

**VAARALLISTEN AINEIDEN KULJETUKSET TIETUNNELEISSA
SUOMESSA – OHJEISTUKSEN JA RAPORTOINNIN KEHITTÄMINEN**



Ylemmän ammattikorkeakoulututkinnon opinnäytetyö

Tulevaisuuden liikennejärjestelmät

Kevät 2022

Ossi Lindfors

Alkusanat

Tämä ylemmän ammattikorkeakoulun opinnäytetyö on tehty Liikenne- ja viestintävirasto Traficomille.

Haluaisin osoittaa erityiskiitokset työn tilaajalle Traficomille ja erityisesti Laura Väisäselle. Laura on pitänyt työtä esillä ja mahdollistanut sen tilaamisen ja tekemisen, lisäksi Laura on ollut korvaamaton apu ohjausryhmässä. Suuri kiitos opinnäytetyön ohjausryhmään osallistuneille Kari Korpelalle ja Kimmo Toivoselle, jotka omalla panoksellaan mahdollistivat tämän selvityksen. Kiitokset kuuluvat myös ohjaajalleni Pauliina Kuroselle, muille työssä mukana olleille asiantuntijoille, työssä auttaneille työtovereilleni sekä työpajaan osallistuneille. Lopuksi haluan vielä kiittää Marja-Liisa Hynystä, jonka innoittamana päädyin tunneliturvallisuuden pariin ja tekemään tätä selvitystä.

Tampereella, 13.03.2022

Ossi Lindfors

Tulevaisuuden liikennejärjestelmät

Tiivistelmä

Tekijä Ossi Lindfors

Vuosi 2022

Työn nimi Vaarallisten aineiden kuljetukset tietunneleissa Suomessa – ohjeistuksen ja raportoinnin kehittäminen

Ohjaaja Pauliina Kuronen

Vaarallisten aineiden kuljetusten (VAK) riskiarviointi tehdään Suomessa tietunnelien suunnittelun yhteydessä. VAK-riskilaskennalla varmistetaan tunnelin soveltuvuus vaarallisten aineiden kuljetuksille, tarkistetaan suunniteltujen turvalaitteiden riittävyys sekä varmistetaan tunnelin VAK-luokitus. VAK-riskiarviointi tehdään joko asiantuntija-arviona tai VAK-riskilaskentana. VAK-riskilaskennan vaatimukset tulevat tunnelidirektiivistä ja se vaaditaan kaikista pidemmistä tai liikenteellisesti merkittävistä kohteista. VAK-riskilaskennalla lasketaan vaarallisten aineiden kuljetuksista aiheutuvat kuolonuhriodottamat. Vaarallisten aineiden kuljetusten riskilaskennassa ei oteta huomioon liikenneturvallisuutta tai muita tekijöitä. Laskennan tulokset kertovat siis ainoastaan vaarallisten aineiden kuljetuksista aiheutuvista riskeistä.

VAK-riskilaskentaa tehdään laskentaohjelmalla, jonka käyttöä on ohjeistettu sekä ohjelman yleisohjeella että kansallisella laskentaohjeella (Liikenneviraston ohjeita 44/2017). Tässä työssä tutkittiin kansallisen ohjeistuksen päivitys- ja täydennystarpeita. Tutkimus toteutettiin tausta-aineistojen tutkimisella sekä laajalla asiantuntijatyöpajalla. Työpajaan kutsuttiin asiantuntijoita, jotka ovat olleet jotenkin mukana vaarallisten aineiden kuljetusten tunneliturvallisuuden arvioinnissa. Työpajassa kerättiin kommentit ja näkemykset useaan tutkimuskysymykseen ja käytiin laajaa keskustelua kehitystarpeista.

Työn lopputulokseksi kerättiin havaitut päivitys- ja täydennystarpeet. Päivitys- ja täydennystarpeiden taustat avattiin tarkemmin ja niille tehtiin myös korjausehdotukset. Selkeimmiksi päivitystä vaativiksi kohteiksi arvioitiin raskaan liikenteen onnettomuusasteen päivitys ja laajentaminen eri väylätyypeille, vaarallisten aineiden kuljetusten korjauskertoimen käyttämisen ohjeistaminen sekä varareittien laskennan ja käytön tarkempi ohjeistaminen.

Päivitystarpeiden selvittämisen lisäksi työssä selvitettiin tehtyjen VAK-riskilaskentojen keskinäistä vertailtavuutta ja toistettavuutta. Vertailtavuus havaittiin heikoksi, sillä laskentatavat ja käytetyt lähtötiedot vaihtelivat merkittävästi. Vertailtavuuden parantamiseksi työssä toteutettiin laskentojen avuksi raportointityökalu, joka on tämän selvityksen liitteenä. Raportointityökalulla varmistetaan laskentojen toistettavuus, vähennetään käyttäjälähtöisiä virheitä sekä mahdollistetaan tulosten parempi vertailtavuus.

Avainsanat Vaarallisten aineiden kuljetukset, tunneliturvallisuus, riskilaskenta, DGQRAM
Sivut 58 sivua ja liitteitä 24 sivua

Future transport systems

Author Ossi Lindfors

Subject Transport of Dangerous Goods in Road Tunnels in Finland – Development of Guidelines and Reporting

Supervisor Pauliina Kuronen

Abstract

Year 2022

The risk assessment of the transport of dangerous goods is carried out in Finland as a part of the design of road tunnels. The risk calculation ensures the suitability of the tunnel for the transport of dangerous goods, checks the adequacy of the planned safety equipment and ensures the classification of the tunnel. The risk assessment is performed either as an expert assessment or as a risk calculation. The requirements for risk calculation are listed in the Tunnel Directive and apply to all longer or traffic-significant tunnels. Risk calculation determines the number of expected casualties in dangerous goods accidents. Traffic safety or other factors are not taken into account in the risk calculation. The results of the calculation therefore only show the risks arising from the transport of dangerous goods.

The risk calculation is performed with a calculation program, the use of which is instructed in both the general manual of the program and in Finnish national guidelines. This study aims to determine the need to update and supplement the Finnish national guidelines. The research was carried out by examining the background data and an extensive expert workshop. Workshop participants were experts who have somehow been involved in assessing the tunnel safety of the transport of dangerous goods. The workshop gathered comments and thoughts on a number of research questions and participants engaged in extensive discussion of further needs.

The end result of the study lists the identified needs for updating and supplementing. The backgrounds for the need for upgrades and additions were discussed in more detail and suggestions for corrections were made. The most important findings of the study were updating and extending the accident rate for heavy traffic to different types of roads, instructions on the use of the correction factor for the transport of dangerous goods and more detailed instructions on the calculation and use of alternate routes.

In addition, the comparability and reproducibility of the performed risk calculations were discussed. Comparability was found to be poor as the calculation methods and input data used varied significantly. In order to improve comparability a reporting tool was implemented in the work which is attached to this report. The reporting tool ensures the reproducibility of calculations, reduces user-driven errors and enables better comparability of results.

Keywords Transport of dangerous goods, tunnel safety, risk calculation, DGQRAM

Pages 58 pages and appendices 24 pages

Sisällys

1	Johdanto	1
1.1	Työn taustat	1
1.2	Työn tavoitteet.....	2
1.3	Työn toteutus.....	2
1.4	Tietunneleiden turvallisuus.....	3
1.5	Käytetyt termit ja lyhenteet.....	5
2	Vaarallisten aineiden tiekuljetukset	6
2.1	Vaarallisten aineiden tiekuljetusten strategia Suomessa	6
2.2	Vaarallisten aineiden luokittelu, jakaumat ja määrät Suomessa	8
2.3	Vaarallisten aineiden kuljetukset tunneleissa	11
2.4	Vaarallisten aineiden kuljetusten onnettomuudet.....	13
3	DGQRAM-ohjelma ja sen käyttö.....	16
3.1	Ohjelman yleiskuvaus	16
3.2	Tutkimukset ja tiedot, joihin ohjelma perustuu	17
3.3	Ohjelman toiminta ja käyttö	19
3.4	Ohjelman tuottamat tulokset	26
3.5	Viimeisimmät päivitykset ohjelmistoon.....	28
4	DGQRAM käyttö Suomessa	30
4.1	Suomalainen VAK-riskiarvioinnin ohjeistus ja yleiskuvaus	30
4.2	Suomalaiset erityispiirteet VAK-riskilaskennassa	32
4.3	Suomessa tehdyt VAK-riskiselvitykset	36
4.3.1	Tampereen rantaväylän tunnelin VAK-riskien arviointi.....	36
4.3.2	Turun kehätien tunnelin VAK-riskien arviointi.....	37
4.3.3	Kohteiden VAK-riskilaskennan vertailu	39
5	Ohjeistuksen ja raportoinnin kehittäminen	41
5.1	Asiantuntijatyöpaja ja sen tulokset.....	41
5.1.1	Raskaan liikenteen onnettomuusaste.....	42
5.1.2	VAK-onnettomuuksien korjauskerroin.....	43
5.1.3	Laskentojen varmuuksien määrittäminen	44
5.1.4	Lähtötietojen raportointi ja laskennan toistettavuus	44

5.1.5	DGQRAM-laskennat turvallisuuskonseptissa	45
5.2	Huomiot ja havaitut puutteet	46
5.2.1	Raskaan liikenteen onnettomuusaste.....	47
5.2.2	Vaarallisten aineiden kuljetusten korjauskerroin	49
5.2.3	Varareittien ohjeistus.....	49
5.3	Tulosten raportoinnin kehittäminen.....	50
6	Yhteenveto ja johtopäätökset	53
7	Jatkotoimenpiteet ja suositukset	55
	Lähteet.....	57

Liitteet

Liite 1	Asiantuntijatyöpajan tulokset
Liite 2	Raportointityökalu

1 Johdanto

1.1 Työn taustat

Tämän tutkimuksen idea sai alkunsa joulukuussa 2019 järjestetyssä DGQRAM (Transport of Dangerous Goods through road tunnels: Quantitative Risk Assessment Model) käyttäjäkoulutuksessa Genevessä. Koulutuksen aikana kävi ilmi, että DGQRAM-ohjelman käyttö Suomessa poikkeaa eurooppalaisesta (mm. Ranska, Sveitsi) tavasta käyttää laskentaohjelmaa. Eroavaisuuksien vuoksi Suomen ohjeistus kaipasi tarkennusta ja täydennystä. Myös omakohtaiset kokemukset DGQRAM-ohjelmasta ja sen käytöstä herättivät kysymyksiä ja antoivat viitteitä ohjeistuksen tarkennustarpeista.

DGQRAM-ohjelma on OECD:n, PIARC:n ja EU:n yhdessä toteuttama hanke, jossa on luotu vaarallisten aineiden tunnelikuljetuksien riskien laskemiseksi työkalu. Ohjelmistolla pystytään laskemaan vaarallisten aineiden kuljetusten riskejä ja saamaan tuloksena vertailtavia arvoja. Ohjelmisto on toteutettu käytettäväksi EU:n alueella ja sen käyttöä edellytetään EU:n tietunnelidirektiivin (2004/54/EC) mukaan kaikissa pidemmissä maantietunneleissa. Ohjelmiston tausta-aineisto perustuu Waterloon yliopiston tekemään laajaan tutkimukseen vaarallisten aineiden kuljetuksista (julkaistu 29.10.1998). Aineiston perusteella on luotu laskentamalli VAK-riskien arvioinnille. Koska vaarallisten aineiden kuljetuksien tunnelionnettomuuksia tapahtuu äärimmäisen harvoin, on tutkimuksessa huomioitu onnettomuusdataa Ontariosta 1988 – 1995 vuosilta sekä arvioituja VAK-onnettomuusriskejä useista Euroopan ja Pohjois-Amerikan maista.

Suomessa on voimassa oma kansallinen ohjeistus vaarallisten aineiden tunnelikuljetusten riskiarviointiin. Vaarallisten aineiden kuljetukset tietunneleissa (Liikenneviraston ohjeita 44/2017) on Suomessa käytössä oleva ohjeistus, jota käytetään VAK-tunneliturvallisuuden arvioinnissa ja DGQRAM-ohjelman käytössä. Ohje pohjautuu DGQRAM-ohjelmiston käyttöohjeistukseen ja siinä on huomioitu Suomen erityispiirteet, joita on esimerkiksi tunnelien kokoaikainen valaistus sekä tunnelien mitoittaminen lähtökohtaisesti kaikille vaarallisille aineille. Ohjeistus on kattava kokonaisuus, mutta varsinkin DGQRAM käytön ohjeistaminen kaipaava täydennystä ja tarkennuksia. DGQRAM on ohjelmisto, jossa tuloksiin

vaikuttavat merkittävästi käyttäjien tekemät tietoiset päätökset. Nykyinen ohjeistus mahdollistaa tulkintoja ja esimerkiksi laskennassa käytettyjä korjauskertoimien määrittely tulisi avata tarkemmin, jotta saadut tulokset olisivat keskenään paremmin vertailtavissa. Nykyinen ohjeistus on laadittu ennen kuin DGQRAM-ohjelman käyttöön on tarjottu nykyisen laajuista käyttäjäkoulutusta, mikä ainakin osittain selittää erilaiset tulokinnat DGQRAM-ohjelmasta ja sen käyttämisestä.

1.2 Työn tavoitteet

Selvityksen tavoitteena on tuottaa selvitys Liikenneviraston ohjeen 44/2017, Vaarallisten aineiden kuljetukset tietunneleissa – Riskitarkastelut ja VAK-kelpoisuus, päivitystarpeesta. Mahdollinen ohjeistuksen päivitys toteutetaan myöhemmin tämän selvityksen avulla tilaajan parhaaksi katsomalla tavalla. Selvityksen lisäksi toteutetaan DGQRAM-ohjelmalla tehtyjen VAK-riskilaskentojen raportointiin työkalu, joka varmistaa yhdenmukaisen tulosten käsittelyn ja laskentojen tarkistamisen. Tuloksien raportointi yhtenevällä työkalulla toimii myös laadunvarmistuksena laskentojen tekijöille. Tämän avulla lähtötiedot tulee jokaisessa projektissa kirjattua samalla tavalla.

1.3 Työn toteutus

Selvityksen toteuttamisessa oli tukena ohjausryhmä, johon kuuluivat Laura Väisänen (Traficom), Kari Korpela (Väylävirasto) sekä Kimmo Toivonen (ELY-keskus). Ohjausryhmän palaverissa seurattiin työn edistymistä sekä ratkaistiin esiin nousseita kysymyksiä ja tarpeita. Ohjausryhmä toimitti työtä varten laajan tausta-aineiston, jonka tietoja käytettiin varsinkin ohjeistuksen ja raportointityökalun kehittämiseen. Työn aikana järjestettiin työpaja, jossa kerättiin kokemuksia ohjelmiston käytöstä sitä käyttäneiltä sekä DGQRAM käyttökoulutuksen saaneilta asiantuntijoilta. Työpaja toteutettiin 15.10.2021 olosuhteiden pakosta etänä Teams- ja Miro-ympäristöissä. Työpajassa kerättiin asiantuntijoilta näkemyksiä ohjausryhmän kanssa ennaltavalmisteltuihin teemoihin ja keskusteltiin laajasti nykyisestä ohjeistuksesta sekä sen päivitys- ja muutostarpeista. Osallistuminen oli mahdollista myös työpajan jälkeen Miro-työtilassa. Lopulliset työpajan tulokset kerättiin marraskuun lopussa vuonna 2021.

1.4 Tietunneleiden turvallisuus

Tässä työssä ei käsitellä varsinaista tietunneliturvallisuutta, mutta aihetta sivutaan monessa kohtaa. Työ keskittyy ainoastaan vaarallisten aineiden kuljetusten turvallisuuteen sekä VAK-riskilaskentaan, joka suoritetaan tunnelin tiesuunnitelmavaiheessa. Tähän lukuun on kuitenkin koottu suppea tietopaketti tunneliturvallisuudesta ja sen vaatimuksista Suomessa. Lisäksi tässä luvussa käsitellään vaarallisten aineiden kuljetusten riskilaskennan sijoittumista tunneleiden suunnittelun kokonaisuuteen.

Suomessa tietunneleiden turvallisuutta valvotaan tarkasti ja niiden suunnittelua ohjataan usealla ohjeella. Alle on listattu esimerkkejä ohjeista:

- Liikenneviraston ohjeita 33/2016 – Tietunnelien hallinnointi ja turvallisuutta koskevat määräykset ja ohjeet
- Liikenneviraston ohjeita 9/2018 – Tietunnelin turvallisuusasiakirjojen laadinta
- Liikenneviraston ohjeita 44/2017 – Vaarallisten aineiden kuljetukset tietunneleissa – Riskitarkastelut ja VAK-kelpoisuus

Maantietunnelit ovat osa Suomen yleistä tieverkkoa. Yli viisisataametrisen TEN-T verkolle sijoittuvan tunnelin vähimmäisturvallisuusvaatimukset tulevat Euroopan unionin tunnelidirektiivistä. Näitä vaatimuksia noudatetaan kuitenkin mahdollisimman pitkälle myös muissa maantietunneleissa. Väyläviraston sivuilla mainitaan Suomen maantietunneleista seuraavaa: (Väylävirasto, 2022)

” Maantietunnelit ovat osa yleistä tieverkkoa. Koska tunnelit muodostavat selvästi muusta liikenneympäristöstä poikkeavan osuuden, kiinnitetään tunneleiden suunnittelussa, rakentamisessa ja ylläpidossa erityistä huomiota turvallisuusasioihin. Tunnelit pyritään rakentamaan ja varustelemaan siten, että tunneleissa ajavien turvallisuus ei vaarannu ja turvallisuuden taso vastaa mahdollisimman hyvin ympäröivän liikenneympäristön turvallisuustasoa. Huomiota kiinnitetään myös kunnossapitohenkilöstön työturvallisuuteen.”
(Väylävirasto, 2022)

Turvallisuuden kannalta merkittävin toimija tunnelien turvallisuudessa on tunnelin hallinnoija, joka on yleensä paikallinen ELY-keskus. Liikenne- ja viestintävirasto Traficom toimii puolestaan tunnelin hallintoviranomaisena ja vastaa viime kädessä siitä, että toimijat noudattavat turvallisuuden vaatimia velvoitteita. Väylävirasto puolestaan vastaa tietunnelien rakennuttamisesta ja tunneleita koskevien teknisten ohjeiden laadinnasta. Tietunnelien ylläpidosta, järjestelmien käytöstä ja liikenteen ohjauksesta vastaa Fintraffic Tie Oy. Tunnelien turvallisuuden varmistaminen on siis usean viranomaisen ja toimijan yhteistyötä. Kuvassa 1 on esitetty tietunneleissa käytettyä turvalaitteistoa. Kuvan turvalaitteisto on tyypillinen kokonaisuus suomalaisissa tietunneleissa, mutta turvalaitteiston tarpeet arvioidaan tunnelin turvallisuuskonseptissa ja turvallisuusasiakirjoissa. (Väylävirasto, 2022)

Kuva 1 Esimerkki tietunnelien turvallisuusvarustuksesta Suomessa. (Väylävirasto, 2022)

Tunnelien turvallisuusvarustus



1.5 Käytetyt termit ja lyhenteet

ADR-sopimus – Vaarallisten aineiden tiekuljetuksien sopimus, jonka osapuolina on yli 50 valtiota

Ajoneuvojen täyttöaste – Täyttöasteella tarkoitetaan keskimääräistä henkilö määrää ajoneuvossa

DGQRAM – Transport of Dangerous Goods through road tunnels: Quantitative Risk Assessment Model -ohjelma

ELY-keskus – Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus

OECD – The Organisation for Economic Co-operation and Development

PIARC – World Road Association

PRONTO – Pelastustoimen resurssi- ja onnettomuustilasto

Traficom – Liikenne- ja viestintävirasto

Tuuliruusu – Kuvaaja, josta ilmenee alueen vallitsevat tuuliolosuhteet, eli vallitsevat tuulen suunnat, niiden osuudet sekä tuulen nopeuksien osuudet

UNECE – Yhdistyneiden kansakuntien Euroopan talouskomissio

VAK – Vaarallisten aineiden kuljetus

Varareitti – Vaihtoehtoinen reitti liikennevirralle, jota käytetään mikäli tunneli joudutaan sulkemaan

2 Vaarallisten aineiden tiekuljetukset

2.1 Vaarallisten aineiden tiekuljetusten strategia Suomessa

Suomessa on tehty vaarallisten aineiden kuljetuksille strategia vuonna 2012. Strategia kattaa ajanjakson 2012 – 2020. Strategia päivittyy tulevaisuudessa, mutta vuonna 2012 julkaistu strategia on viimeisin ja tuorein julkaisu. Julkaisu sisältää Suomen vaarallisten aineiden kuljetuksien tilanteen, kartoittaa tulevaisuuden haasteita sekä trendejä ja kuvaa ministeriön työn painopistealueet. Kansallisiksi tavoitteiksi on määritelty seuraavat viisi tavoitetta (Liikenne- ja viestintäministeriö, 2012, s. 9):

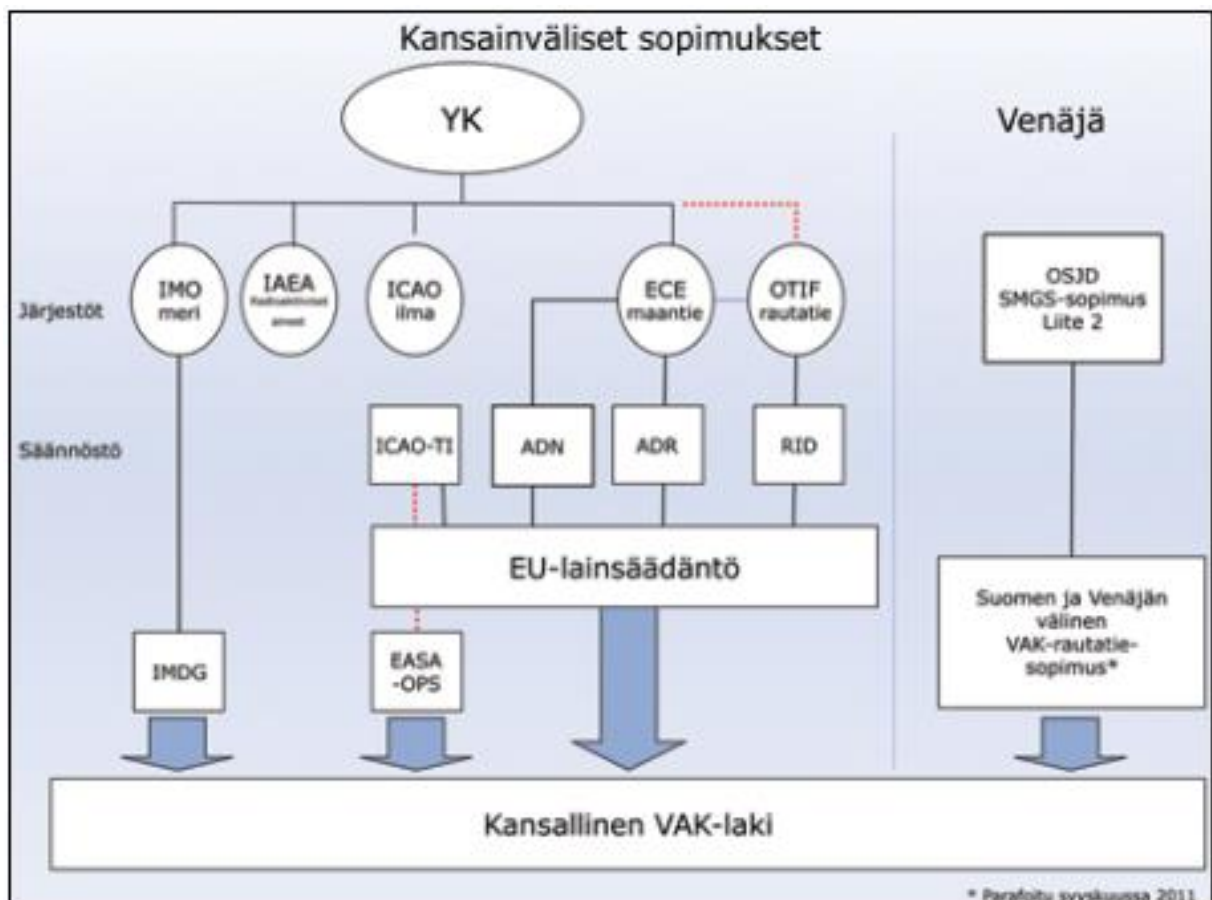
- VAK-toiminta on turvallista
- Logistiikkaketjut ovat toimivia ja kilpailukykyisiä
- Henkilöstö on koulutettu ja osaava
- Lainsäädäntö ja normisto siirtyvät sujuvasti käytäntöön
- Henkilöstön hyvinvointi on korkealla tasolla

Liikenne- ja viestintäministeriön visiossa Suomi on vaarallisten aineiden kuljetusten turvallisuudessa korkealla tasolla ja turvallisuuteen panostetaan jatkuvasti. Vaarallisten aineiden kuljetusten strategiassa käsitellään kaikkien kuljetusmuotojen keskeiset haasteet ja linjaukset. Tässä työssä vaarallisten aineiden kuljetusten strategian osalta keskitytään vain tieliikenteessä tapahtuviin kuljetuksiin. Tieliikenteen strategisissa linjauksissa todetaan, että ”ministeriö panostaa entistä enemmän ja kohdennetusti tiedottamiseen niille toimijoille, jotka tietoa eniten tarvitsevat” (Liikenne- ja viestintäministeriö, 2012, s. 25), joten tiedottaminen on kehityksen keskiössä. Tieliikenteessä panostetaan erityisesti onnettomuuksien vähentämiseen ja onnettomuuksien seurausten lieventämiseen. Erityisesti tehostetaan kuormasidontaa ja EU-alueen määräysten harmonisointia. (Liikenne- ja viestintäministeriö, 2012, s. 25)

Vaarallisten aineiden kuljetuksia säädellään lukuisilla kansainvälisillä sopimuksilla sekä kansallisilla määräyksillä. Kuvassa 2 on esitetty vaarallisten aineiden kuljetuksiin vaikuttavia kansainvälisiä sopimuksia sekä niiden suhdetta toisiinsa. Kansainvälisten sopimusten lisäksi

Suomessa on käytössä useita kansallisia sääntöjä ja määräyksiä. Tällainen on muun muassa vaarallisten aineiden kuljettajilta vaadittava ADR-lupa, jonka saaminen vaatii kurssin käymisen. Suomessa vaarallisten aineiden kuljetuksien ohjaava viranomainen on liikenne- ja viestintäministeriö, jolle kuuluu toiminnan yleinen ohjaus ja kehittäminen. Sääntöjen ja määräysten noudattamista valvovat Liikenne- ja viestintävirasto, Tulli, poliisi, Rajavartiolaitos, Turvallisuus- ja kemikaalivirasto. Säteilyturvakeskus ja työsuojeluviranomaiset toimialoillaan. Puolustusvoimien vaarallisten aineiden kuljetuksia valvovat sotilasviranomaiset. Ajantasainen lainsäädäntöluettelo löytyy aina FINLEXistä. Säädöksen, sopimusten ja määräysten laajuudesta johtuen, niitä ei voida tässä työssä esitellä ja käsitellä laajasti. Koosteena voidaan todeta, että vaarallisten aineiden kuljetuksia säädellään merkittävästi muita kuljetuksia enemmän. (Liikenne- ja viestintäministeriö, 2012, s. 11)

Kuva 2 Kansainväliset vaarallisten aineiden kuljetusten sopimukset. (Liikenne- ja viestintäministeriö, 2012, s. 11)



2.2 Vaarallisten aineiden luokittelu, jakaumat ja määrät Suomessa

Vaarallisten aineiden kuljetukset on luokiteltu kuljetusluokkiin niiden ominaisuuksien perusteella. Kuljetusluokkia on yhdeksän pääluokkaa ja useita alaluokkia. Vaarallisten aineiden kuljetusluokat ovat: (Strömer, 2019, s. 2)

- LK 1 Räjähteet
- LK 2 Kaasut
- LK 3 Palavat nesteet
- LK 4.1 Helposti syttyvät kiinteät aineet, itsereaktiiviset aineet ja epäherkistetyt kiinteät räjähdysaineet
- LK 4.2 Helposti itsestään syttyvät aineet
- LK 4.3 Aineet, jotka veden kanssa kosketukseen joutuessaan kehittävät palavia kaasuja
- LK 5.1 Sytyttävästi vaikuttavat (hapettavat) aineet
- LK 5.2 Orgaaniset peroksidit
- LK 6.1 Myrkylliset aineet
- LK 6.2 Tartuntavaarallisten aineet
- LK 7 Radioaktiiviset aineet
- LK 8 Syövyttävät aineet
- LK 9 Muut vaaralliset aineet ja esineet

Kuljetusluokkien lisäksi vaarallisten aineiden kuljetuksissa käytetään käsitteitä kuljetustapa ja pakkausryhmä. Kuljetustavat jaotellaan kahteen ryhmään, kollikuljetukset ja bulk-kuljetukset. Kollikuljetuksilla tarkoitetaan astioissa, pulloissa tai muussa vastaavassa pakkauksessa kappaletavarana kuljetettavia vaarallisia aineita. Bulk-kuljetuksilla tarkoitetaan säiliökuljetuksia tai kiinteiden aineiden irtotavarana tapahtuvia kuljetuksia. Pakkausryhmiä on puolestaan kolme: (Strömer, 2019, s. 1)

- Pakkausryhmä I, erittäin vaaralliset aineet
- Pakkausryhmä II, vaaralliset aineet
- Pakkausryhmä III, vähäistä vaaraa aiheuttavat aineet

Tässä selvityksessä keskitytään vain tieliikenteessä kulkeviin vaarallisiin aineisiin. Suomen tieliikenteessä kulkevista vaarallisten aineiden määristä kerätään tietoja aika-ajoin tehtävillä selvityksillä. Viimeisin selvitys on julkaistu vuonna 2019 ja se käsittelee vuoden 2017 vaarallisten aineiden kuljetuksia. Vuosien 2020 ja 2021 poikkeuksellisista olosuhteista johtuen ei uutta tutkimusta ole lähitulevaisuudessa tulossa, joten vuoden 2019 julkaisu on tuoreinta saatavilla olevaa tietoa.

