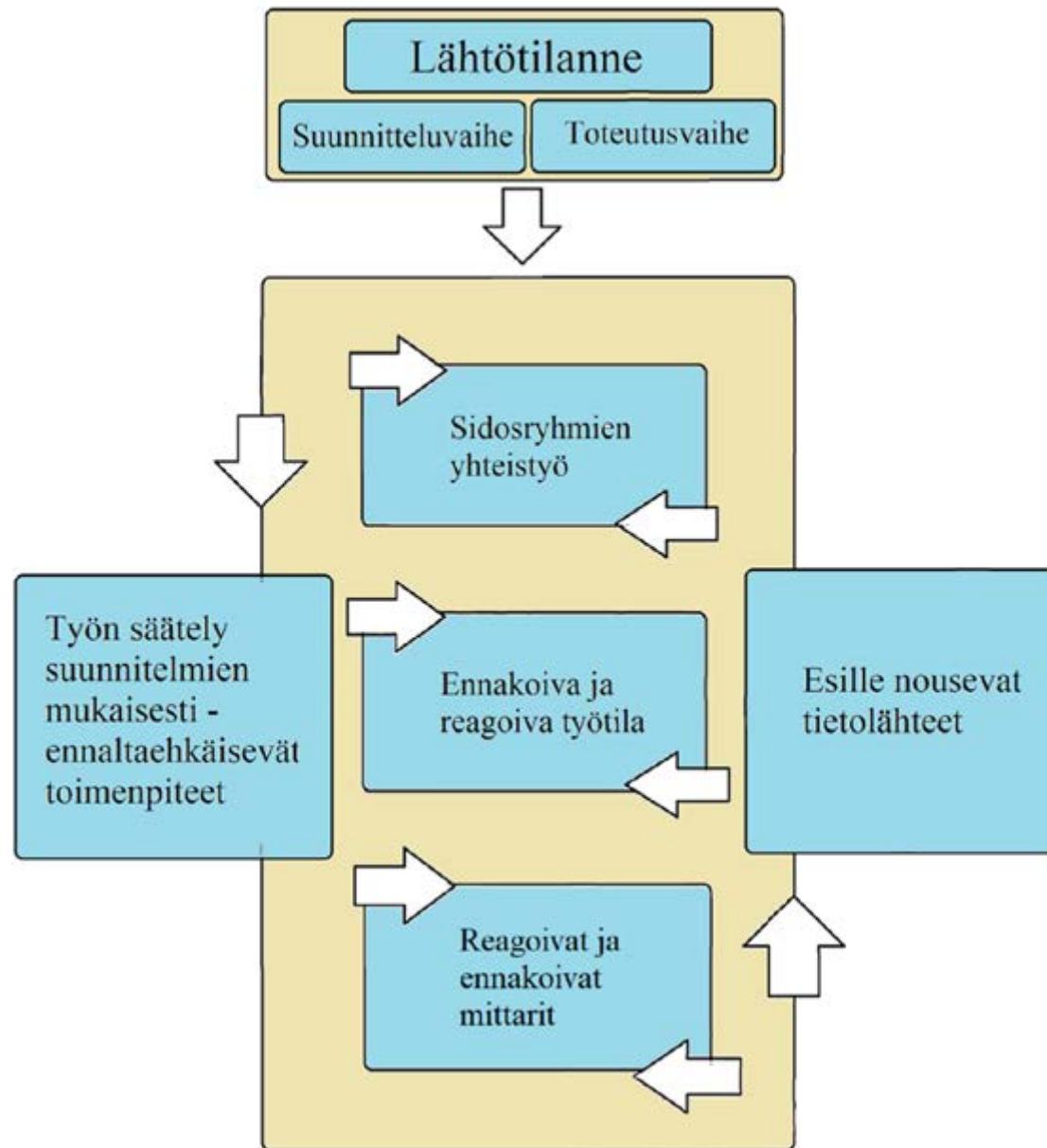
Bayramovan ym (2023) esittämässä mallissa projektille suunnitteluvaiheen lähtökohdiksi on esitetty tuottavuus-, laatu ja turvallisuustavoitteet osana hankkeen käynnistämistä, urakoitsijan turvallisuusinnovaatiot ja ominaisuudet, sekä kumppanuussuhteet suunnittelussa ja rakentamisessa. Malli korostaa yhteistyötä ja nostaa esiin turvallisuuteen vaikuttavat ennakoivat- ja reagoivat ulottuvuudet, sekä tiedon jakamisen merkityksen. Rakentamisen lähtökohdaksi on esitetty työntekijöiden pätevyys,

oppimiskulttuuri ja pätevyyden kehittäminen ryhmissä, korkealaatuiset koneet ja henkilösuojaimet sekä mahdollisuudet parantaa näkyvyyttä ja kommunikaatioita työssä. (Bayramova ym. 2023)

Suunnittelun- ja rakentamisen lähtötiedot asettavat valmiuden kolmelle tekijälle:

1. sidosryhmille, jotka ovat mukana hankkeessa,
2. työtilalle (work mode) jossa tulee huomioida ennakoivat ja reagoivat mittarit onnettomuuksien välttämiseksi,
3. tietolähteille, jossa huomioidaan reagoivat ja ennakoivat indikaattorit.

Nämä kolme tekijää muodostavat toisistaan riippuvan kokonaisuuden, joihin tuotetaan tietoa niin työn aikana saadusta tiedosta, ennakoivista analyyseista, hankkeessa mukana olevien ihmisten tietotaidosta, ihmisen, koneiden ja työmaan vuorovaikutuksesta, sekä työn suunnittelun- ja toteutumisen näkökulmista Bayramova (2023).



Kuva 6. Yhteistä turvallisuutta korostava malli (safety-in-cohesion) (mukaillen Bayramova ym. 2023).



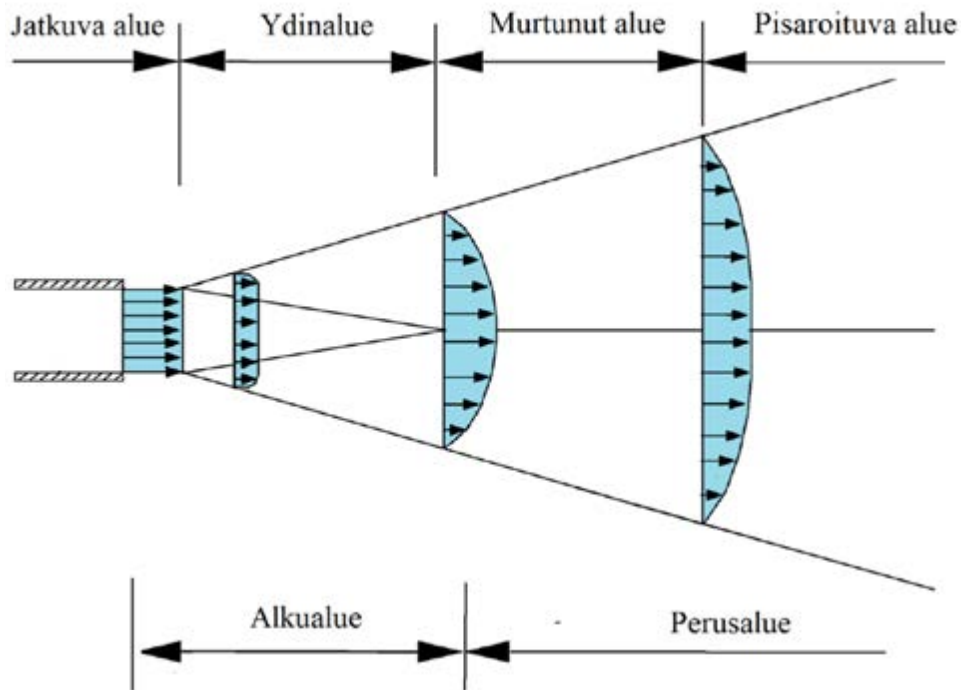
## 5. Vesipiikkaus ja korkeapainepesu

---

Vesipiikkauksessa ja korkeapainepesussa välitön tapaturman aiheuttaja on vesisuihkun osuminen työntekijään. Tapaturman aiheuttajaksi määritellään ESAW-luokittelun (European Statistics on Accidents at Work) mukaisesti: **”Tapaturman aiheuttaja eli vahingoittumistapaan liittyvä välitön aiheuttaja kuvaa fyysistä tekijää, jonka kanssa vahingoittunut ruumiinosa joutui kosketuksiin. Jos vahingoittumistapaan liittyviä aiheuttajia on useita, merkitään vakavimpaan vammaan liittyvä.”** (TVK 2016). Korkeapaineveden aiheuttamien tapaturmien syvällistä analyysiä varten täytyy ymmärtää koko laitteiston toimintaperiaate ja siihen kuuluvien komponenttien merkitykset riittävällä laajuudella.

### 5.1 Käsikäyttöisen laitteen toimintaperiaate ja vesisuihkun malli

Vesipiikkausta käsittelevä standardi SFS-EN 1829–1 (2021, s. 8) määrittää vesipiikkauslaitteen koneeksi, jossa suuttimen tai muun säädettävän aukon kautta saadaan korkeapaineinen vesi ja lisäaine ulos vapaana suihkuna. Lisäaineena voidaan käyttää kemikaalia, hankausainetta tai molempia. Kuvassa 7 on esitetty Zhaon ym. (2021) havainnollistava teoreettinen esitys vesisuihkusta ilmassa, jossa vesisuihku on jaettu kahteen alueeseen: alkualueeseen, joka on jaettu jatkuvaan- ja ydinalueeseen sekä perusalueeseen, joka on jaettu murtuneeseen ja pisaroituneeseen alueeseen.



Kuva 7. Vapaan vesisuihkun kehittyminen ilmassa (mukaiillen Zhao ym. 2021).

### 5.1.1 Laitteet ja niihin kuuluvat osat

Rakennustietokaupan vesipiikkausta käsittelevässä ohjekortissa esitetään, että yleisin vesipiikkauslaite on käsin pidettävä suihkupistooli (Ratu 82–0380 2011, s. 8). Australian hallituksen työterveyteen- ja turvallisuuden erikoistunut lakisääteinen virasto Safe Work Australian vesipiikkausta ja korkeapainepesua käsittelevässä ohjekirjassa esitetään, että laitteisiin kuuluu lyhyemmän, että pidemmän aikavälin tarkastuksia, joista lyhyen aikavälin tarkastuksia tehdään laitteisiin soveltuvin osin. (Safe Work Australia 2013, s. 12) Kuvassa 8 on esitetty kuorma-auton lavalla siirrettävä 1000 bar:n pesulaitekokonaisuus.



Kuva 8. Kuorma-auton lavalla siirrettävä laitteistokokonaisuus.

Standardin SFS-EN 1829-1 (2021, s. 8) mukaan käsikäyttöisen laitteen osat voidaan jakaa seuraaviin pääkomponentteihin:

1. käyttölaitteisto,
2. painegeneraattori,
3. letkukokoonpano,
4. suihkulaitteisto: pistooli tai matoletku, jotka ovat esitetty kuvissa 9 ja 10,
5. turvalaitteet,
6. ohjaus- ja mittauslaitteet.

Suuttimen ja liipaisimen väli suositeltu etäisyys on yli 1,2 metriä, mutta ahtaiden tilojen vuoksi voidaan joutua käyttämään jopa alle 75 cm pituista putkea, jolloin työskentelyyn liittyy korkeampi tapaturmariski (Ratu 82–0380 2011, s. 6). Pistoolin täytyy olla tällöin kahdella kädellä käytettävä ja siinä täytyy olla myös olkapäätuki, jos pituussuuntainen rekyylivoima ylittää 150 N. Suuttimet, joissa vesisuihku ei ole kohtisuorassa pistoolin putkea nähden, aiheutuu vääntömomentti. Vääntömomentista aiheutuva tukireaktio ei saa ylittää arvoa 20 Nm, kun kiertopisteenä on sormenpään keskiosa (SFS-EN 1829-1 2021, s. 14).

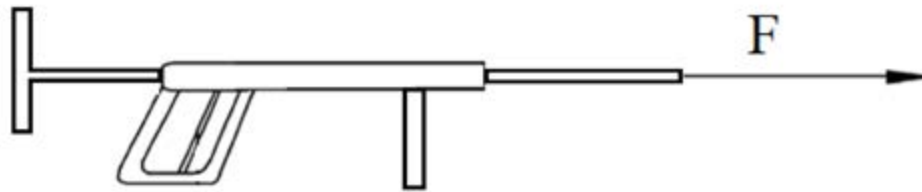
Vesisuihkusta aiheutuvat voimat on esitetty kuvissa 11 ja 12. Kuvassa 11 on esitetty kohtisuora voima ja kuvassa 12 on esitetty vääntömomentti, jos pistoolin putki ei ole kohtisuora.



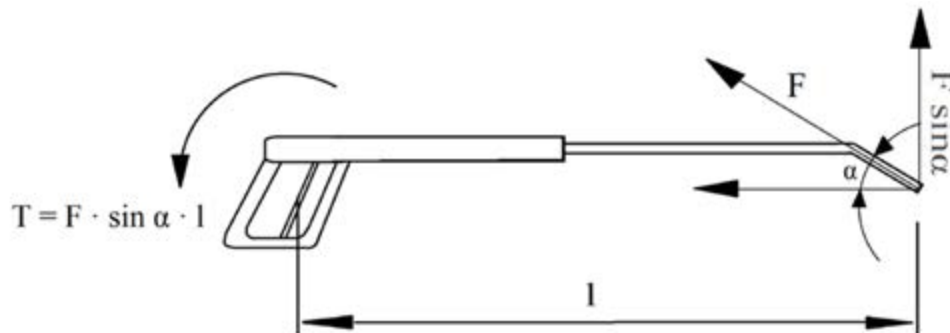
Kuva 9. 1000 barin pesupistooli irrotettuna letkukokoonpanosta.



Kuva 10. Matoletku irrotettuna letkukokoonpanosta.



Kuva 11. Lyhyt – 75 cm pituinen suihkupistooli, joka on pistoolin lyhyen pituuden vuoksi kahdella kädellä ja olkapäätuella varustettu (mukaillen SFS-EN 1829-1 2021, s. 14).



Kuva 12. Kohtisuoraan vinon putken aiheuttama vääntömomentti T (mukaillen SFS-EN 1829-1 2021, s. 14).

Vääntömomentti T, jossa

F = vedenpaineesta aiheutuva reaktivoima,

sin  $\alpha$  = Voiman F ja pysty akselin välinen kulma,

l = varren pituus piipun päästä kahvaan.

## 5.1.2 Suuttimet ja vesisuihku

Safe Work Australia (2013, s. 14–16) esittää vesipiikkausta käsittelevässä ohjekirjassa 5 suutintyyppiä, jotka on jaettu kahteen pääkategoriaan: niihin, joita käytetään kohtisuoraan työstettävää kohdetta vasten (suuttimet 1–3) ja niihin, joita käytetään putkissa (suuttimet 4–5):

1. Neulasuutin (Kuva 13), jossa pistemäistä kohtisuoraan suunnattua vesisuihkuä käytetään leikkaamiseen ja materiaalin rikkomiseen.



Kuva 13. Neulasuutin (mukaillen Hydroblast 2023; Safe Work Australia 2013, s. 15).

2. Viuhkasuutin (Kuva 14), jossa leveää vesisuihkua käytetään pesemiseen.



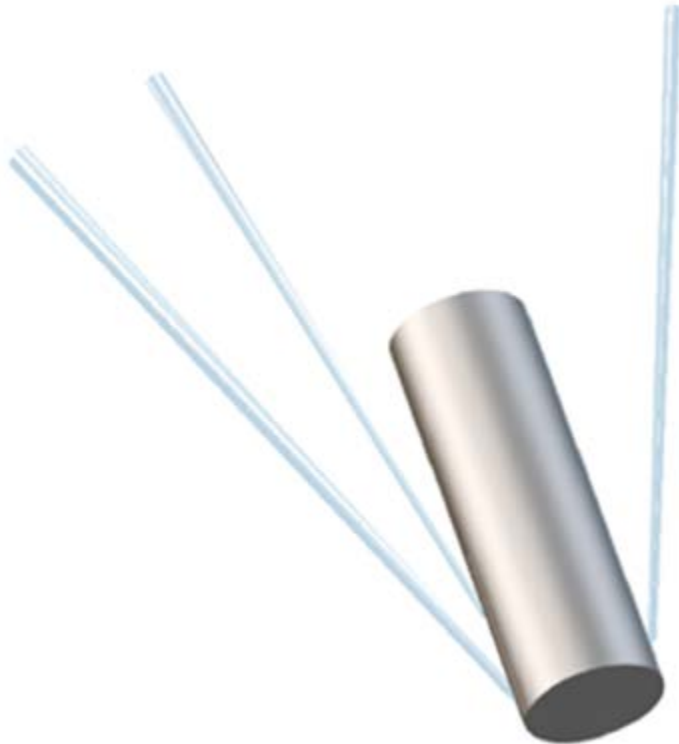
Kuva 14. Viuhkasuutin (mukaillen Hydroblast 2023; Safe Work Australia 2013, s. 15).

3. Pyörivä - pesemiseen soveltuva suutin (Kuva 15) jossa useampi pistemäinen vesisuihku pyörii kohtisuoraan työstettävää tasoa kohden



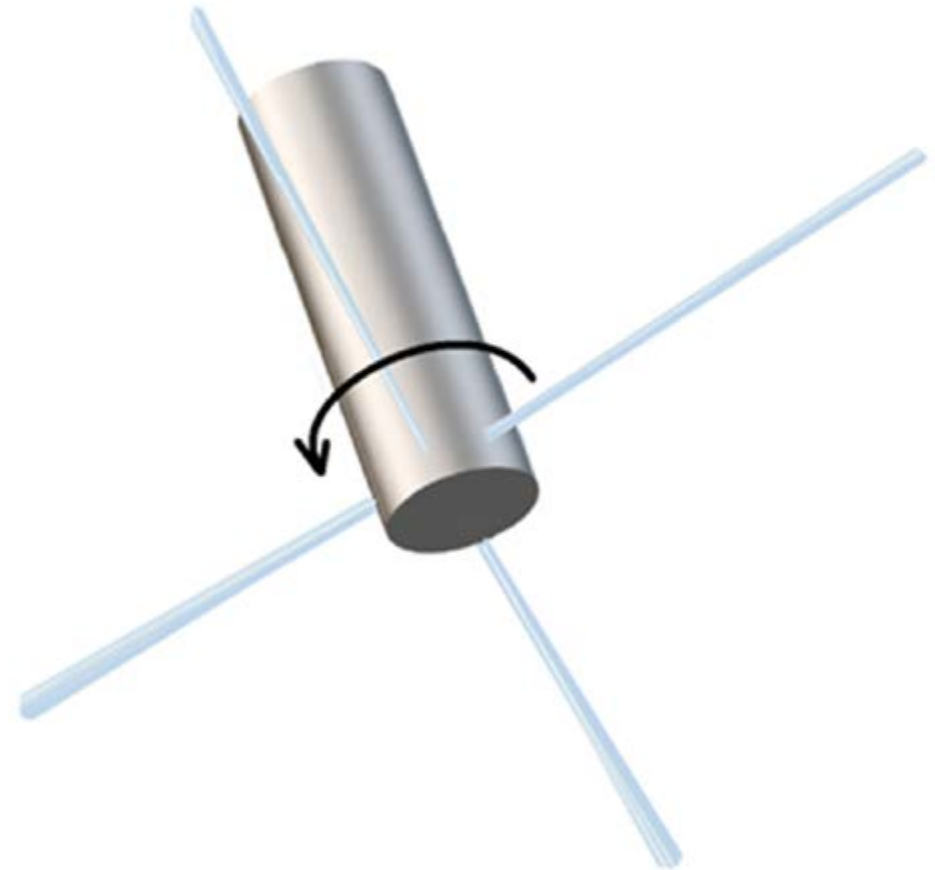
Kuva 15. Pyörivä suutin (mukaillen Hammelmann 2023; Safe Work Australia 2013, s. 15).

4. Taaksepäin kohdistettu kiinteä suutin (Kuva 16), jota käytetään putkien pesemiseen kovilla materiaaleilla.



Kuva 16. Taaksepäin kohdistettu kiinteä suutin (mukaillen Hammelmann 2023; Safe Work Australia 2013, s. 16).

5. Pyörivä suutin (Kuva 17) jossa voidaan käyttää moneen suuntaan suunnattuja vesisuihkuja. Soveltuu pehmeämmille materiaaleille.



Kuva 17. Pyörivä suutin (mukaillen Hammelmann 2023; Safe Work Australia 2013, s. 15).



Korkeapaineisen veden käyttöominaisuuksista ja suutinvariaatioista tehdään tieteellisiä tutkimuksia: tutkijat Zhang ym. (2015) ovat tutkineet pistesuihkun leikkaustehon tehostamista elementtimenetelmän (FEM) avulla, jossa selvitettiin veden spiraalimaisen liikeradan leikkaavaa vaikutusta ja puhdistustehoa. Tutkimuksessa osoitettiin, että veden spiraalimaisella liikkeellä saatiin parempi puhdistus- ja leikkausvaikutus.

Korkeapainepesussa vedenpaine on tyypillisesti 100–200 barin ja suurpainepesussa 400–3000 baria (Suomen betoniyhdistys (BY) 2018, s. 564). Kirjallisuudessa käytetään myös termiä ultrakorkeapaine, jossa paine on määritetty olevan vähintään 2500 baria (Safe Work Australia 2013, s. 29).

