

# Inframallien hyödyntäminen tieturvallisuusau- ditoinnissa

LAB-ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

2023

Leo Niemelä

## Tiivistelmä

Tekijä(t) Leo Niemelä	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	Valmistumisaika 2023
	Sivumäärä 65	
Työn nimi Inframallien hyödyntäminen tieturvallisuusauditoinnissa		
Tutkinto ja koulutusala Insinööri (AMK), energia- ja ympäristötekniikka		
Toimeksiantajaorganisaatio Destia Oy		
Tiivistelmä <p>Opinnäytetyön tavoitteena oli tutkia inframallien hyödyntämisen mahdollisuuksia tieturvallisuusauditoinneissa. Työn aihe sai alkunsa auditointien maastokäynneistä. Maastokäynneillä on huomattu asioita, jotka jäävät pelkkiä suunnitelmapiirustuksia tarkasteltaessa huomaamatta. Tästä syntyi ajatus, voisiko inframalleja hyödyntämällä huomata ne asiat, jotka suunnitelmapiirustuksista jäävät huomaamatta.</p> <p>Opinnäytetyön teoriaosuus tehtiin keräämällä tietoa alan lähteistä ja tieteellisistä julkaisuista. Tutkimuksellisen osuuden aineistoa kerättiin kyselyn, haastatteluiden ja pilotihankkeen avulla. Kyselylomake lähetettiin laajalle ryhmälle alan asiantuntijoita. Haastateltavat valittiin kyselyn vastausten perusteella. Pilotoinnin tarkoituksena oli kokeilla käytännössä inframallin toimivuutta tieturvallisuusauditoinnin tekemisessä.</p> <p>Kyselyn, haastatteluiden ja pilotoinnin tulokset osoittavat, että inframallit ovat hyvä työkalu tukemaan auditointeja. Mallit mahdollistavat tarkemman ja varmemman auditoinnin lopputuloksen. Mallien avulla esimerkiksi näkemien, tien geometrian ja optisen ohjauksen toteutumista on helpompi arvioida. Mallit ja suunnitelmapiirustukset tukevat toinen toisiaan, ja paras auditoinnin lopputulos saavutetaan käyttämällä molempia menetelmiä.</p>		
Asiasanat tieturvallisuusauditointi, inframalli, tiedonhallinta, liikenneturvallisuus, nollavisio		

## Abstract

Author(s) Leo Niemelä	Type of Publication Thesis, UAS	Published 2023
	Number of Pages 65	
Title of Publication Utilization of infrastructure models in road safety audit		
Degree, Field of Study Engineer (UAS), Energy and environmental engineering		
Organisation of the client Destia Oy		
Abstract <p>The purpose of the thesis was to investigate the possibilities of using infrastructure models in road safety audits. The topic of the work originated from field inspections. During the field inspections, things have been noticed that cannot be seen from the technical drawings. This led to the idea of using infrastructure models in road safety auditing.</p> <p>The theory part of the thesis was done by gathering information from sources and scientific publications in the field and the research part was done by means of a survey, interviews and a pilot project. The questionnaire was sent to a wide group of experts of the field. The interviewees were selected based on the answers to the survey. The purpose of the pilot project was to experiment in practice the functionality of the infrastructure model in RSA.</p> <p>The results of the survey, interviews and piloting show that infrastructure models are a functional tool to support audits. The models allow a more accurate and reliable audit result. With the help of models, for example, it is easier to estimate the realization of visibility, road geometry and optical guidance. Models and technical drawings support each other, and the best audit result is achieved by using both methods.</p>		
Keywords road safety audit, infrastructure model, data management, road safety, vision zero		

## Sisällys

1	Johdanto.....	1
2	Tieliikenneturvallisuus Suomessa .....	2
2.1	Historia ja kehitys.....	2
2.2	Tavoitteet ja strategia .....	3
2.3	Vertailu muihin maihin .....	4
3	Tieturvallisuusauditointi.....	8
3.1	Tieturvallisuusauditoinnista yleistä.....	8
3.2	TTA:n hankinta ja organisaatio .....	10
3.3	Auditointi hankkeen eri vaiheissa.....	11
3.3.1	Suunnitelmien auditointi.....	11
3.3.2	Ennen tien avaamista liikenteelle ja tien käytön alkuvaiheessa.....	14
3.4	Auditointi käytännössä.....	14
3.4.1	Tiesuunnitelma ja rakennussuunnitelma.....	17
3.4.2	Auditointi ennen tien avaamista liikenteelle.....	17
3.4.3	Auditointi tien käytön alkuvaiheessa .....	18
3.5	Tieturvallisuusauditointi ulkomailla .....	19
4	Inframallinnus .....	25
4.1	Inframallinnuksesta yleisesti .....	25
4.2	Tietomallipohjaisen toiminnan tavoitteet .....	26
4.3	Mallipohjainen suunnittelu.....	26
4.4	Tiedonhallinnan kolmikanta .....	30
4.4.1	Mallinnusvaatimukset .....	32
4.4.2	Nimikkeistö .....	32
4.4.3	Formaatti .....	33
4.5	Mallintaminen eri hankevaiheissa .....	34
4.5.1	Tiesuunnittelu .....	34
4.5.2	Rakentamissuunnittelu .....	35
4.5.3	Rakentaminen .....	36
5	Pilottihanke Vt3 parantaminen välillä Hanhijärvi-Rokkakoski.....	39
6	Tutkimusmenetelmät .....	40
6.1	Kysely.....	40
6.2	Haastattelut .....	40
6.3	Pilotointi.....	41
7	Tulokset.....	42