Tieliikenteessä vaarallisten aineiden kuljetusten määrä on ollut vuonna 2017 noin 13,2 miljoonaa tonnia vuodessa. Tilastokeskuksen tieliikenteen tavarankuljetustilaston mukaan vuonna 2017 Suomen tieverkolla kuljetettiin yhteensä noin 277,9 miljoonaa tonnia tavaraa. Vaarallisten aineiden kuljetusten osuus vastaa noin 4,7 prosenttia kaikesta tieliikenteen tavaraliikenteestä Suomessa. Vaarallisten aineiden kuljetusten määrän ja osuuden kehittyminen tieliikenteessä on esitetty kuvassa 3. Yleistettynä voidaan todeta, että vaarallisten aineiden kuljetusten määrät ovat olleet kasvussa, mutta määrät on selvitetty kyselytutkimuksella, joten tutkimusten luotettava vertailu ei ole mahdollista. (Strömer, 2019, ss. 4–5)

Kuva 3 Vaarallisten aineiden kuljetukset tieliikenteessä vuosina 1987 – 2017 ja osuus tieliikenteen tavarankuljetusten kokonaismäärästä (Strömer, 2019, s. 5)

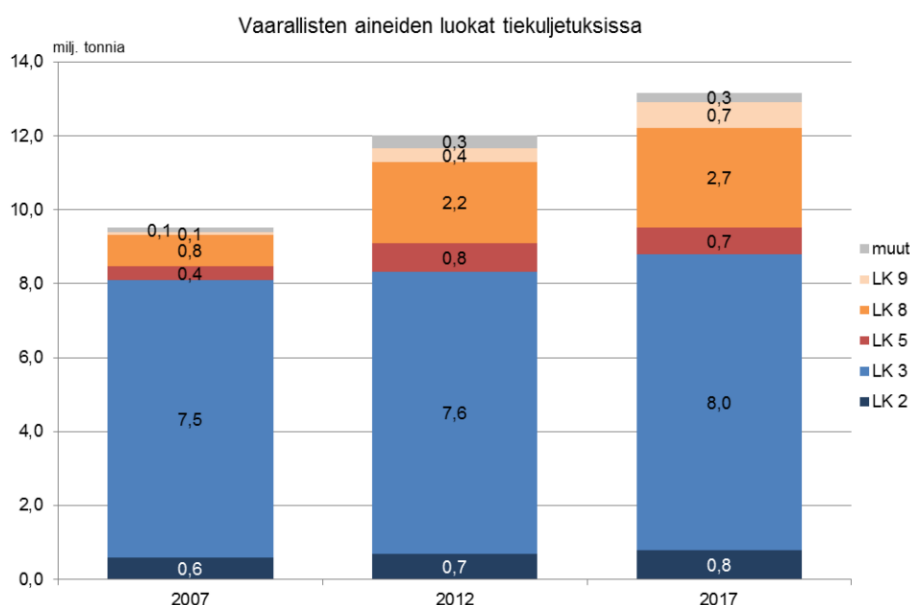


Vaarallisten aineiden jakauma Suomessa vuonna 2017 on esitetty taulukossa 1. Palavat nesteet muodostavat yli 60 prosenttia kaikista vaarallisten aineiden kuljetuksista. Tämä selittyy polttoaineiden mittavalla kuljetusmäärällä. Palavat nesteet on jaettu kolmeen ryhmään. Koska palavat nesteet muodostavat selvästi suurimman osan vaarallisten aineiden kuljetuksista ja niiden alaryhmien käyttäytyminen onnettomuustilanteessa poikkeaa toisistaan merkittävästi on ryhmien osuudet haluttu nostaa esiin. Luvussa 2.4 käsitellään tarkemmin vaarallisten aineiden kuljetusten onnettomuuksia, joihin tällä ryhmittelyllä on merkittävä vaikutus. Ryhmäjako ja niiden osuudet on esitetty alla: (Strömer, 2019, s. 6)

- Kaasuöljyt, dieselöljyt tai polttoöljyt, osuus 62 prosenttia
- Bensiini, osuus 19 prosenttia
- Tarkentamattomat palavat nesteet, osuus 9 prosenttia

Toiseksi suurin luokka vaarallisten aineiden kuljetuksissa on yli 20 prosentin osuudella syövyttävät aineet. Noin 5 prosentin osuuteen kuljetuksista yltävät kaasut, hapettavat aineet ja ”muut vaaralliset aineet” luokka. Muiden kuljetusluokkien osuudet ovat erittäin pieniä. Radioaktiivisten aineiden osalta viranomaisilla on tiedot, mutta niiden julkinen raportointi ei ole tarkoituksenmukaista. Kuvassa 4 on esitetty vaarallisten aineiden tiekuljetusten määriä suomessa vuosina 2007 – 2017. (Strömer, 2019, s. 6)

Kuva 4 Vaarallisten aineiden kuljetusluokat tiekuljetuksissa vuosina 2007 – 2017. (Strömer, 2019, s. 7)



Taulukko 1 Vaarallisten aineiden jakaumat Suomen tieliikenteessä vuonna 2017 sekä niiden jakautuminen kuljetusluokkiin. (Strömer, 2019, s. 6)

Kuljetusluokka	VAK jakaumat		Kuljetusluokkien osuudet	
	Tonnia	Prosenttia (%)	Kollit (%)	Bulk (%)
1 Räjähteet	25 305	0,2	99	1
2 Kaasut	776 645	5,9	48	52
3 Palavat nesteet	8 025 056	61,0	14	86
4.1 Helposti syttyvät kiinteät aineet, itsereaktiiviset aineet ja epäherkistetyt kiinteät räjähdysaineet	125 713	1,0	8	92
4.2 Helposti itsestään syttyvät aineet	10 350	0,1	23	77
4.3 Aineet, jotka veden kanssa kosketukseen joutuessaan kehittävät palavia kaasuja	21 434	0,2	1	99
5.1 Sytyttävästi vaikuttavat (hapettavat) aineet	690 977	5,3	11	89
5.2 Orgaaniset peroksidit	27 016	0,2	4	96
6.1 Myrkylliset aineet	68 839	0,5	34	66
6.2 Tartuntavaarallisten aineet	6	0,0	100	0
7 Radioaktiiviset aineet	-	-	-	-
8 Syövyttävät aineet	2 694 890	20,5	30	70
9 Muut vaaralliset aineet ja esineet	689 284	5,2	51	49
Yhteensä	13 155 514			

2.3 Vaarallisten aineiden kuljetukset tunneleissa

Euroopassa, mukaan lukien Suomessa, on käytössä tunneleille vaarallisten aineiden kuljetusten luokitus. Nykytilassa vaarallisten aineiden kuljetukset ovat sallittuja lähes kaikissa Suomen tieverkon tunneleissa. Suomessa pyritään tunnelien suunnittelussa varmistamaan,

että rakennettavat tunnelit ovat turvallisia vaarallisten aineiden kuljetuksille, joten niissä pyritään aina luokkaan A. Mikäli tunnelin riskitasot kohoavat liikaa, lasketaan tunnelin luokitusta, jolloin tunnelin läpi ei saa kuljettaa korkeamman luokan vaatimia vaarallisia aineita.

Tunneliluokitus on määritetty ADR-sopimuksessa, joka on vaarallisten aineiden tiekuljetuksissa voimassa oleva kansainvälinen sopimus. ADR-sopimuksessa määritellään esimerkiksi aineiden luokitus kuljetusta varten, osapuolten vastuut ja velvollisuudet sekä henkilöstön pätevyysvaatimukset. ADR-sopimuksessa määritetään myös kuljetuspakkausten ja säiliöiden tekniset vaatimukset. Alla on esitetty tunneliluokat A–E, jotka on määritelty 1.1.2017 voimaan tullessa ADR-sopimuksessa seuraavasti: (Liikennevirasto, 2017, s. 7)

- A. Ei rajoitusta vaarallisten aineiden kuljetuksille
- B. Rajoitus vaarallisille aineille, jotka voivat aiheuttaa erittäin voimakkaan räjähdysten
- C. Rajoitus vaarallisille aineille, jotka voivat aiheuttaa erittäin suuren räjähdysten, suuren räjähdysten tai laajan myrkyllisen vuodon
- D. Rajoitus vaarallisille aineille, jotka voivat aiheuttaa erittäin suuren räjähdysten, suuren räjähdysten, laajan myrkyllisen vuodon tai laajan tulipalon
- E. Rajoitus
 - Kaikille vaarallisten aineiden kuljetuksille lukuun ottamatta niitä, joille on merkitty ”(-)” ADR-sopimuksen luvun 3.2 taulukon A sarakkeessa
 - Kaikille ADR-sopimuksen luvun 3.4 mukaisesti kuljetettaville vaarallisille aineille, kun kokonaisbruttomassa ylittää kahdeksan (8) tonnia kuljetusyksikköä kohti

Vaarallisten aineiden kuljetusten osalta tulee tehdä tunnelin suunnitteluvaiheessa riskitarkastelu, jossa määritellään tunnelin tunneliluokka ja vaarallisten aineiden kuljetusten riski. Tätä VAK-riskitarkastelua ja sen vaatimuksia sekä laatimista tarkastellaan tarkemmin myöhemmissä luvuissa. (Liikennevirasto, 2017, ss. 8–9)

2.4 Vaarallisten aineiden kuljetusten onnettomuudet

Vaarallisten aineiden kuljetusten onnettomuuksista ei ole saatavilla aineistoa, joka kattaisi kaikki onnettomuudet ja olisi sisällöltään tarpeeksi laadukasta. Vaarallisten aineiden onnettomuuksista tulee tehdä valtioneuvoston asetuksen mukaisesti kuukauden kuluessa ilmoitus. Ilmoituksia kuitenkin tehdään vuosittain vähän. Tämä johtuu onnettomuuksien vähäisestä määrästä, mistä puolestaan johtuu, että raportointiin ei ole kehittynyt selkeitä toimintamalleja. Tästä syystä onnettomuustarkasteluissa käytetään yleensä muita tietolähteitä. Viimeisin kattava onnettomuuskatsaus on julkaistu vuonna 2019.

Tarkasteluissa on hyödynnetty pelastustoimen resurssi- ja onnettomuustilasto PRONTOa. (Rajamäki, 2019, s. 1)

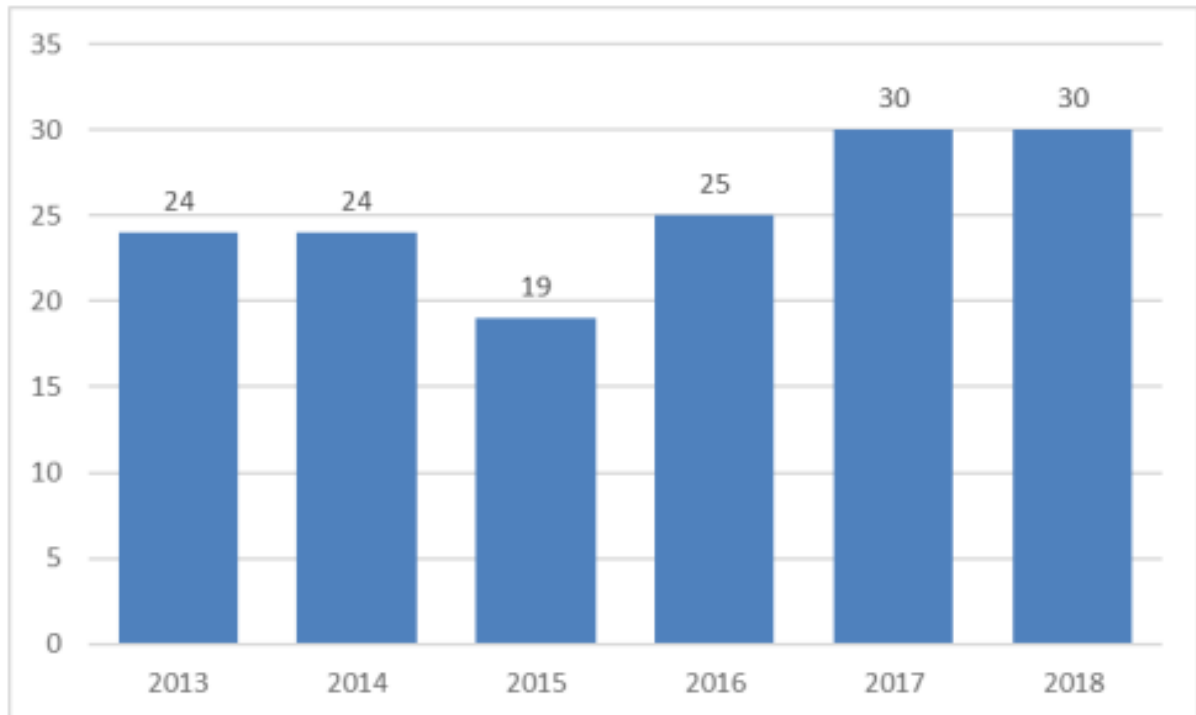
Raportoitavalle vaarallisten aineiden kuljetusten onnettomuudelle on annettu tarkat kriteerit. Onnettomuuksien määritelmä on yhdenmukainen UNECEn ADR-sopimuksen osion 1.8.5 kanssa. Alle on määritelty kriteerien tiivistelmä: (Rajamäki, 2019, s. 2)

- Onnettomuudet ja uhkaavat vaaratilanteet vaarallisen aineen lastaukset, purun, täyttämisen tai kuljetuksen aikana
- Tapahtuma täyttää jonkin seuraavista kriteereistä:
 - Vuotaneen vaarallisen aineen määrä kuljetusluokassa 2 333 kg tai 333 litraa, kuljetusluokassa 3 ja 4 vähintään 1000 kg tai 1000 litraa
 - Ei vuotoa mutta välitön uhka vuodosta
 - Vaarallinen aine aiheuttaa henkilövahingon tai uhan sellaisesta
 - Omaisuus- tai ympäristövahinko vähintään 50 000 euroa, mihin ei sisälly kuljetusvälineen tai infrastruktuurin vahinko

Pelastustoimen resurssi- ja onnettomuustilaston PRONTOsta löydettiin 152 kappaletta vaarallisten aineiden tiekuljetusten onnettomuuksia vuosilta 2013 – 2018, jotka täyttivät kriteerit. Tietojen perusteella ei voi tehdä päätelmiä onnettomuusmäärien kasvusta, sillä vuosilta 2013 – 2016 on poistettu tietoja henkilötietojen suojaamiseksi, mikä voi vaikuttaa määriin. Onnettomuusmäärät ovat suuntaa-antavia, sillä tietojen kirjaamistarkkuus vaihtelee ja niiden tutkiminen vaatii tulkintaa. Kuvaan 5 on kerätty onnettomuuksien jakaumat

vuodesta 2013 vuoteen 2018. Onnettomuuksia tapahtuu Suomessa melko vähän, joten niiden avulla ei voida tarkastella vaarallisten aineiden kuljetusten riskejä tai tehdä tilastollisesti merkittäviä päätelmiä. (Rajamäki, 2019, s. 4)

Kuva 5 Vaarallisten aineiden kuljetusten onnettomuudet Suomessa vuosina 2013 – 2018. (Rajamäki, 2019, s. 4)



Vaaralliset aineet reagoivat yksilöllisesti onnettomuustilanteessa. Koska vaarallisia aineita on monenlaisia, ovat niiden aiheuttamat onnettomuustilanteet myös erilaisia. Esimerkiksi räjähteet ja palavat nesteet voivat aiheuttaa merkittävää paikallista tuhoa, kun taas kaasut ja myrkylliset aineet voivat levitessään aiheuttaa laajojakin vahinkoja. Palavissa nesteissä bensiini voi aiheuttaa BLEVE-onnettomuuden (Boiling liquid expanding vapor explosion), joka tarkoittaa höyryräjähdystä, jossa nesteen höyry räjähtää aiheuttaen suuren korkealle nousevan tulipallon. BLEVE-onnettomuudet ovat erityisen vaarallisia tunneleissa, joissa massiivinen räjähdys ohjautuu pitkälle tunnelia pitkin. Vaarallisten aineiden kuljetusten onnettomuustyyppit ja niiden vaikutus on kuvattu taulukossa 2.

Taulukko 2 Vaarallisten aineiden onnettomuustyyppit ja niiden vaikutukset. (Niemimuukko & Sauni, 2010, ss. 19–25)

Aineen luonne	Onnettomuustyyppi	Vaikutukset/toimenpiteet onnettomuudessa
Räjähteet	Räjähdyt	Paikalliset suuret tuhot, ei leviä suurelle alueelle. Onnettomuusalue helppo rajata. Tuhojen laajuus vahvasti riippuvainen tapahtumapaikasta.
Kaasut	Kaasuvuoto	Sääolosuhteet vaikuttavat huomattavasti, leviävät tuulen mukana. Vaikutusalueet ja evakuointialueet kilometreissä. Äärimmäisen vaikea hoidettava pelastuslaitokselle.
Palavat nesteet	Räjähdyt, leimahdus, BLEVE	Hyvin samanlainen onnettomuudessa kuin räjähteet. Nestemäisestä muodosta johtuen voi valua myös ympäristöön.
Helposti syttyvät aineet	Räjähdyt, leimahdus, BLEVE	Reagoivat kuin räjähteet ja palavat nesteet. Syttyessään aiheuttavat paikallisia tuhoja.
Hapettavat aineet	Valumat, leimahdus	Paikalliset vauriot, aiheuttavat tuhoa ympäristölle. Voivat aiheuttaa tulipaloja.
Myrkylliset aineet	Valumat	Leviävät ympäristöön aiheuttaen tuhoa. Kaasuntuessa voivat levitä isoille alueille, muuten paikallinen.
Syövyttävät aineet	Valumat	Paikalliset tuhot, ympäristö ja infra voivat kärsiä mittavia vahinkoja. Kaasuuntuessa leviävät tuulen mukana.

3 DGQRAM-ohjelma ja sen käyttö

3.1 Ohjelman yleiskuvaus

Transport of Dangerous Goods through road tunnels: Quantitative Risk Assessment Model (DGQRAM) -ohjelma on OECD:n, PIARC:n ja EU:n yhdessä toteuttama hanke, jossa on luotu vaarallisten aineiden tunnelikuljetuksien riskien laskemiseksi työkalu. Ohjelman ylläpitämisestä ja kehittämisestä vastaa PIARC ja sen rahoitus tulee OECD:ltä, EU:lta sekä jäsenmailta. Ohjelmaa käytetään 26 maassa, jotka ovat pääosin eurooppalaisia. Ohjelma perustuu laajaan Waterloo yliopiston tekemään tutkimukseen, jonka sisältöä käsitellään tarkemmin seuraavassa luvussa. Ohjelmaa käytetään yleisesti EU-alueella tunnelien vaarallisten aineiden kuljetusten riskilaskennoissa. Suomessa ohjelmaa käytetään aina, mikäli sanallinen riskiarvio ei ole riittävä. Kriteerejä ja suomalaista ohjeistusta käsitellään myöhemmin luvussa 4.1.

DGQRAM-laskentaohjelma on Microsoft Exceliin toteutettu lisäosa, joka toimii makroilla. Ohjelma on siis yksinkertaistettuna laaja excel-aineisto, josta makrot keräävät kaavojen mukaan tiedot laajasta tausta-aineistosta. Ohjelman uudemmat versiot toimivat nykyisillä excel-versioilla, mutta vaativat excelin käyttämistä englantilaisena (mm. desimaalieroittimena toimii piste). Ohjelma antaa tuloksiksi laskennallisen kuolleisuuden, joka ilmoitetaan kuolemien määränä vuodessa. Ohjelma laskee ainoastaan vaarallisten aineiden kuljetuksista johtuvat kuolemat. Laskennalliset riskit ovatkin siis yleensä todella pieniä, sillä vaarallisten aineiden kuljetusten onnettomuudet ovat äärimmäisen harvinaisia, mutta tapahtuessaan vaikutukset voivat olla todella merkittäviä. Vaarallisten aineiden kuljetusten onnettomuuksien vähäisyyden takia laskennassa käytetään lähtötietoina sekä globaaleja että valtakunnallisia lähtöarvoja. Laskennan onnistumisen kannalta on erittäin tärkeää, että kohteelle ominaiset lähtötiedot on kerätty huolella. Lähtötietojen vaikutusta laskennan tuloksiin käsitellään tarkemmin luvussa 3.4. On äärimmäisen tärkeää muistaa, että laskennoissa ei huomioida esimerkiksi yleistä liikenneturvallisuutta ja tieliikenteessä tapahtuvia onnettomuuksia. DGQRAM-ohjelman tulokset ovat siis vain yksi osa tunnelien liikenteellisestä riskitarkastelusta.

3.2 Tutkimukset ja tiedot, joihin ohjelma perustuu

DGQRAM-ohjelma perustuu taustatutkimukseen, jossa on kerätty laaja aineisto vaarallisten aineiden kuljetusten onnettomuuksien todennäköisyyksien ja riskien selvittämiseksi.

Ainestoa on kerätty useasta lähteestä Pohjois-Amerikasta sekä Euroopasta. Taustatiedot on jaettu kahteen kategoriaan, jotka ovat onnettomuusasteet sekä vaarallisten aineiden tulipalo- ja leviämistapausten määrät. Tausta-aineistot ja -tutkimukset ovat vanhoja, mutta uudempiakaan riittävän laajoja tutkimuksia ei ole tehty. Vanhojen tutkimusten on arvioitu silti olevan edelleen päteviä. Alle on listattu merkittävimmät tausta-aineistojen lähteet.

(Saccomanno, Button & Al Assar, 1998, ss. 6–8)

Onnettomuusasteet:

- Ontarion liikenneministeriön tietokanta (The Accident Data System, ADS).
Tietokannasta selviää kaikki raportoidut tieonnettomuudet Ontarion provinssissa. Tietoja on vuodesta 1988 vuoteen 1995 asti. ADS:n antamaa dataa käytettiin vaarallisten aineiden kuljetusten onnettomuusasteiden arviointiin.
- Tunnelien onnettomuusasteille on käytetty useita lähteitä, joita ovat:
 - Baltimoren ja Chesapeaken tunnelien raskaan liikenteen onnettomuusasteet Yhdysvalloissa. Sisältää sekä omaisuus- että henkilövahinkoon johtaneet onnettomuudet.
 - Kaikkien ajoneuvotyyppien onnettomuusasteet Euroopassa ja Pohjois-Amerikassa. Lähteenä CETU (Centre d'Études des Tunnels) (1997). Maat joista tiedot on kerätty ovat USA, Kanada, Hollanti, Ranska, Iso-Britannia, Norja, Tanska ja Saksa.
 - Onnettomuuksien vakavuusasteet kaikilta ajoneuvotyypeiltä kahdesta osasta Drehtin tunnelia Hollannissa.
 - Onnettomuuksien vakavuus ja globaalit onnettomuusasteet kaikilta ajoneuvotyypeiltä Norjan tunneleista.
- Maanpinnalla kulkeville reiteille on tietoja kerätty:
 - Ontarion ADS tietokannasta raskaalle liikenteelle.

- Ontarion vaarallisten aineiden kuljetusten onnettomuudet DGAIS (The Dangerous Goods Accident Information System) tietokannasta, jota on käytetty arvioimaan vaarallisten aineiden kuljetusten onnettomuusasteita.
- Raskaan liikenteen onnettomuusasteet Kaliforniassa tieluokittain.
- Onnettomuuksien tarkastelua valituilta Hollantilaisilta pääteiltä.
- Onnettomuusasteet kaikista ajoneuvoista tietyypeittäin Ranskasta.
- Ontarion ADS tietokantaa on käytetty arvioimaan vaarallisten aineiden kuljetusten erilaisten onnettomuuksien tapahtumatodennäköisyyksiä prosentuaalisesti.
- Washingtonin liikenneviraston MARS tietokantaa vuosilta 1990 – 1996 on hyödynnetty, kun on selvitetty onnettomuustyyppien seurauksia.

Tulipalo- ja leviämistapausten määrät:

- DGAIS tietokannasta on kerätty tiedot Kanadan vaarallisten aineiden kuljetusten tulipaloista ja päästöistä vuosilta 1988 – 1995. Tämä on ollut lähde moniin arvioihin, joita tutkimuksessa tehdään.
- MCF (The Motor Carrier Freight) tietokanta. Tilastot, jotka Kanada tarjoaa vaarallisten aineiden kuljetuksista luokittain provinssihin ja koko maahan.
- Ontarion ADS tietokanta kertoo raskaan liikenteen onnettomuuksista aiheutuneet tulipalot ja päästöt.
- MTMD (The Mission Transport de Materiel Dangereuse) vaarallisten aineiden kuljetusten onnettomuustietokanta Ranskasta. Tietokanta kattaa vuodet 1987 – 1997 ja siinä on yli 1700 havaintoa. Toimii lähteenä spontaaneille tulipaloille tutkimuksessa ja DGAIS tietojen varmistamisessa.
- ORIS (Ontario Release Information System) tietokanta vuosilta 1985 – 1997. Tietokanta tarjoaa tietoa vaarallisten aineiden päästöistä, jotka johtuvat raskaasta liikenteestä.

Edellä listattujen tietokantojen ristiin tutkimisella ja analysoinnilla on muodostettu DGQRAM-ohjelmassa käytössä olevat laskentakaavat vaarallisten aineiden onnettomuuksien tutkinnalle. Tietoja on kerätty laajasti, mutta pääosa tiedoista tulee Ontarion provinssista. Tiedot ovat pääosin noin kymmenen vuoden ajanjaksolta, jotta tarkastelujakso olisi tarpeeksi

pitkä. Ontariosta saadun tiedon avulla tehtyjen oletusten totuusarvoa on tarkistettu vertaamalla niitä muista maista ja tietokannoista saataviin tuloksiin samoilta ajanjaksoilta. Vertailut osoittavat, että laskentamallit ovat yleispäteviä ja oletukset ovat vähintään oikean suuntaisia. Vaarallisten aineiden kuljetusten onnettomuuksia tapahtuu todella vähän, joten tilastollisesti merkittävän aineiston saaminen on erittäin haastavaa. Tästä syystä tutkimuksessa ja laskennassa joudutaan väistämättä tekemään oletuksia ja asiantuntija-arvioita. (Saccomanno, Button & Al Assar, 1998, s. 5)

3.3 Ohjelman toiminta ja käyttö


DGQRAM-ohjelman käyttö on parhaassa tapauksessa suoraviivaista ja selkeää. Selkeän käytön edellytys on, että lähtötiedot on kerätty tarvittavalla laajuudella ja tekijällä on selkeä kuva mitä ohjelmalla tullaan laskemaan. Ennen ohjelman avaamista on muistettava muuttaa tietokoneen alueasetukset Iso-Britanniaan, jotta ohjelman laskukaavat toimivat oikein. Ohjelman käynnistyessä DGQRAM avaa excel-työkirjan, jossa ohjelma toimii. Muita excel-työkirjoja ei tulisi käyttää kesken laskennan, sillä mikäli niitä käytetään, on riski ohjelman kaatumiseen suuri. Aloitusnäkyssä, kuva 6, valitaan halutaanko muokata olemassaolevaa laskentaa vai aloittaa kokonaan uusi. Tarvittaessa kokeneet käyttäjät voivat muokata DGQRAM-ohjelman käyttämiä arvoja omalla "ExpertUserInterface" -työkalulla. Tälle pitää olla kuitenkin erityiset perusteet ja sen käytöstä tulee aina mainita ja perustella muutokset.

Kuva 6 Kuvakaappaus DGQRAM aloitusnäkymästä.

Welcome to the OECD/PIARC/EU QRA model devoted to Risk Analysis due to Transport of Dangerous Goods through Road Tunnels and/or Open Routes

Do you want to run a new case?	Yes	Enter "Yes" or "No" as desired
Do you want to start from an already existing case?	No	

Click here to start the QRA model:



Important notes:

- 1) If you run the QRA model for the first time, verify that you installed it as described in chapter 5 of the user guide.
- 2) Before running a new case, expert users are welcome to modify data in the ExpertUserInterface.xls Excel file.

This model has been initially developed by INERIS (France), WS Atkins (UK) and IRR (Canada)
 Current version: 4.04
 Date of release: 18/04/2018

Aloituspäätöksen jälkeen valitaan lasketaanko tulokset vain kuolleille vai sekä kuolleille että loukkaantuneille. Yleisesti laskenta suositellaan tekemään vain kuolonuhreille, sillä niiden laskentaan ohjelman kaavat soveltuvat parhaiten. Laskenta voidaan suorittaa myös loukkaantuneiden osalta, mutta saataviin tuloksiin tulee suhtautua suuremmalla kriittisyydellä. Samassa yhteydessä valitaan myös lasketaanko vain tienkäyttäjien vai myös ympäröivään asutukseen kohdistuvat riskit. Suurimmassa osassa tapauksista riskit tulisi laskea sekä tienkäyttäjien että ympäröivän asutuksen osalta. (World Road Association, 2019, s. 31)

Seuraavassa kohdassa ohjelma kysyy, käytetäänkö laskennassa Fortran-ohjelmaa, joka mahdollistaa väestön kuvaamisen ulkoalueilla. Fortran on DGQRAM-ohjelmaan toteutettu lisätyökalu, jolla voidaan määrittää ulkoalueiden väestötiheys matriisiin avulla. Mikäli Fortrania käytetään, täytetään väestötiedot matriisiin ruudukkoihin. Väestöruudun sivun pituus voi olla yhden ja tuhannen metrin väliltä, mutta ohjeessa suositellaan käyttämään esimerkiksi 250 metriä x 250 metriä neliöruudukkoa. Väestötiedot voidaan siis ilmoittaa väestötietokannan tarkkuudella laskentaan. Mikäli laskentaa ei toteuteta tunnelien ulkopuolella, käytetään väestötietona vain keskimääräisen väestötiheyden lukuarvoa. Fortran-ohjelman käyttö on siis täysin tapauskohtaista. Mikäli lasketaan tunnelin varareittien

riskejä tunnelien lisäksi, voidaan väestötieto syöttää Fortran-ohjelmalla. (World Road Association, 2019, s. 53)

Lisäksi määritellään kuvataanko liikennevirtojen suunnat erikseen kaikille käytetyille aikaperiodeille vai oletetaanko suunnat keskenään samanlaisiksi. Mikäli suunnat kuvataan erikseen, voidaan kuvata esimerkiksi työmatkaliikenteen vaikutusta liikennevirtoihin ja mallintaa paremmin alueen liikenteellistä asemaa. Esimerkkinä väylällä voi olla aamulla merkittävästi vilkkaampi liikenne toiseen suuntaan ja vastaavasti iltapäivällä takaisin. Kokopäivän keskiarvona molempiin suuntiin kulkee yhtä paljon ajoneuvoja, mutta ajankohdasta riippuen suunnat voivat olla eritavoin kuormittuneita. Suuntien vaikutus korostuu tuotantolaitosten tai vastaavien läheisyydessä, joissa vaarallisia aineita tuodaan/viedään vain toiseen suuntaan ja toiseen suuntaan kulkee tyhjät ajoneuvot.

Viimeisenä kohtana valitaan, mitkä onnettomuusskenaariot ovat laskennassa käytössä. Oletusarvoisesti kaikki muut on valittu paitsi skenaario kuusi (6), joka on kloorivuoto. Skenaariota 6 ei yleisesti lasketa, sillä klooria ei kuljeteta suurissa määrissä maanteilla. Tässä kohdassa on erittäin tärkeä huomata, että muiden kuin vaarallisten aineiden kuljetusten ajoneuvopaloja ei tulisi ottaa laskentaan mukaan. Kuvassa 7 on näytetty yleisesti käytetyt asetukset. (World Road Association, 2019, ss. 32–33)

Kuva 7 Tietoikkunan sisältö ja yleisesti käytetyt asetukset laskennassa.