## 5.2 Hätäpysäytysmahdollisuudet

Laitetekonaisuudessa pitää olla vähintään kaksi pysäytysmahdollisuutta: pistoolilta tehtävä pysäytys sekä pumppuyksiköltä tehtävä hätäpysäytys (Safe Work Australia 2013, s. 26; SFS-EN 1829-1 (2021) s. 15) Jokaisessa suihkupistoolissa tulee olla sellainen aktivointimekanismi, joka aktivoituessaan katkaisee veden virtauksen pistoolille tai ohjaa pumpulta syötetävän veden pois siten, että paine laskee vaarattomaksi. (Safe Work Australia 2013, s. 13–26) Käytettävän pistoolityypin pitää olla yhteensoviva ohjausjärjestelmään – kun liipaisimella ohjattava mekaaninen venttiili aktivoituu, niin paineistetun veden virtaus pistooliin katkeaa. Venttiilin toiminta perustuu siihen, että se katkaisee veden virtauksen pistoolille joko mekaanisesti, sähköisesti tai pneumaattisesti. (Safe Work Australia 2013, s. 16–17; SFS-EN 1829-1 2021, s. 13).

## 5.3 Koulutus vesipiikkausta ja korkeapainepesua varten

Rakennustietokaupan ohjekortin (Ratu 82–0380 2011, s. 4) mukaisesti työntekijät on perehdytettävä työkohteeseen ja varmennuttava, että työntekijän ammattitaito ja koulutus vastaavat työn vaatimuksia. Työntekijän tulee ymmärtää vaarat, jotka liittyvät painevesityöskentelyyn sekä laitteiston toimintaperiaatteet ja käyttö, letkujen kytkentä ja valmistelut työtä varten. Siponen ym. (1993, s. 43) esittivät, että tärkeimpänä tekijänä työturvallisuuteen on työntekijän ammattitaito ja perehtyneisyys laitteistoon.

## 5.4 Suojavarusteet

Työssä tulee käyttää suojaimia, jotka ovat vähintään CE-hyväksytyjä. Pää suojataan koko pään peittävällä suojaimella, jossa on asianmukainen hengitysilmaite. Keho ja raajat suojataan kokohaalarilla ja teräsvahvistetuilla käsi ja jalkasuojaimilla. (Ratu 82-08380, s. 11) Henkilösuojainvalmistajilla on eri paineluokille soveltuvia varusteita: esimerkiksi ruotsalaisen yhtiö TST Sweden valmistaa korkeapainetyöhön suojavarusteita eri paineluokille (TST katalogi 2023). Kuvassa 18 on esitetty 1000 bar:n pesuun soveltuva kevlar-valmisteinen TST-asu. Kevlar on kaupallinen nimi aramidikankaalle, joita käytetään yleisesti muun muassa sotilas- ja suojavarusteena, kun suojalta vaaditaan esimerkiksi iskunkestävyyttä (Collins dictionary 2023).



Kuva 18. 1000 bar:n paineluokan TST-suojavarusteet.

Yleisissä suojavaatteita käsittelevässä standardi SFS-EN ISO 13688 määrittää suojavaatetuksen vaatimuksia, kuten ergonomiaa, haitattomuutta ja yhteensopivuutta. Työsuojeluhallinnon 2020 julkaisemassa raportissa käy ilmi, että Suomessa henkilösuojainten taso on yleisesti hyvällä tasolla, mutta puutteita oli löytynyt kuitenkin käyttöohjeista (Työsuojeluhallinto 2020, s. 6).

Jotta suojainten suojaustaso saavutetaan, niitä on käytettävä oikein ja niistä on pidettävä huolta Työsuojeluhallinnon (2019) mukaisesti siten, että:

- säädöt ovat käyttäjälle oikeat,
- puetaan ja riisutaan vain turvallisessa paikassa,
- huolletaan tarpeen mukaan,
- säilytetään asianmukaisesti.

Valtioneuvoston asetuksen (Finlex 2021) mukaisesti työnantaja on vastuussa henkilösuojainten suojaustehokkuudesta ja niiden sopivuudesta työskentelyyn. Näihin asioihin kuuluvat esimerkiksi, että henkilösuojaimet ovat käyttökelpoisia ja yhteensopivia muiden turvavarusteiden kanssa, turvallisia käyttää, suojaominaisuudet ovat kunnossa ja niiden turvallisuusominaisuuksia on vertailtu markkinoilla oleviin.

## 5.5 Töiden suunnittelu ja työkohteen turvallisuus

Onnettomuustilanteiden välttämisen lisäksi vesipiikkaustöissä on huomioidava myös vaarallisten aineiden purkamista koskevat tehtävät (Ratu 82–08380 2011, s. 3). Asbestitöissä huomioidaan valtioneuvoston päätökset ja asbestitöitä saa suorittaa vain aluehallintoviraston työsuojelun päteväksi todetut työnantajat. Betonin vesipiikkaus on materiaalia poistavaa työtä, joten kantavien rakenteiden osalta työhön tarvitaan suunnitelmat. (Suomen betoniyhdistys, s. 562) Työterveyslaitoksen (2022) kvartsi-altistumista tutkivan hankkeiden tuloksissa osoitetaan, että rakentamisessa kvartsi-altistuminen on merkittävää: ohjearvot ylittävää ilman hengityssuojaimia.

Säiliössä työskentely edellyttää säiliötyölupaa. Säiliötyöskentelyssä on mitattava räjäytys- ja happikaasupitoisuudet ennen säiliöön menemistä sekä pidettävä mukana kaasuhälyttimiä (Työterveyslaitos 2023; Ratu 1188–S 1999, s. 3). Säiliöissä työskentely itsessään on jo korkean riskin työskentelyä. Säiliötyöskentelyyn liittyviä keskeisiä vaaroja ovat esimerkiksi myrkylliset höyryt ja kaasut, alhainen happipitoisuus ja laitteiden tuotantolaitteiden vahinkokäynnistymiset (Työturvallisuuskeskus s. 4–12).

Kun vedenpaine ylittää 200 bar:n, se luokitellaan korkeapainepesuksi. Tällöin työpisteellä tulee olla aina kaksi työntekijää, joista toinen hoitaa pumppuyksikköä ja on valmiina sulkemaan paineyksikön ongelmatilanteissa. Kuvassa 19 on esitetty paineyksiköstä kuvattu painemittari, josta pumppuyksikön hoitaja voi tarkkailla painetta.

Pumppuyksikköä hoitava työntekijä tarkkailee pistoolilla työskentelevää sekä ympäristöä. Tiedonkulku täytyy olla varmistettuna, eikä käyttöalueella saa olla muita työntekijöitä (Ratu 82–0380 2011, s. 4).



Kuva 19. Pumppuyksikön painemittari.

## 5.6 Kaluston turvallisuus ja kaluston valmistelevat toimenpiteet

Standardien SFS-EN 1829-1 (2021, s. 40–43) ja SFS-EN 1829-2 (2008, s. 8–10) mukaisesti valmistajan on huolehdittava vesipiikkauslaitteiston turvallisuudesta tarkastuksilla, joita voidaan suorittaa koko koneelle asennusvaiheen jälkeen ja sopivassa vaiheessa tuotannon aikana. Jos tuote ei läpäise testiä, niin se on testattava uudelleen hyväksytysti säädön tai työstön jälkeen. Tarkastettaviksi asioiksi määritellään standardin SFS-EN 1829-1 (2021, s. 40–43) mukaisesti seuraavia:

- sähköturvallisuus standardin EN 60204-1 (2018) mukaisesti,
- asiakirjatarkastukset, joista tehdään vertailu tuotteen ja teknisten asiakirjojen paikkansa pitävyyteen,
- tarkastukset tai toiminnalliset testit, joilla tarkastetaan koneen moitteeton toiminta,
- testit, joilla varmennutaan letkukokoonpanon oikeanlaiseen toimintaan ja turvallisuuteen vaikuttavista tekijöistä, kuten paineenkestosta ja kyvystä ottaa vetoa ja taivutusta vastaan,
- liitinten ja niiden turvalaitteiden testit.

Laitteiden valmistajan lisäksi vastuu laitteiden turvallisuudesta on myös työnjohtajalla, jonka alaisuudessa vesipiikkausta tehdään. Laitteiden täytyy olla tarkastettu asianmukaisesti ja vikojen tulee olla korjattu pätevän henkilön toimesta (Ratu 82–0380 2011, s. 5–6). Painevesitöiden työkokonaisuus voidaan jakaa alkutilaan ja lopputilaan. Alkutilassa

tarvikkeet, kalusto ja materiaalit ovat työkohteessa oikein varastoituna ja käytettävissä. Riittävät luvat on alkutilassa hankittu, sekä työhön liittyvät kartoitukset ja selvitykset on tehty (Ratu 82–0380 2011, s. 3; 1189–S 1999; 1188-S, s.1 1999, s. 1).

Laitteet tulee voida sammuttaa sekä pistoolilla työskentelevän-, että tarkkailevan työparin toimesta. Kaluston täytyy olla käyttöön sopivaa, eikä käytettävä maksimipaine saa ylittää laitteen osien maksimikestävyyskäyviä (Safe Work Australia 2013, s. 24). Huoltoja saa suorittaa vain pätevät henkilöt. Laitteet on oltava ajallaan huollettuja ja määräaikaistarkastukset pitää olla tarkistettavissa huoltokortista. (Ratu 82–08380 2011, s. 6).

Ennen työn aloitusta laitteiston toimintakunto ja turvallisuus on varmistettava. Laitteistoa on tarkkailtava myös riittävän usein työsuorituksen aikana (Safe Work Australia 2013, s. 13; Ratu 82–0380 2011, s. 6). Taulukoon 2 on koostettu ohjeita toimenpiteistä, joilla voidaan edistää laitteeseen liittyvää työturvallisuutta.



Taulukko 2. mukailten (Safe Work Australia 2013, s. 13; Ratu 82–0380 2011, s. 6)

| Laitteen osa        | Edellytykset laitteen oikeaan toimintaan ja turvalliseen työskentelyyn   | Tarvittavat toimenpiteet  |
|---------------------|--|---|
| Suuttimet           | <p>Ei saa olla tukoksia, eikä vierasesineitä.</p> <p>Suutin oltava oikean tyyppinen ja kokoinen.</p>   | <p>Tarkastetaan ja huuhdotaan suuttimet ennen työn aloitusta.</p> <p>Käydään toimintaohjeet läpi häiriön varalta. Tehdään myös työnaikaisia tarkastuksia, jotta voidaan tunnistaa kulumiset ja vauriot ennen vikaantumista.</p>   |
| Suodattimet         | Suodattimien on oltava puhtaita.   | Tarkastetaan suodattimet valmistajan suositusten ja ohjeiden mukaisesti.  |
| Pesupistooli        | Osoitetaan aina työkohteeseen.   | <p>Varmistetaan, että laitteessa on vähintään yksi nesteen sulkemis- tai ohivirtauslaite. Käyttökytkimen tulee sulkeutua joko vapauttamalla paine liipaisimesta, katkaisijasta tai jalkaventtiilin painikkeesta.</p>  |
| Pistoolin putki     | <p>Työskennellään riittävän pitkällä suihkuputkella: liipaisimesta putken päähän väli 1,2 metriä.</p>  | Jos olosuhteiden pakosta joudutaan käyttämään lyhyempää putkea, niin noudetaan erityistä varovaisuutta.   |
| Letkut ja liitokset | <p>Letkujen ja paineluokituksen koko oltava oikea suurimmalle työpaineelle. Paineluokitus ja koko tulee oltava oikeat.</p> <p>Letkujen oltava ehjiä: vaurioita, kuten hankaumia tai pullistumia ei sallita. Liitoksissa ei saa olla halkeamia, korroosiota tai vaurioituneita kierteitä.</p> | <p>Letkuihin tulee tehdä silmämääräiset tarkastukset.</p> <p>Vaurioituneet letkut poistetaan käytöstä ja varmennutaan, että letkut kestävät työssä käytettävän veden paineen.</p> <p>Liitokset suojataan lukituksilla, jotka suojaavat käyttäjää vikatilanteessa. Liitokset kiristetään paineettomina ja liitokset tarkastetaan paineistettuna.</p> |

| Laitteen osa             | Edellytykset laitteen oikeaan toimintaan ja turvalliseen työskentelyyn   | Tarvittavat toimenpiteet   |
|--------------------------|--|--|
| Pumppuyksikkö            | Tarkastetaan voiteluöljy, vesisuodattimet, hihnat ja mittarit sekä vaihteiston öljytasot. Hydrauliletkukelan voiteluöljy- ja nesteen tasot tarkastetaan. | Päivittäiset tarkastukset tehdään valmistajan ohjeiden mukaisesti. |
| Moottori- ja vetoyksikkö | Tarkastetaan voiteluöljy-, vesi-, hydraulineste- ja polttoainetasot.   | Päivittäiset tarkastukset tehdään valmistajan ohjeiden mukaisesti. |
| Suojukset ja turvalukot  | Tarkastetaan kunto.  | Päivittäiset tarkastukset tehdään valmistajan ohjeiden mukaisesti. |
| Sähkökomponentit         | Tarkastetaan kunto.  | Päivittäiset tarkastukset tehdään valmistajan ohjeiden mukaisesti. |

## 6. Vesipiikkauksen ja korkeapainepesun käyttökohteita ja merkitys

---

Käsi­käyttöisten korkeapainevesilaitteiden keskeisiä merkityksiä teollisuu­dessa ovat rakenteiden piikkaus sekä erilaiset puhdistustyöt. Vesipiik­kauksella on etuja muihin vaihtoehtoi­siin menetelmiin nähden ja menetel­mällä on paikkansa esimerkiksi rakentamisessa ja erilaisissa teollisuuden puhdistustöissä. (Suomen Betoniyhdistys 2018, s. 562–565; Väylävirasto 2021, s. 3–10; Siponen ym. 1993, s. 5; Hutt & Brueck 2004).

### 6.1 Betonirakenteiden työstäminen korkeapainevedellä

Vesipiikkaamalla voidaan työstää betonirakenteita monella tapaa, esimer­kiksi paikallisten ruostevaurioiden- ja pakkasrapautumisen vesipiikkauk­seen, pintakerroksen poistamiseen ja vesisuihkuleikkaukseen (Ratu

82–0380 2011, s. 1). Vesi asettaa rajoitteita, eikä menetelmää voida käyttää tapauksissa, joissa rakenne ei saa kastua. Esimerkiksi kerrokselli­siin rakenteisiin vesipiikkaus ja suurpainepesu ei sovellu, jos piikkauksen alla olevaa rakennetta on varottava kastumasta (BY 2018, s. 562–565). Siponen ym. (1993, s. 62) tutkivat vesipiikkausmenetelmän mahdollisia kosteushaittoja työstämällä betonisia pihalaattoja vesipiikkausmenetel­mällä. Tuloksissa havaittiin, että työskentely sisälsi rakenteelle riskiteki­jöitä, kuten mahdollisuuden pintakerrosten pakkasvaurioita, mikä johtui veden jääytymisestä kapillaarihuokosiin. Laattoihin imeytynyt vesi ei kuitenkaan nostanut rakenteen kosteuspitoisuutta haitallisesti.

Vesipiikkauksella voidaan poistaa vaurioitunutta rakennetta siten, että säästetään ehjä rakenne ja vesipiikkaus on soveltuva menetelmä massii­visten betonirakenteiden työstämiseen (BY 2018, s. 562–563). Valikoiva



purkamisen perustuu siihen, että vaurioituneen betonin halkeamiin, onteloihin ja huokosiin syntyy vedestä hydraulista moniaksiaalista painetta. Betoniin syntyy murtumia vetojännityksessä ja hydraulinen jännitys poistaa vaurioituneen ja murtuneet betonin jättäen ehjän betonin (Nilsson 1989, s. 34). On huomattava, että valikoiva betonin irrotus saavutetaan sopivalla paineella. Liian suurta painetta käyttämällä rikotaan myös terve betoni. Vesileikkauksessa ja hiovassa vesipiikkauksessa paineet ovat korkeampia ja suuttimet pienempiä. (Siponen ym. 1993, s. 10–18)

Vesipiikkauksen eduksi verrattuna mekaaniseen piikkaukseen voidaan katsoa se, että mekaaninen piikkaus tekee ehjään betoniin halkeamia sekä vaurioittaa usein myös raudoitetta. Vesipiikkauksella näiltä ongelmilta voidaan välttyä. Mekaaninen piikkaus edellyttää myös jatkokäsittelyä, kun vaaditaan hyvää tartuntalujuutta. Vesipiikkaukselaitteilla voidaan vaikuttaa tartuntalujuuteen esimerkiksi vesimäärällä, etäisyydellä ja paineella: näin ollen voidaan ottaa huomioon vesipiikkauksen jälkeiset työvaiheet. (BY 2018, s. 562–563)

Myös betonin lujuus vaikuttaa piikkausvälineen valintaan. Siltojen korjaustöissä vesipiikkaus on usein suositeltavin tapa, sillä ennen 1980-lukua silloissa käytetty betoni on ollut pääosin lujuusluokkaa C32/40 (Siltojen korjaus (SILKO) 2021, s. 3–10), eli betonin lujuus on lieriöllä määritettynä 32 Megapascalia (MPa) ja kuutiolla määritettynä 40 MPa (BY 2018, s. 16). On huomioitavaa, että betonin todellinen lujuus voi vaihdella huomattavasti vanhoissa betonirakenteissa, johtuen huonosta tiivistyksestä ja maksimiraekoosta. (SILKO s. 3–10). Taulukossa 3 on vertailu vesipiikkauksen tehokkuutta verrattuna muihin yleisiin purkuta-

poihiin. Taulukosta voidaan todeta, että vesipiikkausmenetelmä on riittävän tehokas ennen 1980-lukua rakennettujen siltojen piikkaamiseen (SILKO 2021, s. 3–10). Vesipiikkauksen yksi keskeisimpiä vaihtoehtoisia purkumenetelmiä on muun muassa mekaaninen piikkaus.

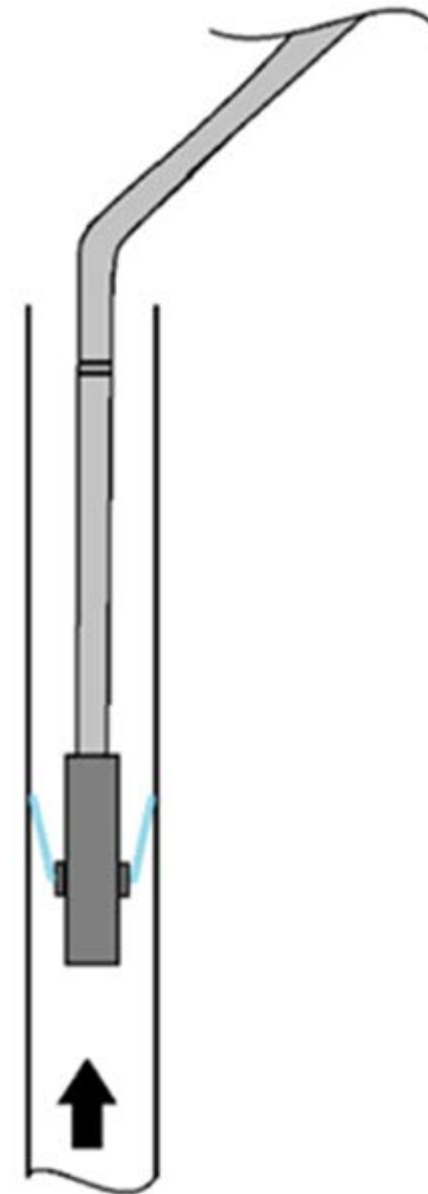
Taulukko 3 Vesipiikkausmenetelmän vertailua vaihtoehtoisiin purkumenetelmiin, jossa K on vanhan betoninormin mukainen lujuusarvo (mukaillen SILKO 2021, s. 3).

| Piikkausväline | Helposti piikattavissa | Menetelmän yläraja |
|----------------|------------------------|--------------------|
| Vesipiikkaus   | C28/35 (K35)           | C40/50 (K50)       |
| Piikkausvasara | C28/35 (K35)           | C50/60 (K60)       |
| Maakiilakone   | C35/45 (K45)           | C50/60 (K60)       |

## 6.2 Korkeapaineveden käyttö teollisuuden puhdistustöissä

Korkeapaineveden käyttö on merkittävä työstömenetelmä monella teollisuuden alalla rakennusteollisuuden lisäksi. Menetelmällä voidaan poistaa pinnoitetta, irtolikaa tai pinttynyttä likakerrosta ja sitä voidaan käyttää pintojen esikäsitteilyyn (Siponen ym. 1993 s. 5; SFS-EN 1829-1 2021, s. 6). Korkeapaineista vesisuihkua voidaan hyödyntää myös esimerkiksi meriteollisuudessa sekä tehtailla. Ja sillä voidaan poistaa esimerkiksi merikasvustoa, hilseilyä, ruostetta, kattilaputkia, graffiteja, maalia, ruostetta, rasvaa ja öljyä (Hutt ja Brueck 2004). Tyypillisesti lika irtoaa puhdistustöissä suihkun iskuvaikutuksen, paikallisten murtumien ja likakerroksen halkeilun leviämisen seurauksena. Jatkuva suihku puristaa ja leikkaa likakerrosta ja tekee siitä hilseilevän ja rikkiäisen, jonka jälkeen lika voidaan pestä pois. Pehmeämmän likakerroksen leikkaamiseen voi riittää pelkkä leikkausvoimasta aiheutuva puristusjännitys (Zhang ym. 2015).

Putkien aukaisussa painevesityönä käytetään matopesua. Menetelmä perustuu siihen, että letku, jonka päässä suutin työntää itseään eteenpäin putken sisällä taaksepäin kohdistetun veden avulla. Kun työ on valmis, niin letkua vedetään hitaasti takaisin, jolloin letkun syöttösuuntaan kohdistuva vesisuihku vastustaa letkun takaisin vetämistä. Paineet poistetaan järjestelmästä viimeistään, kun letkun turvamerkintä tulee esille putkesta (Ratu 1189-S 1999, s. 3–4).



Kuva 20. havainnollistava esitys matoletkusta (mukaillen Ratu 1189-S 1999, s. 4).

## 7. Aineistotutkimus: vesipiikkaustapaturmien piirteet ja sattuneet tapaturmat

---

Vamma tai terveyden heikentyminen on määritelty standardin SFS-EN ISO 45001 (2023, s. 13) mukaan: "haitallinen vaikutus henkilön psyykkiseen tai kognitiiviseen tilaan". Korkeapaineinen vesisuihku jättää usein harhaanjohtavan pienen pistohaavan. Vesisuihkun vaikutus on ampuma-haavan kaltainen, kun suuri määrä energiaa siirtyy kudokseen (Työsuojelu 2023). Vesipiikkauksen ominaisia riskitekijöitä ovat korkeapaineinen vesisuihku sekä irtoava betoniaines, joista voi aiheutua esimerkiksi silmäta-paturmia, lihasvaurioita, raajavammoja sekä sormien leikkaantumista (Ratu 82–08380 2011, s. 12). Välittömän paineen lisäksi myös kemialliset ja vieraat aineet voivat omalta osaltaan pahentaa tapaturmaa vahingon sattuessa (Rodríguez-Villar ym. 2018). Vaaratilanne syntyy, kun laitteissa on vikoja tai jos niitä käytetään väärin. Myös puutteet työn suunnittelussa ja työnjohtamisessa aiheuttavat tapaturmariskejä (Työterveyslaitos 2023).

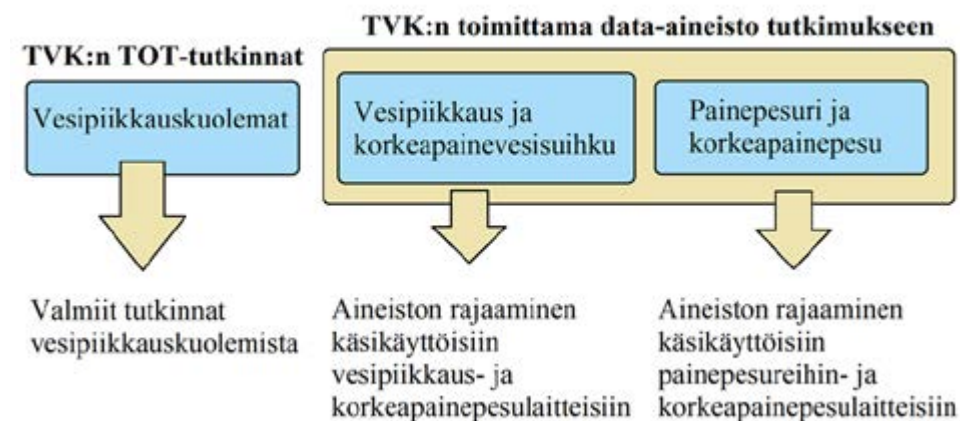
Tapaturman varalta jokaisen vesipiikkausta suorittavan tulee kantaa vesitiiviissä pakkauksessa korttia, jossa kerrotaan henkilön tekevän työtä korkeapainepesurilla. "Tämä henkilö on altistunut korkeapainevesisuih-kulle, jonka paine voi olla \_\_\_\_\_ baria ja jonka suihkun nopeus on \_\_\_\_\_ km/h. Ottakaa tämä huomioon diagnoosia tehdessänne. Vaara epätaval-listen vedessä ja ilmassa elävien mikro-organismien alhaisissa lämpöti-loissa ilmeneviin tulehduksiin on olemassa. Ne voidaan rinnastaa viemä-reissä esiintyviin taudinaiheuttajiin." (Ratu 82–08380 2011, s. 11)

### 7.1 TVK:n datan analysointi

Tutkimuksen keskeinen tarkoitus on selvittää korkeapainevesityöskente-lystä aiheutuvia tapaturmia ja löytää keinoja niiden välttämiseksi. Aineis-toanalyysissä käytiin läpi kaksi TVK:n tätä tutkimusta varten toimitettua

vahinkoaineistoa, joiden pohjalta analysoitiin mitä yhteisiä muuttujia tutkimusaiheen tapaturmilla on. Tämän lisäksi tutkimuksessa käytiin läpi vesipiikkauskuolemista saatavilla olevat TOT-tutkinnot, jotka ovat julkisia raportteja. Näin ollen tutkimuksessa arviointiin yhteensä kolmea erityyppistä aineistoa:

1. Tapaturmia, jotka ovat yhteydessä painepesureihin tai korkeapainepesuun, mutta eivät suoraan yhteydessä vesisuihkun aiheuttamaan vammaan tai vesipiikkaukseen.
2. Tapaturmia, jotka ovat yksiselitteisesti yhteydessä vesipiikkaukseen tai korkeavesipainepesuisuihkun.
3. Vesipiikkaus- tai korkeavesipainetöissä sattuneita tapaturmia, jotka ovat johtaneet kuolemaan.



Kuva 21. TVK:n datan pohjalta suoritetun aineistoanalyysin runko.

Kuvassa 21 on esitetty aineiston rajaaminen tämän tutkimuksen kannalta olennaisiin tapaturmiin.

Seuraavaksi esitetyt tulokset vastasivat tutkimuskysymykseen 1 ja asettivat lähtötietoja haastatteluaineiston analysointiin.

## 7.2 Painepesureihin ja korkeapainepesuun liittyvät työtapaturmat

Tapaturmat, jotka ovat yhteydessä painepesureihin tai korkeapainepesuun ilman suoraa yhteyttä vesipiikkaukseen tai korkeapainepesuisuihkun arvioitiin erikseen. TVK toimitti aineistopakettin, jossa oli yhteensä 1993 painepesuriin tai korkeapainepesuun liittyvää tapaturmaa. Tapaturmista rajattiin pois sellaiset tapaukset, jotka eivät kuuluneet tutkimukseen.

Tämän tutkimuksen aineistossa oli esitetty yhteensä kuusi muuttujaa, joilla on kuvattu tapaturman olosuhteita. Muuttujien esittämiseen on käytetty eurooppalaisen työtapaturmien ESAW-tilastoluokittelua (European Statistics on Accidents at Work) ja toimialat oli luokiteltu Tilastokeskuksen toimialaluokituksen (TOL) mukaisesti. ESAW-muuttujaluokittelussa on yhteensä kahdeksan muuttujaa, mutta Suomessa käytetään muuttujaluokittelusta lyhennettyä versiota. Tässä tutkimuksessa tarkastellut muuttujat on esitetty taulukossa 4.

Taulukko 4. Tutkimuksen aineisto-osuudessa käytetyt muuttujat ESAW-muuttujat (mukaillen TVK 2023).

| Muuttuja                  | Muuttujan merkitys  | Luokitus |
|---------------------------|---|----------|
| Toimiala                  | Vahingoittuneen henkilön toimiala   | TOL 2008 |
| Vahingoittunut ruumiinosa | Vahingoittuneen ruumiinosan   | ESAW     |
| Tapaturman aiheuttaja     | Tapaturmaan johtanut välitön fyysinen tekijä, jonka kanssa ruumiinosa joutui kosketuksiin | ESAW     |
| Vahingon / vamman laatu   | Ilmoittaa, minkä tyyppisestä vammasta on kyse   | ESAW     |
| Työsuoritus               | Henkilön täsmällinen toiminta ennen vahingoittumista                                      | ESAW     |
| Vahingoittumistapa        | Kuinka vahingoittunut ruumiinosa joutui kosketuksiin vamman aiheuttajan kanssa            | ESAW     |

TVK:n toimittamasta aineistosta rajattiin pois sellaiset tapaukset, jotka selkeästi jäivät tutkimuksen ulkopuolelle tai jos tapaturman kuvaus oli tulkinnanvarainen. ESAW- ja TOL-muuttujia käytettiin apuna tapaturmien rajaamisessa. Tapaturmakuvaukset ovat lyhyitä, vain muutaman lauseen mittaisia. Esimerkki tyyppillisestä tapaturmakuvauksesta: **”Työntekijä A oli suorittamassa korkeapainepesua paikassa B. Työntekijä A kompastui letkuun ja vesisuihku osui A:n kämmeneen.”** Analysoinnin arviointiin pääpainoksi valittiin laadulliset keinot, sillä edellä mainittujen tulkinnanvaraisuuksien myötä tarkka määrällinen ja luotettava analysointi oli haastavaa.

Tapaturmia, joita aineistosta löytyi ja joita sisällytettiin tähän tutkimukseen, olivat muun muassa:

- vesi on leikannut kehoa,
- roskia tai kemikaaleja on kulkeutunut silmään,
- työpisteellä on kompastuttu esimerkiksi paineletkuihin tai työpisteen epätasaisen alustan vuoksi, joka on aiheuttanut hallinnan menetyksen vesipiikkauslaitteesta, jonka seurauksena on kaaduttu ja loukattu itsensä,
- laitteiston toimintahäiriöt, jonka seurauksena laite on toiminut epänormaalisti ja siitä on aiheutunut vahinko,
- vesipiikkauslaitteistot tai teollisuuden laitteista aiheutunut sähköisku,
- letkut, johdot ynnä muut ovat tarttuneet johonkin ja sinkoutuneet työntekijään,
- laite eivät ole pysyneet hallinnassa ja laitteen osat ovat osuneet kehoon.

Taulukkoon 5 on koottu TVK:n data-aineistosta löydettyjä tekijöitä ja niitä on arvioitu kappaleessa 4.2 esitetystä Carayonin ym. (2015) sosio-tekniisessä järjestelmässä. Näiden tapausten arviointi on tässä tutkimuksessa perusteltua, sillä tapaturmat ovat sattuneet käsikäyttöisillä painepesurilaitteilla, vaikka laitteiden paineluokitukset eivät täyttäisi korkeapainepesun määritelmää.

Ulkokerrokseen on esitetty tulkitsevia johtopäätöksiä, joita tehtiin tapaturmakuvausten pohjalta. Ulkokerroksessa käsitellään alaa sääteleviä asioita, kuten standardeja ja ulkopuolista valvontaa.

Taulukko 5, TVK:n toimittama data-aineisto sosiotekniseen järjestelmään jaoteltuna.

| Järjestelmän osa | Merkitys   | Tapaturmat ja tapaturmiin johtaneet tekijät   |
|------------------|--|---|
| Työjärjestelmä   | Työntekijän näkökulma: ihmisen rooli suhteessa muihin elementteihin. Mitä työntekijä kohtaa työssään: tehtävät, työkalut, tekniikat, fyysinen ympäristö ja organisaatiokysymykset. | <p>Työvälineistä aiheutuneita tapaturmia:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vesisuihku on osunut kehoon.</li> <li>• Laite on käynnistynyt, joka on aiheuttanut painesuihkun osumisen kehoon.</li> <li>• Kalustoa on siirretty, josta on aiheutunut venähdys tai lihavaurio.</li> <li>• Letkujen riuhtominen on aiheuttanut letkun osumisen työntekijään.</li> <li>• Sormet ovat jääneet pesuriin ja teollisuuden laitteen osan väliin.</li> <li>• Letkurikko on aiheuttanut vesisuihkun osumisen työntekijään.</li> <li>• Letkurikko on aiheuttanut vesisuihkun tai letkun voimakkaan osumisen työntekijään.</li> <li>• Liitos on murtunut paineensäädön aikana ja letku on osunut jalkaan.</li> <li>• Pesurista on aiheutunut isku.</li> <li>• Kuumista osista on aiheutunut palovammoja.</li> <li>• Pesurissa ollut käyntihäiriö, joka on aiheuttanut epäergonomisen kierto liikkeen.</li> <li>• Letku on räjähtänyt ja painesuihku on osunut silmään.</li> <li>• Laitteessa on tapahtunut yhtäkkinen voimakas rekyyli.</li> </ul> |

## Tapaturmat ja tapaturmiin johtaneet tekijät

Riittämättömästä suojauksesta aiheutuneita tapaturmia:

- Vesisuihku on osunut kehoon, koska varusteissa on ollut puutteita.
- Silmiin on kulkeutunut kemikaalia, roskaa ja irronnutta likaa pesutöissä.
- Iho on joutunut kosketuksiin kemikaalin kanssa, josta aiheutunut ihovaurio.
- Suihku on lävistänyt kengän, josta aiheutunut ihovaurio.
- Painepesurin kuuma vesi on roiskunut iholle, josta on aiheutunut ihovaurio.
- Kasvosuojaimet on riisuttu työskentelytilassa, joka aiheuttanut kemikaalin kulkeutumisen silmään.
- Kemikaalisumua on kulkeutunut samassa työpaikassa olleiden hengitysteihin.

Fyysisestä työskentely-ympäristöstä aiheutuneita tapaturmia:

- Tasapaino on menetetty työpisteellä, josta aiheutunut vesisuihkun osuminen kehoon.
- Työpisteellä on kompastuttu tai liukastuttu, mikä on aiheuttanut loukkaantumisen.
- Työpisteeltä on pudottu.
- Ahtaiden tilojen takia on jouduttu työskentelemään epäergonomisissa asennoissa

## Järjestelmän osa

## Merkitys

## Tapaturmat ja tapaturmiin johtaneet tekijät

Sosiaalis-  
organisatorinen  
konteksti

Yrityksen sisällä vallitseva sosiaalinen, organisatorinen kulttuuri ja rakenne: asiat, jotka vaikuttavat työntekijän käyttäytymiseen ja tapaan, jolla he ovat vuorovaikutuksessa olemassa olevien elementtien kanssa: turvallisuuskulttuuri ja ympäristö, organisaatorakenne, henkilöstöhallinto ja työnjohdon suhteet.

Työturvallisuuskulttuuri ja työn organisointi:

- Valvonnan ja ohjeistuksen laiminlyönti.
- Vaarallinen toiminta työpisteellä.
- Työpisteet
- Letkujen rikkoontumisesta aiheutuneet vahingot: mahdolliset puutteet letkujen koeponnistuksissa.
- Työtehtäviä on järjestetty samanaikaisesti, joka aiheuttanut kemikaalien päätyamisen hengitysteihin.
- Ylemmältä tasolta on tipahtanut painepesuri toisen työntekijän päälle, missä on ollut mahdollisuus vakavaan vammaan.
- Työtä on tehty käyttökelvottomissa suojarusteissa.

Ulkokerros

Taloudellinen ympäristö, turvallisuusmääräykset, väestölliset rakenteet, alaa koskevat standardit

- Työturvallisuusohjelmat ovat epäonnistuneet.
- Valvonta on ollut puutteellista.
- Alaa tarkasti säätelevät veloitteet puuttuvat.
- Koulutus on ollut puutteellista.



### 7.3 Vesipiikkaukseen liittyvät työtapaturmat

Nämä tapaturmat ovat sattuneet varmasti vesipiikkaus- tai korkeapaine-pesutöissä, sillä tapaturmakuvauksessa käy tämä ilmi. Rajausta oli näiden osalta yksiselitteisempää ja jäljelle jääneet tutkimukseen mukaan otetut tapaturmat olivat selkeästi käsikäyttöisistä vesipiikkauksilaitteista ja korkeapainevesisuihkusta johtuvia tapaturmia. Näissä tapaturmissa ei käsitelty muuttujia ja rajausta tehtiin ainoastaan tapaturmakuvausten perusteella. Tapaturmakuvaukset olivat lyhyitä kappaleessa 7.2 esitetyn kuvauksen kaltaisia. Näitä tapaturmia analysoitiin yhteensä 9 kappaletta.

Tapaturmia ja vammoja olivat näissä tapauksissa aiheuttaneet: tasapainon menetys työpisteellä, kaluston toimintaan liittyvät häiriöt, kaluston rikkoontuminen, suojainten riittämätön suojaus ja työtilanteen häiriintyminen. Nämä tapaukset ovat samankaltaisia, kuin aiemmassa taulukossa (taulukko 5) esitetyt tapaukset. Voidaan todeta, että tapaturmilla on ollut mahdollisuus myös vakavampiin seurauksiin. Aineistossa kuvattujen työsuoritteiden perusteella on pääteltävissä, että tapaturmatilanteissa on käytetty merkittävän kovaa vedenpainetta, sillä työsuoritteet ovat olleet puhdistustöiden lisäksi rakenteiden purkamista.

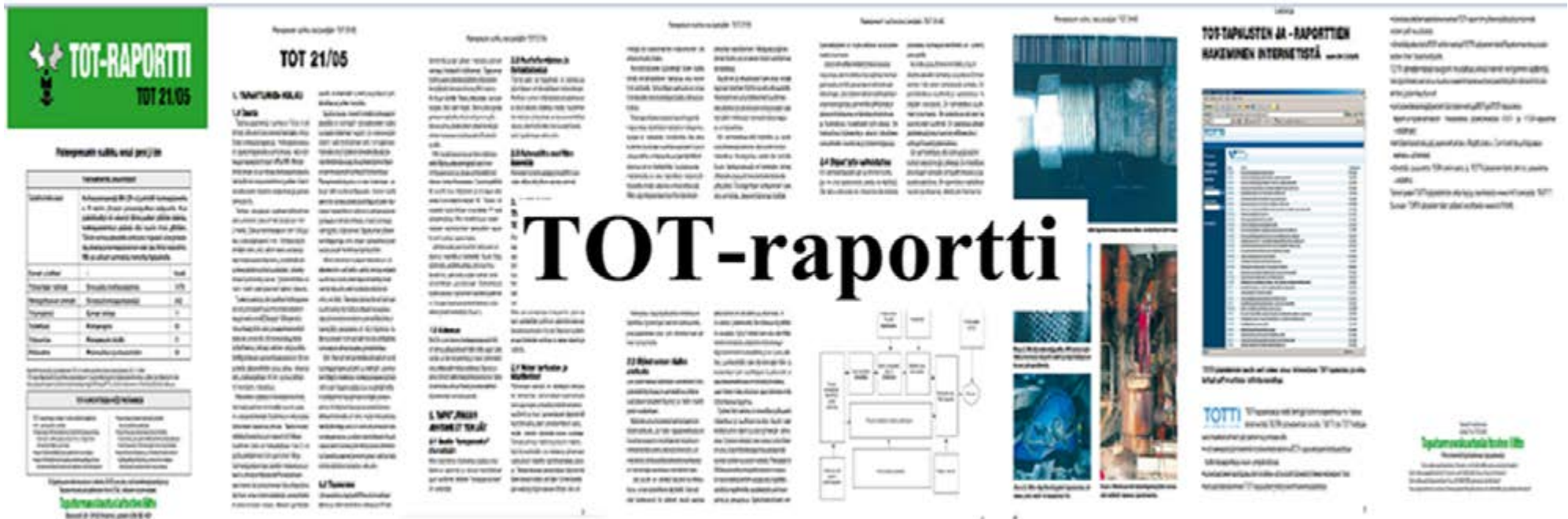
### 7.4 Kuolemaan johtaneet vesipiikkaustapaturmat

Kolmea kuolemaan johtanutta vesipiikkaustapaturmaa käsiteltiin tapaus-tutkimuksina. Yin:n (2014, s. 15) määritelmän mukaan tapaus-tutkimus on empiirinen tutkimuskeino, jossa tapausta tutkitaan syvällisesti ja todellisen kontekstin puitteissa. Laine ym (2009, s. 66) esittävät tapaus-tutkimuksen olevan kokoava tutkimusote, jossa selvitetään erityisen, merkittävän, kriittisen tai kiinnostavaa tapausta tarkalla lähestymisellä.

Tapaturmien luokittelussa ja analysoinnissa on käytetty kappaleessa 4.1 esitettyä Reasonin (1990 s. 208) tapaturmateoriaa. Kuvassa 22 on esitetty eräs TOT-raportti, jossa on esitetty kaikki sivut havainnollistamaan tutkimuksessa arvioitujen raporttien laajuutta. Tutkimuksessa käsiteltyjen TOT-raporttien sisällössä on esitetty tapaturman kuvaus, tapaturmaan johtaneet tekijät, vastaavanlaisten työtapaturmien torjuntaan liittyviä ohjeita sekä kuvia havainnollistamaan tapaturmaa (TVK 1994; 1999; 2005).

Tutkimuksessa analysoitiin 3 julkisesti saatavilla olevaa TOT-raporttia. Kahdessa tutkitussa tapauksessa voidaan tunnistaa voimien aiheuttama vaurio laitteistossa, minkä takia vesisuihku on päässyt osumaan päähän tai kaulaan aiheuttaen työntekijän kuoleman.

TOT 15/94-tapauksessa työntekijä käsitteli pistoolia siten, että suihku-putki pääsi osoittamaan työntekijän rintakehään. Työntekijä oli ohjannut venttiilin auki, jolloin korkeapaineinen vesi lävisti työntekijän rintakehän aiheuttaen työntekijän kuoleman.



Kuva 22. TOT–raportin laajuus (mukaiillen TOT 21/05).

TOT 17/99–tapauksessa liitinosia oli murtunut todennäköisesti taivutusjännitysten aiheuttamien voimien seurauksena. Vesisuihku oli päässyt purkautumaan, sillä pistooliosassa ei ollut suojausta, joka olisi estänyt korkeapaineisen veden suuntautumisen työntekijään. Korkeapaineinen vesi osui työntekijän kaulaan aiheuttaen kuoleman.

TOT 21/05–tapauksessa työntekijä oli suorittanut prosessiputken sisäpuolta matoletkulla. Suutin oli irronnut ja letku oli sinkoutunut putkesta,

kun työ oli edennyt lähes putken päähän. Korkeapaineinen vesi osui työntekijän kasvoihin aiheuttaen kuoleman.

Kaikkien TOT–raporteissa esitettyjen tapausten turvallisuustoimissa on havaittavissa vakavia puutteita. Taulukossa 6 on esitetty Reasonin (1990 s. 208) tapaturmateoriaa soveltaen tapaturman mahdollistavia tekijöitä.