OECD QRA-model --- Dialogue Box 1/4

Do you intend to use the Fortran program Rk-DG (allows to perform 2D calculations in the Open) ? ☐ Yes ☒ No

Directions A & B to be described indistinctly for all periods (input is sum of both traffics) ? ☒ Yes ☐ No

☐ Yes ☒ No Non-DG HGV considered ? <----(

Select the scenarios you intend to study:

- ☒ Scenario 1: 20MW fire
- ☒ Scenario 2: 100MW fire
- ☒ Scenario 3: BLEVE of a 50kg propane cylinder
- ☒ Scenario 4: Motor spirit pool fire
- ☒ Scenario 5: VCE of motor spirit
- ☐ Scenario 6: Chlorine release
- ☒ Scenario 7: BLEVE of a 18 tonne propane tank
- ☒ Scenario 8: VCE of propane
- ☒ Scenario 9: Propane torch fire
- ☒ Scenario 10: Ammonia release
- ☒ Scenario 11: Acrolein in bulk release
- ☒ Scenario 12: Acrolein in cylinder release
- ☒ Scenario 13: BLEVE of a 20 tonne CO2 tank
- ☐ Scenario 14:
- ☐ Scenario 15:
- ☐ Scenario 16:
- ☐ Scenario 17:
- ☐ Scenario 18:
- ☐ Scenario 19:
- ☐ Scenario 20:

Quit Next >>

Seuraavaksi määritellään kuinka monesta osuudesta (section) tunneli koostuu. Osuudet ovat homogeenisia, joten esimerkiksi sukeltavassa tunnelissa on yleensä kolme osuutta: laskeutuminen, pohjaosuus ja nousu. Tässä kohdassa määritellään myös missä maassa laskettava tunneli on ja kuinka montaa aikaperiodia käytetään. Yleisesti suositellaan käyttämään kolmea aikaperiodia (normaali, hiljainen, ruuhka), mutta tapauskohtaisesti voidaan käyttää muitakin vaihtoehtoja. Aikaperiodien ei tarvitse olla vuorokauden aikoja, ne voivat olla myös esimerkiksi vilkkaimmat kuukaudet, mikäli tällaiset ovat kohteelle merkittävämpiä liikenteellisesti. (World Road Association, 2019, s. 34)

Seuraavassa vaiheessa syötetään lähtötiedot ohjelmaan. Tietojen syöttö tapahtuu aikaperiodeittain ja suunnittain, joten tietoja syötetään useaan kohtaan ja niiden syöttämisessä tulee olla tarkkana. Syötettävät lähtötiedot ovat:

- Reitin kuvaus
- Reitin nimi
- Aikaperiodin osuus prosentteina
- Keskimääräinen ajoneuvon täyttöaste henkilöautoille, raskaille ajoneuvoille ja linja-autoille
 - Täyttöasteella tarkoitetaan keskimääräistä henkilömäärää ajoneuvossa
- Vaarallisten aineiden kuljetusten määrä, ajoneuvoa tunnissa
- Vaarallisten aineiden osuudet luokittain
- Osuuksien määrittäminen tunneleiksi/avo-osuuksiksi
- Käytetäänkö Fortran-ohjelmaa kyseiselle osuudelle
- Koordinaatit, lähtöpisteen sekä määränpään
- Osuuden kokonaispituus
- Liikennemäärä, keskivuorokausiliikenne (KVL)
- Raskaan liikenteen osuus liikennemäärästä
- Linja-autojen osuus liikennemäärästä
- Henkilöautojen keskimääräinen nopeus (nopeusrajoitus)
- Raskaan liikenteen ja linja-autojen keskimääräinen nopeus
- Kaistojen lukumäärä
- Aika, kuinka kauan kestää liikenteen pysäyttäminen
- Alueen tyyppi, kaupunki/maaseutu
- Keskimääräinen väestötiheys
- Osuuden sijainti, maa
- Raskaan liikenteen onnettomuusaste
- Vaarallisten aineiden kuljetusten korjauskerroin

Kaikki ylläolevat kohdat syötetään jokaisesta aikaperiodista ja osuudesta, joten tiedot täytetään yleensä kuusi kertaa. Laskennassa onkin äärimmäisen tärkeää seurata tarkasti,

mitä tietoja ohjelma tarvitsee. Tietoja pystyy muokkaamaan jälkikäteen, joten virheiden korjaus onnistuu myös myöhemmin. Tyypillinen virhe on täyttää aikaperiodien tiedot ristiin.

Kun liikenteelliset lähtötiedot on syötetty, kysyy ohjelma, että onko osuuksissa tunneleita. Mikäli tunneleita on, tulee tunnelien ominaisuudet syöttää seuraavana. Ohjelmalla voidaan laskea myös reittejä ilman tunneleita, esimerkiksi varareittien riskilaskentoja. Tämän jälkeen ohjelma pyytää lisäämään tunnelien tiedot suunnittain ja klikkaamaan solusta D94 ”ended”. Seuraavaksi syötetään tunnelin tiedot ”Tunnel inputs” välilehdelle, jonka ohjelma avaa. Tunnelista syötetään lähtötiedoiksi seuraavia tietoja:

- Tunnelin leveys, korkeus ja sivukaltevuus
- Osuuksien pituudet ja niiden pituuskaltevuudet
- Ilman vaihtuvuus osuuksittain ja solmupisteissä (päätepisteet ja osuuksien rajat)
- Ilmastoinnin määrä, kauanko aktivointi kestää ja onko se osuuksittain
- Ilmastoinnin kyky poistaa ilmaa tunnelista
- Ilmastoinnin teho tunnelissa
- Viemäroinnin laajuus ja jakautuminen tunneliin
- Poistumisteiden väliset etäisyydet
- Hälytysjärjestelmän tyyppi
- Tunnelin rakenteelliset ominaisuudet:
 - Betoni- vai kalliotunneli
 - Maaperän tyyppi
 - Tunnelin säde, seinien paksuus, tien rakenteen paksuus, keskiseinän paksuus
 - Tunnelin korkeusasema maanpintaan
 - Pohjaveden pinnan korkeus tunnelissa
 - Palosuojaus
 - Kuumuuden kesto
 - Palokesto minuutteina

Mikäli käytetään Fortran-ohjelmaa, tulee täyttää vielä seuraavat tiedot:

- Käyttäjän määrittämien aikaperiodien määrä

- Käytettävän ruudukon silmäkoko (yleensä 250 metriä x 250 metriä)
- Ruudun koordinaatisto
- Ruutujen määrä (taulukon leveys ja korkeus)
- Ruutujen väestötieto määritetään erikseen kaikille aikaperiodeille
- Vallitsevat tuuliolosuhteet: "Tuuliruusu"
 - Tuuliruusu on kuvaaja, joka kertoo kohdealueen tuuliolosuhteet.
Tuuliolosuhteissa kerrotaan vallitsevien tuulensuuntien osuudet sekä tuulen nopeudet.
 - Määritetään tuulen suunnat (yleensä kahdeksan ilmansuuntaa) ja niiden osuudet vuodessa
 - Määritetään tuulen suuntien keskimääräisten tuulennopeuksien osuudet
 - Alle 2 metriä sekunnissa
 - 2 metriä sekunnissa – 5 metriä sekunnissa
 - 5 metriä sekunnissa – 8 metriä sekunnissa
 - Yli 8 metriä sekunnissa
 - Ohjelma tuottaa tiedoista tuuliruusu-kuvaajan

Kun tiedot on syötetty, valitaan soluun D94 "Ended" ja ohjelma aloittaa laskennan. Laskenta kestää useita minuutteja. Kun laskenta on valmis, voi tietoja muokata ja laskennan voi suorittaa muutosten jälkeen uudelleen. Uusintalaskentoja tehdessä on huomattava muuttaa laskennan nimi esimerkiksi järjestysnumerolla. Ohjelma tuottaa laskennassa uuden tulostyökirjan, jonka nimi on valittu laskennan nimi ja perässä "_11".

Tässä uudessa työkirjassa on tulosten raportointi ja erittely. Aloitussivun, eli "Initial_Inputs" välilehden, vasemmalta puolelta löytyvät laskennan FN-käyrät. Tulokset on ilmoitettu skenaarioittain sekä koosteena. "fnCurves_Grouping" välilehdeltä saadaan kokonaisriski sekä luokitellut riskit, jotka raportoidaan. Tulosten käsittelyä on avattu tarkemmin seuraavassa luvussa.

3.4 Ohjelman tuottamat tulokset

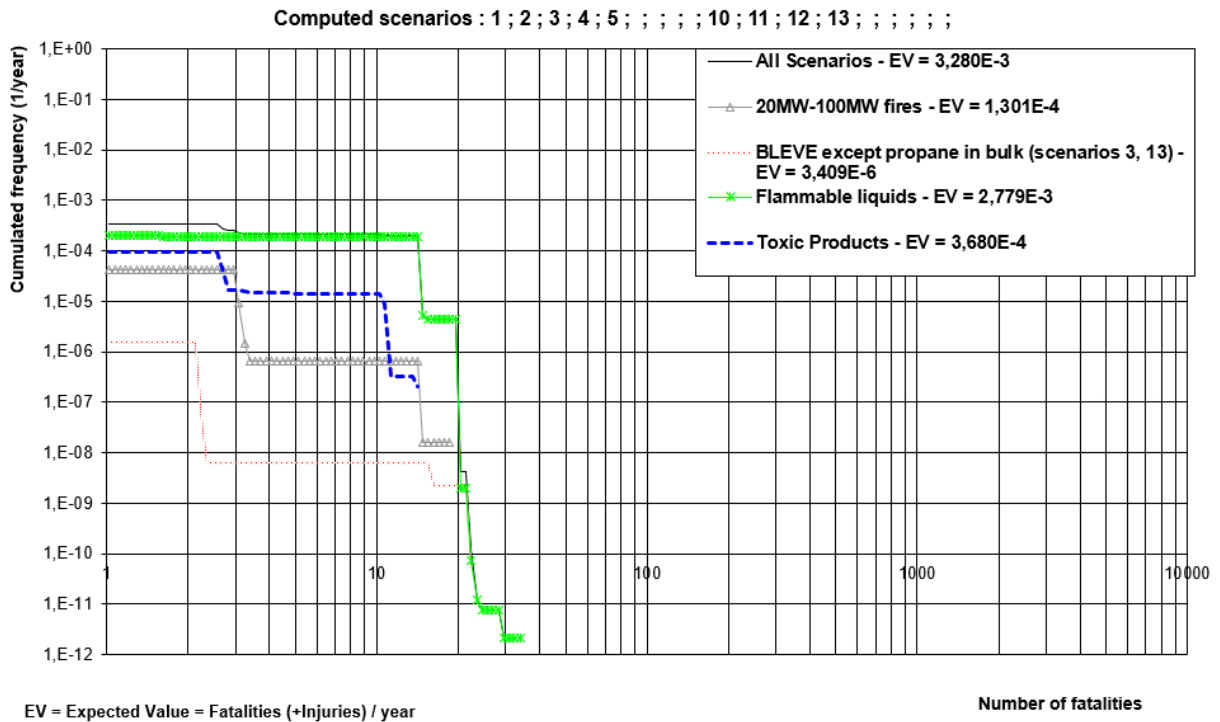
Kaikilla syötetyillä lähtötiedoilla on vaikutusta laskennan tuottamiin tuloksiin. Osalla lähtöarvoista on kuitenkin merkittävästi toisia lähtöarvoja suurempi vaikutus tuloksiin. Esimerkiksi raskaan liikenteen onnettomuusasteen muuttaminen vaikuttaa suoraan saatuihin tuloksiin, sillä koko laskenta käyttää sitä todennäköisyyksien laskemiseen. Vaikutus onkin suoraan verrannollinen muutoksiin. Esimerkkinä, mikäli raskaan liikenteen onnettomuusaste puolitetaan, puolittuvat myös riskit. Myös vaarallisten aineiden jakaumalla on merkittävä vaikutus tuloksiin. Varsinkin aineet, joilla on olemassa BLEVE-onnettomuuden riski, nostavat merkittävästi laskennallista riskiä. Tämä tulee esiin erityisen selvästi palavissa nesteissä, jotka usein muodostavat suurimman osan kuljetettavista vaarallisista aineista. Laskennan kannalta onkin erittäin tärkeä tietää, kuinka suuri osa palavista nesteistä on esimerkiksi dieseliä, joka ei aiheuta BLEVE-onnettomuuden riskiä. Tunnelin ominaisuuksista merkittävimmät vaikutukset laskennan tuloksiin syntyvät tunnelin sulkemiseen menevästä ajasta, ilmastoinnista sekä viemäröinnistä. Myös pystygeometrialla on kohtalainen painoarvo tuloksissa, kun taas vaakageometrian vaikutus on selvästi vähäisempi. (DGQRAM koulutus, 2019)

DGQRAM-ohjelma tuottaa tuloksena FN-käyrän, joka esittää onnettomuusskenaarioiden esiintymistäajuuden sekä niissä syntyvien uhrien määrät. Käyrä on logaritminen ja se kuvaa kuolemaan johtavien onnettomuuksien todennäköisyyksiä. Ohjelma laskee laskentakaavoilla kaikki mahdolliset skenaariot, joissa onnettomuudet tapahtuvat. Skenaarioiden pohjalta saadaan tulokseksi desimaaliluku, joka kuvaa VAK-onnettomuudessa tapahtuvan ihmisen kuoleman todennäköisyyden vuodessa. Kun kaikki skenaariot summataan, saadaan tulokseksi kokonaisriski, jonka yksikkönä on kuolemien määrä vuodessa.

Laskenta huomioi onnettomuusskenaarioiden vakavuuden ja laskennalliset todennäköisyydet, jolloin lopputulos on teoreettinen arvo. Erittäin vakavat BLEVE-onnettomuudet voivat aiheuttaa kymmenien ihmisten kuoleman onnettomuudessa, mutta niiden todennäköisyys on äärimmäisen pieni. Suomessa on asettu riskitaso siten, että tietunnelin vaarallisten aineiden kuljetusten onnettomuuksissa ei saa kuolla enempää kuin yksi (1) henkilö 500 vuoden ajanjaksolla. Arvo ei ole suoraan vertailukelpoinen muiden

valtioiden käyttämiin riskirajoihin, sillä laskentaa suoritetaan Suomessa hieman eri tavalla kuin muualla. Tästä kerrotaan tarkemmin seuraavassa luvussa. Kuvassa 8 on esitetty esimerkki ohjelman tuottamasta FN-käyrästä. (Liikennevirasto, 2017, s. 21)

Kuva 8 Esimerkki FN-käyrästä.



Kuvan 8 esimerkin mukaisesti Y-akselilla on onnettomuuksien todennäköisyys ja X-akselilla kuolonuhrien odottama logaritmisella asteikolla. Eriväriset käyrät kuvaavat vaarallisten aineiden luokan onnettomuuksien todennäköisyyksiä ja kuolonuhrien odottamaa eri skenaarioissa. Käyrä siis kuvaa kaikkien luokkien onnettomuusskenaarioiden summaa. Lisäksi kuvan tasainen musta käyrä, joka kulkee suurelta osin vihreän käyrän alla, kuvaa kaikkien käyrien summaa, eli kokonaisriskiä. Kuten kuvasta näkyy, pienenee onnettomuuksien todennäköisyys merkittävästi uhrimäärän kasvaessa. Kyseisessä esimerkissä näkyy myös palavien nesteiden merkittävä vaikutus riskin muodostumiseen. Esimerkin tunnelissa tapahtuu kuolema laskennallisesti noin joka 305. vuosi ja palavien nesteiden aiheuttamien onnettomuuksien osuus kaikista kuolemista on 85 prosenttia.

3.5 Viimeisimmät päivitykset ohjelmistoon

DGQRAM nykyinen versio 4.04 on useaan otteeseen päivitetty versio alkuperäisestä ohjelmasta. Viimeisimmässä päivityksessä parannettiin merkittävästi ohjelman toimintaa uudemmilla tietokoneilla ja excelin versioilla, jolloin ohjelman käyttömukavuus kasvoi merkittävästi. Ohjelmaa on kehitetty tasaisesti ja parhaillaankin on menossa päivitysprosessi, josta järjestettiin kesällä 2021 esittelyseminaari. Seminaarissa esiteltiin päivitysten tilannetta sekä lähitulevaisuuden kehityssuunnitelmia. (Seminaari, 2021)

DGQRAM-ohjelman tulevalla päivityksellä pyritään vastaamaan laskennoissa esiin tulleisiin ongelmiin ja haasteisiin. Lisäksi ohjelmaa kehitetään helpommin käytettävään suuntaan, jolloin uusien käyttäjien olisi helpompi omaksua ohjelma ja välttää yleisimmät virheet laskennoissa. Päivityksellä pyritään myös pitämään ohjelmiston käyttämät tilastot ajantasaisina. Alle on listattu tulevassa päivityksessä korjattavia tai täydennettäviä kriittisimpiä asioita. Korkeimman prioriteetin tehtävät ovat pääosin valmistuneet tätä opinnäytetyötä tehtäessä. Tehtävät pitävät sisällään toivottuja muutoksia ja lisäyksiä ohjelmaan. (Seminaari, 2021)

Korkeimman prioriteetin tehtävät:

- Tulokset jokaiselle VAK-luokalle
- Ohjeistuksen kehittäminen
- Laskennassa huomioidaan vain vaarallisia aineita kuljettavien raskaan liikenteen ajoneuvojen palot (nykyään mahdollista ottaa mukaan kaikki raskaan liikenteen ajoneuvopalot, mikä vääristää laskentaa merkittävästi)
- Taajama/maaseutu valinnan optimointi
- Ilmanvaihdon mallinnus

Yllä olevien toimenpiteiden merkittävin vaikutus käyttäjälle on estää usein tehdyt virheet laskennassa. Varsinkin raskaiden ajoneuvojen tulipalojen poisto on perusteltua, sillä ohjelma on tehty laskemaan ainoastaan vaarallisten aineiden kuljetusten riskejä. Raskaiden ajoneuvojen ajoneuvopalot kuuluvatkin muiden liikennetuskien laskentaan, johon käytetään niihin kehitettyjä menetelmiä ja ohjelmistoja. Vaarallisten aineiden kuljetuksen

ajoneuvopalo on silti edelleen mukana laskennassa, koska sillä on suora vaikutus vaarallisten aineiden onnettomuusriskeihin. (Seminaari, 2021)

Korkeimman prioriteetin tehtävien lisäksi on tunnistettu lukuisia matalamman prioriteetin tehtäviä, joita on tarkoitus korjata seuraavissa päivityksissä. Näiden toteutumiseen vaikuttaa myös ohjelman kehittämiseen saatava rahoitus ja sen riittävyys. Toisen vaiheen toimenpiteet pitävät sisällään laajoja kokonaisuuksia sekä pienempiä tarkastuksia. Mikäli kaikki toisen vaiheen toimenpiteet katsotaan tarpeellisiksi, tarkentuvat myös ohjelman tuottamat tulokset. (Seminaari, 2021)

Seuraavat, matalamman prioriteetin tehtävät:

- Tietojen syöttämisen helpottaminen
- 2 skenaarion käyttö
- Evakuointimallien päivitys
- Ruuhka-ajan/liikenneuhkan mallinnus
- Tunnelin sulkemisajan ja evakuoinnin alkamisajan määrittäminen
- Tunnelin ominaisuuksien vaikutusten tarkentaminen
- VAK osuuksien tarkistus ja vertailu
- Tilastojen päivitys (onnettomuusasteet)

4 DGQRAM käyttö Suomessa

4.1 Suomalainen VAK-riskiarvioinnin ohjeistus ja yleiskuvaus

Vaarallisten aineiden kuljetusten kelpoisuusselvityksen, eli riskitarkastelun, tavoitteena on kuvata tunnelikohteeseen liittyvät henkilövahinko- ja taloudelliset riskit. Lisäksi selvitetään kohteelle ominaiset riskit ja toimenpiteet riskien hallitsemiseksi. Vaarallisten aineiden kuljetusten kelpoisuusselvitys liitetään osaksi tietunnelin turvallisuusasiakirjoja. Selvityksen perusteella tehdään päätös mahdollisista kuljetusrajoituksista, jotka on esitelty jo aiemmin luvussa 2.3. (Liikennevirasto, 2017, s. 8)

Vaarallisten aineiden kuljetusten riskitarkasteluiden lähtötiedoiksi on selvittävä seuraavat kohdekohtaiset tiedot (Liikennevirasto, 2017, s. 8):

- Tietunnelin rakenteelliset ratkaisut
 - Tekniset ominaisuudet (esimerkiksi mitat ja tietekniset ominaisuudet)
 - Rakennustapa
 - Vaarallisten aineiden kuljetusten kannalta olennaiset rakenteet
- Tietunnelin liikenteen kuvaus
 - Henkilöauto- ja raskas liikenne
 - Liikennemäärät ja liikenteen koostumus nykytilassa
 - Liikenne-ennusteet 15 vuoden päähän
 - Vaarallisten aineiden kuljetukset
 - Määrät ja ennusteet
 - Ainejakaumat

Vaarallisten aineiden kuljetusten määrien ja ainejakaumien selvitysmenetelmä tulee suunnitella yhteistyössä alueellisen ELY-keskuksen asiantuntijoiden ja Traficom VAK-asiantuntijoiden kanssa. Menetelmä tulee myös hyväksyttävä tietunnelien hallintoviranomaisella ennen VAK-riskitarkastelua. Selvitys voidaan toteuttaa esimerkiksi haastattelututkimuksella tai liikennelaskennoilla, joissa edustava otos on vähintään viikon

mittainen laskenta, joka ei ajoitu mihinkään juhlapyhään tai liikenteellisesti poikkeukselliseen ajankohtaan. (Liikennevirasto, 2017, s. 9)

VAK-riskitarkastelu tehdään joko sanallisena asiantuntija-arviona tai DGQRAM-ohjelmalla toteutettavalla VAK-riskilaskennalla. VAK-riskiarviossa esitetään riskitarkastelujen tulokset sekä niiden perusteella laaditut toimenpiteet riskien pienentämiseksi. Lisäksi määritetään reunaehdot tunnelin vaarallisten aineiden kuljetusten kelpoisuudelle. Kelpoisuusselvitys tehdään osana tietunnelin turvallisuuskonseptia, joka toimii lähtötietona muun muassa tunnelijärjestelmien suunnittelulle. Kuvassa 9 on esitetty vaatimukset 2-ajorataisten tunnelien VAK-riskitarkasteluille. (Liikennevirasto, 2017, s. 9)

Kuva 9 Vaatimukset VAK-riskitarkasteluille 2-ajorataisissa tunneleissa. (Liikennevirasto, 2017, s. 10)

<u>Vaatimukset riskitarkasteluille (2-ajorataiset tunnelit)</u> Taulukko on voimassa 2-ajorataisille tunneleille, joissa <ul style="list-style-type: none"> Kuljetusten ainejakauma vastaa Suomen yleistä ainejakaumaa Pituuskaltevuus max. 3 % ja poikkileikkauksen ala väh. 60 m² Palotekniset ratkaisut nykyisten suunnitteluohjeiden mukaiset 				
Tunnelin pituus	Liikenne-ennusteen (15 v.) mukainen KVL (ajon. / vrk) JA VAK-liikenteen määrä (ajon. / vrk) enintään			
	KVL-max 15 000 JA VAK-max 75	KVL-max 20 000 JA VAK-max 100	KVL-max 25 000 JA VAK-max 125	KVL > 25 000 JA VAK-liikennettä
< 250 metriä	Sanallinen arvio	Sanallinen arvio	Sanallinen arvio	Vaaditaan QRAM
250...500 metriä	Sanallinen arvio	Sanallinen arvio	Vaaditaan QRAM	Vaaditaan QRAM
500...750 metriä	Sanallinen arvio	Vaaditaan QRAM	Vaaditaan QRAM	Vaaditaan QRAM
750...1000 metriä	Sanallinen arvio	Vaaditaan QRAM	Vaaditaan QRAM	Vaaditaan QRAM
1000 + metriä	Vaaditaan QRAM	Vaaditaan QRAM	Vaaditaan QRAM	Vaaditaan QRAM

Mikäli tunnelin liikennemäärät ovat alhaisia ja/tai tunneli on erityisen lyhyt, voidaan VAK-riskitarkastelu suorittaa sanallisella asiantuntija-arviolla. Mikäli tunnelin ominaisuudet ovat poikkeuksellisia, liikennemäärät ovat suuria tai tunneli on pitkä, tulee VAK-riskitarkastelu toteuttaa DGQRAM-ohjelmalla. Sanallinen asiantuntija-arvio tulee kyseeseen silloin, kun vaarallisten aineiden kuljetusten riskit arvioidaan erittäin pieniksi. Sanallisessa arviossa tulee perustella miksi riskit on arvioitu vähäisiksi sekä tehdä selvitys tekijöistä, jotka auttavat riskien hallintaa. Sanallisessa arviossa tulee kuitenkin selvittää, mitkä onnettomuustyyppit ovat mahdollisia ja millaisia vaikutuksia mahdollisista onnettomuuksista seuraa tunnelille tai sen ympäristölle. (Liikennevirasto, 2017, s. 11)

Kun vaarallisten aineiden kuljetuksien riskit arvioidaan suuriksi, tehdään tietunnelille DGQRAM-ohjelmalla VAK-riskilaskenta, jonka tulokset raportoidaan. Suomessa noudatetaan pitkälti DGQRAM-ohjelman yleisohjeen mukaista laskentatapaa, joka on kuvattu jo luvussa 3. Laskennoissa tehdään kuitenkin suomalaisen ohjeistuksen mukaisia muutoksia lähtötietoihin. Suomalaisen laskennan erityispiirteet on avattu tarkemmin seuraavassa luvussa. (Liikennevirasto, 2017, ss. 16–18)

4.2 Suomalaiset erityispiirteet VAK-riskilaskennassa

Suomessa on erittäin tarkkaan määritelty tietunneleiden rakentaminen ja tunneleiden läpi tulisi lähtökohtaisesti pystyä kuljettamaan kaikki vaaralliset aineet. Suomessa tunneleiden turvallisuussuunnittelu lähteekin oletuksesta, että tunnelin luokitus tulee olemaan A. Mikäli jostain poikkeuksellisesta syystä tähän ei päästä, tulee luokan lasku perustella erittäin tarkkaan. Suomessa vaaditaan myös useita turvallisuuteen vaikuttavia tekijöitä, muun muassa valaistus, pakollisena kaikkiin tunneleihin. Koska Suomen tietunnelien turvallisuusvaatimukset ovat tiukemmat kuin DGQRAM-ohjelman oletukset, tulee niiden vaikutus huomioida myös VAK-riskilaskennassa. Kuvassa 10 on esitetty tunneliluokan alentamisen hakemisen periaate. (Liikennevirasto, 2017, s. 25)

Kuva 10 Tunnelin VAK-rajoituksen hakemisen periaate. (Liikennevirasto, 2017, s. 26)



Raskaan liikenteen onnettomuusaste on VAK-riskilaskennan merkittävin yksittäinen tekijä. Erityistä huomiota tulee kiinnittää siihen, että laskennassa **ei ole käytössä tavallisesti käytettävä henkilövahinko-onnettomuuksien onnettomuusaste**, vaan laajempi, kaikki raskaan liikenteen onnettomuudet kattava onnettomuusaste. Vaarallisten aineiden kuljetusten vakava onnettomuus voi syntyä myös onnettomuuksista, jotka eivät suoraan johda henkilövahinkoihin.

Onnettomuusaste vaikuttaa suoraan kaikkiin tuloksiin, sillä kaikki laskentakaavat pohjautuvat raskaan liikenteen onnettomuuksien todennäköisyyksiin. DGQRAM-ohjelman yleisohjeessa suositellaan onnettomuusasteeksi käytettävän kohdekohtaista onnettomuusastetta, jotta laskennasta saadaan mahdollisimman tarkka. Suomen olosuhteissa onnettomuusasteen laskeminen kohdekohtaisesti on epävarmaa, sillä matalat

liikennemäärät ja onnettomuuksien vähäisyys eivät mahdollista tilastollisesti merkittävän aineiston laatimista. Tästä syystä Suomessa on päädytty käyttämään samaa raskaan liikenteen onnettomuusastetta kaikissa DGQRAM-laskennoissa. Nykyisen ohjeistuksen mukainen arvo **$6,0 * 10^{-7}$ onnettomuutta ajoneuvokilometriä kohden**, on laskettu 2-ajorataisten väylien keskiarvoksi. Yhtenäinen onnettomuusaste mahdollistaa laskentojen helpomman keskinäisen vertailtavuuden. (Liikennevirasto, 2017, s. 18)

Kuten luvusta 3 käy ilmi, käytetään DGQRAM-ohjelmassa vaarallisten aineiden kuljetuksien onnettomuusasteille korjauskerrointa. Korjauskertoimella pienennetään onnettomuuksien todennäköisyyttä kiinteällä kertoimella. Korjauskertoimen käyttö perustuu löyhästi tutkittuun tietoon. Tausta-aineistosta tehtiin huomio, että vaarallisten aineiden kuljetukset ovat joutuneet selvästi vähemmän onnettomuuksiin kuin muu raskas liikenne. Tilastot ovat kuitenkin melko suppeat, joten asiaa ei voida todistaa tilastollisesti merkitsevästi. Tutkimus on tehty Kanadassa ja sen suora johtaminen Suomen olosuhteisiin on kyseenalaista. Näistä syistä johtuen Suomessa on päädytty jättämään korjauskerroin pois VAK-riskilaskelmista. Muun muassa Ranskassa käytetään korjauskertoimelle arvoa $1/2,6$ ($\sim 0,385$), joten Suomen ja Ranskan laskelmissa tulee merkittävä ero riskien suuruuksiin. Tätä eroa on pyritty kompensoimaan käyttämällä Suomessa hyväksyttävän riskin rajana suurempaa arvoa kuin muualla Euroopassa. Korjauskertoimen vaikutus laskelmiin on merkittävä, sillä se vaikuttaa suoraan tuloksiin. Käytännössä ranskalaisen korjauskertoimen kanssa riskit ovat 2,6 kertaa pienemmät kuin ilman korjauskerrointa. Korjauskertoimen käyttämisellä tai käyttämättä jättämisellä ei ole kuitenkaan merkitystä, mikäli tuloksia vertailtaessa tiedostetaan mistä erilaiset tulokset johtuvat. Suomessa on päädytty ratkaisuun, jossa korjauskerrointa ei käytetä, jolloin Suomessa tehtävät tunnelien VAK-riskilaskennat ovat keskenään vertailukelpoisia. (Liikennevirasto, 2017, s. 12)

Nykyohjeistuksessa on kuitenkin poikkeuksena 1-ajorataiset tunnelit, joissa käytetään DGQRAM-ohjelman oletusarvoja. Oletusarvot sisältävät korjauskertoimen, mikä vaikeuttaa 1-ajorataisten ja 2-ajorataisten tunneleiden vertailua keskenään. Työpajassa tuli kuitenkin ilmi, että kirjaus on virheellinen ja korjauskerrointa ei tulisi käyttää myöskään 1-ajorataisissa tunneleissa. (Työpaja 15.10.2021)

Nykyisessä ohjeistuksessa on myös esitelty suomalainen vaarallisten aineiden kuljetusten onnettomuuksien jakauma, jota tulee käyttää tunnelihankkeissa, mikäli niissä ei ole tehty vaarallisten aineiden kuljetusten erillisselvitystä. Mikäli kohteen vaarallisten aineiden kuljetuksien osalta ei ole epäilystä poikkeavasta jakaumasta, esimerkiksi merkittävää vaarallisia aineita hyödyntävää teollisuutta tai muuta vastaavaa, voidaan käyttää oletusjakaumaa. Onnettomuustyyppien jakauma on esitty taulukossa 3. Kuten jakaumasta näkee, muodostavat palavat nesteet merkittävän osan kaikista vaarallisten aineiden kuljetuksista. Onnettomuusjakaumat vastaavat myös pitkälti luvussa 2 esitettyjä vuoden 2017 vaarallisten aineiden kuljetusten jakaumia. Onnettomuusjakauma on esitetty taulukossa siinä muodossa, missä se täytetään DGQRAM-ohjelman laskentaan. Taulukon tunneliluokka onnettomuuskenaarion perässä tarkoittaa, minkä tasoisessa tunnelissa nämä ovat sallittuja. Suomen kaikki tunnelit ovat A-luokkaa, jossa ei ole kuljetusrajoituksia. (Liikennevirasto, 2017, liite 1)

Taulukko 3 DGQRAM-ohjelmassa käytettävät oletusonnettomuusjakaumat Suomessa.

(Liikennevirasto, 2017, liite 1)

Onnettomuusskenario ja sen jakauma Suomessa (*)			Tunneliluokka, mikäli rajoitus perustuu skenaarioon
3	BLEVE of a 50 kg propane cylinder (50kg propaanipakkauksen höyryräjähdys)	0,0003	D
4	Motor spirit pool fire (Polttonestelammikon palo)	0,317	D
5	VCE of motor spirit (polttonesteen höyrypilviräjähdys)	0,159 (**)	D
7	BLEVE of a 18 tonne propane tank (18 tonnin propaanitankin höyryräjähdys)	0,007	B
8	VCE of propane (propaanin höyrypilviräjähdys)	0,007	B
9	Propane torch fire (tuleen syttyvä nestekaasu)	0,007	B
10	Ammonia release (ammoniakkivuoto)	0,002	C
11	Acrolein in bulk release (akroleenitankin vuoto)	0,003	C
12	Acrolein in cylinder release (akroleenipakkausten vuoto)	0,000	D
13	BLEVE of a 20 tonne CO ₂ tank (20 tonnin hiilidioksidisäiliön höyryräjähdys)	0,019	C

*) Lähde, josta jakauma on johdettu: Vaarallisten aineiden kuljetukset 2012, Trafi

**) Oletuksena, että 50 % polttoainekuljetuksista on dieselöljyä.

4.3 Suomessa tehdyt VAK-riskiselvitykset

Suomessa on arvioitu tunnelien turvallisuutta ja VAK-riskejä kirjavasti varsinkin aikana ennen nykyistä ohjeistusta. Suuri osa Suomen tieliikenteen tunneleista on lyhyitä, joten ne eivät ole vaatineet tarkkoja vaarallisten aineiden kuljetusten riskilaskentoja. Riskejä on arvioitu näissä matalamman riskin tunneleissa asiantuntija-arvioilla. Pidempien tai liikenteellisesti kriittisempien tunnelien osalta on toteutettu tarkempia laskelmia myös vaarallisten aineiden kuljetusten riskeistä. Näiden tunnelien osalta vanhimmissa selvityksissä riskejä on arvioitu raskaan liikenteen onnettomuusriskin ja onnettomuuksien vakavuuksien perusteella ja uudemmissa laskelmat on tehty DGQRAM-ohjelmalla. Selvitykset on tehty aina hieman eri tavoin, jolloin niiden tulosten vertailu keskenään on haastavaa. Vertailtavuuden haasteet korostuvat varsinkin, kun verrataan ennen ohjeistusta tehtyjä riskilaskelmia nykyisiin laskelmiin. Lisähaastetta vertailtavuuteen tuo myös tunneleiden täysin erilaiset liikenteelliset ominaisuudet sekä niiden sijainti tieverkolla.

Seuraaviin alalukuihin on koostettu esimerkeiksi Tampereen rantaväylän tunneli ja Turun kehätien tunneli. Luvuissa käsitellään molempien tunnelien ominaisuuksia, erityispiirteitä sekä vaarallisten aineiden kuljetusten riskilaskelmien tuloksia. Kohteista on huomattava, että Tampereen rantatunnelin laskelmat on tehty ennen nykyistä ohjeistusta ja tunneli on rakennettu ja toiminnassa. Turun kehätien tunnelin osalta riskilaskennat ovat tiesuunnitelmavaiheesta ja tunneli on vasta suunnitteluvaiheessa. Luvussa 4.3.3 on tehty analyysi tuloksista sekä niiden vertailtavuudesta keskenään. Kyseiset tunnelit valittiin vertailuun, sillä ne on molemmat toteutettu DGQRAM-ohjelmalla ja tulokset olivat saatavilla tarvittavassa laajuudessa.

4.3.1 Tampereen rantaväylän tunnelin VAK-riskien arviointi

Tampereen rantaväylän tunneli sijaitsee Tampereella valtatiellä 12 keskustan läheisyydessä. Väylä toimii Tampereen itä-länsisuuntaisena pääväylänä ja sillä on merkittävä rooli kaupungin liikenneverkolla. Liikennemäärät ovat korkeat ja niissä painottuu selvästi aamu- ja iltahuipputunnit. Huipputunnin liikennemäärä on 4 400 ajoneuvoa tunnissa ja raskaan liikenteen osuus 4 prosenttia (noin 175 raskasta ajoneuvoa tunnissa). Vaarallisten aineiden

kuljetusten osuus raskaasta liikenteestä on 0,5 prosenttia (keskimäärin 1 ajoneuvo tunnissa). Vaarallisten aineiden kuljetuksista 90 prosenttia sisältää palavia nesteitä. Muiden aineiden osuudet ovat niin pieniä, että niiden vaikutus riskeihin on vähäinen. (Ristola & Granfelt, 2009, ss. 5–7)

Tunneli on kaksiaukkoinen kalliotunneli, jonka pituus on noin 2 400 metriä. Tunneli on 2+2-kaistainen, lisäksi tunnelin sisäänajoissa on liittyvät rampit ja itäpään ulosajossa erkaneva ramppi. Ramppien liikenne liittyy tai erkanee tunnelissa, jolloin tunnelin suuaukoilla tapahtuu kohtalaisen paljon kaistanvaihtoja. Tunnelin molemmissa päissä on kohtalaisen suuret pituuskaltevuudet, tunnelin keskivaihe on tasainen. Nopeusrajoitus tunnelissa on 60 kilometriä tunnissa. Ajoneuvojen täyttöasteena VAK-riskilaskennassa käytettiin henkilöautoille 1,3 henkilöä ajoneuvossa, raskaalle liikenteelle yksi henkilö ajoneuvossa ja linja-autoille 30 henkilöä ajoneuvossa. Onnettomuusasteena raskaalle liikenteelle on VAK-riskilaskennassa käytetty $1,28 \cdot 10^{-7}$ onnettomuutta ajoneuvokilometriä kohden, mikä vastaa yleisesti raskaan liikenteen henkilövahinko-onnettomuuden onnettomuusastetta kaksiajorataisilla väylillä. Tunnelin sulkemisen on arvioitu VAK-riskilaskennassa kestävän 2 minuuttia ja palokestävyys on 120 minuuttia. (Ristola & Granfelt, 2009, ss. 5–7)

Laskennan tuloksena on saatu, että tunneli täyttää A-tunneliluokan kriteerit ja rajoituksia vaarallisten aineiden kuljetusten osalta ei tarvitse tehdä. Laskennallinen vaarallisten aineiden onnettomuuksissa kuolleiden odotusarvo on **yksi kuolonuhri 580 vuotta kohden**. Laskennassa on ollut mukana myös raskaan liikenteen ajoneuvopalot, joissa ei ole osallisena vaarallisia aineita, mikä nostaa riskilukua merkittävästi. Tässä tapauksessa, kun vaarallisten aineiden kuljetuksia on hyvin vähän, on raskaan liikenteen ajoneuvopaloilla suhteettoman suuri painoarvo laskennan tuloksissa. Vaarallisten aineiden onnettomuuksien riskiä kuvaa hyvin se, että vaarallisista aineista johtuvan räjähdys-onnettomuuden todennäköisyys on olematon, yksi onnettomuus 250 miljoonassa vuodessa. (Ristola & Granfelt, 2009, s. 11)

4.3.2 Turun kehätien tunnelin VAK-riskien arviointi

Turun kehätien tunnelia on suunniteltu Raision kohdalle vastaamaan kehittyvän maankäytön vaatimuksiin ja se korvaa nykyiset valo-ohjatut liittymät. Tunneli sijoittuu E18 väylälle, joka

kuuluu Euroopan laajuiseen TEN-T ydinverkkoon. Kehätie välittää liikenteen Naantalista ja Turun satamiin. Alueella on korkea liikennemäärä ja liikenne-ennusteet ennustavat merkittävää kasvua liikennemääriin. Alueella on myös liikennemäärään nähden poikkeuksellisen paljon raskasta liikennettä sekä vaarallisten aineiden kuljetuksia. Huipputunnin liikennemäärä on noin 3 100 ajoneuvoa tunnissa. Raskaan liikenteen osuus on 8 prosenttia, mikä tarkoittaa noin 250 raskasta ajoneuvoa tunnissa. Vaarallisten aineiden kuljetusten osuus raskaasta liikenteestä on noin 15 prosenttia, eli noin 40 ajoneuvoa tunnissa. Vaarallisten aineiden kuljetusten määrät ovat poikkeuksellisen suuria. Vaarallisista aineista yli 90 prosenttia on palavia nesteitä. (Hynynen & Lindfors, 2019, s. 10, 13, 14)

Tunneli on kaksiaukkoisen betonitunneli, jonka pituus on noin 430 metriä. Tunneli on koko matkalta 3+3-kaistainen. Tunnelin toinen pää on voimakkaasti sukeltava/nouseva. Pituuskaltevuutta on kompensoitu matalalla 60 kilometriä tunnissa nopeusrajoituksella, leveillä pientareilla sekä raskaan liikenteen ohituskiellolla. Laskennassa on käytetty raskaan liikenteen onnettomuusasteena ohjeistuksessa annettua $6,0 \cdot 10^{-7}$ onnettomuutta ajoneuvokilometriä kohden. Onnettomuusastetta on korjattu ohjeistuksessa annetuilla korjauskertoimilla, joilla huomioidaan suunnitellut turvalaitteet. Näitä ovat muun muassa tunnelin valaistus (0,965), automaattinen nopeudenvälitys (0,9) ja kaistaohjaus (0,95). Ajoneuvojen täyttöasteena on käytetty ohjeistuksen täyttöasteita: Henkilöautot 1,5 henkilöä ajoneuvossa, raskas liikenne 1,1 henkilöä ajoneuvossa ja linja-autot 11,7 henkilöä ajoneuvossa. Palokestävyys on mitoitettu 120 minuuttiin ja tunnelin sulkemisen on arvioitu kestävän 10 minuuttia. (Hynynen & Lindfors, 2019, ss. 8–12)

Tuloksiksi saatiin, että tunneli täyttää A-tunneliluokan kriteerit. Laskennallinen vaarallisista aineista aiheutuvien kuolemien odotusarvo on **yksi kuolonuhri tuhatta vuotta kohti**. Ilman turvalaitteita, eli tunnelin ominaisriski, tulokseksi saatiin **yksi kuolonuhri 830 vuotta kohti**. Laskelmien riskit koostuvat pääosin palavien nesteiden kuljettamisesta aiheutuvista riskeistä. Onnettomuudet ovat laskennallisesti erittäin epätodennäköisiä, mutta uhriluvut onnettomuuksissa voivat nousta korkeiksi. (Hynynen & Lindfors, 2019, s. 16)

4.3.3 Kohteiden VAK-riskilaskennan vertailu

Kuten tunnelit yleensä, ovat valitut kohteet keskenään hyvin erilaisia. Tampereen rantaväylän tunneli on Suomen mittakaavassa erittäin pitkä, kun taas Turun kehätien tunneli on Suomessa tyypillisempi lyhyt tunneli. Liikennemäärät tai laskennalliset liikennemäärät ovat korkeat molemmissa tunneleissa. Vaarallisten aineiden kuljetusten osalta Turun kehätien tunnelissa kuljetetaan merkittävästi enemmän vaarallisia aineita kuin Tampereen rantaväylän tunnelissa. Tämä johtuu suurelta osin Naantalissa sijaitsevasta Nesteen jalostamosta, jonka tuotteet kuljetetaan suurelta osin Turun kehätien tunnelin läpi. Tunnelien liikenteelliset profiilit ovat kuitenkin henkilöautoliikenteen osalta hyvin samanlaiset. Molemmat sijaitsevat suuren kaupunkiseudun merkittävällä pääväylällä ja päivittäisessä liikenteessä korostuu aamu- sekä iltahuipputuntien liikenne.

Tampereen rantaväylän tunnelin riskejä nostaa merkittävästi tunnelin voimakkaasti sukeltava pituusgeometria sekä pituus. Onnettomuustilanteessa tunnelissa on merkittävästi suurempi määrä ajoneuvoja kuin Turun kehätien tunnelissa. Tampereen rantaväylän tunnelin tyhjentäminen ja evakuointi on pituudesta johtuen myös hieman hitaampaa, vaikka tunneli saadaankin suljettua nopeammin kuin Turun kehätiellä. Evakuoinnin hitaus ja tunneliin mahtuvien ajoneuvojen korkea määrä nostaa varsinkin BLEVE-onnettomuuksien laskennallista uhrimäärää Tampereen rantaväylän tunnelissa merkittävästi. Tampereen rantaväylän tunnelin VAK määrät ovat kuitenkin erittäin pienet, joten niistä johtuvien onnettomuuksien todennäköisyydet ovat minimaalisia.

Turun kehätien tunnelin riskeissä korostuu korkeat liikennemäärät sekä todella merkittävät VAK määrät. Tunnelin läpi kuljetetaan paljon palavia nesteitä, mikä lisää onnettomuuksien todennäköisyyttä merkittävästi. Tunneli on kuitenkin lyhyt, joten mahdollisen onnettomuuden vaikutus on pienempi kuin pidemmässä Tampereen rantaväylän tunnelissa.

Kuten jo aiemmissa luvuissa on todettu, on laskelmien tuloksia vaikea verrata toisiinsa. Merkittävin yksittäinen tekijä vertailtavuudessa on se, että Tampereen rantaväylän tunnelin laskennoissa on otettu mukaan kaikki raskaan liikenteen ajoneuvopalot. Nämä palot eivät ole varsinaisia VAK riskejä ja ne nostavat Tampereen rantaväylän tunnelin kuolonuhrien

odottamaa todella paljon. Vertailtavuuden mahdollistamiseksi tulisi tarkastella laskelmia ilman raskaan liikenteen ajoneuvopaloja, jolloin tulokset olisivat paremmin vertailtavissa. Toinen tuloksiin merkittävästi vaikuttava tekijä on käytetty raskaan liikenteen onnettomuusaste, joka on Tampereen rantaväylän tunnelin osalta vain noin viidesosa Turun kehätien tunnelissa käytettyyn arvoon verrattuna. Tampereen rantaväylän tunnelin osalta laskennassa on käytetty raskaan liikenteen henkilövahinko-onnettomuuksien onnettomuusastetta. Tampereen rantaväylän tunnelin VAK-riskilaskentojen tekovaiheessa ei ollut saatavilla yhteneväistä raskaan liikenteen onnettomuusastetta, mikä selittää onnettomuusasteiden suuren eron. Onnettomuusasteiden ero nostaa siis Turun kehätien tunnelin riskit noin viisinkertaiseksi Tampereen rantaväylän tunnelin tuloksiin verrattuna. Jo näiden kahden merkittävän eron takia tuloksia ei voida pitää keskenään vertailukelpoisina.

Yllä oleva esimerkki osoittaa, kuinka tärkeää on, että laskelmat tehtäisiin aina samalla tavalla. Tunnelien vaarallisten aineiden kuljetusten riskien vertailu on käytännössä mahdotonta, mikäli laskentatavoissa on eroja. Vertailtavuuden ja laskennan kehittämistä käsitelläänkin tarkemmin seuraavassa luvussa.

5 Ohjeistuksen ja raportoinnin kehittäminen

5.1 Asiantuntijatyöpaja ja sen tulokset

Opinnäytetyöhön kuulunut asiantuntijatyöpaja järjestettiin 15. lokakuuta vuonna 2021 kello 09.00 – 11.00. Työpajaan oli kutsuttu mahdollisimman laajasti osajia, jotka ovat olleet tekemisissä tunnelien vaarallisten aineiden kuljetusten riskilaskennoissa. Kutsua myös pyydettiin jakamaan eteenpäin vapaasti. Työpajaan saatiin mukaan 15 asiantuntijaa, jotka on listattu alle. (Työpaja 15.10.2021)

- Ossi Lindfors, puheenjohtaja (opinnäytetyön tekijä)
- Laura Väisänen, Traficom (ohjausryhmä)
- Kari Korpela, Väylävirasto (ohjausryhmä)
- Kimmo Toivonen, Kaakkois-Suomen ELY-keskus (ohjausryhmä)
- Sakari Lindholm, Fintraffic
- Riikka Rajamäki, Traficom
- Ossi Korttinen, Traficom
- Pekka Nurminen, Väylävirasto
- Tero Tiensuu, Uudenmaan ELY-keskus
- Jari Oinas, Traficon
- Marja-Liisa Hynynen, Sitowise
- Pertti Kiiskinen, Ramboll
- Anna-Maria Teuho, Ramboll
- Arja Kivinen, Ramboll
- Janne Miettinen, WSP

Valmisteltujen aineistojen pohjalta saatiin rakennettua hyvää keskustelua VAK-riskilaskennan nykytilasta ja tarpeista. Työpaja toteutettiin etänä Teams ja Miro -ympäristöissä. Työpajan voidaan katsoa täyttäneen tehtävänsä ja työpajan tuloksia hyödynnetään tässä työssä laajasti. Seuraaviin alalukuihin on koostettu työpajan tulokset aihealueittain. Työpajan tulokset on esitetty kokonaisuudessaan liitteessä 1.

5.1.1 Raskaan liikenteen onnettomuusaste

Raskaan liikenteen onnettomuusaste on kriittisin laskennassa käytettävä lähtötieto, joka vaikuttaa suoraan saatuihin tuloksiin. Aihealue jaettiin osiin kysymysten avulla.

Ensimmäisenä kohtana pohdittiin nykyistä raskaan liikenteen onnettomuusastetta ja sen ajantasaisuutta. Keskustelussa ja kommenteissa päädyttiin siihen, että nykyinen raskaan liikenteen onnettomuusaste **$6,0 * 10^{-7}$ onnettomuutta ajoneuvokilometriä kohden** on edelleen lähellä totuutta. Arvoa tulee kuitenkin tarkastella kriittisesti ja sitä tulisi päivittää turvallisuustilanteen kehittyessä. Arvo on sopiva kaksiajorataisilla osuuksilla ja keskusteluissa pohdittiinkin, että yksiajorataisille osuuksille (yksiputkisille tunneleille) tulisi selvittää vastaava Suomen turvallisuustilannetta kuvaava arvo. (Työpaja 15.10.2021)

Toisena kysymyksenä oli, että tulisiko Suomessa käyttää kohdekohtaista onnettomuusastetta vai onko yhtenäinen arvo parempi. Asiantuntijaryhmä oli sitä mieltä, että Suomessa on vaikea saada tilastollisesti merkittävää aineistoa kohdekohtaisiin lukuihin. Suomen tieverkon liikennemäärät ovat suhteellisen pieniä, joten laajan tilaston saaminen yhdeltä osuudelta ei ole tarpeeksi tarkkaa. Lisäksi yhtenäinen onnettomuusaste koettiin hyväksi kohteiden vertailtavuuden kannalta. Yhteneväistä arvoa tulisi myös päivittää säännöllisesti, jotta se vastaa todellisuutta. (Työpaja 15.10.2021)

Kolmantena kohtana pohdittiin tunnelin pituuden vaikutusta onnettomuusasteeseen. Pidemmissä tunneleissa tunneleiden päät, jotka ovat onnettomuusherkeempiä, eivät korostu yhtä voimakkaasti kuin lyhyemmissä tunneleissa. Jos tunneleiden suuaukot otetaan pois, niin tunnelit ovat tutkimusten mukaan turvallisempia kuin muut väylät. Tämä johtunee suurelta osin siitä, että tunnelin olosuhteet pysyvät aina vakioina ja esimerkiksi säällä ei ole vaikutusta. Pitkät tunnelit ovat siis ainakin laskennallisesti turvallisempia kuin lyhyet tunnelit. Keskusteluiden lopputuloksena oli, että nykyisen ohjeistuksen 0,8 korjauskerroin onnettomuusasteeseen tuntuu loogiselta. Korjauskertoimen suuruus on selvitetty aiemmin asiantuntija-arviona ja sitä pidettiin edelleen hyvänä.

Keskusteluissa myös todettiin, että nykyinen ohjeistus korjauskertoimen käytöstä on hivenen epäselvä. Pidemmille tunneleille annetaan oma onnettomuusasteen arvo **$4,8 * 10^{-7}$**

onnettomuutta ajoneuvokilometriä kohden ($= 0,8 * \text{alkuperäinen onnettomuusaste}$), minkä lisäksi toisaalla ohjeessa neuvotaan kertomaan onnettomuusaste vielä 0,8 korjauskertoimella. On siis mahdollista, että ohjeistusta seurattaessa tulee tehtyä tuplakorjaus, mikä ei keskusteluiden mukaan ole tarkoituksellista. (Työpaja 15.10.2021)

5.1.2 VAK-onnettomuuksien korjauskerroin

DGQRAM-ohjelmassa on käytössä vaarallisten aineiden kuljetuksille korjauskerroin, jolla pienennetään vaarallisten aineiden kuljetusten onnettomuusastetta. Asiaa on käsitelty jo aiemmin luvuissa 3 ja 4. Työpajassa pohdittiin korjauskertoimen käyttöä Suomessa, sillä sitä suositellaan DGQRAM-ohjelman yleisohjeistuksessa, mutta ei suomalaisessa ohjeistuksessa. Asiaa lähestyttiin kahdella kysymyksellä ja niiden herättämät ajatukset on kerätty alle. (Työpaja 15.10.2021)

Ensimmäisenä pohdittiin, tulisiko korjauskerroin ottaa mukaan suomalaiseen laskentaan. Asiantuntijat olivat melko yksimielisiä, että koska korjauskerrointa ei voida pätevästi tilastollisesti todistaa, tulisi se jättää pois. Lisähuomiona nousi ajatus, että Suomen onnettomuushistoriaa voisi tutkia tarkemmin ja peilata sitä muualla tutkittuun tietoon ja selvittää ovatko tilastot yhteneviä. Lisäksi nostettiin esiin DGQRAM-ohjelman tausta-aineiston päivitystarve. Suomessa korjauskertoimen puute laskennoissa on otettu huomioon riskin raja-arvoa määriteltäessä. Nykyinen raja-arvo, maksimissaan yksi kuolema 500 vuoden aikana, on väljempi kuin maissa, joissa korjauskerroin on käytössä. (Työpaja 15.10.2021)

Toisessa kysymyksessä nostettiin esiin ohjeen kohta, jossa mainitaan, että yksiajorataisissa tunneleissa käytetään oletusarvoja onnettomuusasteen osalta. Tämän ongelma on kuitenkin se, että yksiajorataisiin tunneleihin tulee käyttöön korjauskerroin, joka on ohjelmassa oletuksena mukana. Keskusteluissa oltiin yksimielisiä siitä, että käytön tulee olla johdonmukaista ja ohjeistuksessa tulisi myös ohjeistaa ettei korjauskerrointa käytetä yksiajorataisissa tunneleissakaan. Tähän tuli myös osittain vastauksena aiemmin esillä ollut oma onnettomuusaste yksiajorataisille kohteille. (Työpaja 15.10.2021)

5.1.3 Laskentojen varmuuksien määrittäminen

Laskennassa ilmoitetaan tarkasti monia lähtötietoja, joiden tarkkuus voi usein olla hyvin epävarma tai siitä ei ole luotettavaa tietoa. Epävarmat lähtötiedot pyöristetään yleensä siten, että riskien suuruutta ei laskennassa ainakaan vähätellä. Mikäli pyöristyksiä tehdään useaan lähtöarvoon, voi lopputulos olla todellista tilannetta merkittävästi heikompi. Tämä voi johtaa tunnelin kustannusten kasvuun sekä suhteettoman suuriin varautumisiin turvalaitteissa. (Työpaja 15.10.2021)

Aluksi pohdittiin, kuinka tarkkoja lähtötietoja on mahdollista saada esimerkiksi VAK-jakaumista tai -määristä. Lisäksi pohdittiin mikä on tarkoituksenmukaista laskentojen kannalta. Samalla myös otettiin esiin kuinka tehdyt oletukset ja laskentojen varmuudet tulisi raportoida. Nykyinen ohjeistus ohjaa tekemään erillisen VAK-selvityksen kohteen vaarallisten aineiden virroista. Tämä selvitys voidaan jättää tekemättä vain jos voidaan todistaa, että kohteessa ei ole merkittäviä poikkeamia normaalista VAK-jakaumasta. Aihe herätti runsaasti keskustelua ja ohjeistuksen linjausta pidettiin yleisesti hyvänä, mutta sitä tulisi tarkentaa. Lopputuloksena todettiin, että olisi hyvä selvittää olisiko mahdollista aina tehdä lähtötietojen läpikäynti ja tarkastelu asiantuntijaryhmällä. Tällöin kohteelle ominaiset kuljetukset ja muut ominaisuudet tulisivat parhaiten selville. Lisäksi koettiin tarpeelliseksi selvittää mitkä onnettomuusskenaariot vaikuttavat eniten riskeihin. Varmuuksien päällekkäisyyttä ei pidetty suurena ongelmana. Mikäli VAK-riskitarkasteluiden tulokset ovat selvästi poikkeavat, tulisi myös lähtötietoja tarkastella uudestaan kriittisesti ensimmäisten laskentojen jälkeen. Asiantuntijat olivat yksimielisiä siitä, että lähtötietojen tarkka ja kattava raportointi on hyvä idea ja tulisi toteuttaa osana laskentaa. (Työpaja 15.10.2021)

5.1.4 Lähtötietojen raportointi ja laskennan toistettavuus

Tämän opinnäytetyön osana tuotetaan yhteneväinen pohja laskentojen raportointiin, josta selviää laskennassa käytetyt lähtötiedot ja parametrit. Raportointityökalun avulla laskenta on tarvittaessa toistettavissa myöhemmin. Raportointityökalun tavoitteena on myös auttaa laskennan suorittamisessa, tukea käyttäjiä ja vähentää virheitä. Työpajassa kerättiin ajatuksia ja tarpeita raportointityökalun toteuttamiseen. Ajatuksia kaivattiin etenkin

DGQRAM-ohjelmaa käyttäneiltä sekä tuloksia käsitelleiltä henkilöiltä. Tämän lisäksi myös ohjelmaan perehtymättömien ajatukset koettiin tärkeiksi, jotta raportista saadaan tehtyä mahdollisimman helposti lähestyttävä myös henkilöille, jotka eivät koskaan ole käyttäneet DGQRAM-ohjelmaa. (Työpaja 15.10.2021)

Asiantuntijatyöpajassa saatiin muutamia ajatuksia ja ideoita, mitä tulisi huomioida. Lähtötietojen raportointi loogisessa järjestyksessä koettiin erityisen tärkeäksi sillä siitä on apua sekä laskentojen suorittajalle että tilaajalle. Lähtötiedoista haluttaisiin myös lähteet, mistä tiedot on kerätty tai mihin arvio perustuu. Lisänä tehdään myös arvio lähtötietojen sekä laskentojen epävarmuudesta. Lähtötiedot raportoidaan siinä järjestyksessä, jossa ne syötetään ohjelmaan. Tällöin raportointityökalu auttaa myös laskijaa täyttämään lähtötiedot laskentaan oikein. Saadut tulokset tulisi myös raportin loppuun. Lisäksi voitaisiin määrittää etukäteen herkkyystarkasteluja, joiden tulokset myös raportoitaisiin. (Työpaja 15.10.2021)

5.1.5 DGQRAM-laskennat turvallisuuskonseptissa

Tunnelien VAK-riskiarviointia tai -laskentaa edellytetään nykyään turvallisuuskonseptissa. Mikäli sanallinen arvio ei ole riittävä, on laskennat tehtävä DGQRAM-ohjelmalla. Tunnelin suunnitteluaste voi olla kuitenkin alhainen, jolloin varsinkin turvalaitteiden tiedot voivat olla vajavaisia. Tarkkojen DGQRAM-laskentojen suorittaminen tunnelin suunnitteluasteen ollessa matala onkin haastavaa. Asiantuntijatyöpajassa käsiteltiin aihetta ja pohdittiin, tulisiko laskenta toteuttaa turvallisuuskonseptissa vain ominaisarvoilla, eli laskea vain niin sanottu ominaisriski. Ominaisriskin laskennassa ei ole mukana suunniteltuja turvalaitteita, jolloin ominaisriski kertoo tunnelin rakenteellisten ja liikenteellisten ominaisuuksien aiheuttaman VAK-riskin. Tällöin laskenta suoritettaisiin kahdessa osassa, jossa toinen vaihe laskennasta turvalaitteiden kanssa toteutettaisiin tunnelin suunnittelun edetessä. Nykyinen ohjeistus vaatii ominaisriskin laskentaa, mutta laskennat tehdään usein samalla kertaa sekä ominaisriskille, että turvalaitteiden kanssa. Pelkän ominaisriskin laskeminen antaisi mahdollisuuden arvioida turvalaitteiden tarvetta vaarallisten aineiden kuljetusten näkökulmasta. Mikäli ominaisriskin laskennan tulos on alempi kuin vaadittu taso, ei toista laskentaa tarvitse tehdä. Tunnelin varustus määräytyy kuitenkin usein muista syistä kuin

VAK-riskeistä. EU-direktiivien minimivaatimuksien huomioiminen sekä kansallisen lainsäädännön ja määräysten taso on kuitenkin aina lähtökohtana. (Työpaja 15.10.2021)

Asiantuntijatyöpajassa todettiin, että tunnelien turvallisuuteen vaikuttavat usein enemmän muut tekijät kuin vaarallisten aineiden kuljetukset. Tietunneleiden turvalaitteiden mitoitus on siis usein tehty muiden riskien takia. Ominaisriskin laskemista pidettiin hyvänä, sillä se kertoo jo paljon siitä, kuinka paljon vaarallisten aineiden kuljetusten turvallisuuteen tulee panostaa. Ominaisriski olisikin hyvä laskea mahdollisimman aikaisessa vaiheessa. Lisäksi ominaisriskissä tulee huomioida tunnelin geometrian ja liikennemäärien vaikutus riskiin jo varhaisessa vaiheessa. (Työpaja 15.10.2021)

Asiantuntijatyöpajassa keskusteltiin myös varareittien laskennasta ja vertailusta tunnelin turvallisuuteen. Varareitillä tarkoitetaan virallista reittiä, jota liikennevirta käyttää tunnelin ollessa suljettu. Nykyisessä ohjeistuksessa varareittien laskenta on ohjeistettu väljästi ja niiden vertailu tunnelien turvallisuuteen koettiin haastavaksi. Keskusteluissa todettiin, että varareittien laskenta olisi hyvä ohjeistaa tarkemmin ja perusteet varareitin turvallisuuden laskennalle tulisi olla selkeämmät. (Työpaja 15.10.2021)

5.2 Huomiot ja havaitut puutteet

Työpajassa keskusteltiin nykyisessä ohjeistuksessa ilmenneistä puutteista ja ongelmista. Paikalla oli aiemman selvityksen toteuttaneita henkilöitä, joten tarkennusta vaativat kohdat saatiin hyvin esiin. Alla olevaan listaan on kerätty huomioita sekä havaittuja selkeitä ongelmia tai puutteita nykyohjeistuksessa, joihin tulisi kiinnittää huomiota mahdollisessa ohjeistuksen päivityksessä. (Työpaja 15.10.2021)

- Yksiajorataisiin tunneleihin sovelletaan nykyisissä ohjeissa ohjelman oletusarvoja, jotka pitävät sisällään VAK korjauskertoimen. Ohjeistusta tulisi muuttaa siten, että yksiajorataisissa tunneleissa käytetään samoja ohjeita kuin kaksiajorataisissa tunneleissa
- Tarkastettava raskaan liikenteen onnettomuusaste ja pohdittava sen yleiskäyttöisyys

- Vaarallisten aineiden kuljetusten korjauskerrointa ei tulisi käyttää jatkossakaan, sillä sitä ei voida tilastollisesti todistaa.
- Vaarallisten aineiden jakaumat ja oletusarvot ovat edelleen todellisuutta vastaavia
- Kohdekohtaiset vaarallisten aineiden määrät tulisi jatkossakin tutkia tarkasti ja tarvittaessa hyödyntää erillistä asiantuntijaryhmää selvityksessä
- Varareittien laskennan ohjeistusta ja tarvetta tulisi pohtia tarkemmin
- Tunnelin ominaisriskin laskenta on tärkeää ja tulisi aina tehdä osana laskentaa
- Tunnelin turvallisuuteen vaikuttavat muut tekijät kuin vaarallisten aineiden kuljetukset merkittävästi enemmän. Turvalaitteiden mitoitus tehdäänkin yleensä muista syistä kuin VAK-onnettomuuksien varalle

Ohjeistus on yllämainittuja kohtia lukuunottamatta selkeä ja helppolukuinen. Ohjeistuksessa annetut vakiot ja lähtötiedot todettiin pääosin ajantasaisiksi, mutta päivityksen yhteydessä kaikki annetut vakiot olisi hyvä tarkastella kriittisesti. Seuraaviin alalukuihin on koottu merkittävimpien puutteiden ja huomioiden korjaus tai parannusehdotuksia. Raportoinnin kehittämistä ja raportointityökalua käsitellään kokonaisuudessaan luvussa 5.3.