Taulukko 6. TOT-tapaturmien raporttien pohjalta tehty luokittelu tapaturmiin johtaneista tekijöistä (Reasonin 1990, s. 208) tapaturmateoriaa soveltaen.

## Suojaustaso

## Työturvallisuuspuute, joka mahdollistaa tapaturman

Organisaation johdon piilevät virheet, jotka ovat edellytyksiä tapaturman käynnistymiselle

- Työturvallisuuskulttuurissa on ollut puutteita.
- Ei ole vaadittu suomenkielisiä ohjeita suutinten toimintakunnon seuraamiseksi.
- Valvonta on ollut riittämätöntä.

Turvallisuuden vaarantavat teot - piilevät epäonnistuminen linjajohdossa

- Selkeät ohjeet ovat puuttuneet: käyttö-, huolto- ja tarkastusohjeiden puuttuminen. Ei ole vaadittu ohjeita valmistajalta
- Koeponnistuksia on laiminlyöty.
- Työpisteet ovat olleet epäsiistejä.
- Laitteiden merkinnät ovat olleet epäsiistejä.
- Varoituskilpien ja varoitusmerkinnät ovat puuttuneet.
- Korroosiota aiheuttava työympäristön vaatimuksia ei ole otettu huomioon riittävällä tarkkuudella.
- Työnaikaisen valvonta ollut riittämätöntä.

Tapaturman mahdollistavat piilevät tapaturmaan myötävaikuttaneet tekijät

- Vesisuihkun suuntaamisesta aiheutunut taivutusvoimia, joita ei olla tiedetty.

## Suojaustaso

## Työturvallisuuspuute, joka mahdollistaa tapaturman

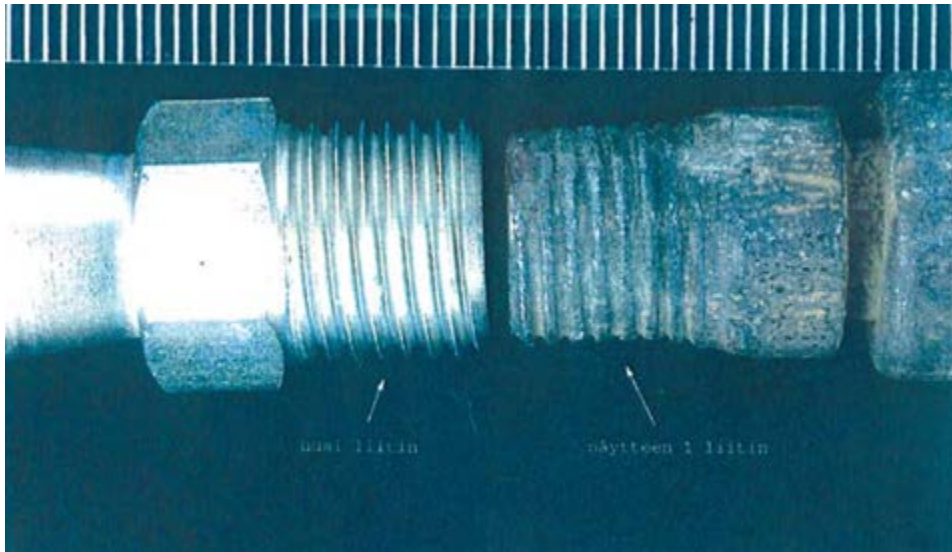
Tapaturman mahdollistava vaarallinen toiminta

- Työskentely omatekoisella suihkuputkella, jossa on ollut mahdollisuus hitsaussauman ja liitinten vaurioon
- Suuttimen kiristäminen on jätetty tekemättä.
- Työympäristöjä ei olla siivottu.
- Työskentely ilman paineenkestävää kasvosuojaa.
- Silmämääräisen tarkastaminen on jätetty välistä.
- Työskennelty ilman pistooliosan suojusta.
- Työskentely ilman työparia.
- Kokonaamari ei ole suojannut kaulaa.

Tapaturman aiheuttanut toiminto

- Matoletku on irronnut suuttimesta ja vesi osunut paineella työntekijän päähän aiheuttaen kuoleman.
- Vesipistoolin liitososassa on tapahtunut väsymismurtuminen.
- Pumpun automatiikka ei ole kerennyt laskea laitteesta painetta vaurioituneesta laitteesta tarpeeksi nopeasti.
- Suihkuputken käyttökytkin on lukkiutunut.

Kuvassa 23 on esitetty välitön tekijä tapaturmaan johtaneessa tapauksessa. Kierteet ovat vaurioituneet, mikä on aiheuttanut letkun äkillisen irtoamisen suuttimesta.



Kuva 23. Uuden ja vaurioituneen matoletkun kierreosien vertailu (TOT 21/05).

## 8. Haastattelututkimus

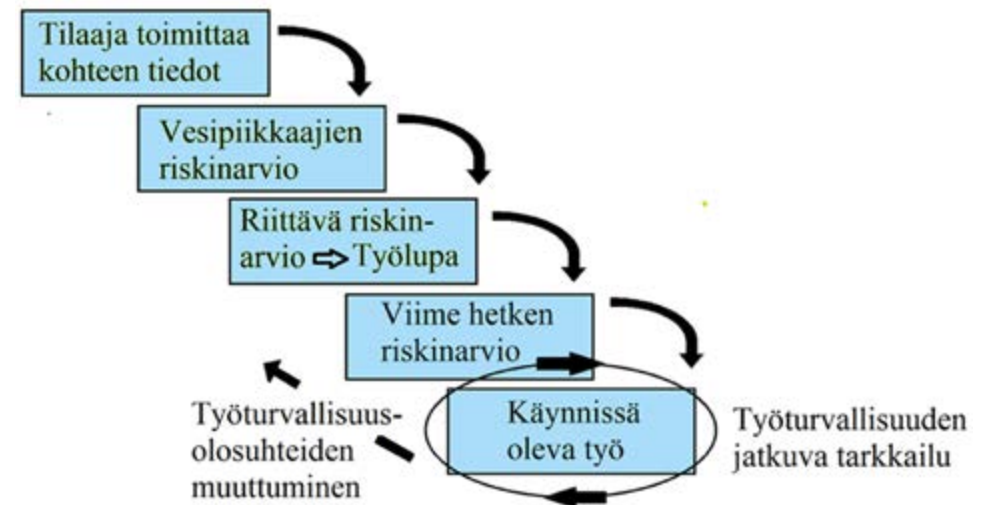
---

Tutkimuksen toinen osuus toteutettiin haastattelututkimuksena, jossa syvennyttiin keräämään lisäymmärrystä työturvallisuuden nykytilasta ja sen kehittämistarpeista. Haastateltavat olivat vesipiikkausyritysten- sekä sidosryhmäorganisaatioiden, kuten tilaajien edustajia. Näiden lisäksi tehtiin myös yksi haastattelu erääseen ammattiopistoon, jossa on aiempina vuosina pidetty oppisopimustyyppisiä vesipiikkauskursseja. Ammattiopistoon tehty haastattelu toteutettiin, jotta saatiin käsitystä, miten korkeapainepesua opetetaan oppilaitoksissa.

Haastateltaviin otettiin yhteys puhelimitse, jonka jälkeen heille toimitettiin tutkimustiedote, joka on esitetty liitteessä 4 (Liite 4). Kaikki haastattelut toteutettiin puolistrukturoituina teemahaastatteluina, joissa haastateltavat saivat vapaasti vastasta ennalta laadittuihin kysymyksiin, jotka on esitetty Liitteissä 1, 2 ja 3 (Liitteet 1, 2 ja 3) Lopuksi annettiin mahdollisuus vapaalle keskustelulle.

Liitteen 1 kysymykset oli osoitettu ensisijaisesti vesipiikkaus- ja korkeapainepesuyritysten edustajille, mutta yhdelle tilaajayritykselle osoitettiin liitteen 1 kysymykset yrityksen aseman ja kokemuksen vuoksi. Liitteen 2 kysymykset osoitettiin vesipiikkausta- ja korkeapainepesua organisaatioille, jotka eivät itse suorita vesipiikkausta- ja korkeapainepesua, mutta ovat sidosryhmänä toiminnassa mukana, kuten tilaajan tai pääurakoitsijan asemassa. Liitteen 3 kysymykset osoitettiin erään ammattiopiston opettajalle, jossa on aiempina vuosina pidetty korkeapainepesityökursseja. Haastatteluja pidettiin yhteensä 9 kappaletta, jotka jakautuivat siten, että vesipiikkausyrityksille pidettiin 4 haastattelua, joista 2 oli ryhmähaastatteluja ja 2 yksilöhaastatteluja, sidosryhmille 4 haastattelua, joista 2 oli ryhmähaastatteluja ja 2 yksilöhaastatteluja ja 1 haastattelu ammattiopistoon, joka pidettiin yksilöhaastatteluna.

Haastattelujen analysointi noudattaa teoriaohjaavan analyysin periaatteita, jossa teoriakehyksenä on kappaleessa 4.3 esitetty yhteistä turvallisuutta korostava sosiotekninen malli. Haastatteluissa käsitellyt asiat on jaoteltu viitekehyksen asettamien raameihin haastatteluaineiston ehdoilla siten, että raportointi on säilynyt johdonmukaisena mukailen haastattelu-runkoa. Tutkimuskysymyksiin 1 ja 2 vastataan kaikissa kappaleissa: haastateltavien vastauksissa esitettiin usein nykytilanne, jonka jälkeen haastateltavat esittivät kehittämistarpeita, jotka ovat heidän työnsä ja havaintojensa kautta nousseet esille. Myöhemmin esitetyt sitaattit on pidetty mahdollisimman alkuperäisenä, mutta haastateltavien anonymiteetin turvaamiseksi sitaattit on muutettu murteista yleiskielelle sekä joihinkin sanamuotoihin on tehty muutoksia.



Kuva 24. Työn tilanteen ja vesipiikkausyrityksen riskinarvio.

## 8.1 Riskien kartoitus työpisteellä ja riittävät lähtötiedot työn aloittamiselle

Riskienhallinnan kartoituksen keskeisiksi tekijöiksi kerrottiin olosuhteiden arviointi, aktiivinen vuoropuhelu ja tiedonvaihto sekä riskinarvioiden monitasoisuus. Riskien kartoitukseen liittyvät vastaukset noudattivat kaikki samaa periaatetta. Tilaajan kerrottiin toimittavan vesipiikkaajalle ylätasaisen riskikartoituksen ja varsinainen riskinarvio jää vesipiikkausurakoitsijalle. Kuvassa 24 on havainnollistava esitys yleisistä vastauksista, joita haastatteluissa esitettiin.

Aktiivinen vuoropuhelu ja tiedonvaihto nostettiin esiin: Tilaajaorganisaatio näkee parhaiten kokonaisuuden työskentelypaikasta, sekä työkohteen erityispiirteet ja vesipiikkaajat tietävät parhaiten, mitä erityisiä turvalli-

suushaasteita vesipiikkaus aiheuttaa niin sivullisille, kuin omille työntekijöille. Molemmilla osapuolilla on merkittävä rooli riskien kartoituksessa – tilaaja ja vesipiikkaajat ovat ammattilaisia omalla alueellaan.

Haastateltavien kanssa keskusteltiin, mitä riskejä työn aikana voi sattua, Esimerkkeinä mainittiin muun muassa poikkeamat teollisuusprosesseissa, teollisuusprosessien sivutuotteet, kuten tuhkan yllättävä käytös ja sivullisten ennakoimaton käyttäytyminen.

Vesipiikkaajat tekevät vaaranarvioinnin, mutta haastatteluissa vesipiikkaajat kertoivat, että tilaaja voisi enemmän ottaa kantaa vesipiikkaajayrityksen tekemiin turvallisuusesityksiin. Eräs vesipiikkausyrityksen edustajista huomautti, että mikäli tilaajalla on unohtunut kertoa turvallisuuteen asiasta, niin siitä voi aiheutua todella merkittävä ja yllättävä riski:



” -- Riippuen ja liittyen lähinnä näihin asiakkaan kanssa tilaajan kanssa käytäviin työlupakäytäntöihin lähtötietoihin, että jos on vaikka siinä viestinnässä unohtunut meille kertoa joku olosuhde, paikka tai tilanne, mitä me ei oikeasti pystytä aistein havainnoimaan, niin se voi aiheuttaa kyllä todella yllättäviä riskejä.

-- On vaikka vedenpinnan peittämiä monttuja tai muita mitä ei tosiaan sitten pystytä näkemään vasta kun siihen astutaan, jos niitä ei ole mitenkään rajattu. -- Että jos siinä viesti katkeaa näissä keskusteluissa, niin siinä voi tulla kyllä tosi yllätyksellisiä paikkoja ja tilanteita eteen.”

Se, mitä toimenpiteitä turvallisuusolosuhteiden muuttuminen aiheuttaa, kerrottiin olevan tilannekohtaista. Turvallisuuspuutteita kerrottiin vuoron vaihtuessa ja toisaalta äärimmäinen keino on keskeyttää työt, korjata puutteet kuntoon ja vasta sen jälkeen jatkaa työtä. Eräs haastateltava mainitsi, että työvuoron loppuvaiheessa korjauksia saatetaan jättää herkemmin toteuttamatta. Vesipiikkaajan omat kokemukset ja havainnot ovat keskeisessä roolissa – sillä vesipiikkaaja itse on lähimpänä työtä ja tekee turvallisuuden kannalta keskeisiä ratkaisuja.

Haastateltavat mainitsivat, että riskikartoitus täytyy olla aina kohdekohtainen sillä ympäristö ja työkohteet määrittävät olennaisesti, minkälaisia riskejä työpisteellä voi muodostua ja miten niihin tulee reagoida.

”Tämän kohdekohtaisesti saa toki ottaa ne pohjat, jos on hyvät semmoiset. -- täytyy olla skarppina, että ne ei jää siinä sille tasolle vaan sitten kuitenkin tuoda ne kohteen tiedot sinne.”

## 8.2 Toiminta työkohteessa osana sidosryhmien kanssa

Turvallista toimintaa käsiteltiin haastatteluissa sekä vesipiikkaajan-, että sidosryhmien näkökulmasta. Keskeisiä teemoja, jotka nousivat keskusteluissa esille, olivat aktiivinen tiedonvaihto ja vuoropuhelu sidosryhmien välillä. Ristiriitatilanteiden ratkaisuksi ainoaksi mahdollisuudeksi kerrottiin neuvottelu.

Keskusteluissa mainittiin myös, että tilaajan tietämys vesipiikkaustyöstä edesauttaa työn suunnittelua turvallisemmaksi. Eräs haastateltava esitti ehdotuksen päivän mittaisesta excursiosta, jossa tilaajat pääsisivät näkemään työtä käytännössä, sekä keskustelemaan aiheesta. Tilaajat olivat myös sitä mieltä, että erikoistyötä, kuten vesipiikkausta tekevät ovat itse työnsä ammattilaisia ja heillä on velvollisuus toimia turvallisuuden asettamien raja-arvojen mukaisesti.

Vesipiikkausyritykset peräänkuuluttivat pääurakoitsijan ja tilaajan myötävaikuttamista vesipiikkaustöihin. Tilaajalta toivottiin sellaista myötävaikuttavaa toimintaa, että työ voidaan suorittaa turvallisesti. Tilaajan järjestämällä toimenpiteillä, kuten käyttöhyödykkeiden, kuten veden järjestämisellä voidaan järjestää työaluetta turvallisemmaksi. Yksi vesipiikkausyrityksen edustajista nosti esille esimerkkitapauksen työuraltaan, jossa tilaajan edustaja oli käyttänyt merkittäväällä tavalla väärin määräysvaltaansa. Esimerkissä kerrottiin, että tilaaja oli kehottanut työskentelemään tavalla, joka aiheutti vakavan riskin korkeapainepesijän turvallisuudelle.



Vesipiikkaajien edustajat kokivat ongelmalliseksi yleisen tietämättömyyden vesipiikkaustöistä ja työkokonaisuuden laajuudesta. Työn turvallisuutta edesauttaviksi tekijöiksi kerrottiin aktiivinen vuoropuhelu.

### 8.2.1 Vaara-alue

Varo-alueiden kunnioittamisen tärkeys, sekä vaara-alueen laajuuden ymmärtämisen merkitys sai useita mainintoja. Vastauksissa kerrottiin, että vaara-alue ei rajoitu pelkkään vesipiikkaustyöskentelyyn, vaan paineistetut letkulinjat ja pumpun alue ovat myös vaarallista aluetta.

”Monesti keskitytään vaan siihen missä kauhea pöhinä ja pöhinä, eli mikä siihen mitä tapahtuu siitä suuttimesta eteenpäin. Mutta tavallaan se pitäisi ymmärtää sitä, että se vaara-alue on myös ne letkut ja se pumppu ja kaikki se alue on sitä vaarallista aluetta ja että niiden letkujen suojaetäisyysinä merkattuna niitä punavalkoista nauhoja niin niitä kunnioitettaisiin paremmin ja niitä kylttejä kunnioitettaisiin paremmin.”

Toisaalta osa haastateltavista mainitsi, että melu itsessään on poistytävää: ihmiset eivät hakeudu melun keskelle, vaan ymmärtävät väistää. Ongelmaksi mainittiin kuitenkin muun muassa infratyömaiden ohikulkeva liikenne. Esimerkiksi siltojen korjaustöissä ongelmaksi kerrottiin muodostuvan melusta huolimatta se, että liikenne kulkee varo-alueen vierestä.

### 8.2.2 Työkokonaisuuden laajuus ja vaativuus

Työkokonaisuuden kerrottiin olevan laaja: työmaan perustaminen ja purkaminen vie paljon aikaa. Työn tilanneet voivat omilla esivalmisteluillaan edesauttaa tulevaa vesipiikkaustyötä.

Esimerkkeiksi esivalmisteluille mainittiin seuraavia asioita:

- työn huolellinen suunnittelu,
- valmiiden letkureittien järjestäminen,
- trukki liikenteen järjestäminen siten, ettei letkuista ajeta yli,
- työluopien myöntäminen siten, etteivät työryhmät ne ole liian lähellä,
- telineiden ja riittävän ilmanvaihdon järjestäminen.

Telineiden järjestämisen merkitys sai useammalta haastateltavaa mainintaa.

”Vois miettiä, missä järjestyksessä asioita tehdään. Tämöinen karkea esimerkki, että sinne menee ensin vesipiikkaaja tai tällainen pesumies tekemään homman. Se kurkottelee ja tekee, koska on pakko tehdä. Ja sitten kun se tulee pois sieltä, niin sitten sinne menee telinemies ja tekee hyvän telineen, mistä sen olisi voinut tehdä sen työn.”

## 8.3 Kaluston turvallisuus

Kalustoa käsittelevistä vastauksista kävi ilmi, että laitteiston turvallisuudesta varmentuminen on tietyiltä osin pitkälti käyttäjistä riippuvaista: käyttäjän tulee ymmärtää laitteiden vaatimukset ja laitteiden vaatimustenmukaisuus tulee olla tiedossa.

Kaluston turvallisuudesta nousi seuraavia asioita:

- käyttöolosuhteiden huomioinen suunnittelussa ja laitteiden tuotannossa,
- oma aktiivisuus kaluston turvallisuuden edesauttamisessa,
- käyttäjän huomiointi laitteiden suunnittelussa,
- valmistajien vastuu.

### 8.3.1 Kaluston käyttöikä ja ympäristön merkitys

Letkujen turvallisuus nousi esille kaikissa haastatteluissa. Osa haastateltavasti nosti ongelmalliseksi, että letkuille ei ole määritelty käyttöikää. Eräs haastateltava kertoi, että heidän organisaatiossansa tehdään koeponnistukset letkuihin vuosittain 1,5 kertaisella maksimipaineella ja hylkäysprosentti on peräti 30 %.

Laitteiden hyvän käytettävyyden merkitys nousi esille. Yksi haastateltavista esitti myös, että valmistajien tulisi testata kalustoa todenmukaisissa ympäristöolosuhteissa ja näin saataisiin parempi käsitys, siitä minkälaista ympäristörasitusta kalusto kestäisi ja miten paineinen vesi käyttäytyy epätasaisilla pinnoilla.

”Niissä paineletkuissa ja noissa niin niissähän ei ole minun tietääkseni mitään käyttöikää, että kuinka kauan niitä voi käyttää. Sitten kun ne hajoavat niin ne heitetään pois. Ehkä niitä tarvittaisi vähän enemmän tutkia, että kuinka kauan ne kestävät jotain happoja ja kaikkea. -- Ne letkut ja madot ja kaikki usein makaa töissä jossain hapoissa ja emäksissä aineissa niin että kuin paljon niiden pinnat ja ne suuttimet ynnä muut kiertteet kestävät niitä. Se on yksi ehkä semmoinen, mihin toivoisi laitevalmistajat vähän enemmän informaatiota niihin.”

### 8.3.2 Käyttäjien kokemukset työskentelyn turvallisuudesta

Haastateltavat vesipiikkausyritysten edustajat kertoivat, että työntekijät kokevat työnsä turvalliseksi, eikä työtä tehdä tapaturman pelossa. Turvamekanismien kerrottiin olevan kehittyneitä nykyisissä laitteissa. Pumpun kerrottiin tiputtavan paineen pois letkurikkotapauksissa. Toisaalta kone-turvallisuuden kannalta esitettiin myös kriittinen näkemys:

”No ensimmäinen semmoinen mikä huolettaa kaikista eniten, että niitä suoritetaan monesti ohjelmallisesti ja laitteen dokumentaatiosta ei käy julki, että ohjelmallinen toiminto olisi jotenkin turvaluokiteltu. Tänä päivänä ne voisi olla, mutta meillä on sen ikäisiä laitteita, että voin melkein lyödä mitä vain vetoa, että ne eivät ole – eli erilaisia hätäpysäytyksiä. Esimerkiksi ne toiminnot kulkevat ohjelmoitavan laitteen kautta.”