5.2.1 Raskaan liikenteen onnettomuusaste

Raskaan liikenteen onnettomuusasteen käyttäminen nykyisen ohjeistuksen mukaisesti todettiin tarkoituksenmukaiseksi, joten pitäydytään valtakunnallisissa arvoissa.

Valtakunnalliset arvot mahdollistavat paremman vertailtavuuden laskentojen välillä, sillä raskaan liikenteen onnettomuusaste on kriittisimpiä käytettyjä lähtötietoja. Ohjeistukseen tulisi kuitenkin lisätä oma arvonsa yksiajorataisille tunneleille. Onnettomuusasteessa tulee huomioida, että kyseessä on kaikkien onnettomuuksien määrä, eikä ainoastaan henkilövahinkoon johtaneiden onnettomuuksien. (Työpaja 15.10.2021)

Raskaan liikenteen onnettomuusasteen tarkan arvon tarkistaminen tulee ajankohtaiseksi ohjeistusta päivitettäessä, sillä onnettomuusmäärät ovat olleet jo pitkään laskusuhdanteessa. Päivityksen yhteydessä olisi hyvä tehdä laaja tilastollinen tutkimus raskaan liikenteen onnettomuusasteista sekä yksi- että kaksiajorataisilla väylillä. Mikäli laajan tutkimuksen toteuttaminen osoittautuu haasteelliseksi, tulisi onnettomuusasteista tehdä

mahdollisimman hyvät asiantuntija-arviot. Samassa voitaisiin myös määrittää arvot esimerkiksi tieluokittain (esimerkiksi valtatie ja muut tiet). Lisäksi yksiajorataisten ja kaksiajorataisten väylien erot raskaan liikenteen onnettomuusasteeseen tulee selvittää laajasti.

Tähän työhön tehtiin suppea tarkastelu henkilövahinkoon johtaneiden onnettomuuksien onnettomuusasteista Traficomin toimesta. Tarkastelusta selvisi, että yksiajorataisten väylien raskaan liikenteen onnettomuusaste, ainakin henkilövahinkoon johtavissa onnettomuuksissa, on selvästi suurempi. Tulos oli odotusten mukainen ja varmisti epäilyn, että yksiajorataisille väylille tulisi määrittää oma raskaan liikenteen onnettomuusaste. Taulukkoon 4 on koostettu suppean selvityksen tulokset. Tuloksista ei tule tehdä pitkälle vietyjä päätelmiä, sillä kyseessä on hyvin suppea selvitys.

Taulukko 4 Suppea selvitys raskaan liikenteen henkilövahinko-onnettomuuksista vuosilta 2019-2020. (Traficomista saatu aineisto)

Väylätyyppi	Tiepituus (km)	Raskaan liikenteen liikennesuorite (milj. ajon.km)	Raskaan liikenteen henkilövahinkoon johtaneet onnettomuudet 2019–2020		
			määrä (onn.)	tiheys (onn./100 km)	aste (onn./100 milj.ajon.km)
2-ajorataiset:					
Moottoritiet	933	589	60	3,2	5,1
Moottoriliikennetiet (sisältää 1- ja 2-ajorataiset)	136	53	5	1,8	4,7
Muut 2-ajorataiset tiet	518	252	64	6,2	12,7
1-ajorataiset:					
valtatiet	7244	1146	191	1,3	8,3
kantatiet	4730	345	61	0,6	8,8
seututiet	13424	455	87	0,3	9,6
yhdystiet	50996	358	71	0,1	9,9
Kaikki yhteensä:	77981	3197	539	0,3	8,4

Tehdyn suppean selvityksen tuloksista voidaan päätellä, että raskaan liikenteen onnettomuusaste voi vaihdella suurestikin väylätyypeittäin. Koska tämä selvitys keskittyi vain tarkemmin tilastoituihin henkilövahinko-onnettomuuteen johtaneisiin onnettomuuksiin, on kiinnostava tutkia, kuinka kaikki raskaan liikenteen onnettomuudet

jakautuvat tieverkolle. Kaikista raskaan liikenteen onnettomuuksista ei saada yhtä tarkkaa aineistoa kuin henkilövahinko-onnettomuuksista, sillä kaikkia niistä ei ilmoiteta ja tilastoida. Tästä syystä mahdollisesti tehtävä selvitys tulee tehdä riittävän pitkältä aikaväliltä, jotta satunnaisuuden vaikutus saadaan minimoitua tuloksista. Saadut tulokset antavat vähintään oikeat suuruusluokat eri väylätyypeille Suomessa. Saatuja tuloksia olisikin hyvä analysoida tieliikenteen turvallisuuteen perehtyneiden asiantuntijoiden kanssa, jotta tuloksista tehtävät oletukset todellisista väyläkohtaisista onnettomuusasteista olisivat mahdollisimman oikeita.

5.2.2 Vaarallisten aineiden kuljetusten korjauskerroin

Vaarallisten aineiden kuljetusten korjauskertoimen käyttö todettiin tarpeettomaksi Suomessa ja päädyttiin pitäytymään nykyisen ohjeistuksen linjauksessa. Korjauskertoimen käyttämättömyys on huomioitu hyväksyttävän riskin raja-arvossa, joten loppupäätelmät ohjelman tuloksista vastaavat yleiseurooppalaista linjaa. Ohjeistukseen olisi kuitenkin hyvä lisätä myös maininta, että asia on huomioitu hyväksyttävän riskin raja-arvossa. (Työpaja 15.10.2021)

Ohjeistuksessa tulisi korjata yksi-ajorataisten tunneleiden laskennan ohjeistusta. Ohjeessa ohjeistetaan käyttämään ohjelman oletusarvoja onnettomuusasteen osalta yksiajorataisissa tunneleissa, jolloin laskentoihin tulee mukaan myös korjauskerroin. Ohjeistuksessa tulisi ohjeistaa, että yksiajorataiset tunnelit tulisi laskea samoilla menetelmillä kuin kaksiajorataiset tunnelit, jolloin korjauskerroin ei tule vahingossa käyttöön.

5.2.3 Varareittien ohjeistus

Varareittien ohjeistusta tulisi tarkentaa ohjeistuksen päivityksen yhteydessä. Asiantuntijatyöpajassa keskusteltiin varareittien laskennasta ja vertailtavuudesta tunnelin VAK-riskilaskelmiin. Varareittiohjeistusta tulisi kehittää siten, että tulokset olisivat aidosti vertailtavia tunnelivaihtoehdon kanssa. Varareittilaskentaa ei tarvitse toteuttaa automaattisesti kaikissa selvityksissä. Varareittien turvallisuuden tarkentaminen tulee erityisesti tarpeeseen silloin, kun tunnelin riskitasot laskennassa ovat syystä tai toisesta suuret tai varareitti tulee säännölliseen käyttöön. (Työpaja 15.10.2021)

Varareittien laskennan ohjeistus tulisi lisätä nykyiseen suomalaiseen ohjeistukseen. Varareittien käyttäminen ja laskenta on opastettu DGQRAM-ohjelman käyttöohjeissa, mutta niistä tulisi tehdä Suomeen sopiva ohjeistus. Varareittien laskennassa on tärkeää, että laskentojen alku- ja päätepisteet ovat samat kuin tunnelilaskennassa. Tällöin saadaan aidosti laskettua reittien riskitasot. Tämä tarkoittaa usein sitä, että tunnelin VAK-riskilaskentaankin tulee ottaa mukaan pintaosuuksia. Varareittien laskennan ohjeistusta varten tulisi vaatimuksia miettiä asiantuntijatyöryhmän avulla. Varareittien osalta tulisi myös määrittää selvät kriteerit, milloin ne tulee ottaa mukaan laskentoihin.

Ehdotelma varareittien laskentaan on, että laskennassa noudatettaisiin DGQRAM-ohjelman yleisohjeen ohjeistusta laskentaan. Tämä vaatii laskentaohjeistuksen kääntämistä ja kirjaamista suomalaiseen ohjeistukseen. Laskennassa käytettäisiin silti suomalaisen ohjeistuksen määrittämiä lähtötietoja, jotta tulokset ovat vertailtavissa muihin hankkeisiin. Varareittien osalta on äärimmäisen tärkeää selvittää raskaan liikenteen onnettomuusasteita erilaisilla välytystypeillä, jotta varareitin VAK-riskilaskenta olisi yhtä tarkkaa kuin tunnelissa tehtävä laskenta.

Varareitin ja tunnelin riskin vertailtavuuden varmistamiseksi molemmissa laskennoissa tulee olla samat lähtö- ja päätepisteet. Tunnelilaskenta tulee siis ulottaa koskemaan myös ulkoalueita varareitin erkanemis- ja yhtymiskohdasta asti. Varareittien osalta laskenta keskittyy ulkoalueille, jolloin laskennassa tulee käyttää Fortran-ohjelmaa väestötiedon mallintamiseen. Tämän lisäksi paikalliset tuuliolosuhteet tulee syöttää laskentaa, jotta ulkoalueiden olosuhteet kuvautuisivat laskentakaavoissa mahdollisimman hyvin. Ulkoalueiden laskennassa myös vaarallisten aineiden jakaumat on merkittävässä roolissa. Monet vaaralliset aineet, esimerkiksi kaasut, leviävät helpommin ulkoalueilla kuin tunnelissa, jolloin vaikutus riskiin voi olla merkittävästi suurempi. Vastaavasti osa aineista aiheuttaa laajoissa ulkotiloissa merkittävästi pienempää vahinkoa.

5.3 Tulosten raportoinnin kehittäminen

DGQRAM-ohjelman suurimmaksi haasteeksi on koettu vanhanaikainen ja ajoittain sekava käyttöliittymä. Lähtötietoja syötetään todella paljon useassa osassa usealle välilehdelle,

jolloin riski virheisiin kasvaa merkittävästi. Lisäksi ohjelman tulosten analysointi ja läpinäkyvyys on koettu haasteelliseksi. Näihin molempiin havaittuihin ongelmiin on haettu ratkaisua raportointityökalun avulla. Kyseessä on yksinkertainen raporttipohja, johon käyttäjä kerää kaikki laskennassa käytetyt lähtötiedot ja oletukset. Lähtötietojen järjestetys on määritelty siten, että ne ovat raportissa samassa järjestyksessä kuin ne ohjelmaan syötetään. Raportointityökalun avulla pyritään minimoimaan käyttäjän virheet sekä tehdään laskennoista läpinäkyvämpiä ja toistettavia. Lähtötiedot ja tulokset myös raportoidaan ja toimitetaan tilaajalle vakiopohjalla, jolloin tulosten käsittely on selkeämpää. Kuvassa 11 on kuvakaappaus työhön toteutetusta raportointityökalusta, joka löytyy kokonaisuudessaan liitteenä 2.

Kuva 11 Kuvakaappaus toteutetusta raportointityökalusta.

DGQRAM-laskennan raportointityökalu (versio 1.0)

HUOM! Muista vaihtaa tietokoneen alue asetukset Englantiin, jotta laskentaohjelma toimii oikein.

HUOM! Kaikki desimaalipilkut syötetään desimaalipisteinä englantilaiseen tapaan

Kohde	Syötettävä arvo	Yksikkö	Välilehti	Mihin soluun tieto syötetään	Huomiot
1. Kyselylaatikko					
Mitä lasketaan (1=kuol onuhrit, 2=kuol onuhrit+loukkaantuneet)			Initial_Inputs	C29	Käytetään lähes aina arvoa 1
Ketä laskenta koskee (2=tien käyttäjät, 3=väestö, 1=molemmat)			Initial_Inputs	C30	Käytetään lähes aina arvoa 1
2. Kyselylaatikko					
Käytetäänkö Fortran-ohjelmaa (kyllä/ei)			EI VOI MUUTTAA JÄLKIKÄTEEN		Mikäli tehdään laskentaa ulkoalueilla, merkitään "YES".
Käsitelläänkö suunnat A ja B erillisinä kaikilla aikaperiodeilla (kyllä/ei)			EI VOI MUUTTAA JÄLKIKÄTEEN		Käytännössä aina "YES", mikäli ei ole perusteltua syytä
Otetaanko EI-VAK ajoneuvopalot mukaan laskentaan (kyllä/ei)			EI VOI MUUTTAA JÄLKIKÄTEEN		Käytännössä aina "NO", mikäli ei ole perusteltua syytä
Mitkä skenaariot otetaan mukaan laskentaan (rastitetaan tarvittavat laatikot 1-13)			Initial_Inputs	C9 - C21	Skenaariota 6 ei oteta laskentaan, ellei sille ole perustetta!
3. Kyselylaatikko					
Jaksojen määrä laskennassa			EI VOI MUUTTAA JÄLKIKÄTEEN		Yleisesti Suomessa käytetään yhtä (1) jaksoa, joka on tunneli. Jaksojen tulee olla homogeenisia. Huomioitava tunnelin geometria ja ulkoalueiden määrä (esimerkiksi, ulkoalue - tunneli - ulkoalue = 3 jaksoa)
Maa, jossa laskettava reitti sijaitsee	Finland		Initial_Inputs	C7	
Kuinka monta aikaperiodia laskennassa on			EI VOI MUUTTAA JÄLKIKÄTEEN		Yleensä 3. Mikäli liikennemäärät ovat matalia, voidaan käyttää myös arvoa 1

Raportointityökalu on luotu exceliin ja se on tämän työn liitteenä 2. Työkalun ensimmäisellä välilehdelle on koottu kaikki käytetyt lähtötiedot. Lähtötietojen lisäksi työkalu kertoo, mihin välilehdelle ja soluun tiedot tulee DGQRAM-ohjelmassa syöttää. Tietojen viereen on jätetty tila, johon tekijä voi lisätä omia huomioitaan tai tehtyjä oletuksia. Työkalun keskeinen tehtävä on helpottaa laskentojen suorittamista sekä parantaa laskentojen vertailtavuutta. Erilliselle "Tulokset" -välilehdelle tuodaan laskennasta saadut tulokset ohjeiden mukaan. Tuloksissa esitetään myös käytetty väestömatriisi ja tuuliruusu kuvakaappauksena sekä laskennan FN-käyrät. Esitettäviä FN-käyriä on kolme erilaista ja ne tuodaan kaikki tuloksiin.

Tulokset tuodaan raportointityökaluun, jotta lähtötietojen ja tulosten vertailu myöhemmin olisi mahdollisimman helppoa. Tuloksia ei tarvitse analysoida tai käsitellä raportointityökalussa. Laskentojen tulokset analysoidaan ja raportoidaan virallisiin tunnelin turvallisuusasiakirjoihin.

Raportointityökalun käyttö on ohjeistettu sen alkuvälilehdellä. Työkalu on lukittu ja siihen voi tehdä muutoksia vain määrättyihin soluihin. Koska syötettäviä tietoja on paljon, on lähtötiedot-välilehdellä yli 300 riviä lähtötietojen selvitystä. Lähtötiedot syötetään työkaluun samassa järjestyksessä kuin DGQRAM-laskentaan, joten työkalun täyttämällä laskennassa ei tulisi tapahtua merkittäviä virheitä. Tämä vähentää merkittävästi työaika tulosten tarkistamisessa. Lähtötietojen lisäksi raportointityökalussa on huomioitu useampi jaksoisten tai useamman tunnelin sisältävien laskentojen erityistarpeet. Näitä varten on luotu omat välilehdet, joihin lisätiedot saadaan raportoitua. Tulokset-välilehdelle tuodaan toteutetuista DGQRAM-laskennoista tulokset kuvakaappauksina.

Raportointityökalu noudattaa pitkälti nykyistä ohjeistusta, joten sitä tulee päivittää ohjeistuksen päivityksen yhteydessä. Mikäli ohjeistuksen päivityksessä tullaan ohjeistamaan tarkemmin varareittien laskennat, tulisi niiden lähtötietotarpeet myös lisätä raportointityökaluun. Raportointityökalu luovutetaan Traficomille työn yhteydessä, joten sen päivittäminen ja ylläpito onnistuu myös tulevaisuudessa.

6 Yhteenveto ja johtopäätökset

Suomalainen tunnelien turvallisuuslaskenta on ohjeistettu viranomaisohjeissa. Vaarallisten aineiden kuljetusten riskien osalta ohjeistukseen kuitenkin tarvitaan täydennystä ja pientä tarkennusta. Suomessa pyritään lähtökohtaisesti rakentamaan kaikki tunnelit siten, että niissä ei tarvitse käyttää vaarallisten aineiden kuljetusten rajoituksia. Tunnelien turvallisuutta painotetaan Suomessa myös merkittävästi. Esimerkiksi Suomessa kaikki tunnelit valaistaan ja tunnelien vaikutukset turvallisuuteen selvitetään laajasti. Tämän työn käsittelemä vaarallisten aineiden kuljetusten riskien laskenta on vain yksi osakokonaisuus tunnelin turvallisuussuunnittelussa.

Vaarallisten aineiden kuljetusten riskilaskenta vaaditaan nykyään osana tunnelin turvallisuuskonseptia, joten laskennat tehdään jo tiesuunnitelmavaiheessa. Tunnelin ominaisriskin laskenta olisi hyvä suorittaa mahdollisimman aikaisin, jotta sen tulokset olisivat apuna turvalaitteiden valinnassa ja määrittämisessä, mikäli VAK-riskien perusteella on tarpeen lisätä tunnelin turvallisuutta. Turvalaitteiden vaatimukset tulevat usein muista syistä kuin vaarallisten aineiden kuljetusten korkeista riskeistä. Joissain tilanteissa myös vaarallisten aineiden kuljetusten riskit vaikuttavat turvalaitteiden, kuten esimerkiksi ilmastoinnin mitoitukseen. Ominaisriskin ja turvalaitteiden kanssa laskettujen riskien avulla voidaan arvioida myös valittujen turvalaitteiden tehokkuutta onnettomuustilanteissa, mikäli se on tarpeellista. Tunnelien VAK-riskilaskentaan vaikuttavat myös voimakkaasti Suomessa käytetyt raskaan liikenteen onnettomuusasteen korjauskertoimet, joilla huomioidaan muun muassa valaistuksen, automaattisen nopeuden valvonnan tai muun tekijän turvallisuusvaikutusta.

Tarkasteltu VAK-riskilaskenta perustuu tilastolliseen taustatutkimukseen, jossa on kuitenkin jo tutkimusvaiheessa todettu olevan haasteita. Ongelmana on, että vaarallisten aineiden kuljetusten onnettomuuksia tapahtuu yleisesti niin vähän, että niistä on vaikea kerätä tilastollisesti merkittävää aineistoa. Laskentojen laskentakaavoissa joudutaankin tekemään parhaaseen mahdolliseen tietoon perustuvia valistuneita arvauksia. Tilastojen ristiintarkastelulla on kuitenkin voitu riittävällä tarkkuudella todistaa laskentakaavojen olevan vähintään oikean suuntaisia. Sama tilastollinen ongelma koskee ehdotettua raskaan

liikenteen onnettomuusasteen tutkimista. Kaikki onnettomuudet eivät tule mukaan tilastoihin, millä voi olla merkittävä vääristävä vaikutus eri väylätyyppien tilastolliseen onnettomuusasteeseen. Raskaan liikenteen onnettomuusastetta tulisi tutkia kriittisesti joko laajalla tutkimuksella tai asiantuntija-arviona. Raskaan liikenteen onnettomuusaste on merkittävin yksittäinen vaikuttaja laskentojen tuloksiin, joten sen totuudenmukaisuus heijastuu suoraan laskentojen tulosten oikeellisuuteen. Vertailtavuuden kannalta tärkeintä on kuitenkin käyttää yhteneviä arvoja VAK-riskilaskennoissa, jotta tulosten vertailtavuus säilyy.

Tulosten raportoinnissa tärkeintä on, että käytetyt lähtötiedot, oletukset ja turvalaitteet on raportoitu tarkasti, jotta tuloksia voidaan vertailla muihin laskentoihin. Tämän työn keskeinen tehtävä on ollut tuoda esille toimintatapoja ja työkaluja, joilla tulosten vertailtavuutta ja läpinäkyvyyttä voidaan parantaa. Kuten aiemmin luvun 4.3.3 esimerkissä kävi ilmi, ei VAK-riskilaskennan tulokset ole välttämättä keskenään vertailukelpoisia, mikä hämärtää laskennan tarkoitusta. Kuten kaikessa laskennassa, tulisi tulosten olla vertailukelpoisia, jotta tuloksista voidaan tehdä oikeita johtopäätöksiä. Tulosten raportointia ja vertailukelpoisuutta pyritään parantamaan muun muassa raportointityökalulla. Raportointityökalusta on pyritty tekemään mahdollisimman käyttäjäystävällinen, jotta DGQRAM-laskentojen suorittaminen olisi helpompaa uusille käyttäjille.

7 Jatkotoimenpiteet ja suositukset

Lukuun 5.2 on koostettu ohjeistuksen kehityskohteet, joiden avulla voidaan tehdä mahdollinen ohjeistuksen päivitys. Kuten tässä työssä on useasti todettu, on nykyinen ohjeistus kokonaisuutena selkeä ja helppokäyttöinen, mutta sitä tulisi tarkentaa aiemmin esitettyjen kohtien mukaisesti. Päivitystä varten olisi hyvä tehdä taustaselvityksiä tai asiantuntija-arvioita raskaan liikenteen onnettomuusasteiden päivittämistä varten. Näitä onnettomuusastetuloksia voidaan hyödyntää laajasti myös muissa tutkimuksissa ja selvityksissä. Ohjeistuksen päivityksen tekeminen ei ole kuitenkaan riippuvainen onnettomuusasteiden tutkimuksesta, mutta mikäli tällainen tutkimus tehdään, tulisi myös VAK-riskilaskentaohjeistusta päivittää sen tiedoilla. Alla olevaan listaan on koostettu vielä keskeiset kehityskohdat tulevassa ohjeistuksen päivityksessä.

- Raskaan liikenteen onnettomuusasteen tarkastaminen sekä määrittäminen myös yksiajorataisille teille
 - Esimerkiksi tilastollinen tutkimus raskaan liikenteen onnettomuuksista mahdollisimman pitkällä aikavälillä tai muu jo tehty selvitys
- Yksiajorataisten tunnelien VAK turvallisuuskaskennan tarkempi ohjeistaminen
- Varareittien laskennan ohjeistaminen:
 - Ohjeet kuinka ulkoalueet tulee huomioida laskennassa
 - Reittien päätepisteiden määrittäminen
 - Varareitin ominaisuuksien määrittämisen tarkkuus
 - Käytettävät raskaan liikenteen onnettomuusasteet varareiteillä
 - Asukastiheyden ja tuuliruusun määrittäminen
- Hyväksyttävän riskin raja-arvon tarkempi avaaminen
 - Riskissä huomioitu, että ei ole käytetty vaarallisten aineiden kuljetusten korjauskerrointa
- Ei-VAK raskaan liikenteen ajoneuvopalojen huomioiminen laskennassa
 - Ei tulisi ottaa mukaan laskentaan, nämä tullaan myös poistamaan laskennasta tulevissa päivityksissä
- Raportointityökalun käyttämisen ohjeistaminen

- Kohdekohtaisten VAK jakaumien selvittämisen kriteerien tarkennus ja käytettävien menetelmien tarkennus
 - Neuvotellaan valvovan viranomaisen kanssa tarvittaessa

Tämän selvityksen tuloksena suositellaan yllä listattujen kohteiden päivittämistä nykyiseen ohjeistukseen. Ohjeistuksen päivittämisellä ei ole akuuttia kiirettä, vaan se kannattaa toteuttaa aikaisintaan seuraavan DGQRAM päivityksen jälkeen, jotta ohje olisi mahdollisimman ajantasainen. Seuraava päivitys julkaistane lähiaikoina.

Jo ennen ohjeen isompaa päivittämistä, raportointityökalu voidaan ottaa käyttöön tietunnelien vaarallisten aineiden kuljetusten riskilaskennassa. Raportointityökalu on tehty helpottamaan ja selkeyttämään laskentoja sekä tekijälle että tilaajalle/valvovalle viranomaiselle. Työkalun käyttäminen ei lisää laskentojen työmäärää, joten sen käyttöön ottamiseen ei ole varsinaisia esteitä. Tunneliviranomainen voi toimittaa raportointityökalun ja sen käyttämisen lyhyen ohjeistuksen tunnelin laskentaa suorittavalle taholle.

Lähteet

Hynynen, M. & Lindfors, O. (2019). E18 Turun kehätie Raision kohdalla, Tiesuunnitelma – tietunnelin turvallisuuskonsepti. Sitowise Oy. Tehty 05.12.2019. Ei yleisessä jaossa, aineisto saatu Traficomista kesäkuussa 2021.

Liikenne- ja viestintäministeriö. (2012). Vaarallisten aineiden kuljetus Suomessa, VAK-strategia 2012 – 2020. Ohjelmia ja strategioita 5/2012. Haettu 8.11.2021 osoitteesta: https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/78026/Vaarallisten_aineiden_kuljetus_Suomessa.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Liikennevirasto. (2017). Vaarallisten aineiden kuljetukset tietunneleissa – Riskitarkastelut ja VAK-kelpoisuus. Liikenneviraston ohjeita 44/2017. Haettu 10.9.2021 osoitteesta: https://julkaisut.vayla.fi/pdf8/lo_2017-44_vak_tietunneleissa_web.pdf

Niemimuukko, O. & Sauni, S. (2010). Ohje kemikaaliratapihan turvallisuusselvityksen ja pelastussuunnitelman laatimiseksi. Liikennevirasto rautatieosasto. Julkaistu: 1.7.2010. Haettu 8.11.2021 osoitteesta: http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf4/ohje_kemikaaliratapihan_turvallisuusselvityksen.pdf

Rajamäki, R. (2019). Vaarallisten aineiden tiekuljetusonnettomuudet Suomessa vuosina 2013 – 2018. Traficomin julkaisuja 3/2019. Haettu 10.9.2021 osoitteesta: <https://www.traficom.fi/sites/default/files/media/publication/Vaarallisten%20aineiden%20tiekuljetusonnettomuudet%20Suomessa%20vuosina%202013%20-%202018.pdf>

Ristola, T. & Granfelt, A. (2009). Vt12 Rantaväylän tunneli, Tampere. Vaarallisten aineiden kuljetukset – riskianalyysi. Traficon. Tehty 30.06.2009. Ei yleisessä jaossa, aineisto saatu Traficomista kesäkuussa 2021.

Saccomanno, F., Button, N. & Al Assar R. (1998). Release and Fire Incidents Rates for the Transport of Dangerous Goods through Road Tunnels and Surface Routes. University of Waterloo, Department of Civil Engineering and Institute for Risk Research. Tehty 29.10.1998. Ei yleisessä jaossa, saatavissa PIARCilta.

Strömer, H. (2019). Vaarallisten aineiden kuljetukset vuonna 2017. Traficomin julkaisu 4/2019. Haettu 8.11.2021 osoitteesta:

https://www.traficom.fi/sites/default/files/media/publication/Traficomin%20julkaisu_4_2019_VaarallistenAineidenKuljetukset2017.pdf

Väylävirasto. (2022). Tunneliturvallisuus. Väyläviraston internetsivut. Haettu 8.2.2022 osoitteesta: <https://vayla.fi/vaylista/tieverkko/turvallisuus/tunneliturvallisuus>

World Road Association. (2019). Transport of Dangerous Goods through road tunnels: Quantitative Risk Assessment Model (v.4.04) - User's Guide. Technical Committee D5 Road Tunnel Operation. Haettu 23.09.2021 osoitteesta:

https://www.piarc.org/ressources/documents/logiciel_eqr/bac8f24-35924-2019-01-15-QRAM-User-Guide-CETU-PIARC.pdf

Liite 1: Asiantuntijatyöpajan tulokset

Alle on kerätty listauksena Miro-alustaan jätetyt kommentit aihealueittain, kommentit ovat siinä muodossa, missä ne on jätetty. Kommenttien lisäksi työpajassa käytiin kahden tunnin pituinen laaja keskustelu aihepiiristä, jonka yhteenvedo on esitetty jo opinnäytetyön luvussa 5.1

1. Raskaan liikenteen onnettomuusaste:

”Kriittisin laskennassa käytettävä lähtötieto, vaikuttaa suoraan saatuihin tuloksiin.”

Tarkentavat kysymykset:

- Onko ohjeistuksen antama arvo **$6,0 * 10^{-7}$ onnettomuutta ajoneuvokilometriä kohden**, jota laskennassa tulee käyttää, edelleen hyvä?
- Yleisohjeissa kehoitetaan käyttämään kohdekohtaista onnettomuusastetta, mikäli se on mahdollista. Tulisiko Suomessa käyttää myös kohdekohtaista arvoa vai onko yhtenäisen arvon käyttö perusteltua?
- Ohjeistuksessa on oma arvonsa yli 500m tunneleille, **$4,8 * 10^{-7}$ onnettomuutta ajoneuvokilometriä kohden** (80% perusarvosta), onko tämä edelleen hyvä? (Ohjelma on kehitetty pitkille tunneleille, jolloin lyhyet tunnelit eivät välttämättä kuvaudu oikein)

Kommentit:

- Muissa riskilaskennoissa käytetään väyläkohtaisia arvoja.
- Ainoastaan tunneli kohtainen arvo voi olla riski tieosuuden toiminnan muuttuessa, mutta kohdennusta tarvitaan. Lyhyille tunneleille arvo soveltumaton?
- Mikä on onnettomuusaste tulevaisuudessa, voiko kohdennettua heijastaa tulevaisuuteen.
- Epäilen, että Suomen tilastopohja ei ole riittävä tiekohtaiseen onnettomuusasteeseen.
- En ole käyttänyt ohjelmaa, mutta veikkaan, että data ei riitä kovin hyvin kohdekohtaisten arvojen muodostamiseen.
- Onnettomuusasteet ovat yleensä laskeneet viime vuosina. Täytyy katsoa tilastoista
- Tutkimusta ja jatkuvaa seurantaä tarvittaisiin. Tiekohtaista tietoa ei liene saatavilla nykyisin tilastoista/TARVasta
- Olisiko Suomessa mahdollista määrittää lähtöarvo tieluokan perusteella (muutama luokka)?
- Mitä onnettomuustilastoa käytetään Poliisin, tilastokeskuksen vai OTIn?
- OTI etupäässä kuol joht onn, ja niiden määrä on kovin pieni tunnelien tarkasteluun
- Poliisi ja tilastokeskus ja väylävirasto käytännössä sama data
- Korreloiko vastaavan tietyypin avo-osuuden onnettomuusaste tunneliin?
- Liikenneteknisellä "maalaisjärjellä" ajatellen tämä on edelleen hyvä. Yleinen käsitys on, että erityisesti suuaukon suhteellinen riski on korkeampi, ja tämä tulee huomioitua tässä 0,80-korjauskertoimessa. Joskin tehty asiantuntija-arviona

2. VAK-onnettomuuksien korjauskerroin

“Vaarallisten aineiden kuljetusten pienempää onnettomuusastetta ei voida pätevästi tilastollisesti todistaa, sillä aineistot ovat liian suppeat. Tämän korjauskertoimen käyttöä kuitenkin suositellaan ohjelman ohjeistuksessa (käytännössä puolittaa onnettomuusasteen), mutta ei suomalaisessa ohjeistuksessa.”

Tarkentavat kysymykset:

- Ajatuksia korjauskertoimesta, sen käytöstä ja siitä tulisiko korjauskerroin ottaa mukaan laskentoihin? (Ranskassa käytetään korjauskertoimen arvoa 2,6 ja DGQRAM tausta-aineistoista on johdettu, että korjauskerroin olisi vähintään 1,78)
- Yksiputkisissa tunneleissa käytetään oletusarvoja, jotka huomioivat myös korjauskertoimen. Yksi- ja kaksiputkisten tunnelien laskennassa siis käytetään erilaista laskentatekniikkaa, onko tässä ongelmia? (Suomessa ei tosin tehdä juurikaan yksiputkisia tunneleita)

Kommentit:

- Selkeä ohjeistus korjauskertoimen käytölle?
- Tehdään kuitenkin korvausinvestointeja myös yksiputkisiin olemassa oleviin tunneleihin.
- Pitäisikö QRAMIN lähtö/tausta aineistoa päivittää?
- Tutkimus (esim. Pronton aineistosta) ja tulosten peilaus yleisempään tietoon onnettomuusasteista (rask.)
- Korjauskertoimen käyttö pitäisi olla tietysti loogista ja yhteneväistä riippumatta siitä onko yksiputkinen vai kaksiputkinen.
- Tulokset vääristyy?
- Onko tarpeellista käyttää mittarina kuolemaan johtaneita onnettomuuksia, kun niiden määrä vähenee? Ajoneuvojen turvallisuuden parantaminen vaikuttaa siihen, että aikaisemmin kuolemaan johtaneet onnettomuudet ovat muuttuneet vakavasti vammautuneiksi. Vakavan vammautumisen määritelmä on epäselvä ja saattaa muuttua onnettomuuden jälkeen.
- Mihin perustuu Suomessa käytettävä 1 kuolema/500 v. hyväksyttävyy?
- Arveluttavaa käyttää korjauskerrointa ilman tilastopohjaa.
- Riskirajassa on huomioitu se, että korjauskerrointa ei ole käytetty

3. Laskentojen varmuuksien määrittäminen

“Laskennassa ilmoitetaan tarkasti monia lähtötietoja, joiden tarkkuudesta ei ole tietoja.

Epävarmat lähtötiedot pyöristetään siten, että riskejä ei laskennassa ainakaan vähätellä. Mikäli pyöristystä tapahtuu monessa kohdassa, voi lopputulos olla todellista tilannetta merkittävästi huonompi, jolloin tunnelin kustannukset voivat nousta.”

Tarkentavat kysymykset:

- Kuinka tarkkoja lähtötietoja voidaan saada (varsinkin VAK jakauma ja määrät) ja kuinka niitä syötetään laskentaan?
- Kuinka laskennoissa tehdyt oletukset ja laskentojen varmuudet raportoidaan?

Kommentit:

- Onko mahdollista tehdä aina lähtötietojen läpikäyntikeskustelu asiantuntijaporukalla (ainakin merkittävimpien arvojen osalta). Suomen DG-QRAM-nyrkki..
- Kannatan lähtötietojen selkeää esittämistä myös, se toisi analyysit läpikäyvämmäksi ja helpommin tulkittavaksi
- Kuinka raskas tietojen keräys on mielekästä
- Mitkä onnettomuusskenaariot oikeasti vaikuttavat riskeihin
- Lähtöarvojen, joissa on paljon epävarmuutta, herkkystarkastelu vaikutuksesta tulokseen?
- Lähtötietojen taulukointi kuulostaa oikein hyvältä!

4. Lähtötietojen raportointi ja laskennan toistettavuus

“On suunniteltu, että toteutetaan yhteneväinen pohja laskentojen raportointiin, josta selviää laskennassa käytetyt lähtötiedot ja parametrit. Raportin avulla laskenta on tarvittaessa toistettavissa. Raportointipohja toimii myös laskennan suorittamisen apuna ja tukena.”

Tarkentavat kysymykset:

- Käytettyjen lähtötietojen keräys ja raportointi, mitä haasteita tai huomioita on tullut vastaan?
- Ajatuksia raportin käytännön toteutuksesta, tarvittaviin tietoihin ja muotoon? (Excel on hankala, sillä DGQRAM on erittäin epävakaa, jos excel on muualla auki)

Kommentit:

- Yritetään ottaa mukaan kaikki kompastuskivet arvojen täyttämässä ja ohjelman käyttämisessä
- Lähtötiedot niistä arvoista ainakin, jotka keskeisesti vaikuttaa lopputulokseen
- Lähtötietojen keruu ja talletus laskentaohjelmasta erilleen (=erilliseen dokumenttiin) on erittäin tarpeellista.
- Kenttä jossa arvio laskennan luotettavuudesta tai muita huomioita
- PIARC Tunnel Committee, Cycle 2020-2023: Topic 4.4.7: Updating and Improving of DG-QRAM, Marc Tesson (MT) reports. MT informed the meeting that Phase2 aimed to improving the software is on time. Funding is confirmed, a consultant has been nominated (ENALOS from Greece) in order to support the software development process and the call for tender has been published. Bids are expected for end October 2020. Main contractor to be nominated by January 2021. The Chair appreciated the presentation by MT and no further discussions were ensued. Asia on edennyt yllä olevan esityksen mukaan aikataulussa. Alla olevan lapun linkin kautta löytyy tarkkaa tietoa tulevista muutoksista.
- Segmenttien tarkempi tutkiminen?
- Etukäteen määritellyt herkkyytarkastelut esim. jakaumista
- VAK laskennat ja niiden raportointi
- Jokaisesta lähtötiedosta ja parametristä valittu arvo, mihin perustuu / mistä tieto saatu, arvio lähtötiedon epävarmuudesta
- Kesäkuussa 2021 on pidetty DG-QRAM-Webinar. Linkin takaa löytyy video ja esitykset ko. webinaarista: https://www.piarc.org/en/PIARC-knowledge-base-Roads-and-Road-Transportation/Resilient-Road-Infrastructure/Road-Tunnels-Operations/gram_software, "https://www.piarc.org/en/PIARC-knowledge-base-Roads-and-Road-Transportation/Resilient-Road-Infrastructure/Road-Tunnels-Operations/gram_software"

5. DGQRAM-laskennat turvallisuuskonseptissa

“DGQRAM-laskennat edellytetään nykyään turvallisuuskonseptissa, mikäli sanallinen arvio ei ole riittävä. Tunnelin suunnittelu voi kuitenkin olla vielä kesken, varsinkin turvalaitteiden tarkemmat tiedot voivat olla vielä epäselviä, jolloin niiden tarka kuvaus laskentaan on haastavaa.”

Tarkentavat kysymykset:

- Tulisiko laskenta toteuttaa turvallisuuskonseptissa vain tunnelin ominaisarvoille, jolloin jatkosuunnittelussa voidaan määritellä tarvittavat turvalaitteet? Tällöin laskenta tehtäisiin kahdessa osassa, eri suunnitteluvaiheissa.
- Ajatuksia laskennan merkityksestä, onko laskenta ”vain” pakollinen tarkastus, vai tunnelin turvallisuussuunnittelun apuväline?

Kommentit:

- Kaupunkiympäristössä kulkevan kiertoreitin oikea turvallisuus
- EU-direktiivien minimivaatimuksien huomioiminen lähtökohtana
- Vaakageometrialla ei suuria vaikutuksia riskeihin
- Ominaisriskin arviointi on tärkeää, sillä siitä saadaan korkein riski
- Laskennan riski? Käytännössä liittyvät kaistat lisäävät onnettomuusriskiä. Tilapäisten liikennejärjestelyn ja kaistaohjausten yhteydessä on merkitystä onko tunneli suora vai kaarteessa.
- Varareittien laskenta ja vertailu tunnelin turvallisuuteen

Liite 2: Raportointityökalu

Alle on tuotu työn osana toteutettu raportointityökalu. Raportointityökalu toimitettiin lisäksi tilaajalle työn yhteydessä excel-muodossa.

Ohjeet-välilehti:

DGQRAM-laskennan raportointityökalu (versio 1.0; 10.03.2022)

HUOM! Muista vaihtaa tietokoneen alue asetukset Englantiin, jotta laskentaohjelma toimii oikein.

HUOM! Kaikki desimaalipilkut syötetään desimaalipisteinä englantilaiseen tapaan

Tämä raportointityökalu on toteutettu osana YAMK opinnäytetyötä "Vaarallisten aineiden kuljetukset tietunneleissa Suomessa - Ohjeistuksen ja raportoinnin kehittäminen"

KÄYTTÖOHJEET:

Täytä käytetyt lähtötiedot "Lähtötiedot" välilehdelle, tiedot täytetään DGQRAM laskennan pyytämässä järjestyksessä

Lähtötietojen täyttäminen on suositeltavaa ENNEN laskennan suorittamista, jolloin raportointityökalu toimii myös laadunvarmistajana

Tietoja täytetään paljon, mutta monet niistä voi kopioida solusta toiseen

Tietojen täyttämistä ohjeistetaan "huomiot" sarakkeessa

Mikäli laskennassa käytetään useampaa jaksoa (esimerkiksi varareittien laskenta), tulee jaksokohtaiset tiedot täyttää "Jaksokohtaiset tiedot" välilehdelle

Mikäli laskennassa käytetään useampaa tunnelia, täytetään tunnelien tiedot "Tunnelikohtaiset tiedot" välilehdelle

Tulokset välilehdelle tuodaan kuvakaappaukset laskennan tuloksista, joita ovat FN-käyrät seuraavilta välilehdiltä: "FnCurve_UserDefined", "fnCurves_AllScenarii", fnCurves_Grouping"

Mikäli on laskettu ulkoalueita, tuodaan tulokset välilehdelle myös kuvakaappaukset käytetystä reitistä ("G_RDescr"), tuuliruususta ("Graph_WRose"), tuuliolosuhtetaulukosta ("WindRose") ja väestömatriiseista ("Pop_Per1", "Pop_Per2", "Pop_Per3")

Työkalun huolellisella täyttämällä vähennetään virheitä laskennassa, varmistetaan tulosten uudelleen laskettavuus ja keskinäinen vertailtavuus

Tilaaja: Liikenne- ja viestintävirasto Traficom

Tekijä: Ossi Lindfors

Lähtötiedot-välilehti:

DGQRAM-laskennan raportointityökalu (versio 1.0)

HUOM! Muista vaihtaa tietokoneen alue asetukset Englantiin, jotta laskentaohjelma toimii oikein.

HUOM! Kaikki desimaalipilkut syötetään desimaalipisteinä englantilaiseen tapaan

Kohde	Syötettävä arvo	Yksikkö	Välilehti	Mihin soluun tieto syötetään	Huomiot
1. Kyselylaatikko					
Mitä lasketaan (1=kuolonuhrit, 2=kuolonuhrit+loukkaantuneet)			Initial_Inputs	C29	Käytetään lähes aina arvoa 1
Ketä laskenta koskee (2=tien käyttäjät, 3=väestö, 1=molemmat)			Initial_Inputs	C30	Käytetään lähes aina arvoa 1
2. Kyselylaatikko					
Käytetäänkö Fortran-ohjelmaa (kyllä/ei)			EI VOI MUUTTAA JÄLKIKÄTEEN		Mikäli tehdään laskentaa ulkoalueilla, merkitään "YES".
Käsitelläänkö suunnat A ja B erillisinä kaikilla aikaperiodeilla (kyllä/ei)			EI VOI MUUTTAA JÄLKIKÄTEEN		Käytännössä aina "YES", mikäli ei ole perusteltua syytä
Otetaanko Ei-VAK ajoneuvopalot mukaan laskentaan (kyllä/ei)			EI VOI MUUTTAA JÄLKIKÄTEEN		Käytännössä aina "NO", mikäli ei ole perusteltua syytä
Mitkä skenaariot otetaan mukaan laskentaan (rastitetaan tarvittavat laatikot 1-13)			Initial_Inputs	C9 - C21	Skenaariota 6 ei oteta laskentaan, ellei sille ole perustetta!
3. Kyselylaatikko					
Jaksojen määrä laskennassa			EI VOI MUUTTAA JÄLKIKÄTEEN		Yleisesti Suomessa käytetään yhtä (1) jaksoa , joka on tunneli. Jaksojen tulee olla homogeenisia. Huomioitava tunnelin geometria ja ulkoalueiden määrä (esimerkiksi, ulkoalue - tunneli - ulkoalue = 3 jaksoa)
Maa, jossa laskettava reitti sijaitsee	Finland		Initial_Inputs	C7	
Kuinka monta aikaperiodia laskennassa on			EI VOI MUUTTAA JÄLKIKÄTEEN		Yleensä 3. Mikäli liikennemäärät ovat matalia, voidaan käyttää myös arvoa 1
4. ja 5. Kyselylaatikot - Nämä täytetään kaikista aikaperiodeista. Mikäli suunnat eroavat toisistaan, tulee arvot muuttua välilehdille käsin					
SUUNTA A					
NORMAALI:					
Reitin lyhyt kuvaus			Route_Per1_DirA	C4	
Reitin nimi			Route_Per1_DirA	C3	
Käytettävä aikaperiodi			EI VOI MUUTTAA JÄLKIKÄTEEN		
Aikaperiodin pituus suhdelukuna		osuus	EI VOI MUUTTAA JÄLKIKÄTEEN		Yleisesti: Normaali 1/2 (12 tuntia)
Henkilöauton keskimääräinen henkilö määrä		hlö/ajon.	Route_Per1_DirA	C5	Ohjeen mukainen arvo: 1,5
Raskaan ajoneuvon keskimääräinen henkilö määrä		hlö/ajon.	Route_Per1_DirA	C6	Ohjeen mukainen arvo: 1,1
Linja-auton keskimääräinen henkilö määrä		hlö/ajon.	Route_Per1_DirA	C7	Ohjeen mukainen arvo: 11,7
VAK määrät (ajoneuvon tunnin)		ajon./h	Route_Per1_DirA	C8	
VAK jakauman määrittäminen	Custom				Jakaumat määritetään tehtyjen tarkasteluiden perusteella tai käytetään ohjeistuksessa annettua yleistä jakaumaa Suomessa
VAK jakaumat					
Palavat nesteet		osuus	Route_Per1_DirA	G10	
Osuuksista palavista nesteistä, joka voi johtaa höyrypilvi räjähdyskseen (ei diesel öljy)		osuus	Route_Per1_DirA	H10	
Palavat nestekaasut (pullot)		osuus	Route_Per1_DirA	J10	
Palavat nestekaasut (säiliö)		osuus	Route_Per1_DirA	F10	
Erittäin myrkylliset kaasut (säiliö)		osuus	Route_Per1_DirA	I10	
Myrkylliset kaasut (säiliö)		osuus	Route_Per1_DirA	M10	
Myrkylliset nesteet (säiliö)		osuus	Route_Per1_DirA	N10	
Myrkylliset nesteet (pullot)		osuus	Route_Per1_DirA	O10	
Ei-palavat, ei-myrkylliset kaasut (säiliö)		osuus	Route_Per1_DirA	P10	
Vaaralliset aineet, jotka voivat johtaa suureen paloon 100MW (ei nesteet)		osuus	Route_Per1_DirA	E10	
Muut (mahdollisuus vähintään 20 MW paloon)		osuus	EI VOI MUUTTAA JÄLKIKÄTEEN		

Reitin lyhyt kuvaus

Reitin nimi

Käytettävä aikaperiodi

Aikaperiodin pituus suhdelukuna

Henkilöauton keskimääräinen henkilö määrä

Raskaan ajoneuvon keskimääräinen henkilö määrä

Linja-auton keskimääräinen henkilö määrä

VAK määrät (ajoneuvoo tunnissa)

VAK jaukauman määrittäminen

Custom

osuus

hlö/ajon.

hlö/ajon.

hlö/ajon.

ajon./h

Route_Per2_DirA

Route_Per2_DirA

EI VOI MUUTTAA JÄLKIKÄTEEN

EI VOI MUUTTAA JÄLKIKÄTEEN

Route_Per2_DirA

Route_Per2_DirA

Route_Per2_DirA

Route_Per2_DirA

Route_Per2_DirA

Route_Per2_DirA

Route_Per2_DirA

Route_Per2_DirA

Route_Per2_DirA

Route_Per2_DirA

Route_Per2_DirA

Route_Per2_DirA

EI VOI MUUTTAA JÄLKIKÄTEEN

C4

C3

C5

C6

C7

C8

G10

H10

J10

F10

I10

M10

N10

O10

P10

E10

Yleisesti: Hiljainen 11/12 (10 tuntia)

Ohjeen mukainen arvo: 1,5

Ohjeen mukainen arvo: 1,1

Ohjeen mukainen arvo: 11,7

Jakaumat määritetään tehtyjen tarkasteluiden perusteella tai käytetään ohjeistuksessa annettua yleistä jakaumaa Suomessa

Reitin lyhyt kuvaus

Reitin nimi

Käytettävä aikaperiodi

Aikaperiodin pituus suhdelukuna

Henkilöauton keskimääräinen henkilö määrä

Raskaan ajoneuvon keskimääräinen henkilö määrä

Linja-auton keskimääräinen henkilö määrä

VAK määrät (ajoneuvoo tunnissa)

VAK jaukauman määrittäminen

Custom

osuus

hlö/ajon.

hlö/ajon.

hlö/ajon.

ajon./h

Route_Per3_DirA

Route_Per3_DirA

EI VOI MUUTTAA JÄLKIKÄTEEN

EI VOI MUUTTAA JÄLKIKÄTEEN

Route_Per3_DirA

Route_Per3_DirA

Route_Per3_DirA

Route_Per3_DirA

Route_Per3_DirA

Route_Per3_DirA

Route_Per3_DirA

Route_Per3_DirA

Route_Per3_DirA

Route_Per3_DirA

Route_Per3_DirA

Route_Per3_DirA

EI VOI MUUTTAA JÄLKIKÄTEEN

C4

C3

C5

C6

C7

C8

G10

H10

J10

F10

I10

M10

N10

O10

P10

E10

Yleisesti: Ruuhka 1/12 (2 tuntia)

Ohjeen mukainen arvo: 1,5

Ohjeen mukainen arvo: 1,1

Ohjeen mukainen arvo: 11,7

Jakaumat määritetään tehtyjen tarkasteluiden perusteella tai käytetään ohjeistuksessa annettua yleistä jakaumaa Suomessa

Reitin lyhyt kuvaus

Reitin nimi

Käytettävä aikaperiodi

Aikaperiodin pituus suhdelukuna

Henkilöauton keskimääräinen henkilö määrä

Raskaan ajoneuvon keskimääräinen henkilö määrä

Linja-auton keskimääräinen henkilö määrä

VAK määrät (ajoneuvoo tunnissa)

VAK jaukauman määrittäminen

Custom

osuus

hlö/ajon.

hlö/ajon.

hlö/ajon.

ajon./h

Route_Per1_DirB

Route_Per1_DirB

EI VOI MUUTTAA JÄLKIKÄTEEN

EI VOI MUUTTAA JÄLKIKÄTEEN

Route_Per1_DirB

Route_Per1_DirB

Route_Per1_DirB

Route_Per1_DirB

Route_Per1_DirB

Route_Per1_DirB

Route_Per1_DirB

Route_Per1_DirB

Route_Per1_DirB

Route_Per1_DirB

Route_Per1_DirB

Route_Per1_DirB

EI VOI MUUTTAA JÄLKIKÄTEEN

C4

C3

C5

C6

C7

C8

G10

H10

J10

F10

I10

M10

N10

O10

P10

E10

Yleisesti: Normaali 1/2 (12 tuntia)

Ohjeen mukainen arvo: 1,5

Ohjeen mukainen arvo: 1,1

Ohjeen mukainen arvo: 11,7

Jakaumat määritetään tehtyjen tarkasteluiden perusteella tai käytetään ohjeistuksessa annettua yleistä jakaumaa Suomessa

Reitin lyhyt kuvaus

Reitin nimi

Käytettävä aikaperiodi

Aikaperiodin pituus suhdelukuna

Henkilöauton keskimääräinen henkilö määrä

Raskaan ajoneuvon keskimääräinen henkilö määrä

Linja-auton keskimääräinen henkilö määrä

VAK määrät (ajoneuvoo tunnissa)

VAK jaukauman määrittäminen

Custom

osuus

hlö/ajon.

hlö/ajon.

hlö/ajon.

ajon./h

Route_Per1_DirB

Route_Per1_DirB

EI VOI MUUTTAA JÄLKIKÄTEEN

EI VOI MUUTTAA JÄLKIKÄTEEN

Route_Per1_DirB

Route_Per1_DirB

Route_Per1_DirB

Route_Per1_DirB

Route_Per1_DirB

Route_Per1_DirB

Route_Per1_DirB

Route_Per1_DirB

Route_Per1_DirB

Route_Per1_DirB

Route_Per1_DirB

Route_Per1_DirB

EI VOI MUUTTAA JÄLKIKÄTEEN

C4

C3

C5

C6

C7

C8

G10

H10

J10

F10

I10

M10

N10

O10

P10

E10

Yleisesti: Normaali 1/2 (12 tuntia)

Ohjeen mukainen arvo: 1,5

Ohjeen mukainen arvo: 1,1

Ohjeen mukainen arvo: 11,7

Jakaumat määritetään tehtyjen tarkasteluiden perusteella tai käytetään ohjeistuksessa annettua yleistä jakaumaa Suomessa

Reitin lyhyt kuvaus

Reitin nimi

Käytettävä aikaperiodi

Aikaperiodin pituus suhdelukuna

Henkilöauton keskimääräinen henkilö määrä

Raskaan ajoneuvon keskimääräinen henkilö määrä

Linja-auton keskimääräinen henkilö määrä

VAK määrät (ajoneuvoo tunnissa)

VAK jaukauman määrittäminen

Custom

osuus

hlö/ajon.

hlö/ajon.

hlö/ajon.

ajon./h

Route_Per1_DirB

Route_Per1_DirB

EI VOI MUUTTAA JÄLKIKÄTEEN

EI VOI MUUTTAA JÄLKIKÄTEEN

Route_Per1_DirB

Route_Per1_DirB

Route_Per1_DirB

Route_Per1_DirB

Route_Per1_DirB

Route_Per1_DirB

Route_Per1_DirB

Route_Per1_DirB

Route_Per1_DirB

Route_Per1_DirB

Route_Per1_DirB

Route_Per1_DirB

EI VOI MUUTTAA JÄLKIKÄTEEN

C4

C3

C5

C6

C7

C8

G10

H10

J10

F10

I10

M10

N10

O10

P10

E10

Yleisesti: Normaali 1/2 (12 tuntia)

Ohjeen mukainen arvo: 1,5

Ohjeen mukainen arvo: 1,1

Ohjeen mukainen arvo: 11,7

Jakaumat määritetään tehtyjen tarkasteluiden perusteella tai käytetään ohjeistuksessa annettua yleistä jakaumaa Suomessa

HIILIJAIN:			
Reitin lyhyt kuvaus		Route_Per2_DirB	C4
Reitin nimi		Route_Per2_DirB	C3
Käytettävä aikaperiodi		EI VOI MUUTTAA JÄLKIKÄTEEN	
Aikaperiodin pituus suhdelukuna	osuus	EI VOI MUUTTAA JÄLKIKÄTEEN	
Henkilöauton keskimääräinen henkilö määrä	hlö/ajon.	Route_Per2_DirB	C5
Raskaan ajoneuvon keskimääräinen henkilö määrä	hlö/ajon.	Route_Per2_DirB	C6
Linja-auton keskimääräinen henkilö määrä	hlö/ajon.	Route_Per2_DirB	C7
VAK määrät (ajoneuvoa tunnissa)	ajon./h	Route_Per2_DirB	C8
VAK joukautaman määrittäminen	"Custom"		
VAK jakaumat			
Palavat nesteet		Route_Per2_DirB	G10
Osuus palavista nesteistä, joka voi johtaa höyrypilvi räjähdykseen (ei diesel öljy)	osuus	Route_Per2_DirB	H10
Palavat nestekaasut (pullot)	osuus	Route_Per2_DirB	J10
Palavat nestekaasut (säiliö)	osuus	Route_Per2_DirB	F10
Erittäin myrkylliset kaasut (säiliö)	osuus	Route_Per2_DirB	I10
Myrkylliset kaasut (säiliö)	osuus	Route_Per2_DirB	M10
Myrkylliset nesteet (säiliö)	osuus	Route_Per2_DirB	N10
Myrkylliset nesteet (pullot)	osuus	Route_Per2_DirB	O10
Ei-palavat, ei-myrkylliset kaasut (säiliö)	osuus	Route_Per2_DirB	P10
Vaaralliset aineet, jotka voivat johtaa suureen paloon 100MW (ei nesteet)	osuus	Route_Per2_DirB	E10
Muut (mahdollisuus vähintään 20 MW paloon)	osuus	EI VOI MUUTTAA JÄLKIKÄTEEN	
RUUHKA:			
Reitin lyhyt kuvaus		Route_Per3_DirB	C4
Reitin nimi		Route_Per3_DirB	C3
Käytettävä aikaperiodi		EI VOI MUUTTAA JÄLKIKÄTEEN	
Aikaperiodin pituus suhdelukuna	osuus	EI VOI MUUTTAA JÄLKIKÄTEEN	
Henkilöauton keskimääräinen henkilö määrä	hlö/ajon.	Route_Per3_DirB	C5
Raskaan ajoneuvon keskimääräinen henkilö määrä	hlö/ajon.	Route_Per3_DirB	C6
Linja-auton keskimääräinen henkilö määrä	hlö/ajon.	Route_Per3_DirB	C7
VAK määrät (ajoneuvoa tunnissa)	ajon./h	Route_Per3_DirB	C8
VAK joukautaman määrittäminen	"Custom"		
VAK jakaumat			
Palavat nesteet	osuus	Route_Per3_DirB	G10
Osuus palavista nesteistä, joka voi johtaa höyrypilvi räjähdykseen (ei diesel öljy)	osuus	Route_Per3_DirB	H10
Palavat nestekaasut (pullot)	osuus	Route_Per3_DirB	J10
Palavat nestekaasut (säiliö)	osuus	Route_Per3_DirB	F10
Erittäin myrkylliset kaasut (säiliö)	osuus	Route_Per3_DirB	I10
Myrkylliset kaasut (säiliö)	osuus	Route_Per3_DirB	M10
Myrkylliset nesteet (säiliö)	osuus	Route_Per3_DirB	N10
Myrkylliset nesteet (pullot)	osuus	Route_Per3_DirB	O10
Ei-palavat, ei-myrkylliset kaasut (säiliö)	osuus	Route_Per3_DirB	P10
Vaaralliset aineet, jotka voivat johtaa suureen paloon 100MW (ei nesteet)	osuus	Route_Per3_DirB	E10
Muut (mahdollisuus vähintään 20 MW paloon)	osuus	EI VOI MUUTTAA JÄLKIKÄTEEN	

6. Kyselylaatikko - Täytetään kaikista jaksoista, aikaperiodeista ja suunnittain. Huomaa 3 välilehteä!

HUOMAUTUS! Mikäli käytetään useampaa jaksoa, täytä kaikkien jaksoiden lähtötiedot (Jaksoiden pohjat löytyvät "Jaksokohtaiset tiedot" välilehdeltä)

SUUNTA A, Aikaperiodi 1 (yksi jakso laskennassa)			
Onko jakso (section) tunneli? (Kyllä/Ei)			EI VOI MUUTTAA JÄLKIKÄTEEN
Käytetäänkö Rk-DG:tä (Fortran)?			EI VOI MUUTTAA JÄLKIKÄTEEN
Lähtöpisteen X-koordinaatti	m	Route_Per1_DirA	E21
Lähtöpisteen Y-koordinaatti	m	Route_Per1_DirA	F21
Päätepisteen X-koordinaatti	m	Route_Per1_DirA	E22
Päätepisteen Y-koordinaatti	m	Route_Per1_DirA	F22
Jakson pituus	m	Route_Per1_DirA	H22
Liikennemäärä	ajon./h	Route_Per1_DirA	K22
Raskaan liikenteen osuus	%	Route_Per1_DirA	L22
Linja-autojen osuus	%	Route_Per1_DirA	M22
Henkilöautojen keskinopeus	km/h	Route_Per1_DirA	N22
Raskaan liikenteen ja linja-autojen keskinopeus	km/h	Route_Per1_DirA	O22
Kaistojen lukumäärä	kpl	Route_Per1_DirA	Q22
Aluetyyppi (Taajama/maaseutu)		Route_Per1_DirA	I22
Väestön keskitiheys alueella	asukasta/km ²	Route_Per1_DirA	U22
Missä maassa jakso sijaitsee	Finland	Route_Per1_DirA	V22
Raskaan liikenteen onnettomuusaste	Custom	Onn./km/vuosi	Route_Per1_DirA S22
VAK korjauskerroin	Custom		Route_Per1_DirA T22