Kyseinen haastateltava nosti esille myös esille sen, että laitteita on rakennettu vähäisillä massoilla ja että hätäpysäytyslaitteita on toteutettu valmistajien toimesta jopa standardin vastaisesti. Laitteiden käyttöiän kerrottiin myös olevan pitkä, noin 20 vuotta, jolloin niiden päivittäminen ja vaatimusten mukaisuudesta varmentuminen jää yrityksen omalle vastuulle.

### 8.3.3 Käyttöohjeiden yksiselitteisyys

Käyttöohjeet koettiin ymmärrettäviksi ja yksiselitteisiksi. Haastateltavat nostivat kuitenkin esille, että työntekijä itse ei välttämättä ymmärrä englantia niin hyvin, että perehtymisen laitteen käyttöön voisi jättää työntekijän harteille. Tässä haastateltavat korostivat perehdyttämisen merkitystä: esimiehen tulee perehdyttää ja ohjeistaa laitteiden turvalliseen käyttöön. Yksi haastateltavista esitti toiveen lyhyemmästä käyttöohjeesta, joka toimitettaisiin pidemmän käyttöohjeen lisäksi.

Yksi haastateltava huomautti, että käyttöohjeita ei välttämättä toimiteta automaattisesti kohdemaan kielellä, vaan niitä tulee itse vaatia. Haastateltava huomautti, että vikatilanteiden purku tulisi ohjeistaa hyvin, sillä tietyissä tapauksissa on riski, että letkuja lähdetään purkamaan niiden ollessa vielä paineistettuja.

”Ihmiset ei osaa oikein ottaa huomioon sitä riskin arviota siinä, että mitä jos? Ne mieltävät sen, että se käyttäytyy niin kuin se yleensä käyttäytyy.”

### 8.3.4 Kaluston virittäminen

Erään yrityksen edustajat kertoivat, että osa viritelmistä on ollut sellaisia, että ne on viety jopa laitevalmistajan tuotantoon ja että niiden käyttämiseen on kysytty Aluehallintovirastolta lupaa. Omiksi viritelmiksi haastateltavat kertoivat muun muassa syöttöveden säätelyyn tehdyt muutokset, virransyötön muutokset, kotitekoiset suutinten ohjaimet ja –suojaimet ja venttiilimuutokset. Pistoolin kahvalle tehtävä pakkosyötön – kansankielellä ”urakkakapula” kerrottiin jääneen historiaan, mutta eräs haastateltavista kertoi käyttäneensä itsekin sellaista aiempina vuosina. Viritelmien syiksi kerrottiin halu helpottaa ja nopeuttaa työtä.

Eräs tilaajan edustajista kuvasi yleisesti työvälineiden käytettävyyden yhteyttä kalustomuutoksiin:

”Nyt varsinkin, kun puhutaan tällaisesta ns. vaarallisesta työstä niin niitten laitteiden käytettävyys olisi mahdollisimman hyvä. Sitten kaikissa suojavaarusteita laitteissa, mitä niissä on, niin myös niiden osalta. -- Syy minkä takia niitä yleensä poistetaan näistä laitteista, on se, että se jollain tavalla hankaloittaa lainausmerkeissä, hankaloittaa tai kuvitellaan että hankaloittaa sitä työtä.”

Yksi vesipiikkausyrityksen edustajista nosti myös vaaratilanteen mahdollisuuden, jos kalustoa viritetään venttiilimuutoksilla. Haastateltava totesi, että venttiilimuutoksilla voi pahimmillaan käydä niin, että pumppu saattaa nostaa kovan paineen, mistä voi aiheutua terävä suihku.

### 8.3.5 Vauriota edeltävät varoittavat muutokset kalustossa

Vauriota edeltävät muutokset laitteissa kerrottiin seuraavia asioita: veden virtauksen muutokset, epätasaiseen käynti, letkujen sykkiminen, rekyyllin muuttuminen ja veden valuminen säiliöön. Toisaalta haastatteluissa keskusteltiin myös siitä, että meteli työpisteellä on valtava, minkä takia pistoolilla työskentelevä ei kuule esimerkiksi käyntiään muutoksia.

Kerrottiin myös, että vaurio voi tapahtua varoittamatta – esimerkiksi suutin voi räjähtää irti, jolloin pistooli potkaisee. Yksi haastateltavista sanoi, että rikkoutumiset tapahtuvat yleensä pumpun päässä, eivätkä vaikuta suoraan tekijään.

## 8.4 Suojavarusteet

Keskeisiä haasteita suojavarusteissa kerrottiin olevan: puutteet kulutuskestävyydessä ja maksimipaineiden kestävyydessä. Työn fyysisyyden, ympäristöolosuhteiden ja suojavarusteiden kerrottiin muodostavan haastavan kokonaisuuden ergonomian ja jaksamisen kannalta. Haastateltavat tunnistivat selkeitä turvallisuuteen liittyviä haasteita suojavarusteissa, joita on esitetty seuraavissa alaotsikoissa.

### 8.4.1 Iskunkestävyys ja kulutuskestävyys

Haastateltavat kertoivat, että markkinoilta puuttuvat kokonaan 3000 bar:n kestävät suojavarusteet. Toisaalta haastateltavat olivat sitä mieltä, että puvusta ei saa tulla kankea, jotta liikkuvuus ei kärsisi. Pukujen materiaaliksi mainittiin usein kevlar. Haastateltavat tunnistivat ongelman, että on haastavaa toteuttaa suojapuku, joka olisi optimaalinen kuumuu-

den kannalta, hengittäisi mukavasti ja olisi kestävä.

Raitisilmamaskien ja kasvosuojainten iskunkestävyys kerrottiin olevan merkittävän heikko. Yhtenä kehitysehdotuksena esitettiin joka suuntaan suojaavaa kypärää – sukelluskypärän kaltaista ratkaisua.

”Eihän se pleksi kestä. Sehän on jonku millin vahvuinen. -- Ei ole mitään sellaista kasvosuojaa eikä mitään mikä kestäisi sitä (painetta).”

### 8.4.2 Ergonomia ja suhteellisesti oikeiden paikkojen suojaaminen

Varusteiden ergonomiasta keskusteltiin käsitteen siinä muodossa, jossa se on perinteisesti ymmärretty: varusteiden käyttömukavuudessa ja käytettävyydessä. Ongelmallisena pidettiin, että varusteista tulee merkittävästi painavammat, kun varusteet kasvavat ja niihin kertyy piikattavaa irtoainesta. Kahdessa haastattelussa haastateltavat nostivat esille, voisiko markkinoille saada varusteita, joihin olisi mahdollista saada vaihdettavia pintoja.

Yhtenä näkökulmana nostettiin esille myös paikkojen suhteellinen suojaus: suojataan kehoa vaaralle altteimmista paikoista. Näkökulmaa perusteltiin muun muassa sillä, että varusteiden pukeminen ja käyttäminen on jo itsessään raskasta johtuen ympäristöolosuhteista, kuten kuumuudesta, haastavista työskentelypaikoista, joka vaatii usein muun muassa kiipeilyä telineissä, sekä epätasaisista alustoista, joka on täynnä piikkausjätettä. Raajojen suojaamisen, kuten painavat saappaat ja paksujen suojakäsineiden kerrottiin aiheuttavan haasteita ketterälle laitteen käsittelylle.

### 8.4.3 Pesijän ja koneyksikön hoitajan kommunikoinnin haasteet

Myös kommunikoinnin haasteista keskusteltiin. Työssä kova meteli aiheuttaa haasteita kommunikoinnissa konemiehen ja pesijän välillä. Eräässä haastattelussa pohdittiin, olisiko kasvosuojaan mahdollista integroida mikrofonin, joka mahdollistaisi pesijän ja konemiehen välisen kommunikoinnin.

H1: ”Ei voida käyttää oikein minkäänlaisia mikrofonisysteemejä näillä nykyisillä systeemeillä. Näillä kasvosuojaimia tai maskeilla niin sitten se puheyhteys, konemiehen ja pesijän välillä on semmoinen mikä olisi todella hyvä, että pystyisi se kasvo-osa olemaan semmoinen, että se mahdollistaisi sen mikrofonin käytön.”

H2: ”Suurimmaksi osaksi et näe koko pesijää ja kuulet äänestä kyllä, että siellä tapahtuu jotain. Se olisi kova turvalisuusparannus, kun pystyisi maskista puhumaan.”

## 8.5 Koulutus

Alalle ei kerrottu olevan velvoittavaa kaikille yhteistä koulutusta. Kaikissa haastatteluissa koulutuksen kerrottiin olevan organisaation omalla vastuulla ja vain yksi haastateltavista kertoi käyneensä vesipiikkauskoulutuksen ammattiopistossa.

### 8.5.1 Mestari-kisälli-malli

Kaikissa vastauksissa koulutuksen kerrottiin olevan samankaltainen. Kaikki vesipiikkausyrityksissä työskentelevät kertoivat, että koulutus vesipiikkaustyöhön on mestari-kisälli-tyyppistä, eikä alalle ole olemassa virallista, velvoittavaa koulutusta. Haastateltavien vastaukset koulutukseen osallistumisesta vaihtelivat organisaation koon mukaan. Kouluttajiksi kerrottiin yksikön vetäjät, työnjohto, vanhemmat työntekijät, laatu- ja turvallisuustiimi. Kaikkia vastauksia kuitenkin yhdisti se, että kokeneemmat opettavat ja työhön opetteleva on aktiivisesti mukana opetuksessa.

Työhön kerrottiin opeteltavan työn ohessa asteittain. Uusi työntekijä voi aloittaa esimerkiksi koneen käyttäjänä ja taitojen kehittyessä siirtyä työskentelemään pistoolilla – aluksi pienemmillä paineilla ja kokemuksen karttuessa isommilla paineilla. Haastateltavat kertoivat myös, että koulutukseen sisältyy teoriaosuuksia. Teoriasisällöiksi kerrottiin kuuluvan muun muassa: letkujen ja suutinten valintoja, rekyylin laskemista, laitteen oikeaa käyttöä ja oikeiden työkalujen valintoja, sisäisiä työohjeita, viime hetken riskinarvioita ja lakiasioita.

Yritykset kertoivat, että heillä työhön ottamiseen minimivaatimuksia, mutta työn fyysisyyden kerrottiin olevan karsiva tekijä alalle hakeutumisessa. Osa haastateltavista kertoivat, että he palkkaavat mieluiten henkilöitä, joilla on jo entuudestaan C-kortti, sillä kalustoa liikutetaan kuorma-autolla. Yksi haastateltava kertoi myös, että työhön soveltuminen tarkastetaan työhöntulotarkastuksessa – katsotaan, että tulevat työntekijät ovat soveltuvia raskaisiin töihin.

Varmuus työntekijän osaamisesta kerrottiin olevan pitkälti työnjohtajien, työkavereiden sekä oman arvion varassa. Haastateltavat kertoivat ammattitaidon seurantamenetelmäksi työn jäljen, työstä saatavan palautteen sekä vesipiikkaajan oman näkemys siitä, kuinka työ onnistuu. Keskeisenä asiana kerrottiin, että koulutettava henkilö yleensä itse tietää soveltuvuutensa työhön.

Tutkimuksessa otettiin yhteyttä erääseen ammattiopistoon, jossa on aiempina vuosina toisinaan pidetty korkeapainevesityökursseja. Koulutuksen kerrottiin olevan aina työelämälähtöinen – yritysten aktiivisuuden varassa. Haastattelussa kerrottiin, että heillä on aina pyritty järjestämään opetusta ja vastaamaan erilaisiin ja erikoisiinkin työelämän koulutustarpeisiin. Viimeisimmästä vesipiikkaustyöhön valmistavasta koulutuksesta kerrottiin olevan jo useampi vuosi aikaa.

### 8.5.2 Koulutusvaatimusten asettamisen näkökulma

Tiukempien koulutusvaatimusten tarve otettiin esille yhdessä vesipiikkausurakoitsijan haastattelussa, että tilaajan haastattelussa. Tilaajan edustaja esitti kriittisen näkemyksen, siitä että vesipiikkaustöitä tilatessa ei voi olla täysin varma siitä, toimiiko vesipiikkausurakoitsija turvallisuusasiat huomioiden: onko henkilökunta pätevää ja riittävän perehtynyttä, onko laitteet kunnossa ja käytetäänkö niitä kuten niitä kuuluu käyttää.

”Herää iso kysymysmerkki pätevyysvaatimukseen: tehdään paljon sähkötöitä- ja sähköurakointia, joissa pitää tehdä säännöllisesti kertauskoulutuksia, jotta säilyy tietotaito jänniteluokkiin jne. Vesipiikkausyritys voi vaikka vuokratyöfirman kautta ottaa uuden työntekijän töihin: perehdyttää hetken ja laittaa tilaajan luo piikkaamaan.”

Eräs vesipiikkausyrityksen edustajista myös nosti alaa koskevan säätelyn puutteet esille:

”Toivoisin, piikkaustyöhönkin tulisi minimistandardit, että mitä pitää osata ja mitä siihen koulutukseen pitäisi sisältyä. Tarkemmat kuin mitkään yleiset työturvallisuusohjeistukset vaan nimenomaan tähän ammattiin suunnatut raamit siihen, että mikä on se vähimmäistaso. Ja mikä on ne mitä pitää tässä työssä ottaa huomioon? Se olisi semmoinen koko alaa säätelevä juttu. Varmaan sitä kautta tulisi laadukkaammaksi sitten eri yrityksillä perehdyttäminen ja kouluttaminen.”

Toisaalta yhdeltä vesipiikkausedustajalta saatiin myös täysin vastakkainen näkemys koulutusvaatimusten tarpeellisuudesta:

”Ei sitä ei siinä sen kummemmin ole mitään ihmekoulutusta voi oikein olla. Onhan niitä ollut niitä korkeapainevesityökursseja, OK nekin olivat, mutta ei ne käytäntöön hirveästi ole auttanut. Sitten niitä on ollut niitä, jotka on yrittänyt sitä saada, että pitäisi kaikille saada semmoinen kortti. --On aika kova vaatimus, jossa kaikilla pitää sellainen olla.”

## 8.6 Terveys

Haastateltavat kertoivat, että keskeisimmät terveyteen liittyvät ongelmat ovat fyysisiä – työn staattisuudesta johtuvia tuki- ja liikuntaelimestön ongelmia, hengitystieongelmia sekä kuulovaurioita. Psykkisen kuormituksen kerrottiin kohdistuvan enemmän henkilöihin, jotka ovat vastuussa työn aikatauluista: urakan myyneet sekä työnjohto.

### 8.6.1 Altistuminen haitallisille aineille

Vesipiikkaustyö on materiaalia irrottava työmenetelmä, joten tuki- ja liikuntaelinongelmien lisäksi myös terveydelle haitallisten aineiden vaikutus elimistöön sai mainintoja.

”Siinä ei pölyä, mutta jos sun auto vaikka on vieressä ja katsot mitä siinä on kun se auto kuivuu siitä sumusta niin siinä on sitä kalkkijäämää aika paljon niin käytännössä sitä hengittää sitä samaa vesihöyryä jos sitä on. -- Ei ole tullut ainakaan vastaan, että siitä olisi mitään isompaa pölyhaittaa. Ja niinhän ne mainostaakin, että: ”pölytön”, mutta en menisi ihan varauksetta sanomaan, että tämä on pölytön, että kyllä siinä vesipisarassa on myöskin tavaraa.”

Vaarallisilla aineilla kontaminoituneiden työvaatteiden riisumisen kerrottiin olevan riski altistua vaarallisille aineille.

### 8.6.2 Tuki- ja liikuntaelimet

Keskeisiä ongelmia, jotka nousivat esille, olivat työn staattisesta kuormituksesta johtuvia tuki- ja liikuntaelinongelmia. Vesipiikkauksesta ei kerrottu olevan tullut tietoon mekaanisen piikkauksen kaltaisia ongelmia kuten tärinäutia. Kaikissa haastatteluissa, joissa aiheesta keskusteltiin, kävi ilmi, että työntekijöillä ei ole ilmennyt tärinäutidin kaltaisia oireita. Eräs haastateltava kertoi, että heidän organisaatiossansa on tutkittu, aiheuttavatko laitteet tärinää:

”Meidän ja ulkopuolisen tahon tekemien tutkimuksen perusteella ainakaan nykyvehkeet aiheuta sellaista tärinää mitä jotkut muunlaiset vehkeet sitten voi siinä mielessä aiheuttaa, kuin tärinää ymmärretään, että mitä se tulee käsiin tai kehoon kohdistuvana.”



## 9. Tulosten tarkastelu ja suositukset

---

Haastatteluissa keskeisiä, toisiaan yhdistäviä teemoja oli löydettävissä useampia, joita olivat oma-aloitteisuus, yhteistyön merkitys ja ammattitaito. Turvallinen työskentely ja onnistuneet työsuoritteet vaativat aktiivista ja oma-aloitteista otetta niin vesipiikkaajalta, pääurakoitsijalta ja tilaajalta. Haastateltavat olivat eri rooleissa eri organisaatioissa, joten vastauksista saatiin monenlaisia näkökulmia samoihin aihepiireihin. Vastaukset olivat kirjavia: niistä löytyi monia samankaltaisia ja jonkin verran eriäviäkin näkökulmia.

Tutkimuksen tavoitteiden mukaisia tietoja saatiin molemmista aineistosta, sekä haastatteluista että vahinkoaineistosta ja niiden voidaan katsoa olevan toisiaan tukevia. Sekä tilastoaineistoa että haastatteluja tarkasteltaessa havaitaan, että turvallisuuspuutteet ovat koko järjestelmän tasoja koskevia. Tutkimustuloksia on verrattu tutkimuksen empiirisessä osuudessa esitettyihin teorioihin.

### 9.1 Tapaturma-aineiston tulosten arviointi

Tapaturmakuvaukset analysoitiin Carayon ym. (2015) sosioteknisessä järjestelmässä. Tässä analyysissä havaittiin, että tapaturmakuvauksista löytyi enemmän tekijöitä työjärjestelmään ja sosiaalisorganisatoriseen kontekstiin, kuin ulkokerrokseen, jossa käsitellään koko alaa ohjaavia tekijöitä. Tapaturmakuvausten ollessa lyhyitä – vain muutaman sanan mittaisia kuvauksia, on selvää, että työjärjestelmään ja sosiaalisorganisatoriseen kontekstiin oli löydettävissä helpommin ja enemmän sisältöä, kuin ulkokerrokseen. Lyhyet tapaturmakuvaukset koostuivat muutamasta lauseesta, joissa käsitellään enimmäkseen työntekijän toimintaa ennen tapaturmaa. Ulkokerroksen osalta jouduttiin tekemään olettamuksia ja tulkintoja, koska ulkokerrosta käsittelevät asiat eivät käyneet ilmi tapaturmakuvauksista.

TOT-raportit paljastivat Reasonin esittämän teorian (1990, s. 208) mukaisia piileviä virheitä organisaation kaikissa tasoissa. Raporttien sisällöistä voitiin päätellä, että tapaturman aiheuttaneina tekijöinä on ollut tilanteita eri organisaatiotasoilla, jotka ovat mahdollistaneet tapaturman kehittymisen. Li ja Thimbleby (20141) esittivät tutkimuksessaan, että Reasonin teoria toimii sovellettuna. Myös tämän tutkimuksen päätelmät tukevat tätä näkökulmaa. Joistakin virheistä on haastavaa sanoa, mitkä ovat todella piileviä ja mitkä ovat tietoisia valintoja suorittaa työtä riskialttiisti.

Reaktiivisilla mittareilla mittaaminen on tärkeää kuten esimerkiksi Koivupalo (2019, s. 78) ja Hoffman ym. (2017) ovat osoittaneet, sillä niistä opitaan ja tehdään korjaavia toimenpiteitä. Tarkastelu aineiston osalta oli turvallisuus 1-ajatteluun pohjautuvaa, sillä kuten Hollangel ym. (2015) ovat esittäneet, turvallisuus 1-ajattelussa etsitään korjaavia toimenpiteitä. TOT-tutkinnoissa oli tunnistettu turvallisuuden vaarantavia toimia, joihin oltiin jo raporttien yhteydessä esitetty korjausehdotuksia. Toisaalta on tärkeää tarkastella myös tapahtumia, jotka menevät oikein ja oppia myös niistä: kuten Hollangel ym. (2015) ovat esittäneet, asioiden menemistä oikein ei voida varmistaa vain tarkastelemalla pieleen menneitä asioita.

## 9.2 Haastatteluaineiston arviointi

Haastatteluissa korostui, että vesipiikkaus- ja korkeapainepesu on laaja kokonaisuus, jota tehdään työn tilaajalle, kuten tehtaille ja talo- ja infrarakennustyömaille. Tällaisissa ympäristöissä työskentelee myös ulkopuolisia, kuten muita urakoitsijoita. Töiden yhteensovittaminen, riskien arvi-

ointi ja työn huomioiminen osana kokonaiskuvaa kerrottiin vaativan tarkkuutta kaikilta osapuolilta. Vastauksissa korostui yhteistoiminnan merkitys: vesipiikkausta suorittava yrityksen ja työn tilanteen tulisi toimia yhteistoimin.

”Vesipiikkaus on vain keihäänkärki, puhdistusjätteen hallinta ja imuautojen käyttäminen yms. mukana. Kuvitellaan että on vain mies ja painepesuri, mutta ympärillä on paljon muuta-kin. Tätä halutaan viedä eteenpäin isossa kuvassa.”

Työterveyslaitoksen raportissa (2019) nostettiin esiin tärkeitä työturvallisuustoimia, kuten ennakoinnin, yhteistyön ja viestinnän merkitystä. Tämän tutkimuksen haastateltavat korostivat samoja asioita.

## 9.3 Työturvallisuuden ulottuvuudet työn suunnitteluvaiheessa

Verrattaessa luvussa 4.2 ja 4.3 esitettyihin viitekehyksin tutkimusaineistoa, voidaan selvästi löytää tuottavuuteen, laatuun sekä turvallisuustavoitteisiin liittyviä haasteita ja ristiriitoja. Haastatteluaineiston nojalla tuottavuustekijöiden voidaan katsoa nousevan usein turvallisuusasioiden edelle myös vesipiikkaus- ja korkeapainepesutöissä. Haastateltavat kertoivat kokemuksistaan, jotka osoittavat tilaaja-toimittaja suhteen olevan toisinaan haastavaa turvallisen työnteon kannalta.

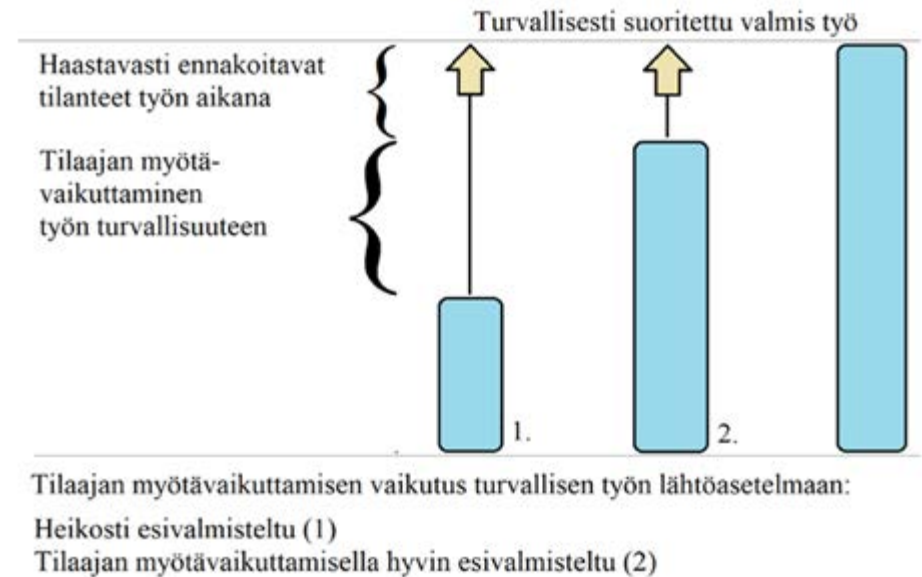
Työn suunnittelun näkökulmasta keskeisiä haasteita, jotka nousivat haastatteluissa esille, olivat työn keston haastava arviointi. Kiireen ja

huonojen esivalmistelujen kerrottiin heikentävän työn turvallista toteutusta. Aikatauluhaasteita kerrottiin aiheutuvan muun muassa haastavasti ennakoitavista asioista. Kun esivalmistelut on toteutettu mahdollisimman hyvin, niin mahdollisia muita aikataulullisia haasteita on helpompi ja turvallisempi hallita. Kuten Simola (2005) ja Woods (2006) esittävät, turvallisuuden tulee olla osana organisaation tavoitteita, eikä niitä pitäisi käsitellä irrallisena osana järjestelmässä.

Haastatteluaineiston viesti oli selkeä: tuotannossa joudutaan tasapainottelemaan sallittujen riskien rajoilla ja toisinaan jopa ylittämään sallitut riskit. Työterveyslaitoksen raportissa (2019) nostetaan esille aikataulun paineen välttämisen merkitys. On tärkeää, että turvallisuuteen vaikuttavat tekijät, kuten esivalmistelut otettaisiin tosissaan ja ymmärrettäisiin niiden vaikutus aikataulupaineisiin. Kuvassa 25 on esitetty havainnollistava esitys tilaajan myötävaikuttamisen merkityksestä vesipiikkaustöihin.

Kuvasta nähdään, että esivalmisteluilla voidaan merkittävästi edistää työturvallisuutta, sillä yllättävien tilanteiden varalle on jätetty enemmän aikaa reagoida. Haastatteluissa kerrottiin, että työssä saattaa tapahtua todella yllättäviä tilanteita, jotka voivat osaltaan johtua huonoista esivalmisteluista.

Haastattelut osoittivat, että vesipiikkaustyötä joudutaan tekemään vielä paljon myös käsillä, eivätkä robotit ole korvannet käsillä tehtävää työtä. Merkittäväksi ennaltaehkäiseväksi toimenpiteeksi voitaisiin katsoa se, jos työtä ei tarvitsisi tehdä ollenkaan käsillä, jolloin työntekijän rooli työssä olisi operoivampi. Käsikäyttöisen pistoolin korvaaminen robotiikalla toisi kuitenkin omat haasteensa. Haastatteluissa nousi esiin, että vesipiik-



Kuva 25. Haastattelujen pohjalta muodostettu esitys tilaajan myötävaikuttamisen merkityksestä työn turvalliseen suoritukseen.

kausrobotti ei sovi ahtaisiin paikkoihin ja puhdistettavan kohteen pinnanmuodot ovat usein haastavia työskennellä robotilla. Myös ergonomiasiantuntijuus nousee jälleen isoon rooliin, kun käyttöön otetaan uutta teknologiaa (Reiman ja Suokko 2020). Kuten Gonzalez-Cortes ym. (2022) ovat osoittaneet, tilojen suunnitteluratkaisuilla voidaan vaikuttaa tilan elinkaarenaikaisiin työturvallisuushaasteisiin. Tilojen suunnittelulla myös robotiikalle sopivaksi voitaisiin jatkossa edistää työturvallisuutta. Nykyiset tilaratkaisut eivät tue robotiikan toimintaa, ja sen myötä ihmiset joutuvat työskentelemään ahtaissakin paikoissa.

## 9.4 Työturvallisuuden ulottuvuudet työn toteutusvaiheessa

Työntekijöiden pätevyyden voidaan todeta olevan työnantajan aktiivisuuden sekä työntekijän oman oppimishalun ja motivaation varassa. Pätevyyttä ei varmisteta virallisella koulutuksella. Haastatteluista kahdessa nostettiin esille tarve saada kaikille yhteinen ja pakollinen minimikoulutus vesipiikkaustöihin. Näiden lisäksi yksi haastateltava otti koulutusasian esiin, mutta koki mahdollisen minimikoulutusvaatimuksen kielteisenä asiana. Työntekijän osaamistason varmistavan ammattitutkinnon merkityksen tarve on tunnustettu jo paljon aiemmin: opetushallitukselle esitettiin vesipiikkaukseen valmistavaa ammattitutkintoa ”Painevesityö ja korkeapainevesityölupa” jo 1999 TOT-raportissa 17/99. Ammattiopistoon tehty haastattelu antoi myös toisesta näkökulmasta tietoa koulutuksen nykyisestä tilasta: koulutuksia ei ole pidetty muutamaan vuoteen, koska ei ole ollut kysyntää. Toisaalta ammattiopiston haastattelussa haastateltava kertoi selvästi, että yritysten koulutustarpeisiin pyritään vastaamaan ja tapauskohtaisesti muodostamaan sopiva koulutuskokonaisuus.

Haastateltavat kertoivat, että koulutuksia järjestetään, mutta on huomattavaa, että kouluttaminen on organisaation oman aktiivisuuden varassa. Nykyisin työhön opetellaan työn ohessa, portaittain, mestari-kisälli-menetelmällä, jossa keskeisenä ohjaavan tekijänä on kokeneempien työntekijöiden opastus. Uusi työntekijä aloittaa pienemmistä vedenpaineista, ja työn ohessa siirrytään kovempiin paineisiin. Erkkilä-Häkkinen on väitöskirjassaan (2016, s. 186) tutkinut rakennusalalla tapaturmaan

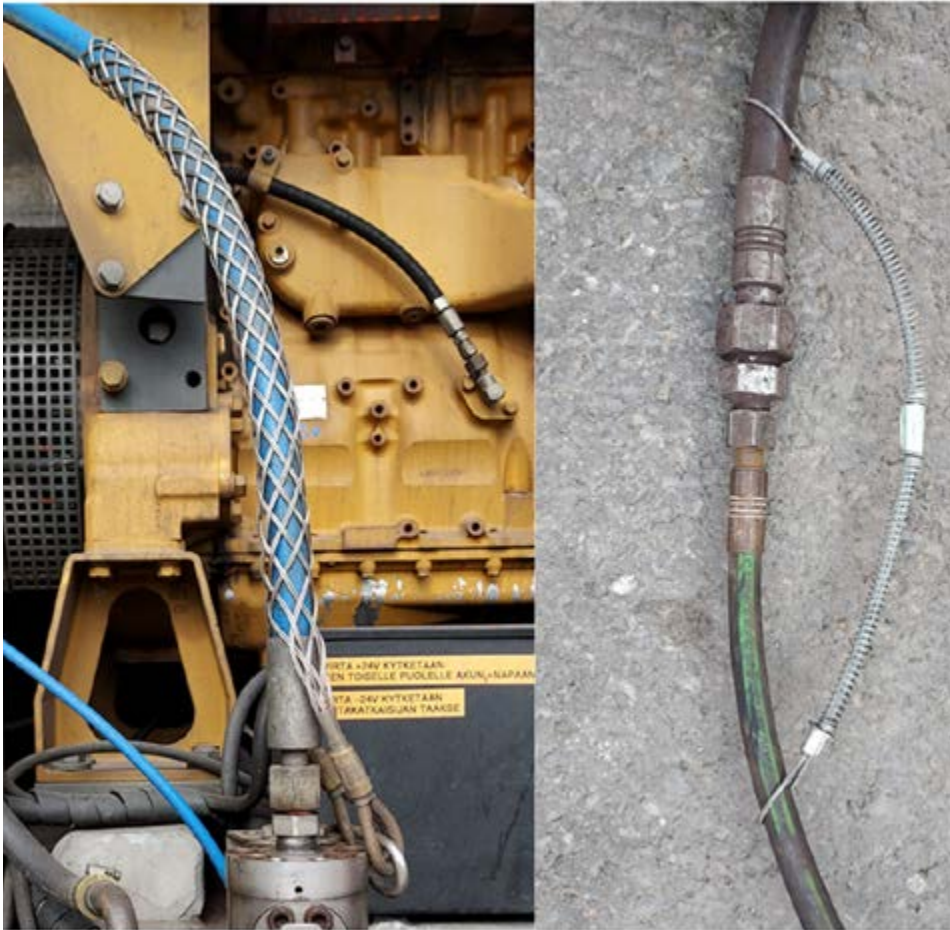
joutuneita henkilöitä, jossa haastateltavat nostivat koulutuksen, perehdytyksen sekä substanssiosaamisen tärkeimpien työturvallisuuteen vaikuttavien tekijöiden joukkoon. Koulutuksen merkitys on otettava tosissaan ja tarkasteltava vaihtoehtoja, jolla koulutusta voitaisiin tehostaa.

Osa vesipiikkausyritysten edustajista kokivat, että urakkakohteissa kunnioitetaan heikosti turvajärjestelyjä, kuten turvarajauksia. Erkkilä-Häkkinen (2021, s. 189) toteaa väitöskirjatutkimuksessaan, että välinpitämättömyys on yleinen tapaturman aiheuttaja rakennusalalla. Haastatteluissa nousi esiin tapauksia, joissa on toimittu lainsäädännön vastaisesti sekä tilaajan, että toimijan osalta.

ESAW-muuttujatekijöiden mukaisesti (TVK, 2023) välittömäksi tekijäksi voidaan vakavissa tapauksissa katsoa veden osuminen työntekijään. On tärkeää, että tunnustetaan tekijät, jotka tämän aiheuttavat. Tekijöiden tunnistamisen lisäksi on myös tehtävä tarvittavat toimenpiteet, jotta tällaista tilannetta ei pääse syntymään esimerkiksi letkurikkotapauksissa. Korkeapaineisten letkurikkojen vakavuus turvallisuusriskinä nostettiin esille kaikissa haastatteluissa. Kuvassa 26 on esitetty letkuliitosten varmistimia, joka estävät letkun hallitsemattoman ja piiskamaisen liikkeen mahdollisessa vauriotilanteessa.

Kuvassa 27 on esitetty keklar-valmisteinen suojasukka, jota käytetään paineistetuissa letkulinjoissa liitinten lisäksi. Suojasukka estää letkurikkotapauksessa korkeapaineisen, vaarallisen ja hallitsemattoman vesisuhkun pääsyn ulos letkulinjasta.





Kuva 26. Letkuliitinten varmistimet.



Kuva 27. Kevlar-suojasukka paineistetussa letkussa.

TVK:n TOT- ja data-aineisto sekä haastattelut osoittavat letkurikkojen olevan konkreettinen vakavan tapaturman aiheuttamisen riskitekijä (TVK, 2023). Eräs vesipiikkausyritys toimitti kuvan (kuva 28) rikkoutuneesta matoletkusta, joka oli vaurioitunut työsuorituksen aikana.



Kuva 28. Työn aikana vaurioitunut matoletku.

Haastattelututkimus osoitti, että suojarusteissa on merkittäviä ergonomiahaasteita, sekä niiden kerrottiin olevan riittämättömiä suojaamaan kovimmilta paineilta. Markkinoilla kerrottiin olevan puutteita maksimipaineiden kestävästä varusteista, jotka kestäisivät 3000 bar:n pistesuihkun.

Kevlar-asu mainittiin usein haastatteluissa. Suojarusteita voidaan kehittää ja niiden tuotekehitys on standardisoitua. SFS-EN 12562 (2000)

standardissa määritellään para-aramidisten multifilamenttilankojen testausmenetelmiä. Standardissa esitetään kuitunumeron määrittäminen, murtokuorman mittaaminen ja kierteen määrittäminen. Mekaanisilta vaaroilta suojaavia käsineitä tarkastellaan standardissa SFS-EN 388 (2016 + A1 2018) jossa on määritelty esimerkiksi lävistys- ja kulutuskestävyyttä. Memon ym. (2020) ovat tutkineet tämän standardin mukaisella testillä kevlarin ja ramie-kuidun sekoitussuhteiden sekä kudontatavan vaikutusta erilaisiin kuormitustapauksiin. Tutkimuksessa osoitettiin, että erilaisilla kevlar- ja ramie-kuidun sekoitussuhteella ja kudontatavoilla voidaan ohjata haluttuja ominaisuuksia. Tutkijat Zeka ja Aytac (2023) ovat tutkineet STF-nesteen (Shear Thickening Fluid) ja vaikutuksia kevlar-kankaan iskunkestävyyssuhteen. Tutkimuksissa osoitettiin, että STF:n sopiva määrä edisti materiaalin suojaustehoa tietyissä iskukuormitustapauksissa. Grouch (2019) puolestaan osoitti tutkimuksessaan, että suojarusteiden ominaisuuksia voidaan edelleen kehittää tehokkaimmiksi. Tämä onkin tärkeää, jotta esimerkiksi haastateltujen mainitsema 3000 bar:n pistesuihkun kestävä suoja saadaan kehitettyä.

Toisaalta haastatteluissa huomautettiin, että korkeampi suojaustaso ei saa johtaa siihen, että suojavaatetuksesta tulee entisestään kankeampia ja hankalampia ergonomian kannalta. Myös standardissa SFS-EN ISO 13688 (s. 14) otetaan kantaa tähän: suojarusteiden tulee olla sellaiset, että se mahdollistaa käyttäjän työn ja toiminnan aikaiset liikkeet ja asennot.

Haastatteluissakin esille nostettu näkökulma suhteellisesti oikeiden paikkojen suojaamisesta on esitetty myös CEN:n teknisessä raportissa CEN/TR 15321 (2006 s. 8–12). Raportissa käsitellään valintaan liittyviä



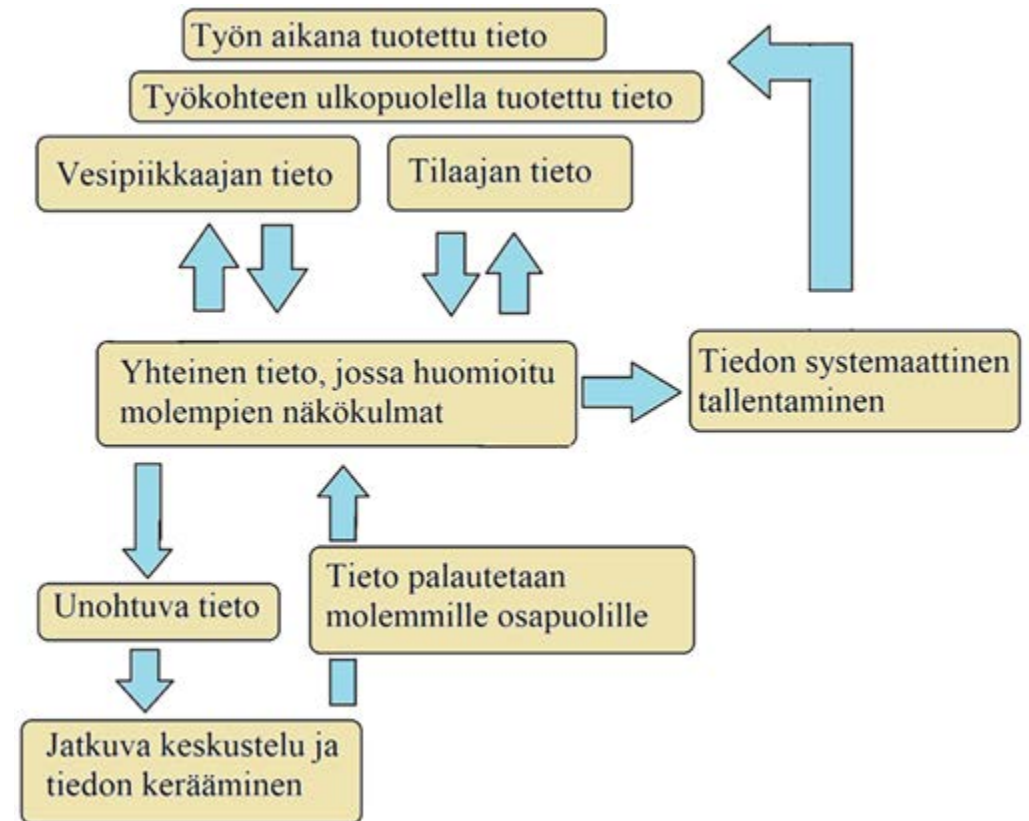
asioita, kuten riskin arviointia, suojaustason määrittelyä, selvityksiä saatavilla olevasta suojavaatetuksesta ja koekäytöstä. Suojavaatetuksen jokaiselle osalle pitää määrittellä suojaustasot. Raportissa nostetaan esille käyttäjien kokemukset ergonomisesta toimivuudesta ja käyttömu- kavuudesta, sekä tiedon kerääminen organisaatioista, joissa käytetään samantlaisia suojavaatteita vastaavanlaisiin tehtäviin.

## 9.5 Sidosryhmien yhteistyön näkökulma ja tiedon jakaminen

Erilaisten sidosryhmien yhteistyön merkitys esitettiin haastatteluissa merkittävänä turvallisuustekijänä. Kuvassa 29 on haastattelujen pohjalta muodostettu kaavio keskustelun merkityksestä, jossa on esitetty vesi- piikkausta tekevän yrityksen sekä tilaajan näkökulma.

Sekä vesipiikkaustyön tilaajan että vesipiikkaajien ammattitaitoa ja tietämystä tarvitaan. Työn tilaaja tuntee kohteen erityispiirteineen parhaiten, mutta vesipiikkaaja näkee myös sellaisia työkohtaisia vaaroja, joita tilaaja ei osaa välttämättä huomioida. Kummankin osapuolen täytyy pysyä valppaana – lähtötietoja ei voida kopioida edellisestä työkohteesta sellaisenaan. Haastatteluissa kerrottiin, että myös konemiehen ja pesijän välillä on kommunikointihaasteita. He eivät kuule toisiaan metelin vuoksi, eivätkä välttämättä edes näe toisiaan.

Vaikka vesipiikkaaja- tai korkeapainepesijä saa yleensä tehdä työtään rauhassa suljetulla alueella, haasteltavat ottivat esille, että vaara-alue



Kuva 29. Haastattelujen pohjalta muodostettu esitys tiedon kulkemisesta.

ulottuu merkittävästi pitemmälle kuin pistoolilla työskenneltävälle alueelle. Jo aiemmin mainittu rajattujen alueiden heikko kunnioitus viittaa siihen, että työn vaaroja ei välttämättä tunnisteta laajassa joukossa.



## 9.6 Tulosten luotettavuus ja merkityksellisyys

Tutkimusmenetelmänä käytettiin enimmäkseen laadullisia menetelmiä. Teoriaohjaava sisällönanalyysi valittiin analyysimenetelmäksi, sillä kirjallisuuskatsauksessa esille nousseet työtapaturmia- ja turvallisuutta kuvaavat teoriat antoivat laajan kehyksen tutkimusaiheen arviointiin.

Luotettavuutta voidaan arvioida validiteetin ja reliabiliteetin avulla, mutta niiden käyttöä on kritisoitu laadullisessa tutkimuksessa, sillä ne ovat syntyneet määrällisen tutkimuksen piirissä (Tuomi ja Sarajärvi, 2018, s. 160). Tutkimuksen luotettavuutta arvioitiin triangulaation avulla, joka on laadullisessa tutkimuksessa käytetty validiteettikriteeri (Tuomi ja Sarajärvi 2018, s. 166). Triangulaatiossa tutkimukseen tuodaan näkökulmia useista lähteistä, kuten eri tutkijoiden tutkimustuloksia ja teorioita, sekä erilaisia tutkimusmenetelmiä (Lincoln ja Guba, 1985, s. 305–306). Tutkimuksen empiirinen osuus ja haastattelut olivat erilaisia tutkimusmenetelmiä, jotka toivat omalta osaltaan tutkimukseen syvyyttä. Erilaisia näkökulmia saatiin haastattelututkimuksen osalta siten, että haastateltavat toimivat erilaisissa asemassa työelämässä tutkittavan asian ympärillä. Yin (1994, s. 90) määrittää useiden lähteiden käyttämistä myös tapaus-tutkimusten triangulaatiokeinoiksi.