SUUNTA A, Aikaperiodi 2 (yksi jakso laskennassa)					
Onko jakso (section) tunneli? (Kyllä/Ei)				EI VOI MUUTTAA JÄLKIKÄTEEN EI VOI MUUTTAA JÄLKIKÄTEEN	
Käytetäänkö Rk-DG:tä (Fortran)?					
Lähtöpisteen X-koordinaatti		m	Route_Per2_DirA		E21
Lähtöpisteen Y-koordinaatti		m	Route_Per2_DirA		F21
Päätepisteen X-koordinaatti		m	Route_Per2_DirA		E22
Päätepisteen Y-koordinaatti		m	Route_Per2_DirA		F22
Jakson pituus		m	Route_Per2_DirA		H22
Liikennemäärä		ajon./h	Route_Per2_DirA		K22
Raskaan liikenteen osuus		%	Route_Per2_DirA		L22
Linja-autojen osuus		%	Route_Per2_DirA		M22
Henkilöautojen keskinopeus		km/h	Route_Per2_DirA	N22	Käytetään nopeusrajoitusta Käytetään nopeusrajoitusta (maksimi 80 km/h) Suuntakohtainen määrä
Raskaan liikenteen ja linja-autojen keskinopeus		km/h	Route_Per2_DirA	O22	
Kaistojen lukumäärä		kpl	Route_Per2_DirA	Q22	
Aluetyyppi (Taajama/maaseutu)			Route_Per2_DirA	I22	
Väestön keskitiheys alueella		asukasta/km²	Route_Per2_DirA	U22	
Missä maassa jakso sijaitsee	Finland		Route_Per2_DirA	V22	
Raskaan liikenteen onnettomuusaste	Custom	Onn./km/vuosi	Route_Per2_DirA	S22	
VAK korjauskerroin	Custom		Route_Per2_DirA	T22	
SUUNTA A, Aikaperiodi 3 (yksi jakso laskennassa)					
Onko jakso (section) tunneli? (Kyllä/Ei)				EI VOI MUUTTAA JÄLKIKÄTEEN EI VOI MUUTTAA JÄLKIKÄTEEN	
Käytetäänkö Rk-DG:tä (Fortran)?					
Lähtöpisteen X-koordinaatti		m	Route_Per3_DirA		E21
Lähtöpisteen Y-koordinaatti		m	Route_Per3_DirA		F21
Päätepisteen X-koordinaatti		m	Route_Per3_DirA		E22
Päätepisteen Y-koordinaatti		m	Route_Per3_DirA		F22
Jakson pituus		m	Route_Per3_DirA		H22
Liikennemäärä		ajon./h	Route_Per3_DirA		K22
Raskaan liikenteen osuus		%	Route_Per3_DirA		L22
Linja-autojen osuus		%	Route_Per3_DirA		M22
Henkilöautojen keskinopeus		km/h	Route_Per3_DirA	N22	Käytetään nopeusrajoitusta Käytetään nopeusrajoitusta (maksimi 80 km/h) Suuntakohtainen määrä
Raskaan liikenteen ja linja-autojen keskinopeus		km/h	Route_Per3_DirA	O22	
Kaistojen lukumäärä		kpl	Route_Per3_DirA	Q22	
Aluetyyppi (Taajama/maaseutu)			Route_Per3_DirA	I22	
Väestön keskitiheys alueella		asukasta/km²	Route_Per3_DirA	U22	
Missä maassa jakso sijaitsee	Finland		Route_Per3_DirA	V22	
Raskaan liikenteen onnettomuusaste	Custom	Onn./km/vuosi	Route_Per3_DirA	S22	
VAK korjauskerroin	Custom		Route_Per3_DirA	T22	
SUUNTA B, Aikaperiodi 1 (yksi jakso laskennassa)					
Onko jakso (section) tunneli? (Kyllä/Ei)				EI VOI MUUTTAA JÄLKIKÄTEEN EI VOI MUUTTAA JÄLKIKÄTEEN	
Käytetäänkö Rk-DG:tä (Fortran)?					
Lähtöpisteen X-koordinaatti		m	Route_Per1_DirB		E21
Lähtöpisteen Y-koordinaatti		m	Route_Per1_DirB		F21
Päätepisteen X-koordinaatti		m	Route_Per1_DirB		E22
Päätepisteen Y-koordinaatti		m	Route_Per1_DirB		F22
Jakson pituus		m	Route_Per1_DirB		H22
Liikennemäärä		ajon./h	Route_Per1_DirB		K22
Raskaan liikenteen osuus		%	Route_Per1_DirB		L22
Linja-autojen osuus		%	Route_Per1_DirB		M22
Henkilöautojen keskinopeus		km/h	Route_Per1_DirB	N22	Käytetään nopeusrajoitusta Käytetään nopeusrajoitusta (maksimi 80 km/h) Suuntakohtainen määrä
Raskaan liikenteen ja linja-autojen keskinopeus		km/h	Route_Per1_DirB	O22	
Kaistojen lukumäärä		kpl	Route_Per1_DirB	Q22	
Aluetyyppi (Taajama/maaseutu)			Route_Per1_DirB	I22	
Väestön keskitiheys alueella		asukasta/km²	Route_Per1_DirB	U22	
Missä maassa jakso sijaitsee	Finland		Route_Per1_DirB	V22	
Raskaan liikenteen onnettomuusaste	Custom	Onn./km/vuosi	Route_Per1_DirB	S22	
VAK korjauskerroin	Custom		Route_Per1_DirB	T22	

SUUNTA B, Aikaperiodi 2 (yksi jakso laskennassa)

Onko jakso (section) tunneli? (Kyllä/Ei)				EI VOI MUUTTAA JÄLKIKÄTEEN	
Käytetäänkö Rk-DG:tä (Fortran)?				EI VOI MUUTTAA JÄLKIKÄTEEN	
Lähtöpisteen X-koordinaatti		m	Route_Per2_DirB	E21	
Lähtöpisteen Y-koordinaatti		m	Route_Per2_DirB	F21	
Päätepisteen X-koordinaatti		m	Route_Per2_DirB	E22	
Päätepisteen Y-koordinaatti		m	Route_Per2_DirB	F22	
Jakson pituus		m	Route_Per2_DirB	H22	
Liikennemäärä		ajon./h	Route_Per2_DirB	K22	
Raskaan liikenteen osuus		%	Route_Per2_DirB	L22	
Linja-autojen osuus		%	Route_Per2_DirB	M22	
Henkilöautojen keskinopeus		km/h	Route_Per2_DirB	N22	Käytetään nopeusrajoitusta
Raskaan liikenteen ja linja-autojen keskinopeus		km/h	Route_Per2_DirB	O22	Käytetään nopeusrajoitusta (maksimi 80 km/h)
Kaistojen lukumäärä		kpl	Route_Per2_DirB	Q22	Suuntakohtainen määrä
Aluetyyppi (Taajama/maaseutu)			Route_Per2_DirB	I22	
Väestön keskitiheys alueella		asukasta/km ²	Route_Per2_DirB	U22	
Missä maassa jakso sijaitsee	Finland		Route_Per2_DirB	V22	
Raskaan liikenteen onnettomuusaste	Custom	Onn./km/vuosi	Route_Per2_DirB	S22	Käytetään ohjearvoa 6,0*10⁻⁷ , pitkissä tunneleissa 4,8*10⁻⁷ (80%). Arvo syötetään erilliseen ikkunaan, joka tulee siirryttäessä seuraavaan.
VAK korjauskerroin	Custom		Route_Per2_DirB	T22	Syötetään arvoksi 0 , korjauskerrointa EI käytetä. Arvo syötetään erilliseen ikkunaan, joka tulee siirryttäessä seuraavaan.

SUUNTA B, Aikaperiodi 3 (yksi jakso laskennassa)

Onko jakso (section) tunneli? (Kyllä/Ei)				EI VOI MUUTTAA JÄLKIKÄTEEN	
Käytetäänkö Rk-DG:tä (Fortran)?				EI VOI MUUTTAA JÄLKIKÄTEEN	
Lähtöpisteen X-koordinaatti		m	Route_Per3_DirB	E21	
Lähtöpisteen Y-koordinaatti		m	Route_Per3_DirB	F21	
Päätepisteen X-koordinaatti		m	Route_Per3_DirB	E22	
Päätepisteen Y-koordinaatti		m	Route_Per3_DirB	F22	
Jakson pituus		m	Route_Per3_DirB	H22	
Liikennemäärä		ajon./h	Route_Per3_DirB	K22	
Raskaan liikenteen osuus		%	Route_Per3_DirB	L22	
Linja-autojen osuus		%	Route_Per3_DirB	M22	
Henkilöautojen keskinopeus		km/h	Route_Per3_DirB	N22	Käytetään nopeusrajoitusta
Raskaan liikenteen ja linja-autojen keskinopeus		km/h	Route_Per3_DirB	O22	Käytetään nopeusrajoitusta (maksimi 80 km/h)
Kaistojen lukumäärä		kpl	Route_Per3_DirB	Q22	Suuntakohtainen määrä
Aluetyyppi (Taajama/maaseutu)			Route_Per3_DirB	I22	
Väestön keskitiheys alueella		asukasta/km ²	Route_Per3_DirB	U22	
Missä maassa jakso sijaitsee	Finland		Route_Per3_DirB	V22	
Raskaan liikenteen onnettomuusaste	Custom	Onn./km/vuosi	Route_Per3_DirB	S22	Käytetään ohjearvoa 6,0*10⁻⁷ , pitkissä tunneleissa 4,8*10⁻⁷ (80%). Arvo syötetään erilliseen ikkunaan, joka tulee siirryttäessä seuraavaan.
VAK korjauskerroin	Custom		Route_Per3_DirB	T22	Syötetään arvoksi 0 , korjauskerrointa EI käytetä. Arvo syötetään erilliseen ikkunaan, joka tulee siirryttäessä seuraavaan.

7. Kyselylaatikko

Laskennan aloittaminen	Run Calculations	Ohjelma vaatii vielä tunnelien tiedot, mikäli laskenta sisältää tunneleita. Lisäksi jos Fortran ohjelmaa käytetään, lisätään myös väestötieto ja tuuliolosuhteet. Nämä on esitetty lopussa, sillä niitä ei käytetä normaalissa tunnelilaskennassa Suomessa.
------------------------	------------------	---

TUNNELIN TIEDOT:

HUOMAUTUS! Mikäli lasketaan useampi tunneli, täytä kaikkien tunnelien lähtötiedot (Tunnelien pohjat löytyvät "Tunnelikohtaiset tiedot" välilehdeltä)

1. TUNNELI			
Halkaisugeometria			
Tunnelin leveys	<input type="text"/>	m	Tunnel (1) D5
Tunnelin korkeus	<input type="text"/>	m	Tunnel (1) D6
Sivukaltevuus	<input type="text"/>	%	Tunnel (1) D8
Pituusgeometria			
Osuuksien lukumäärä	<input type="text"/>	-	Tunnel (1) D13
Osuuksien pituuskaltevuus	<input type="text"/>	%	Tunnel (1) D17, E17, F17...
Ilmanvaihto - normaali			
Ilman virtaus	<input type="text"/>	m³/s	Tunnel (1) D27, E27, F27...
Virtaus solmukohdissa	<input type="text"/>	m³/s	Tunnel (1) D30, E30, F30...
Ilmanvaihto - onnettomuustilanne			
Hätäilmanvaihto-osuuksien lukumäärä	<input type="text"/>	-	Tunnel (1) D34
Hätäilmanvaihdon käynnistymisaika	<input type="text"/>	min	Tunnel (1) D35
Osuuskohtainen hätäilmanvaihto	<input type="text"/>	-	Tunnel (1) D37
Poistovirtaus tunnelista osuuksittain	<input type="text"/>	m³/s	Tunnel (1) D41, E41, F41...
Ilmavirtaus tunnelissa osuuksittain	<input type="text"/>	m³/s	Tunnel (1) D54, E54, F54...
Viemärointi			
Viemäriaukkojen pinta-ala	<input type="text"/>	m²	Tunnel (1) D67
Viemäreiden etäisyys toisistaan	<input type="text"/>	m²	Tunnel (1) D68
Varautumistoimet			
Hätäuloskäyntien etäisyys toisistaan	<input type="text"/>	m	Tunnel (1) D77
Varoituslaitteisto (0=ei ole, 1=kellot/sireeni, 2=PA, 3=PA+CCTV)	<input type="text"/>	-	Tunnel (1) D78
Tunnelin rakenne			
Rakentamistapa (1=porattu/räjäytetty, 2=leikkaus+peitto)	<input type="text"/>	-	Tunnel (1) D82
Maaperän tyyppi (1=kallio, 2=rikkonainen, 3=rikkonainen ja pohjaveden alapuolella)	<input type="text"/>	-	Tunnel (1) D83
Sisäsäde	<input type="text"/>	-	Tunnel (1) D84
Verhouksen paksuus	<input type="text"/>	m	Tunnel (1) D85
Tien kantavan kerroksen paksuus	<input type="text"/>	m	Tunnel (1) D86
Keski-/väliseinän paksuus	<input type="text"/>	m	Tunnel (1) D87
Tunnelin syvyys maanpinnasta	<input type="text"/>	m	Tunnel (1) D88
Pohjaveden pinta	<input type="text"/>	m	Tunnel (1) D89
Palosuojaus (1=on, 2=ei ole)	<input type="text"/>	-	Tunnel (1) D90
Lämpötilan kesto	<input type="text"/>	°C	Tunnel (1) D91
Paloajan kesto	<input type="text"/>	min	Tunnel (1) D92

Jaksokohtaiset tiedot-välilehti:

Kohde	Syötettävä arvo:	Yksikkö	Välilehti	Mihin soluun tieto syötetään	Huomiot
Suunta A, aikaperiodi 1, jakso 1					
Onko jakso (section) tunneli? (Kyllä/Ei)			EI VOI MUUTTAA JÄLKIKÄTEEN EI VOI MUUTTAA JÄLKIKÄTEEN		
Käytetäänkö Rk-DG:tä (Fortran)?					
Lähtöpisteen X-koordinaatti		m			
Lähtöpisteen Y-koordinaatti		m			
Päätepisteen X-koordinaatti		m			
Päätepisteen Y-koordinaatti		m			
Jakson pituus		m			
Liikennemäärä		ajon./h	Route_Per1_DirA	K22	Käytetään nopeusrajoitusta Käytetään nopeusrajoitusta (maksimi 80 km/h) Suuntakohtainen määrä
Raskaan liikenteen osuus		%	Route_Per1_DirA	L22	
Linja-autojen osuus		%	Route_Per1_DirA	M22	
Henkilöautojen keskinopeus		km/h	Route_Per1_DirA	N22	
Raskaan liikenteen ja linja-autojen keskinopeus		km/h	Route_Per1_DirA	O22	
Kaistojen lukumäärä		kpl	Route_Per1_DirA	Q22	
Aluetyyppi (Taajama/maaseutu)			Route_Per1_DirA	I22	
Väestön keskitiheys alueella		asukasta/km²	Route_Per1_DirA	U22	
Missä maassa jakso sijaitsee	Finland		Route_Per1_DirA	V22	
Raskaan liikenteen onnettomuusaste	Custom	Onn./km/vuosi	Route_Per1_DirA	S22	Käytetään ohjearvoa 6,0*10⁻⁷ , pitkissä tunneleissa 4,8*10⁻⁷ (80%). Arvo syötetään erilliseen ikkunaan, joka tulee siirryttäessä seuraavaan.
VAK korjauskerron	Custom		Route_Per1_DirA	T22	Syötetään arvoksi 0 , korjauskerronta EI käytetä. Arvo syötetään erilliseen ikkunaan, joka tulee siirryttäessä seuraavaan.
Suunta A, aikaperiodi 1, jakso 2					
Onko jakso (section) tunneli? (Kyllä/Ei)			EI VOI MUUTTAA JÄLKIKÄTEEN EI VOI MUUTTAA JÄLKIKÄTEEN		
Käytetäänkö Rk-DG:tä (Fortran)?					
Lähtöpisteen X-koordinaatti		m			
Lähtöpisteen Y-koordinaatti		m			
Päätepisteen X-koordinaatti		m			
Päätepisteen Y-koordinaatti		m			
Jakson pituus		m			
Liikennemäärä		ajon./h	Route_Per1_DirA	K23	Käytetään nopeusrajoitusta Käytetään nopeusrajoitusta (maksimi 80 km/h) Suuntakohtainen määrä
Raskaan liikenteen osuus		%	Route_Per1_DirA	L23	
Linja-autojen osuus		%	Route_Per1_DirA	M23	
Henkilöautojen keskinopeus		km/h	Route_Per1_DirA	N23	
Raskaan liikenteen ja linja-autojen keskinopeus		km/h	Route_Per1_DirA	O23	
Kaistojen lukumäärä		kpl	Route_Per1_DirA	Q23	
Aluetyyppi (Taajama/maaseutu)			Route_Per1_DirA	I23	
Väestön keskitiheys alueella		asukasta/km²	Route_Per1_DirA	U23	
Missä maassa jakso sijaitsee	Finland		Route_Per1_DirA	V23	
Raskaan liikenteen onnettomuusaste	Custom	Onn./km/vuosi	Route_Per1_DirA	S23	Käytetään ohjearvoa 6,0*10⁻⁷ , pitkissä tunneleissa 4,8*10⁻⁷ (80%). Arvo syötetään erilliseen ikkunaan, joka tulee siirryttäessä seuraavaan.
VAK korjauskerron	Custom		Route_Per1_DirA	T23	Syötetään arvoksi 0 , korjauskerronta EI käytetä. Arvo syötetään erilliseen ikkunaan, joka tulee siirryttäessä seuraavaan.
Suunta A, aikaperiodi 1, jakso 3					
Onko jakso (section) tunneli? (Kyllä/Ei)			EI VOI MUUTTAA JÄLKIKÄTEEN EI VOI MUUTTAA JÄLKIKÄTEEN		
Käytetäänkö Rk-DG:tä (Fortran)?					
Lähtöpisteen X-koordinaatti		m			
Lähtöpisteen Y-koordinaatti		m			
Päätepisteen X-koordinaatti		m			
Päätepisteen Y-koordinaatti		m			
Jakson pituus		m			
Liikennemäärä		ajon./h	Route_Per1_DirA	K24	Käytetään nopeusrajoitusta Käytetään nopeusrajoitusta (maksimi 80 km/h) Suuntakohtainen määrä
Raskaan liikenteen osuus		%	Route_Per1_DirA	L24	
Linja-autojen osuus		%	Route_Per1_DirA	M24	
Henkilöautojen keskinopeus		km/h	Route_Per1_DirA	N24	
Raskaan liikenteen ja linja-autojen keskinopeus		km/h	Route_Per1_DirA	O24	
Kaistojen lukumäärä		kpl	Route_Per1_DirA	Q24	
Aluetyyppi (Taajama/maaseutu)			Route_Per1_DirA	I24	
Väestön keskitiheys alueella		asukasta/km²	Route_Per1_DirA	U24	
Missä maassa jakso sijaitsee	Finland		Route_Per1_DirA	V24	
Raskaan liikenteen onnettomuusaste	Custom	Onn./km/vuosi	Route_Per1_DirA	S24	Käytetään ohjearvoa 6,0*10⁻⁷ , pitkissä tunneleissa 4,8*10⁻⁷ (80%). Arvo syötetään erilliseen ikkunaan, joka tulee siirryttäessä seuraavaan.
VAK korjauskerron	Custom		Route_Per1_DirA	T24	Syötetään arvoksi 0 , korjauskerronta EI käytetä. Arvo syötetään erilliseen ikkunaan, joka tulee siirryttäessä seuraavaan.

Suunta A, aikaperiodi 2, jakso 1				
Onko jakso (section) tunneli? (Kyllä/Ei)				EI VOI MUUTTAA JÄLKIKÄTEEN
Käytetäänkö Rk-DG:tä (Fortran)?				EI VOI MUUTTAA JÄLKIKÄTEEN
Lähtöpisteen X-koordinaatti		m	Route_Per2_DirA	E21
Lähtöpisteen Y-koordinaatti		m	Route_Per2_DirA	F21
Päätepisteen X-koordinaatti		m	Route_Per2_DirA	E22
Päätepisteen Y-koordinaatti		m	Route_Per2_DirA	F22
Jakson pituus		m	Route_Per2_DirA	H22
Liikennemäärä		ajon./h	Route_Per2_DirA	K22
Raskaan liikenteen osuus		%	Route_Per2_DirA	L22
Linja-autojen osuus		%	Route_Per2_DirA	M22
Henkilöautojen keskinopeus		km/h	Route_Per2_DirA	N22
Raskaan liikenteen ja linja-autojen keskinopeus		km/h	Route_Per2_DirA	O22
Kaistojen lukumäärä		kpl	Route_Per2_DirA	Q22
Aluetyyppi (Taajama/maaseutu)			Route_Per2_DirA	I22
Väestön keskitiheys alueella		asukasta/km²	Route_Per2_DirA	U22
Missä maassa jakso sijaitsee		Finland	Route_Per2_DirA	V22
Raskaan liikenteen onnettomuusaste	Custom	Onn./km/vuosi	Route_Per2_DirA	S22
VAK korjauskerroin	Custom		Route_Per2_DirA	T22
Suunta A, aikaperiodi 2, jakso 2				
Onko jakso (section) tunneli? (Kyllä/Ei)				EI VOI MUUTTAA JÄLKIKÄTEEN
Käytetäänkö Rk-DG:tä (Fortran)?				EI VOI MUUTTAA JÄLKIKÄTEEN
Lähtöpisteen X-koordinaatti		m	Route_Per2_DirA	E22
Lähtöpisteen Y-koordinaatti		m	Route_Per2_DirA	F22
Päätepisteen X-koordinaatti		m	Route_Per2_DirA	E23
Päätepisteen Y-koordinaatti		m	Route_Per2_DirA	F23
Jakson pituus		m	Route_Per2_DirA	H23
Liikennemäärä		ajon./h	Route_Per2_DirA	K23
Raskaan liikenteen osuus		%	Route_Per2_DirA	L23
Linja-autojen osuus		%	Route_Per2_DirA	M23
Henkilöautojen keskinopeus		km/h	Route_Per2_DirA	N23
Raskaan liikenteen ja linja-autojen keskinopeus		km/h	Route_Per2_DirA	O23
Kaistojen lukumäärä		kpl	Route_Per2_DirA	Q23
Aluetyyppi (Taajama/maaseutu)			Route_Per2_DirA	I23
Väestön keskitiheys alueella		asukasta/km²	Route_Per2_DirA	U23
Missä maassa jakso sijaitsee		Finland	Route_Per2_DirA	V23
Raskaan liikenteen onnettomuusaste	Custom	Onn./km/vuosi	Route_Per2_DirA	S23
VAK korjauskerroin	Custom		Route_Per2_DirA	T23
Suunta A, aikaperiodi 2, jakso 3				
Onko jakso (section) tunneli? (Kyllä/Ei)				EI VOI MUUTTAA JÄLKIKÄTEEN
Käytetäänkö Rk-DG:tä (Fortran)?				EI VOI MUUTTAA JÄLKIKÄTEEN
Lähtöpisteen X-koordinaatti		m	Route_Per2_DirA	E23
Lähtöpisteen Y-koordinaatti		m	Route_Per2_DirA	F23
Päätepisteen X-koordinaatti		m	Route_Per2_DirA	E24
Päätepisteen Y-koordinaatti		m	Route_Per2_DirA	F24
Jakson pituus		m	Route_Per2_DirA	H24
Liikennemäärä		ajon./h	Route_Per2_DirA	K24
Raskaan liikenteen osuus		%	Route_Per2_DirA	L24
Linja-autojen osuus		%	Route_Per2_DirA	M24
Henkilöautojen keskinopeus		km/h	Route_Per2_DirA	N24
Raskaan liikenteen ja linja-autojen keskinopeus		km/h	Route_Per2_DirA	O24
Kaistojen lukumäärä		kpl	Route_Per2_DirA	Q24
Aluetyyppi (Taajama/maaseutu)			Route_Per2_DirA	I24
Väestön keskitiheys alueella		asukasta/km²	Route_Per2_DirA	U24
Missä maassa jakso sijaitsee		Finland	Route_Per2_DirA	V24
Raskaan liikenteen onnettomuusaste	Custom	Onn./km/vuosi	Route_Per2_DirA	S24
VAK korjauskerroin	Custom		Route_Per2_DirA	T24

Suunta A, aikaperiodi 3, jakso 1				
Onko jakso (section) tunneli? (Kyllä/Ei)				EI VOI MUUTTAA JÄLKIKÄTEEN
Käytetäänkö Rk-DG:tä (Fortran)?				EI VOI MUUTTAA JÄLKIKÄTEEN
Lähtöpisteen X-koordinaatti		m	Route_Per3_DirA	E21
Lähtöpisteen Y-koordinaatti		m	Route_Per3_DirA	F21
Päätepisteen X-koordinaatti		m	Route_Per3_DirA	E22
Päätepisteen Y-koordinaatti		m	Route_Per3_DirA	F22
Jakson pituus		m	Route_Per3_DirA	H22
Liikennemäärä		ajon./h	Route_Per3_DirA	K22
Raskaan liikenteen osuus		%	Route_Per3_DirA	L22
Linja-autojen osuus		%	Route_Per3_DirA	M22
Henkilöautojen keskinopeus		km/h	Route_Per3_DirA	N22
Raskaan liikenteen ja linja-autojen keskinopeus		km/h	Route_Per3_DirA	O22
Kaistojen lukumäärä		kpl	Route_Per3_DirA	Q22
Aluetyyppi (Taajama/maaseutu)			Route_Per3_DirA	I22
Väestön keskitiheys alueella		asukasta/km²	Route_Per3_DirA	U22
Missä maassa jakso sijaitsee		Finland	Route_Per3_DirA	V22
Raskaan liikenteen onnettomuusaste	Custom	Onn./km/vuosi	Route_Per3_DirA	S22
VAK korjauskerroin	Custom		Route_Per3_DirA	T22
Suunta A, aikaperiodi 3, jakso 2				
Onko jakso (section) tunneli? (Kyllä/Ei)				EI VOI MUUTTAA JÄLKIKÄTEEN
Käytetäänkö Rk-DG:tä (Fortran)?				EI VOI MUUTTAA JÄLKIKÄTEEN
Lähtöpisteen X-koordinaatti		m	Route_Per3_DirA	E22
Lähtöpisteen Y-koordinaatti		m	Route_Per3_DirA	F22
Päätepisteen X-koordinaatti		m	Route_Per3_DirA	E23
Päätepisteen Y-koordinaatti		m	Route_Per3_DirA	F23
Jakson pituus		m	Route_Per3_DirA	H23
Liikennemäärä		ajon./h	Route_Per3_DirA	K23
Raskaan liikenteen osuus		%	Route_Per3_DirA	L23
Linja-autojen osuus		%	Route_Per3_DirA	M23
Henkilöautojen keskinopeus		km/h	Route_Per3_DirA	N23
Raskaan liikenteen ja linja-autojen keskinopeus		km/h	Route_Per3_DirA	O23
Kaistojen lukumäärä		kpl	Route_Per3_DirA	Q23
Aluetyyppi (Taajama/maaseutu)			Route_Per3_DirA	I23
Väestön keskitiheys alueella		asukasta/km²	Route_Per3_DirA	U23
Missä maassa jakso sijaitsee		Finland	Route_Per3_DirA	V23
Raskaan liikenteen onnettomuusaste	Custom	Onn./km/vuosi	Route_Per3_DirA	S23
VAK korjauskerroin	Custom		Route_Per3_DirA	T23
Suunta A, aikaperiodi 3, jakso 3				
Onko jakso (section) tunneli? (Kyllä/Ei)				EI VOI MUUTTAA JÄLKIKÄTEEN
Käytetäänkö Rk-DG:tä (Fortran)?				EI VOI MUUTTAA JÄLKIKÄTEEN
Lähtöpisteen X-koordinaatti		m	Route_Per3_DirA	E23
Lähtöpisteen Y-koordinaatti		m	Route_Per3_DirA	F23
Päätepisteen X-koordinaatti		m	Route_Per3_DirA	E24
Päätepisteen Y-koordinaatti		m	Route_Per3_DirA	F24
Jakson pituus		m	Route_Per3_DirA	H24
Liikennemäärä		ajon./h	Route_Per3_DirA	K24
Raskaan liikenteen osuus		%	Route_Per3_DirA	L24
Linja-autojen osuus		%	Route_Per3_DirA	M24
Henkilöautojen keskinopeus		km/h	Route_Per3_DirA	N24
Raskaan liikenteen ja linja-autojen keskinopeus		km/h	Route_Per3_DirA	O24
Kaistojen lukumäärä		kpl	Route_Per3_DirA	Q24
Aluetyyppi (Taajama/maaseutu)			Route_Per3_DirA	I24
Väestön keskitiheys alueella		asukasta/km²	Route_Per3_DirA	U24
Missä maassa jakso sijaitsee		Finland	Route_Per3_DirA	V24
Raskaan liikenteen onnettomuusaste	Custom	Onn./km/vuosi	Route_Per3_DirA	S24
VAK korjauskerroin	Custom		Route_Per3_DirA	T24

SUUNTA B

Suunta B, aikaperiodi 1, jakso 1

Onko jakso (section) tunneli? (Kyllä/Ei)				EI VOI MUUTTAA JÄLKIKÄTEEN	
Käytetäänkö Rk-DG:tä (Fortran)?				EI VOI MUUTTAA JÄLKIKÄTEEN	
Lähtöpisteen X-koordinaatti		m	Route_Per1_DirB	E21	
Lähtöpisteen Y-koordinaatti		m	Route_Per1_DirB	F21	
Päätepisteen X-koordinaatti		m	Route_Per1_DirB	E22	
Päätepisteen Y-koordinaatti		m	Route_Per1_DirB	F22	
Jakson pituus		m	Route_Per1_DirB	H22	
Liikennemäärä		ajon./h	Route_Per1_DirB	K22	
Raskaan liikenteen osuus		%	Route_Per1_DirB	L22	
Linja-autojen osuus		%	Route_Per1_DirB	M22	
Henkilöautojen keskinopeus		km/h	Route_Per1_DirB	N22	Käytetään nopeusrajoitusta
Raskaan liikenteen ja linja-autojen keskinopeus		km/h	Route_Per1_DirB	O22	Käytetään nopeusrajoitusta (maksimi 80 km/h)
Kaistojen lukumäärä		kpl	Route_Per1_DirB	Q22	Suuntakohtainen määrä
Aluetyyppi (Taajama/maaseutu)			Route_Per1_DirB	I22	
Väestön keskitiheys alueella		asukasta/km²	Route_Per1_DirB	U22	
Missä maassa jakso sijaitsee	Finland		Route_Per1_DirB	V22	
Raskaan liikenteen onnettomuusaste	Custom	Onn./km/vuosi	Route_Per1_DirB	S22	Käytetään ohjearvoa 6,0*10⁻⁷ , pitkissä tunneleissa 4,8*10⁻⁷ (80%). Arvo syötetään erilliseen ikkunaan, joka tulee siirryttäessä seuraavaan.
VAK korjauskerroin	Custom		Route_Per1_DirB	T22	Syötetään arvoksi 0 , korjauskerronta Ei käytetä. Arvo syötetään erilliseen ikkunaan, joka tulee siirryttäessä seuraavaan.

Suunta B, aikaperiodi 1, jakso 2

Onko jakso (section) tunneli? (Kyllä/Ei)				EI VOI MUUTTAA JÄLKIKÄTEEN	
Käytetäänkö Rk-DG:tä (Fortran)?				EI VOI MUUTTAA JÄLKIKÄTEEN	
Lähtöpisteen X-koordinaatti		m	Route_Per1_DirB	E22	
Lähtöpisteen Y-koordinaatti		m	Route_Per1_DirB	F22	
Päätepisteen X-koordinaatti		m	Route_Per1_DirB	E23	
Päätepisteen Y-koordinaatti		m	Route_Per1_DirB	F23	
Jakson pituus		m	Route_Per1_DirB	H23	
Liikennemäärä		ajon./h	Route_Per1_DirB	K23	
Raskaan liikenteen osuus		%	Route_Per1_DirB	L23	
Linja-autojen osuus		%	Route_Per1_DirB	M23	
Henkilöautojen keskinopeus		km/h	Route_Per1_DirB	N23	Käytetään nopeusrajoitusta
Raskaan liikenteen ja linja-autojen keskinopeus		km/h	Route_Per1_DirB	O23	Käytetään nopeusrajoitusta (maksimi 80 km/h)
Kaistojen lukumäärä		kpl	Route_Per1_DirB	Q23	Suuntakohtainen määrä
Aluetyyppi (Taajama/maaseutu)			Route_Per1_DirB	I23	
Väestön keskitiheys alueella		asukasta/km²	Route_Per1_DirB	U23	
Missä maassa jakso sijaitsee	Finland		Route_Per1_DirB	V23	
Raskaan liikenteen onnettomuusaste	Custom	Onn./km/vuosi	Route_Per1_DirB	S23	Käytetään ohjearvoa 6,0*10⁻⁷ , pitkissä tunneleissa 4,8*10⁻⁷ (80%). Arvo syötetään erilliseen ikkunaan, joka tulee siirryttäessä seuraavaan.
VAK korjauskerroin	Custom		Route_Per1_DirB	T23	Syötetään arvoksi 0 , korjauskerronta Ei käytetä. Arvo syötetään erilliseen ikkunaan, joka tulee siirryttäessä seuraavaan.

Suunta B, aikaperiodi 1, jakso 3

Onko jakso (section) tunneli? (Kyllä/Ei)				EI VOI MUUTTAA JÄLKIKÄTEEN	
Käytetäänkö Rk-DG:tä (Fortran)?				EI VOI MUUTTAA JÄLKIKÄTEEN	
Lähtöpisteen X-koordinaatti		m	Route_Per1_DirB	E23	
Lähtöpisteen Y-koordinaatti		m	Route_Per1_DirB	F23	
Päätepisteen X-koordinaatti		m	Route_Per1_DirB	E24	
Päätepisteen Y-koordinaatti		m	Route_Per1_DirB	F24	
Jakson pituus		m	Route_Per1_DirB	H24	
Liikennemäärä		ajon./h	Route_Per1_DirB	K24	
Raskaan liikenteen osuus		%	Route_Per1_DirB	L24	
Linja-autojen osuus		%	Route_Per1_DirB	M24	
Henkilöautojen keskinopeus		km/h	Route_Per1_DirB	N24	Käytetään nopeusrajoitusta
Raskaan liikenteen ja linja-autojen keskinopeus		km/h	Route_Per1_DirB	O24	Käytetään nopeusrajoitusta (maksimi 80 km/h)
Kaistojen lukumäärä		kpl	Route_Per1_DirB	Q24	Suuntakohtainen määrä
Aluetyyppi (Taajama/maaseutu)			Route_Per1_DirB	I24	
Väestön keskitiheys alueella		asukasta/km²	Route_Per1_DirB	U24	
Missä maassa jakso sijaitsee	Finland		Route_Per1_DirB	V24	
Raskaan liikenteen onnettomuusaste	Custom	Onn./km/vuosi	Route_Per1_DirB	S24	Käytetään ohjearvoa 6,0*10⁻⁷ , pitkissä tunneleissa 4,8*10⁻⁷ (80%). Arvo syötetään erilliseen ikkunaan, joka tulee siirryttäessä seuraavaan.
VAK korjauskerroin	Custom		Route_Per1_DirB	T24	Syötetään arvoksi 0 , korjauskerronta Ei käytetä. Arvo syötetään erilliseen ikkunaan, joka tulee siirryttäessä seuraavaan.

Suunta B, aikaperiodi 2, jakso 1				
Onko jakso (section) tunneli? (Kyllä/Ei)				EI VOI MUUTTAA JÄLKIKÄTEEN
Käytetäänkö Rk-DG:tä (Fortran)?				EI VOI MUUTTAA JÄLKIKÄTEEN
Lähtöpisteen X-koordinaatti		m	Route_Per2_DirB	E21
Lähtöpisteen Y-koordinaatti		m	Route_Per2_DirB	F21
Päätepisteen X-koordinaatti		m	Route_Per2_DirB	E22
Päätepisteen Y-koordinaatti		m	Route_Per2_DirB	F22
Jakson pituus		m	Route_Per2_DirB	H22
Liikennemäärä		ajon./h	Route_Per2_DirB	K22
Raskaan liikenteen osuus		%	Route_Per2_DirB	L22
Linja-autojen osuus		%	Route_Per2_DirB	M22
Henkilöautojen keskinopeus		km/h	Route_Per2_DirB	N22
Raskaan liikenteen ja linja-autojen keskinopeus		km/h	Route_Per2_DirB	O22
Kaistojen lukumäärä		kpl	Route_Per2_DirB	Q22
Aluetyyppi (Taajama/maaseutu)			Route_Per2_DirB	I22
Väestön keskitiheys alueella		asukasta/km ²	Route_Per2_DirB	U22
Missä maassa jakso sijaitsee		Finland	Route_Per2_DirB	V22
Raskaan liikenteen onnettomuusaste	Custom	Onn./km/vuosi	Route_Per2_DirB	S22
VAK korjauskerron	Custom		Route_Per2_DirB	T22
<p>Käytetään ohjearvoa 6,0*10⁻⁷, pitkissä tunneleissa 4,8*10⁻⁷ (80%). Arvo syötetään erilliseen ikkunaan, joka tulee siirryttäessä seuraavaan.</p> <p>Syötetään arvoksi 0, korjauskerronta Ei käytetä. Arvo syötetään erilliseen ikkunaan, joka tulee siirryttäessä seuraavaan.</p>				
Suunta B, aikaperiodi 2, jakso 2				
Onko jakso (section) tunneli? (Kyllä/Ei)				EI VOI MUUTTAA JÄLKIKÄTEEN
Käytetäänkö Rk-DG:tä (Fortran)?				EI VOI MUUTTAA JÄLKIKÄTEEN
Lähtöpisteen X-koordinaatti		m	Route_Per2_DirB	E22
Lähtöpisteen Y-koordinaatti		m	Route_Per2_DirB	F22
Päätepisteen X-koordinaatti		m	Route_Per2_DirB	E23
Päätepisteen Y-koordinaatti		m	Route_Per2_DirB	F23
Jakson pituus		m	Route_Per2_DirB	H23
Liikennemäärä		ajon./h	Route_Per2_DirB	K23
Raskaan liikenteen osuus		%	Route_Per2_DirB	L23
Linja-autojen osuus		%	Route_Per2_DirB	M23
Henkilöautojen keskinopeus		km/h	Route_Per2_DirB	N23
Raskaan liikenteen ja linja-autojen keskinopeus		km/h	Route_Per2_DirB	O23
Kaistojen lukumäärä		kpl	Route_Per2_DirB	Q23
Aluetyyppi (Taajama/maaseutu)			Route_Per2_DirB	I23
Väestön keskitiheys alueella		asukasta/km ²	Route_Per2_DirB	U23
Missä maassa jakso sijaitsee		Finland	Route_Per2_DirB	V23
Raskaan liikenteen onnettomuusaste	Custom	Onn./km/vuosi	Route_Per2_DirB	S23
VAK korjauskerron	Custom		Route_Per2_DirB	T23
<p>Käytetään ohjearvoa 6,0*10⁻⁷, pitkissä tunneleissa 4,8*10⁻⁷ (80%). Arvo syötetään erilliseen ikkunaan, joka tulee siirryttäessä seuraavaan.</p> <p>Syötetään arvoksi 0, korjauskerronta Ei käytetä. Arvo syötetään erilliseen ikkunaan, joka tulee siirryttäessä seuraavaan.</p>				
Suunta B, aikaperiodi 2, jakso 3				
Onko jakso (section) tunneli? (Kyllä/Ei)				EI VOI MUUTTAA JÄLKIKÄTEEN
Käytetäänkö Rk-DG:tä (Fortran)?				EI VOI MUUTTAA JÄLKIKÄTEEN
Lähtöpisteen X-koordinaatti		m	Route_Per2_DirB	E23
Lähtöpisteen Y-koordinaatti		m	Route_Per2_DirB	F23
Päätepisteen X-koordinaatti		m	Route_Per2_DirB	E24
Päätepisteen Y-koordinaatti		m	Route_Per2_DirB	F24
Jakson pituus		m	Route_Per2_DirB	H24
Liikennemäärä		ajon./h	Route_Per2_DirB	K24
Raskaan liikenteen osuus		%	Route_Per2_DirB	L24
Linja-autojen osuus		%	Route_Per2_DirB	M24
Henkilöautojen keskinopeus		km/h	Route_Per2_DirB	N24
Raskaan liikenteen ja linja-autojen keskinopeus		km/h	Route_Per2_DirB	O24
Kaistojen lukumäärä		kpl	Route_Per2_DirB	Q24
Aluetyyppi (Taajama/maaseutu)			Route_Per2_DirB	I24
Väestön keskitiheys alueella		asukasta/km ²	Route_Per2_DirB	U24
Missä maassa jakso sijaitsee		Finland	Route_Per2_DirB	V24
Raskaan liikenteen onnettomuusaste	Custom	Onn./km/vuosi	Route_Per2_DirB	S24
VAK korjauskerron	Custom		Route_Per2_DirB	T24
<p>Käytetään ohjearvoa 6,0*10⁻⁷, pitkissä tunneleissa 4,8*10⁻⁷ (80%). Arvo syötetään erilliseen ikkunaan, joka tulee siirryttäessä seuraavaan.</p> <p>Syötetään arvoksi 0, korjauskerronta Ei käytetä. Arvo syötetään erilliseen ikkunaan, joka tulee siirryttäessä seuraavaan.</p>				

Suunta B, aikaperiodi 3, jakso 1				
Onko jakso (section) tunneli? (Kyllä/Ei)				EI VOI MUUTTAA JÄLKIKÄTEEN
Käytetäänkö Rk-DG:tä (Fortran)?				EI VOI MUUTTAA JÄLKIKÄTEEN
Lähtöpisteen X-koordinaatti		m	Route_Per3_DirB	E21
Lähtöpisteen Y-koordinaatti		m	Route_Per3_DirB	F21
Päätepisteen X-koordinaatti		m	Route_Per3_DirB	E22
Päätepisteen Y-koordinaatti		m	Route_Per3_DirB	F22
Jakson pituus		m	Route_Per3_DirB	H22
Liikennemäärä		ajon./h	Route_Per3_DirB	K22
Raskaan liikenteen osuus		%	Route_Per3_DirB	L22
Linja-autojen osuus		%	Route_Per3_DirB	M22
Henkilöautojen keskinopeus		km/h	Route_Per3_DirB	N22
Raskaan liikenteen ja linja-autojen keskinopeus		km/h	Route_Per3_DirB	O22
Kaistojen lukumäärä		kpl	Route_Per3_DirB	Q22
Aluetyyppi (Taajama/maaseutu)			Route_Per3_DirB	I22
Väestön keskitiheys alueella		asukasta/km ²	Route_Per3_DirB	U22
Missä maassa jakso sijaitsee		Finland	Route_Per3_DirB	V22
Raskaan liikenteen onnettomuusaste	Custom	Onn./km/vuosi	Route_Per3_DirB	S22
VAK korjauskerron	Custom		Route_Per3_DirB	T22
Suunta B, aikaperiodi 3, jakso 2				
Onko jakso (section) tunneli? (Kyllä/Ei)				EI VOI MUUTTAA JÄLKIKÄTEEN
Käytetäänkö Rk-DG:tä (Fortran)?				EI VOI MUUTTAA JÄLKIKÄTEEN
Lähtöpisteen X-koordinaatti		m	Route_Per3_DirB	E22
Lähtöpisteen Y-koordinaatti		m	Route_Per3_DirB	F22
Päätepisteen X-koordinaatti		m	Route_Per3_DirB	E23
Päätepisteen Y-koordinaatti		m	Route_Per3_DirB	F23
Jakson pituus		m	Route_Per3_DirB	H23
Liikennemäärä		ajon./h	Route_Per3_DirB	K23
Raskaan liikenteen osuus		%	Route_Per3_DirB	L23
Linja-autojen osuus		%	Route_Per3_DirB	M23
Henkilöautojen keskinopeus		km/h	Route_Per3_DirB	N23
Raskaan liikenteen ja linja-autojen keskinopeus		km/h	Route_Per3_DirB	O23
Kaistojen lukumäärä		kpl	Route_Per3_DirB	Q23
Aluetyyppi (Taajama/maaseutu)			Route_Per3_DirB	I23
Väestön keskitiheys alueella		asukasta/km ²	Route_Per3_DirB	U23
Missä maassa jakso sijaitsee		Finland	Route_Per3_DirB	V23
Raskaan liikenteen onnettomuusaste	Custom	Onn./km/vuosi	Route_Per3_DirB	S23
VAK korjauskerron	Custom		Route_Per3_DirB	T23
Suunta B, aikaperiodi 3, jakso 3				
Onko jakso (section) tunneli? (Kyllä/Ei)				EI VOI MUUTTAA JÄLKIKÄTEEN
Käytetäänkö Rk-DG:tä (Fortran)?				EI VOI MUUTTAA JÄLKIKÄTEEN
Lähtöpisteen X-koordinaatti		m	Route_Per3_DirB	E23
Lähtöpisteen Y-koordinaatti		m	Route_Per3_DirB	F23
Päätepisteen X-koordinaatti		m	Route_Per3_DirB	E24
Päätepisteen Y-koordinaatti		m	Route_Per3_DirB	F24
Jakson pituus		m	Route_Per3_DirB	H24
Liikennemäärä		ajon./h	Route_Per3_DirB	K24
Raskaan liikenteen osuus		%	Route_Per3_DirB	L24
Linja-autojen osuus		%	Route_Per3_DirB	M24
Henkilöautojen keskinopeus		km/h	Route_Per3_DirB	N24
Raskaan liikenteen ja linja-autojen keskinopeus		km/h	Route_Per3_DirB	O24
Kaistojen lukumäärä		kpl	Route_Per3_DirB	Q24
Aluetyyppi (Taajama/maaseutu)			Route_Per3_DirB	I24
Väestön keskitiheys alueella		asukasta/km ²	Route_Per3_DirB	U24
Missä maassa jakso sijaitsee		Finland	Route_Per3_DirB	V24
Raskaan liikenteen onnettomuusaste	Custom	Onn./km/vuosi	Route_Per3_DirB	S24
VAK korjauskerron	Custom		Route_Per3_DirB	T24

Tunnelikohtaiset tiedot-välilehti:

Kohde	Syötettävä arvo:	Yksikkö	Välilehti	Mihin soluun tieto syötetään	Huomiot
1. TUNNELI					
Halkaisugeometria					
Tunnelin leveys		m	Tunnel (1)	D5	
Tunnelin korkeus		m	Tunnel (1)	D6	
Sivukaltevuus		%	Tunnel (1)	D8	
Pituusgeometria					
Osuuksien lukumäärä		-	Tunnel (1)	D13	
Osuuksien pituuskaltevuus		%	Tunnel (1)	D17, E17, F17...	
Ilmanvaihto - normaali					
Ilman virtaus		m³/s	Tunnel (1)	D27, E27, F27...	
Virtaus solmukohdissa		m³/s	Tunnel (1)	D30, E30, F30...	
Ilmanvaihto - onnettomuustilanne					
Hätäilmanvaihto-osuuksien lukumäärä		-	Tunnel (1)	D34	
Hätäilmanvaihdon käynnistymisaika		min	Tunnel (1)	D35	
Osuuskohtainen hätäilmanvaihto		-	Tunnel (1)	D37	
Poistovirtaus tunnelista osuuksittain		m³/s	Tunnel (1)	D41, E41, F41...	
Ilmavirtaus tunnelissa osuuksittain		m³/s	Tunnel (1)	D54, E54, F54...	
Viemäröinti					
Viemäriaukkojen pinta-ala		m²	Tunnel (1)	D67	
Viemäreiden etäisyys toisistaan		m²	Tunnel (1)	D68	
Varautumistoimet					
Hätäuloskäyntien etäisyys toisistaan		m	Tunnel (1)	D77	
Varoituslaitteisto (0=ei ole, 1=kellot/sireeni, 2=PA, 3=PA+CCTV)		-	Tunnel (1)	D78	
Tunnelin rakenne					
Rakentamistapa (1=porattu/räjäytetty, 2=leikkaus+peitto)		-	Tunnel (1)	D82	
Maaperän tyyppi (1=kallio, 2=rikkonainen, 3=rikkonainen ja pohjaveden alapuolella)		-	Tunnel (1)	D83	
Sisäsäde			Tunnel (1)	D84	
Verhouksen paksuus		m	Tunnel (1)	D85	
Tien kantavan kerroksen paksuus		m	Tunnel (1)	D86	
Keski-/väliseinän paksuus		m	Tunnel (1)	D87	
Tunnelin syvyys maanpinnasta		m	Tunnel (1)	D88	
Pohjaveden pinta		m	Tunnel (1)	D89	
Palosuojaus (1=on, 2=ei ole)		-	Tunnel (1)	D90	
Lämpötilan kesto		°C	Tunnel (1)	D91	
Paloajan kesto		min	Tunnel (1)	D92	

2. TUNNELI**Halkaisugeometria**

Tunnelin leveys		m	Tunnel (2)	D5
Tunnelin korkeus		m	Tunnel (2)	D6
Sivukaltevuus		%	Tunnel (2)	D8

Pituusgeometria

Osuuksien lukumäärä		-	Tunnel (2)	D13
Osuuksien pituuskaltevuus		%	Tunnel (2)	D17, E17, F17...

Ilmanvaihto - normaali

Ilman virtaus		m ³ /s	Tunnel (2)	D27, E27, F27...
Virtaus solmukohdissa		m ³ /s	Tunnel (2)	D30, E30, F30...

Ilmanvaihto - onnettomuustilanne

Hätäilmanvaihto-osuuksien lukumäärä		-	Tunnel (2)	D34
Hätäilmanvaihdon käynnistymisaika		min	Tunnel (2)	D35
Osuuskohtainen hätäilmanvaihto		-	Tunnel (2)	D37
Poistovirtaus tunnelista osuuksittain		m ³ /s	Tunnel (2)	D41, E41, F41...
Ilmavirtaus tunnelissa osuuksittain		m ³ /s	Tunnel (2)	D54, E54, F54...

Viemäröinti

Viemäriaukkojen pinta-ala		m ²	Tunnel (2)	D67
Viemäreiden etäisyys toisistaan		m ²	Tunnel (2)	D68

Varautumistoimet

Hätäuloskäyntien etäisyys toisistaan		m	Tunnel (2)	D77
Varoituslaitteisto (0=ei ole, 1=kellot/sireeni, 2=PA, 3=PA+CCTV)		-	Tunnel (2)	D78

Tunnelin rakenne

Rakentamistapa (1=porattu/räjäytetty, 2=leikkaus+peitto)		-	Tunnel (2)	D82
Maaperän tyyppi (1=kallio, 2=rikkonainen, 3=rikkonainen ja pohjaveden alapuolella)		-	Tunnel (2)	D83
Sisäsäde			Tunnel (2)	D84
Verhouksen paksuus		m	Tunnel (2)	D85
Tien kantavan kerroksen paksuus		m	Tunnel (2)	D86
Keski-/väliseinän paksuus		m	Tunnel (2)	D87
Tunnelin syvyys maanpinnasta		m	Tunnel (2)	D88
Pohjaveden pinta		m	Tunnel (2)	D89
Palosuojaus (1=on, 2=ei ole)		-	Tunnel (2)	D90
Lämpötilan kesto		°C	Tunnel (2)	D91
Paloajan kesto		min	Tunnel (2)	D92

3. TUNNELI				
Halkaisugeometria				
Tunnelin leveys		m	Tunnel (3)	D5
Tunnelin korkeus		m	Tunnel (3)	D6
Sivukaltevuus		%	Tunnel (3)	D8
Pituusgeometria				
Osuuksien lukumäärä		-	Tunnel (3)	D13
Osuuksien pituuskaltevuus		%	Tunnel (3)	D17, E17, F17...
Ilmanvaihto - normaali				
Ilman virtaus		m³/s	Tunnel (3)	D27, E27, F27...
Virtaus solmukohdissa		m³/s	Tunnel (3)	D30, E30, F30...
Ilmanvaihto - onnettomuustilanne				
Hätäilmanvaihto-osuuksien lukumäärä		-	Tunnel (3)	D34
Hätäilmanvaihdon käynnistymisaika		min	Tunnel (3)	D35
Osuuskohtainen hätäilmanvaihto		-	Tunnel (3)	D37
Poistovirtaus tunnelista osuuksittain		m³/s	Tunnel (3)	D41, E41, F41...
Ilmavirtaus tunnelissa osuuksittain		m³/s	Tunnel (3)	D54, E54, F54...
Viemäröinti				
Viemäriaukkojen pinta-ala		m²	Tunnel (3)	D67
Viemäreiden etäisyys toisistaan		m²	Tunnel (3)	D68
Varautumistoimet				
Hätäuloskäyntien etäisyys toisistaan		m	Tunnel (3)	D77
Varoituslaitteisto (0=ei ole, 1=kellot/sireeni, 2=PA, 3=PA+CCTV)		-	Tunnel (3)	D78
Tunnelin rakenne				
Rakentamistapa (1=porattu/räjäytetty, 2=leikkaus+peitto)		-	Tunnel (3)	D82
Maaperän tyyppi (1=kallio, 2=rikkonainen, 3=rikkonainen ja pohjaveden alapuolella)		-	Tunnel (3)	D83
Sisäsäde			Tunnel (3)	D84
Verhouksen paksuus		m	Tunnel (3)	D85
Tien kantavan kerroksen paksuus		m	Tunnel (3)	D86
Keski-/väliseinän paksuus		m	Tunnel (3)	D87
Tunnelin syvyys maanpinnasta		m	Tunnel (3)	D88
Pohjaveden pinta		m	Tunnel (3)	D89
Palosuojaus (1=on, 2=ei ole)		-	Tunnel (3)	D90
Lämpötilan kesto		°C	Tunnel (3)	D91
Paloajan kesto		min	Tunnel (3)	D92

4. TUNNELI**Halkaisugeometria**

Tunnelin leveys		m	Tunnel (4)	D5
Tunnelin korkeus		m	Tunnel (4)	D6
Sivukaltevuus		%	Tunnel (4)	D8

Pituusgeometria

Osuuksien lukumäärä		-	Tunnel (4)	D13
Osuuksien pituuskaltevuus		%	Tunnel (4)	D17, E17, F17...

Ilmanvaihto - normaali

Ilman virtaus		m ³ /s	Tunnel (4)	D27, E27, F27...
Virtaus solmukohdissa		m ³ /s	Tunnel (4)	D30, E30, F30...

Ilmanvaihto - onnettomuustilanne

Hätäilmanvaihto-osuuksien lukumäärä		-	Tunnel (4)	D34
Hätäilmanvaihdon käynnistymisaika		min	Tunnel (4)	D35
Osuuskohtainen hätäilmanvaihto		-	Tunnel (4)	D37
Poistovirtaus tunnelista osuuksittain		m ³ /s	Tunnel (4)	D41, E41, F41...
Ilmavirtaus tunnelissa osuuksittain		m ³ /s	Tunnel (4)	D54, E54, F54...

Viemäröinti

Viemäriaukkojen pinta-ala		m ²	Tunnel (4)	D67
Viemäreiden etäisyys toisistaan		m ²	Tunnel (4)	D68

Varautumistoimet

Hätäuloskäyntien etäisyys toisistaan		m	Tunnel (4)	D77
Varoituslaitteisto (0=ei ole, 1=kellot/sireeni, 2=PA, 3=PA+CCTV)		-	Tunnel (4)	D78

Tunnelin rakenne

Rakentamistapa (1=porattu/räjäytetty, 2=leikkaus+peitto)		-	Tunnel (4)	D82
Maaperän tyyppi (1=kallio, 2=rikkonainen, 3=rikkonainen ja pohjaveden alapuolella)		-	Tunnel (4)	D83
Sisäsäde			Tunnel (4)	D84
Verhouksen paksuus		m	Tunnel (4)	D85
Tien kantavan kerroksen paksuus		m	Tunnel (4)	D86
Keski-/väliseinän paksuus		m	Tunnel (4)	D87
Tunnelin syvyys maanpinnasta		m	Tunnel (4)	D88
Pohjaveden pinta		m	Tunnel (4)	D89
Palosuojaus (1=on, 2=ei ole)		-	Tunnel (4)	D90
Lämpötilan kesto		°C	Tunnel (4)	D91
Paloajan kesto		min	Tunnel (4)	D92

5. TUNNELI				
Halkaisugeometria				
Tunnelin leveys		m	Tunnel (5)	D5
Tunnelin korkeus		m	Tunnel (5)	D6
Sivukaltevuus		%	Tunnel (5)	D8
Pituusgeometria				
Osuuksien lukumäärä		-	Tunnel (5)	D13
Osuuksien pituuskaltevuus		%	Tunnel (5)	D17, E17, F17...
Ilmanvaihto - normaali				
Ilman virtaus		m³/s	Tunnel (5)	D27, E27, F27...
Virtaus solmukohdissa		m³/s	Tunnel (5)	D30, E30, F30...
Ilmanvaihto - onnettomuustilanne				
Hätäilmanvaihto-osuuksien lukumäärä		-	Tunnel (5)	D34
Hätäilmanvaihdon käynnistymisaika		min	Tunnel (5)	D35
Osuuskohtainen hätäilmanvaihto		-	Tunnel (5)	D37
Poistovirtaus tunnelista osuuksittain		m³/s	Tunnel (5)	D41, E41, F41...
Ilmavirtaus tunnelissa osuuksittain		m³/s	Tunnel (5)	D54, E54, F54...
Viemäröinti				
Viemäriaukkojen pinta-ala		m²	Tunnel (5)	D67
Viemäreiden etäisyys toisistaan		m²	Tunnel (5)	D68
Varautumistoimet				
Hätäuloskäyntien etäisyys toisistaan		m	Tunnel (5)	D77
Varoituslaitteisto (0=ei ole, 1=kellot/sireeni, 2=PA, 3=PA+CCTV)		-	Tunnel (5)	D78
Tunnelin rakenne				
Rakentamistapa (1=porattu/räjäytetty, 2=leikkaus+peitto)		-	Tunnel (5)	D82
Maaperän tyyppi (1=kallio, 2=rikkonainen, 3=rikkonainen ja pohjaveden alapuolella)		-	Tunnel (5)	D83
Sisäsäde			Tunnel (5)	D84
Verhouksen paksuus		m	Tunnel (5)	D85
Tien kantavan kerroksen paksuus		m	Tunnel (5)	D86
Keski-/väliseinän paksuus		m	Tunnel (5)	D87
Tunnelin syvyys maanpinnasta		m	Tunnel (5)	D88
Pohjaveden pinta		m	Tunnel (5)	D89
Palosuojaus (1=on, 2=ei ole)		-	Tunnel (5)	D90
Lämpötilan kesto		°C	Tunnel (5)	D91
Paloajan kesto		min	Tunnel (5)	D92

6. TUNNELI**Halkaisugeometria**

Tunnelin leveys		m	Tunnel (6)	D5
Tunnelin korkeus		m	Tunnel (6)	D6
Sivukaltevuus		%	Tunnel (6)	D8

Pituusgeometria

Osuuksien lukumäärä		-	Tunnel (6)	D13
Osuuksien pituuskaltevuus		%	Tunnel (6)	D17, E17, F17...

Ilmanvaihto - normaali

Ilman virtaus		m ³ /s	Tunnel (6)	D27, E27, F27...
Virtaus solmukohdissa		m ³ /s	Tunnel (6)	D30, E30, F30...

Ilmanvaihto - onnettomuustilanne

Hätäilmanvaihto-osuuksien lukumäärä		-	Tunnel (6)	D34
Hätäilmanvaihdon käynnistymisaika		min	Tunnel (6)	D35
Osuuskohtainen hätäilmanvaihto		-	Tunnel (6)	D37
Poistovirtaus tunnelista osuuksittain		m ³ /s	Tunnel (6)	D41, E41, F41...
Ilmavirtaus tunnelissa osuuksittain		m ³ /s	Tunnel (6)	D54, E54, F54...

Viemäröinti

Viemäriaukkojen pinta-ala		m ²	Tunnel (6)	D67
Viemäreiden etäisyys toisistaan		m ²	Tunnel (6)	D68

Varautumistoimet

Hätäuloskäyntien etäisyys toisistaan		m	Tunnel (6)	D77
Varoituslaitteisto (0=ei ole, 1=kellot/sireeni, 2=PA, 3=PA+CCTV)		-	Tunnel (6)	D78

Tunnelin rakenne

Rakentamistapa (1=porattu/räjäytetty, 2=leikkaus+peitto)		-	Tunnel (6)	D82
Maaperän tyyppi (1=kallio, 2=rikkonainen, 3=rikkonainen ja pohjaveden alapuolella)		-	Tunnel (6)	D83
Sisäsäde			Tunnel (6)	D84
Verhouksen paksuus		m	Tunnel (6)	D85
Tien kantavan kerroksen paksuus		m	Tunnel (6)	D86
Keski-/väliseinän paksuus		m	Tunnel (6)	D87
Tunnelin syvyys maanpinnasta		m	Tunnel (6)	D88
Pohjaveden pinta		m	Tunnel (6)	D89
Palosuojaus (1=on, 2=ei ole)		-	Tunnel (6)	D90
Lämpötilan kesto		°C	Tunnel (6)	D91
Paloajan kesto		min	Tunnel (6)	D92