Tutkimuksessa käytettiin kolmea eri viitekehystä arvioimaan työturvallisuutta ja tutkimuksessa tutkittiin samaa asiaa ja ilmiötä sekä empiirisesti, aineistotutkimuksella ja haastatteluilla. Toisaalta on huomattava, että tutkimukseen valitut teoreettiset viitekehykset olisivat voineet olla myös toisenlaisia, sillä työturvallisuutta kuvaavia malleista on erilaisia ja niistä on monia variaatioita.

Tutkija ei ole osallistunut data-aineiston eikä TOT-raporttien laadintaan ja niitä on näin ollen käsitelty ja analysoitu ulkopuolisen näkökulmasta. Sekä TVK:n toimittamasta data-aineistosta, että TOT-raporteista jouduttiin esittämään tietyiltä osin tulkintoja erityisesti tutkimuksessa käytetyn sosioteknisen järjestelmän ulkokerroksen osalta. On myös huomattava, että TOT-raportit olivat pitkältä aikaväliltä – niiden välissä oli useita vuosia, jonka aikana käytäntöihin ja tekniikkaan on voinut tulla muutoksia.

Laadullinen tutkimus on tulkitsevaa ja luokittelu on aina jossain määrin subjektiivista. Tutkimusprosessi on kuvattu mahdollisimman tarkasti niin vahinkoaineiston, kuin haastattelututkimuksen osalta, jotta lukijalle annetaan mahdollisimman tarkka kuva tutkimuksen etenemisestä. Haastatteluaineistosta jätettiin sitaatteja, joiden avulla lukijalle annetaan mahdollisuus muodostaa myös omia tulkintoja ja päätelmiä. Ammattiopiston haastattelussa on muistettava, että se edustaa vain yhtä ammattiotopistoa eikä sitä voi yleistää koko Suomen ammattiopistoihin.

Tutkimuksen ensisijainen tavoite oli kartoittaa vesipiikkauksen- ja korkeapainepesun työturvallisuuden nykyistä työturvallisuustilannetta sekä esittää kehitysehdotuksia. Työturvallisuus on aiheena merkittävä ja ajankohtainen, jota käsitellään koko EU:n kontekstissa, kuten Euroopan työterveys- ja turvallisuusviraston julkaisut osoittavat (EU-OSHA, 2023)

## 9.7 Kehitys- ja jatkotutkimusehdotukset

Tähän on koottu kehittämissuhteita työpaikoille, jotka nousivat tutkimuksessa merkittävänä turvallisuuspuutteina esiin.

### Työn kehittäminen:

- Tilaajayrityksen tulee järjestää työskentelyolosuhteet turvallista vesipiikkaus- ja korkeapainepesutyötä tukeviksi.
- Tilaajayrityksen on perehdyttävä vesipiikkaukseen- ja korkeapainepesutyöhön, jotta ymmärtää kyseessä olevan laaja kokonaisuus.
- Tapaturmatilanteisiin- sekä toimiviksi ja turvallisiksi todettuihin työjärjestelyihin tulee perehtyä ja huomioida nämä työn suunnittelussa.
- Kiireen takia ei voida sallia poikkeuksia, jotka vaarantavat työturvallisuuden
- Tilaajan ja urakoitsijan välinen kommunikointi on saatava kuntoon – keskusteluyhteys ei saa katketa missään vaiheessa urakkaa ja keskustelun tulee olla aina kohdekohtaista.
- Työstä tiedottaminen pitää olla perusteellista ja sen tulee saavuttaa kaikki osapuolet.
- Tilaajan on varmistettava, että vesipiikkaus- ja korkeapainepesuyrityksen henkilökunta on ammattitaitoista ja koulutettua, sekä hoitanut lakisääteiset velvoitteensa.

- Valvontaa on tehostettava ja on huolehdittava, että vesipiikkaus ja korkeapainepesun edustajien työnjohto toimii turvallisten käytäntöjen mukaisesti.
- Laitteiden huoltaminen ja laitteiden raja-arvojen mukainen käyttö tulee olla jatkuvasti kontrolloitua ja valvottua.

### Laittevalmistajien ja suojarustevalmistajien toiminnan kehittäminen:

- Laitteet ja suojaruusteet on suunniteltava mahdollisimman hyvin käytettäväksi, turvallisiksi ja ergonomisiksi – käyttäjiä on kuultava jo suunnitteluvaiheessa.
- Laitteisiin- ja suojarusteisiin tulee toimittaa ohjeet kohdemaan kielellä.
- Laittevalmistajien tulee huomioida koneturvallisuus entistä tehokkaammin: laitteiden turvaluokitusten ja hätäpysäytystoimintojen pitää olla kunnossa ja niiden tulee käydä yksiselitteisesti ilmi laitteen dokumenteista.

### Koulutuksen kehittäminen:

- Koulutuksen lakisääteisiä velvoitteita on tarkasteltava: tarvitaanko pakollinen koko alaa säätelevä minimikoulutus alalle työskenteleville.
- Tilaajille tulee perehdyttää huolellisesti vesipiikkauksen- ja korkeapainepesun erityispiirteet, kuten letkulinjojen sijoittelu, vaara-alue, sekä turvallista työskentelyä edellyttävät ergonomiavaatimukset (esimerkiksi telineet ja ilmanvaihto).

**Työtapaturmien raportointikäytännöt:**

Vahinkoilmoitusten raportointikäytäntöä pitää tarkastella lähemmin ja niitä tulee kehittää sellaisiksi, että niistä käy laajemmin ilmi tapahtumien kulku. Nykyisen ESAW-luokittelu antaa merkittävästi tietoa eri muuttujista, mutta seikkaperäisempi tapaturmakuvaus antaisi paremman kokonaiskuvan tapaturmaan johtaneista syistä ja taustatekijöistä. Tapaturmakuvauksista pitää käydä ilmi veden työpaine, jotta jakotutkimuksissa tapaturmat voidaan luokitella käytetyn vedenpaineen mukaan.

**Jatkotutkimusehdotukseksi esitetään seuraavia:**

Tilaaaja-tuottaja-yhteistyön ongelmista on tehtävä jatkotutkimuksia. Tekniikka ja tuotantorakenteet muuttuvat ja kaikkien osapuolten tulee olla ajan tasalla uusista käytännöistä.

Robottiikan mahdollisuudet poistaa työturvallisuusriskejä ovat ilmeisiä, koska käsin tehtävällä vesipiikkauksella työntekijä on jatkuvasti lähellä vaarallisen korkeaa vedenpainetta. Robottiikka poistaa sellaisten riskien mahdollisuudet, jotka liittyvät työntekijään, kuten ergonomian puutteesta aiheutuvan väsymisen tai puutteellisen osaamisen. Robottiikan keskeisiä haasteita kerrottiin olevan haastavat paikat esimerkiksi ahtauden takia sekä puhdistettavan kohteen pinnanmuodot, joten näiden asioiden aiheuttamia haasteita on tutkittava lisää.

Koulutus vesipiikkaustyöhön tapahtuu tällä hetkellä pääasiassa käytännön työssä oppien. Virtuaaliodellisuuden soveltuvuutta pitää tutkia myös vesipiikkaus- ja korkeapainevesikoulutuksessa: lukuisat tutkimukset virtuaaliodellisuuden hyödyntämisestä osana koulutusta ovat osoittaneet virtuaaliodellisuuden lupaavaksi työturvallisuuskoulutuksen kannalta.

Lovreigo ym. (2021) ovat vertailleet virtuaaliodellisuuskoulutuksen ja videokoulutuksen eroja tulipalon sammutuskoulutuksessa. Heidän tuloksensa osoittivat virtuaaliodellisuuden olevan tehokas keino tiedon hankkimiseen ja hallintaan. Tiikkaja ym. (2019) puolestaan totesivat, että erityisesti täysin uusia ja turvallisuuden kannalta olennaisia tehtäviä on turvallista harjoitella virtuaalioppimisympäristössä. Tutkimuksessa esitettiin myös, että työturvallisuuskoulutus virtuaaliympäristössä on yksilöllistä, osallistavaa ja aktiivista. Zhang ym. (2023) ovat osoittaneet, että digitaalisilla tekniikoilla voi olla merkittäviä vaikutuksia työntekijöiden tilannetietoisuuden kehittämiseen. Virtuaaliodellisuutta hyödyntävästä koulutuksesta voisi olla hyötyä myös vesipiikkauksessa, joka on käsillä tehtävää aktiivista työtä. Nimenomaan tämän tyyppisessä toiminnassa virtuaaliodellisuuden hyödyistä on näyttöä (Lovreigo ym. 2021; Tiikkaja ym. 2019; Zhang ym. 2023).

Tässä tutkimuksessa nousseet tilaaaja-tuottaja yhteistyöhön liittyvät ongelmat ovat sellaisia, joita voitaisiin harjoitella turvapuistoissa. Aiemmat tutkimukset turvapuistojen mahdollisuuksista ovat osoittaneet myönteisiksi työturvallisuuden kannalta. Reiman ym. (2020) osoittivat, että turvapuistoilla on vaikutusta asenteisiin, käytännön toimintaan, tapaturmien progressiiviseen vähentämiseen sekä kustannussäästöihin. Berglund ym. (2023) esittävät, että turvapuistojen avulla työntekijällä on mahdollisuus saada käsitys omasta toiminnastaan työturvallisuusnäkökulmasta ja sitä kautta muuttaa toimintaa turvallisemmaksi. He nostavat myös viestinnän näkökulman – yritykset voivat harjoitella tiettyjä työtehtäviä neutraaleissa olosuhteissa ilman, että joudutaan arvostelluksi.

## 10. Yhteenveto

---

Yhteenvetona tutkimuskysymykseen 1: ”Millaisia työturvallisuusriskejä käsikäyttöiseen vesipiikkaus- ja korkeapainepesutyöskentelyyn liittyy tällä hetkellä?” voidaan todeta, että vesipiikkaus- ja korkeapainepesu ovat vaaralliseksi luokiteltuja erikoistöitä. Osapuolten tiedon puute, työn turvallisen organisoinnin haasteet sekä puutteet laitteissa ja varusteissa aiheuttavat merkittäviä turvallisuusriskejä.

Viime kädessä vakava tapaturma tapahtuu siten, että paineinen vesi osuu työntekijään. Haastattelut osoittivat, että varusteissa on merkittäviä työturvallisuuteen vaikuttavia ongelmia, kuten ergonomisia haasteita ja suojaustehon riittämättömyyttä. Esille nostettiin myös koneturvallisuuden haasteet, jota on viime aikoina tutkittu koko EU:n kontekstissa uudistuvan konedirektiivin myötä. Vesipiikkaukseen ja korkeapainepesutyöskentelyyn voidaan katsoa liittyvän myös yritysvastuullisia ongelmia, kuten tilaajan ja tuottajan välisiä onnistuneen ja turvallisen työn edellyttämää myötävaikuttamista ja turvallisuustekijöiden laiminlyöntiä.

Yhteenvetona tutkimuskysymykseen 2: ”Miten laitteiden ja niillä tehtävän työn turvallisuutta voitaisiin parantaa?” voidaan todeta, että molempien osapuolten tieto ja tehokkaat turvallisuutta edistävät toimenpiteet tulisi saattaa läpi organisaatorajojen ja edistää yhteistoiminnallisuutta. Tilaa-ajan ja toimijan yhteistoiminnallisuus tulee ottaa käytäntöön – pelkkä turvallisuusriskien tunnistaminen ei riitä. Merkittäväksi puutteeksi voidaan katsoa alakohtaisten velvoitteiden puuttuminen, jossa lainsäädäntö on avaintekijä velvoitteiden toimeenpanemisessa. Tämä ei kuitenkaan tarkoita sitä, että yritysten kannattaisi täyttää ainoastaan lain edellyttämät velvoitteensa. Työturvallisuutta tulisi käsitellä myös osana laajempaa kokonaisuutta, johon kuuluvat kaikki asiat yksittäisistä työntekijöistä ja työvälineistä lainsäädäntöön.

Tulevaisuuden merkittävänä tekijänä työturvallisuuden tehostamisessa voidaan pitää robotiikkaa. Tilat tulee jatkossa suunnitella niin, että robotiikan käyttö mahdollistuu. Niin kauan, kun robotteja ei voida käyttää kaikissa työkohteissa, on tärkeää jatkaa suojarusteiden ja laitteiden kehitystyötä.

---

## Lähdeluettelo

Albanesi B., Godono A., Plebani F., Mustillo G., Fumagalli R. ja Clari M., 2023. Exploring strategies and tools to prevent accidents or incidents in atypical scenarios. A scoping review. *Safety Science* 163, 106124. s. 1–12. Saatavissa: <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2023.106124> [Viitattu 27.8.2023].

Bayramova A., Edwards D. J., Roberts C. ja Rillie I., 2023. Enhanced safety in complex socio-technical systems via safety-in-cohesion. *Safety Science*. Vol. 164 Artikkelin 106176 s. 1–14 Saatavissa: 10.1016/j.ssci.2023.106176.

Berglund L., Johansson J., Johansson M., Nygren M. ja Stenberg M., 2023. Safety culture development in the construction industry: The case of a safety park in Sweden. *Heliyon*. 9: e18679. Saatavissa: 10.1016/j.heliyon.2023.e18679.

Byggnadsforskningens grupp, Nilsson I. 1989. Vattenbiling i betongkonstruktioner. s.. Tukholma: Statens råd för byggnadsforskning.

Carayon P., Hancock P., Leveson N., Noy I., Snelwar L., van Hootegem G. *Ergonomics*, 2015 Advancing a sociotechnical systems approach to workplace safety - developing the conceptual framework. *Ergonomics* Vol 58. Issue 4, s. 548–564 Saatavissa: DOI:10.1080/00140139.2015.1015623.

CEN/TR 15321, 2006. Ohjeita suojavaatteiden valintaan, käyttöön, huoltoon ja ylläpitoon. Guidelines on the selection, use, care and maintenance of protective clothing. s. 8–12. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS ry.

Directive 2006/42/EC - New machinery directive [verkkodokumentti]. Saatavissa: <https://osha.europa.eu/en/legislation/directives/directive-2006-42-ec-of-the-european-parliament-and-of-the-council> [Viitattu 30.8.2023].

Collins dictionary, 2023. definition of 'Kevlar' [verkkodokumentti]. Saatavissa: <https://www.collinsdictionary.com/dictionary/english/kevlar> [viitattu 4.9.2023].

---

---

Coze J–C L., Pettersen K., Engen O., Morsut C., Ruth S., Ylönen M., Heikkilä J., Merlele–Coze I., 2017 Sociotechnical systems theory and the regulation of safety in high-risk industries: White paper.

Erkkilä-Häkkinen, S., 2016. Rakentamisen työturvallisuuteen suhtautuminen toimijoiden kokemuksina [verkkolähde]: Väitöskirja. Oulun yliopisto. s. 186–198. Saatavissa: <http://urn.fi/urn:isbn:9789526213903> [Viitattu 29.8.2023].

Euroopan neuvosto, 2023. New rules for machinery: Council gives its final approval [verkkolähde] Saatavissa: <https://www.consilium.europa.eu/en/press/press-releases/2023/05/22/new-rules-for-machinery-council-gives-its-final-approval/> [Viitattu 26.8.2023].

European Agency for Safety and Health at Work 2023 Occupational safety and health in Europe: state and trends 2023. s. 130. Luxemburg: Publications Office of the European Union, 2023. Saatavissa: doi: 10.2802/56459.

Finlex 2002, Työturvallisuuslaki 23.8.2002/738 Saatavissa: <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2002/20020738> [viitattu 6.3.2023].

Finlex, Valtioneuvoston asetus henkilönsuojainten valinnasta ja käytöstä työssä 20.5.2021/427 [verkkodokumentti] Saatavissa: <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2021/20210427#P2> [viitattu 6.3.2023].

Finlex 2008, Valtioneuvoston asetus koneiden turvallisuudesta Saatavissa: <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2008/20080400#L4> [viitattu 8.3.2023].

Fukuoka K. ja Fursho M., 2016. Relationship between latent conditions and the characteristics of holes in marine accidents based on the Swiss cheese model, WMU J Marit Affairs 15: s. 267–292 Saatavissa: 10.1007/s13437-015-0099-8.

Gonzalez-Cortes A., Burlet-Vienney D., Chinniahc Y., Mosbahc A. B., Bahloulc A., Ouellet C., 2021 Inherently Safer Design (ISD) solutions in confined spaces: Experts' practical feedback in Quebec, Canada. Process Safety and Environmental Protection. Vol. 157, January 2022, s. 375–389.

---

---

Grouch I. G., 2019. Body armour – New materials, new systems, 2019. ISSN 22149147. Defence Technology 15 (2019) s. 241–253. Saatavissa: DOI 10.1016/j.dt.2019.02.002.

Haara T., Heikkilä E., Johansson K., Järvinen M., Kaskiaro T., Koivisto M., Kunnassaari E., Kuula P., Lumme P., Mannonen R., Mantila A., Matsinen M., Mattila J., Meriläinen J., Merikallio T., Niemi S., Paukku E., Petrow S., Punkki J., Tallbacka K., Tepponen P., Tikkanen J., Toivonen M., Valjus J., Vasama M., Virtanen J., Ålander C. 2018. Betonitekniikan oppikirja 201. s. 14–565. Helsinki: Suomen betoniyhdistys ry 201.

Hammelmann, 2023. Rotor jets for pipe cleaning. [verkkolähde] Saatavissa: <https://www.hammelmann.com/en/products/water-jet-technology/rotor-jets-for-pipe-cleaning/> [Viitattu 3.9.2023].

Hammelmann, 2023, Manual rotor jets. [verkkolähde] Saatavissa: <https://www.hammelmann.com/en/products/water-jet-technology/rotor-jets/> [Viitattu 3.9.2023].

Hammelmann, 2023. Pull and push nozzles. [verkkolähde] Saatavissa: <https://www.hammelmann.com/en/products/water-jet-technology/rotor-jets/> [Viitattu 3.9.2023].

Hydroblast, 2023. Hydroblast Fan Jet Nozzles Saatavissa: <https://hydroblast.co.uk/product/flat-fan-nozzles-%c2%bc-outer-thread/> [Viitattu 25.8.2023].

Hydroblast, 2023. For Sale. Saatavissa: <https://hydroblast.co.uk/product/point-jet-nozzles-%c2%bc-outer-thread/> [Viitattu 25.8.2023].

Hirsijärvi S. ja Hurme H., 2022. Tutkimushaastattelu: teemahaastattelun teoria ja käytäntö [verkkolähde]. 2 painos. Helsinki: Gaudeamus.

---



---

Hofmann, D. A., Burke, M. J., ja Zohar, D., 2017. 100 years of occupational safety research: From basic protections and work analysis to a multilevel view of workplace safety and risk. *Journal of Applied Psychology*, 102(3), s. 375–388.

Saatavissa: <https://doi.org/10.1037/apl0000114>.

Hollangel E., Wears. R. ja Braithwaite J., 2015. University of Southern Denmark. A White Paper.

Saatavissa: DOI: 10.13140/RG.2.1.4051.5282.

Hutt R., Brueck. E., Hand-arm vibration and noise measurements of high pressure water jetting equipment 2004 Harbur Hill, Buxton: Health & Safety Laboratory s. 2 Saatavissa: <https://www.waterjetting.org.uk/app/uploads/2023/02/NV-04-11-Hand-arm-vibration-and-noise-measurements-of-high-pressure-water-jetting-equipment3112.pdf> [viitattu 3.3.2023].

Jounila, H. 2021, Integroidulla HSEQ-johtamisella kokonaisvaltaista yritys vastuullisuutta: tapaustutkimuksia yritysten työturvallisuuden ja HSEQ:n kehittämisestä. Väitöskirja. Oulun yliopisto. s. 58 Saatavissa: <http://urn.fi/urn:isbn:9789526230566>.

Kekkonen P., Reiman A., Väyrynen S., Rajala H-K., 2020. Construction sites as shared workplaces – An occupational safety and health profile based on workplace inspection reports. *Engineering assets and Public infrastructures in the Age of Digitalization: Proceedings of the 13th World Congress on Engineering Asset Management, WCEAM2018, September 2018, Stavanger, Norway*. Springer Nature, 2020 s. 24–28. Saatavissa: DOI 10.1007/978-3-030-48021-9\_46

Koivupalo M., 2019. Health and safety management in a a global steel company and in shared workplaces case description and development needs. Väitöskirja. Oulun yliopisto. Saatavissa: <http://urn.fi/urn:isbn:9789526222257>.

Laine M., Bamberg J. ja Jokinen P., 2007. Tapauksena tapaustutkimus. *Aikuiskasvatus. Voimaantumisen identiteetti ja työ* Vol 29 Nro. 1. Saatavissa: <https://doi.org/10.33336/aik.94173>.

Laitinen H., Marjamäki M. ja Päivärinta K., 1999. The validity of the TR safety observation method on building construction. *Accident Analysis and Prevention*. Vol. 31 (5) s. 463–472. Saatavissa: 10.1016/s0001-4575(98)00084-0.

---

---

Launis M. & Lehtelä J., 2011. Ergonomia. Helsinki: Työterveyslaitos, 2011

Larouzeé J. ja Guarnieri F. 2015. From theory to practice: itinerary of Reasons' Swiss Cheese Model [online] Safety and Reliability of Complex Engineered Systems -Proceedings of the 25th European Safety and Reliability Conference, ESREL 2015 Zurich September 2015. Centre of Research on Risks and Crises (MINES Paristech), Sophia-Antipolis, France. s. 817–824. Saatavissa: DOI 10.1201/b19094-110 [Viitattu 17.8.2023].

Lantto. E ja Räsänen T., 2019. Rakennusalan työturvallisuuden kehitys. Nolla tapaturmaa rakennusteollisuudessa 2020 -hanke. Työterveyslaitos [verkkolähde] s. 20. Saatavissa: [https://www.rt.fi/globalassets/tyoturvaluus/2020\\_sekalainen/raportti\\_final.pdf?utm\\_source=eJokka+2/2020+%7c+Aiheina+mm.+nolla+tapaturmaa,+turvaluusviikko,+koronaohjeita,+hiljainen+hetki&utm\\_medium=email&utm\\_campaign=eJokka](https://www.rt.fi/globalassets/tyoturvaluus/2020_sekalainen/raportti_final.pdf?utm_source=eJokka+2/2020+%7c+Aiheina+mm.+nolla+tapaturmaa,+turvaluusviikko,+koronaohjeita,+hiljainen+hetki&utm_medium=email&utm_campaign=eJokka) [viitattu 1.4.2023].

Lincoln, Y. S. & Guba, E. G. (1985). Naturalistic inquiry. Sage Publications: California.

Li Y. ja Thimbleby H., 2014. Hot cheese: a processed Swiss cheese model, Journal of the Royal College of Physicians of Edinburgh Volume 44, Issue 2, s. 116–121 Saatavissa: <http://dx.doi.org/10.4997/JRCPE.2014.205>

Lovreglio R., Duan X., Rahouti A., Phipps R. ja Nilsson D., 2021. Comparing the effectiveness of fire extinguisher virtual reality and video training. Virtual Reality. 25:s. 133–145 Saatavissa: <https://doi.org/10.1007/s10055-020-00447-5>.

Matuszek, J. ja Drobina R., 2018. Designing Handles of Hand Tools in the Aspect of Comfort and Safety teoksessa Ergonomics For People With Disabilities [verkkolähde] s. 57–74. Saatavissa: 10.2478/9783110617832-006.

Memon A. H., Peerzada M. H., Brohi K. M. & Memon S. A., ja Mangi S. A. Performance evaluation of conventional and hybrid woven fabrics for the development of sustainable personal protective clothing, 2020. Environmental Science and Pollution Research 2020. Saatavissa: <https://doi.org/10.1007/s11356-020-09610-6>.

---

---

Metalliteollisuuden standardisointiyhdistys, 2023. Uusi koneasetus 2023/1230 julkaistu virallisesti [verkkolähde] Saatavissa: <https://metsta.fi/uusi-koneasetus-2023-1230-julkaistu-virallisesti/> [Viitattu 27.8.2023].

Metalliteollisuuden standardisointiyhdistys, 2023. Koneturvallisuuden standardien suhde lainsäädäntöön [verkkolähde] Saatavissa: <https://metsta.fi/koneturvallisuuden-standardit-metsta/standardisointi/koneturvallisuuden-standardien-suhde-lainsaadantoon/> [Viitattu 27.8.2023].

Merjama, J. ja Sirola M. 2011. Työturvallisuuskeskus. Työskentely säiliössä ja suljetuissa tiloissa. s. 4–12 Helsinki: Työturvallisuuskeskus, teollisuuryhmä.

Mikkelsen K.L., Spangenberg, S., Kines P. Safety Walkarounds Predict Injury Risk and Reduce Injury Rates in the Construction Industry, 2010. AMERICAN JOURNAL OF INDUSTRIAL MEDICINE 53, s. 601–607 Saatavissa: DOI: 10.1002/ajim.20803.

Murphy L. A., Huang Y-h., a, Robertson M. M., Jeffries S., Dainoff M. J., a A sociotechnical systems approach to enhance safety climate in the trucking industry: Results of an in-depth investigation. Applied Ergonomics Volume 66, January 2018, s. 70–81 Saatavissa: <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2017.08.002>.

Niskasaari E., Virolainen T. & Peltonen H. 2022. Oulun Energian Laanilan ekovoimalaitoksella sattui kuolemaan johtanut työtapa-turma, 15.11.2022. Saatavissa: <https://www.kaleva.fi/oulu-energian-laanilan-ekovoimalaitoksella-sattui/5095440> [Viitattu 19.8.2023].

Onofrejevá D. ja M Balážiková M., 2021. Simulation model for evaluation of ergonomic load in the use of exoskeletons IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 1199 Saatavissa: 10.1088/1757-899X/1199/1/012011.

Rakennustieto Oy. Talonrakennusteollisuus ry ja Rakennustietosäätiö RTS, 2011. Ratu 82–038 Vesipiikkaus. Menetelmät. s. 1–8. Rakennustieto Oy.

---

---

Rakennusteollisuuden Keskusliitto ja Rakennustietosäätiö Ratu S-1188, 1999. Säiliöiden sisäpuolinen painepesu. s. 1–3. Rakennustieto Oy.

Rakennusteollisuuden Keskusliitto ja Rakennustietosäätiö, Ratu S-1189, 1999. Rakennustieto oy 1999. Putkien aukaisu painevesityönä. s. 1–4. Menetelmät. Rakennustieto Oy.

Reason J., 1990. Human Error. Cambridge, New York, Melbourne: Department of Psychology University of Manchester Cambridge University Press. s. 208–210.

Reiman A. ja Suokko T., 2020. Mihin ergonomia on kadonnut työpaikkojen kehittämisessä? Työelämän tutkimusyhdistys, s. 170–187 Saatavissa: <http://urn.fi/urn:nbn:fi-fe2020091569521>.

Reiman A., Pedersen L. M., Väyrynen S., Airaksinen S., Sormunen E. ja Räsänen T. Multi-organisational approach to safety training: the case of a Finnish Safety Training Park, 2020. Construction management and economics. Vol. 38, no. 7. s. 659–672, Saatavissa: <https://doi.org/10.1080/01446193.2019.1675893>.

Rodríguez Villar S., Charles Kennedy R., Dall'Antonia M., Pilasi Menichetti C., 2019 Management of industrial high-pressure fluid injection injuries (IHPFI): the Water Jetting Association (WJA) experience with water driven injuries. European Journal of Trauma and Emergency Surgery 45, s. 507–515. Saatavissa: <https://doi.org/10.1007/s00068-019-01106-4>.

Rissanen M. ja Kaseva E. 2014, Sosiaali- ja terveystieteiden tutkimuskeskus. Menetetyn työpanoksen kustannukset. Saatavissa: [https://stm.fi/documents/1271139/1332445/Menetetyn+ty%C3%B6panoksen+kustannus+2+\(2\)+\(2\).pdf/63af9909-0232-474d-bf2e-aa4c50936c33/Menetetyn+ty%C3%B6panoksen+kustannus+2+\(2\)+\(2\).pdf?t=1431067062000](https://stm.fi/documents/1271139/1332445/Menetetyn+ty%C3%B6panoksen+kustannus+2+(2)+(2).pdf/63af9909-0232-474d-bf2e-aa4c50936c33/Menetetyn+ty%C3%B6panoksen+kustannus+2+(2)+(2).pdf?t=1431067062000) [Viitattu 10.9.2023]

Peräkylä A. Analyzing talk and text. Denzin. K. D:n, ja Lincoln Y.S:n teoksessa The sage handbook of qualitative research 2005, s. 869–886. Thousand Oaks: California Sage, cop. 2005.

---

---

Safe Work Australia, 2013. Guide for managing risks from high pressure water jetting [verkkolähde] s. 12–29. Saatavissa: <https://www.safeworkaustralia.gov.au/doc/guide-managing-risks-high-pressure-water-jetting> [Viitattu 1.4.2023].

Simola A., 2005. Turvallisuuden johtaminen esimiestyönä: Tapaustutkimus pitkäkestoisen kehittämishankkeen läpiviennistä teräksen jatkojalostustehtaassa [verkkolähde]: Väitöskirja. Oulun yliopisto. Saatavissa: <http://urn.fi/urn:isbn:9514277619>.

Siponen E., Vahananen R., Lindberg R., Hirsi H. 1993. Vesipiikkaus. s. 5– 62. Espoo: TKK.

Sosiaali- ja terveysministeriö, Työsuojeluosasto ja Työturvallisuuskeskus, 2021. Riskien hallinta työpaikka -työkirja [verkkolähde] Saatavissa: <https://ttk.fi/tyoturvallisuus/vastuut-ja-velvoitteet/tyonantajan-yleiset-velvollisuudet/vaarojen-tunnistaminen-ja-riskien-arviointi/> [Viitattu 1.9.2023].

Suomen standardisoimisliitto ISO/IEC 17000, 2020 Vaatimustenmukaisuuden arviointi. Sanasto ja yleiset periaatteet Conformity assessment. Vocabulary and general principles (ISO/IEC 17000:2020). Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto, SFS ry.

Suomen standardisoimisliitto SFS, 2000. SFS-EN 12562. Tekstiilit. Para–aramidia olevat multifilamenttilangat. Testausmenetelmät. Textiles. Para-aramid multifilament yarns. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto, SFS ry.

Suomen standardisoimisliitto SFS, 2008. SFS-EN 1829–2: High-pressure water jet machines. Safety requirements. Part 2: Hoses, hose lines and connectors. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto.

Suomen standardisoimisliitto SFS, 2013. SFS-ISO/TR 14121-2 KONETURVALLISUUS. RISKIN ARVIOINTI. OSA 2: KÄYTÄNNÖN OPASTUSTA JA ESIMERKKEJÄ MENETELMISTÄ Safety of machinery. Risk assessment. Part 2: Practical guidance and examples of methods. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS ry.

Suomen standardisoimisliitto SFS, 2018. EN 388:2016 + A1:2018 Protective gloves against mechanical risks. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS ry.

---

---

Suomen standardisoimisliitto SFS, 2018. SFS-ISO 45001:2018 Työterveys- ja työturvallisuusjärjestelmät Vaatimukset ja niiden soveltamisohjeita. Occupational health and safety management systems. Requirements with guidance for use. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS ry.

Suomen standardisoimisliitto SFS, 2023. Mitä standardi tarkoittaa? Saatavissa: <https://sfs.fi/standardeista/mika-on-standardi/> [Viitattu 8.9.2023]

Suomen standardisoimisliitto SFS, 2018. SFS-ISO 31000:2018 Riskienhallinta. Ohjeet. Risk management. Guidelines. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS ry.

Suomen standardisoimisliitto SFS, 2021. 1829–1:2021:en High-pressure water jet machines. Safety requirements. Part 1: Machines. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS ry.

Suomen virallinen tilasto (SVT), 2023. Käsitteet [verkkójulkaisu]. Helsinki: Tilastokeskus. Saatavissa: <https://www.stat.fi/meta/kas/index.html> [Viitattu: 12.8.2023].

Suomen virallinen tilasto (SVT), 2023. Työtapaturmat [verkkójulkaisu]. Helsinki: Tilastokeskus. Saatavissa: <https://stat.fi/tilasto/ttap> [Viitattu: 19.8.2023].

Tapaturmavakuutuskeskus, 2023. Analyysi: kuolemaan johtaneet työpaikkatapaturmat. [verkkolähde] Saatavissa: <https://www.tyotapaturmatieto.fi/julkaisu/tyotapaturmatietopalvelu/3742> [Viitattu 25.8.2023]

Tapaturmavakuutuskeskus, 2023. Ansionmenetys [verkkolähde] Saatavissa: <https://www.tvk.fi/korvaaminen/korvaukset/ansionmenetys/> [Viitattu 1.8.2023]

Tapaturmavakuutuskeskus, 2023. Teollisuuden työturvallisuusloikka [verkkolähde] Saatavissa: <https://www.tvk.fi/uutiset-ja-blogit/uutiset/2021/teollisuuden-tyoturvallisuusloikka/> [Viitattu 25.8.2023]

---

---

Tapaturmavakuutuskeskus, 2023. Työtapaturmien määrä nousi vuonna 2022 aiemmin arvioitua enemmän [verkkolähde]  
Saatavissa: <https://www.tvk.fi/tilastot/tyotapaturmatilastot/> [Viitattu 25.8.2023]

Tapaturmavakuutuskeskus, 2023. Työtapaturman ja ammattitaudin ilmoittaminen – Opas työpaikkojen käyttöön [verkkolähde]  
Saatavissa: <https://www.tvk.fi/document/83956/5DE7053AC503993BEFE7E46F6108EAE4C147D91B0A27150CA1CF58C2D0FEF825> [Viitattu 1.6.2023]

Tapaturmavakuutuskeskus, 2023. TOT–raportit [verkkolähde]  
Saatavissa: <https://www.tyotapaturmatieto.fi/ty%C3%B6turvallisuus/tot-raportit> [Viitattu 1.5.2023]

Tapaturmavakuutuslaitosten liitto, 1994. Työntekijän kuolemaan johtanut työtapaturma rintakehään osuneesta korkeapaineisesta vesisuihkusta vesipiikkauksen yhteydessä. Helsinki: Työpaikkaonnettomuuksien tutkinta (TOT 15/94).

Tapaturmavakuutuslaitosten liitto, 1999. Työntekijän kuolemaan johtanut työtapaturma kaulavaltimoon osuneen korkeapaineve-sisuihkun seurauksena letkun ja pistoolin liitinosan murruttua. Helsinki: Työpaikkaonnettomuuksien tutkinta (TOT 17/99).

Tapaturmavakuutuslaitosten liitto, 2005. Paineseurin suihku osui pesijään. Helsinki: Työpaikkaonnettomuuksien tutkinta (TOT 21/05).

Tiikkaja M., Puro V., Heikkilä T., Kannisto H., Lantto E., Lukander K., Nykänen M., Räsänen T., Simpura F., Uusitalo J. 2020. Modernia turvallisuusoppimista rakennusalalle (MoSaC) Tutkimushankkeen loppuraportti. Saatavissa: <https://urn.fi/URN:ISBN:9789522619303> Helsinki: Työterveyslaitos

Tuomi, J.; Sarajärvi, A. 2018. Laadullinen tutkimus ja sisällönanalyysi. Kustannusosakeyhtiö Tammi

TST–Sweden, 2023. Protection for waterjetting and high pressure cleaning [verkkolähde] Saatavissa: <https://secure.viewer.zmags.com/publication/9de0ba7c#/9de0ba7c/1> [Viitattu 27.8.2023]

---



---

Työterveyslaitos, 2023. Tapaturmavaaralliset työt [verkkodokumentti]. Työterveyslaitos. Saatavissa: <https://www.ttl.fi/teemat/tyoturvallisuus/vesihuoltolaitosten-tyoturvallisuusopas/riskien-tunnistus-ja-hallintakeinot/tapaturmavaaralliset-tyot>. Viitattu: [20.3.2023].

Työturvallisuuskeskus, 2023. Teollisuus [verkkolähde]  
Saatavissa: <https://ttk.fi/tyoturvallisuus/toimialakohtaista-tietoa/teollisuus/> [Viitattu 3.9.2023].

Työsuojelu 2023, Tilaa javastuu [verkkodokumentti] Saatavissa: <https://www.tyosuojelu.fi/harmaa-talous/tilaajavastuu> [Viitattu 22.8.2023].

Työturvallisuuskeskus, 2023. Tilaa jan opas: Korkeapainevesityöt [verkkolähde]  
Saatavissa: <https://ttk.fi/hanke/tilaa jan-opas-korkeapainevesityot/> [Viitattu 24.8.2023].

Työsuojelu, 2022. TR-mittari [verkkodokumentti]. Saatavilla: <https://www.tyosuojelu.fi/tyosuojelu-tyopaikalla/tyolosuhdemittarit/tr-mittari-> [Viitattu 18.5.2023].

Työsuojelu, 2022. MVR-mittari [verkkodokumentti]. Saatavilla: <https://www.tyosuojelu.fi/tyosuojelu-tyopaikalla/tyolosuhdemittarit/mvr-mittari> [Viitattu 18.5.2022].

Työterveyslaitos, Tuomi T., Johnsson T., Heino A., Salmi K., Lainejoki A., Poikkimäki M., Kanerva T., Säämänen A., Räsänen T. 2022 Kvartsialtistuminen ja sen hallinta rakentamisessa. Helsinki. Saatavilla <https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-391-049-2> [viitattu 7.5.2023].

Työterveyslaitos, 2017. Räsänen T., Reiman A., Sormunen E., Airaksinen O., Väyrynen S., Anttonen K., Kekkonen P., 2017. Turva-  
puistot työturvallisuuskoulutuksen oppimisympäristöinä [verkkolähde]. Helsinki, Työsuojelurahaston hanke nro 114368.

---

---

Tuotantotalous, Oulun yliopisto; Human Process Consulting Oy; Tieto- ja palvelutalouden laitos, Aalto Yliopiston Kauppakorkeakoulu; Tulevaisuuden tutkimuskeskus, Turun kauppakorkeakoulu, Turun yliopisto; Helsinki. Reiman A., Parviainen E., Lauraéus T., Takala, E-P. ja Kaivo-oja J., 2022. ERGO 2030 – tiekartta ihmisen huomioimiseen suunniteltaessa ja sovellettaessa uutta teknologiaa teollisuudessa Turun yliopisto, 2021. Saatavissa: <http://urn.fi/urn:nbn:fi-fe202201209635>.

Työsuojeluhallinto, 2020. Henkilönsuojainten valtakunnallinen markkinavalvontahanke 2019, Loppuraportti [verkkolähde]. Työsuojeluhallinnon julkaisuja 1/2020.

Väylävirasto, Taitorakenneyksikkö Siltojen korjaus SILKO, 2021. Purkamis- ja esikäsitteilymenetelmät, yleiset laatuvaatomukset [verkkolähde] s. 3, 10 Saatavissa: <https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Taitorakenteet/silko/> [viitattu 5.5.2023].

Woods D.D., 2006, Essential characteristics of resilience. Resilience Engineering. [verkkodokumentti]. s. 21–34.

Yin, R. K., 1994. Case Study Research: Design and Methods. 5. Painos. SAGE Publications: Newbury Park, CA, 1994, s. 13.

Yin, R. K., 2014. Case Study Research And Applications: Design and Methods. Fifth edition. CJPE, Vol. 30; Issue: 1, Los Angeles: 2014. s. 1–5 [Viitattu 28.8.2023].

Yin. R. K., 2018. Case study research and applications: design and methods SAGE Publications Inc. Sixth edition.

Zarei E., Khan K., Abbassi R., 2023. An advanced approach to the system safety in sociotechnical systems. Safety science, Vol.158, Article 105961. s. 1–17. Saatavissa: <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2022.105961>.

Zeka, M. B., Aytaç A., 2023. Investigation of Impact Performance of STF Impregnated Composites. ISSN 1392-1207. MECHANIKA. Volume 29 Issue 2. s. 88–96. Saatavissa: DOI 10.5755/j02.mech.31069 [Viitattu 17.8.2023].

Zhang S., Tao X., Lu J., Wang X., Zeng Z., Pang X. 2015 Theoretical Analysis and Simulation of High Pressure Water Jet Cleaning Process: The Open Mechanical Engineering Journal 2015, 9. s. 527–531

---

---

Zhang Z., Guo B.H.W., Chang-Richards A., b Feng Z., c Jin r., d Zou Y., Goh Y-G, 2023. Digital technology enhanced situation awareness for construction safety: Systematic review and future research directions. Safety Science Vol. 167 2023, 106280. Saatavissa: <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2023.106280>.

Zhao S., 2021. Investigation on impact pressure and residual stress of water jet peening on AL6061-T6 with an inclined surface. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology. Saatavissa: DOI: 10.1007/s00170-021-06923-9

Zhou W., Zhao T., Liu W., Tang J., 2018, Tower crane safety on construction sites: A complex sociotechnical system perspective, Safety Science. Vol. 109, s. 95–108 Saatavissa: <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2018.05.001>.

---

# Liite 1: kysymykset vesipiikkaus- ja korkeapainepesu-urakoitsijoille

---

Kysymykset vesipiikkausurakoitsijalle

## **Kaluston turvallisuus**

- Mihin asioihin toivoisitte laitevalmistajien kiinnittävän huomioita uusissa laitteissa?

## **Suojavarusteet**

- Mihin asioihin toivoisitte suojavarustevalmistajien kiinnittävän huomioita uusissa suojavarusteissa?

## **Koulutus vesipiikkaustöihin**

- Miten koulutatte uuden työntekijän vesipiikkaustöihin?

## **Toiminta työkohteessa**

- Mitä toivoisitte tilaajan ja muiden samassa kohteessa työskentelevien urakoitsijoiden huomioivan paremmin?

## **Työpisteen riskien kartoitus**

- Miten kartoitatte työturvallisuusriskit työpisteellä?

## **Terveys**

- Mille terveysongelmille työntekijät kokevat altistuvansa vesipiikkaus- ja korkeapainepesutyössä?

## Liite 2: Kysymykset sidosryhmille

---

Mitkä asiat tekevät teidän tilaamistanne töistä haastavia vesipiikkauksen- ja korkeapainepesun kannalta?

Mitkä asiat ovat yllättäneet vesipiikkaus- ja korkeapainepesutöissä?

Miten reagoitte vesipiikkaus- ja korkeapainepesutöistä aiheutuviin työturvallisuusriskeihin?

Mitä toivoisitte urakoitsijan huomioivan paremmin tilaajan kannalta?

Mistä asioista tilaajan pitäisi tietää enemmän, jotta töitä voitaisiin suunnitella turvallisemmaksi?

## Liite 3: Kysymykset ammattiopiston opettajalle

---

Kenelle koulutus on suunnattu?

Mitä koulutukseen sisältyy?

Miten työpaikan henkilöstö osallistuu koulutukseen?

Miten oppilaitos osallistuu koulutukseen?

Miten osaamista mitataan?



Tapaturmavakuutuskeskus TVK, Itämerenkatu 11-13, 00180 Helsinki