7.1	Kysely.....	42
7.2	Haastattelut .....	50
7.3	Pilotointi.....	54
8	Johtopäätökset .....	58
9	Yhteenveto .....	61
	Lähteet .....	62

## 1 Johdanto

Opinnäytetyön tavoitteena on tutkia inframallien hyödynnettävyyttä tieturvallisuusauditoinnin tekemisessä ja tuottaa kehitysehdotuksia auditointiprosessiin sekä mallintamiseen liittyen. Tarkoituksena on selvittää, miten inframalleja voisi hyödyntää tieturvallisuusauditointitarkasteluissa ja mitä pitäisi kehittää, jotta mallien käyttäminen olisi toimivaa ja hyödyllistä.

Tieturvallisuusauditointi, eli TTA on väylien liikenneturvallisuutta edistävä eurooppalainen menettelytapa, jolla edistetään kaikkien eri väylämuotojen liikenneturvallisuutta. TTA tehdään kaikille EU:n TEN-T-verkoston väylille ja verkoston ulkopuolella oleville moottori- ja pääteille. Menettelyllä pyritään löytämään kaikki väylän tieliikenneturvallisuutta heikentävät tekijät ja poistamaan ne. TTA suoritetaan eri suunnitteluvaiheissa, ennen tien avaamista liikenteelle ja noin vuosi liikenteelle avaamisen jälkeen. (Kautiala ym. 2021, 7; Hallituksen esitys eduskunnalle laeiksi liikennejärjestelmästä ja maanteistä annetun lain sekä ratalain 24 §:n muuttamisesta 138/2021.)

Työ jakautuu teoriaosioon ja tutkimusosioon. Teoriaosio käsittelee tieliikenneturvallisuutta Suomessa, tieturvallisuusauditointia ja inframallinnusta. Työssä kuvataan tieturvallisuusauditoinnin tarkoitus, tavoite, nykyinen toimintatapa sekä mitä prosessin eri vaiheisiin liittyy. Inframallinnuksen osalta kuvataan mallinnuksen tavoitteet, periaatteet ja sisältö eri vaiheissa. Työssä tutkitaan myös ulkomaiden TTA-käytäntöjä ja inframallien hyödyntämistä auditoinnin tukena. Teoriaosuus on tehty kirjallisuustutkimuksena käyttäen alan tieteellisiä julkaisuja ja lähteitä.

Tutkimusosiossa tutkitaan kyselyn, haastattelujen ja pilotoinnin avulla, miten inframallinnusta voisi hyödyntää tieturvallisuusauditointiprosessin tukena ja mitä kehitettävää nykyisissä toimintatavoissa olisi tieturvallisuusauditoinnin näkökulmasta. Tutkimusmenetelmillä selvitetään kokemuksia inframallien hyödyntämisestä TTA- prosessissa ja suunnitelmapii- rustuksiin perustuvan auditoinnin haasteita.

Lopputuloksena käsitellään pilotoinnista, haastatteluista ja kyselystä tehtyjä havaintoja sekä esitetään ratkaisuja havaittuihin haasteisiin. Opinnäytetyö tehdään Destia Oy:n toimeksiantona ja Väyläviraston tilaamana. Työn ohjaajina toimivat Ville Suntio Destia Oy:stä, Tarmo Savolainen Väylävirastosta ja Juha Poskela LAB-ammattikorkeakoulusta.

Väylävirasto on valtion virasto, joka kuuluu liikenne- ja viestintäministeriön hallinnonalalle. Tilaajaorganisaationa Väylä vastaa Suomen valtion maanteiden kunnossapidosta, kehittämisestä ja suunnittelusta. Organisaation tehtäviin kuuluvat väyläverkon suunnittelu-, kehittäminen- ja palvelutason ylläpito, liikenteen ja maankäytön sovitus, talvimerenkulun järjestäminen ja liikenteenohjauksen järjestäminen. (Väylävirasto 2023.)

## 2 Tieliikenneturvallisuus Suomessa

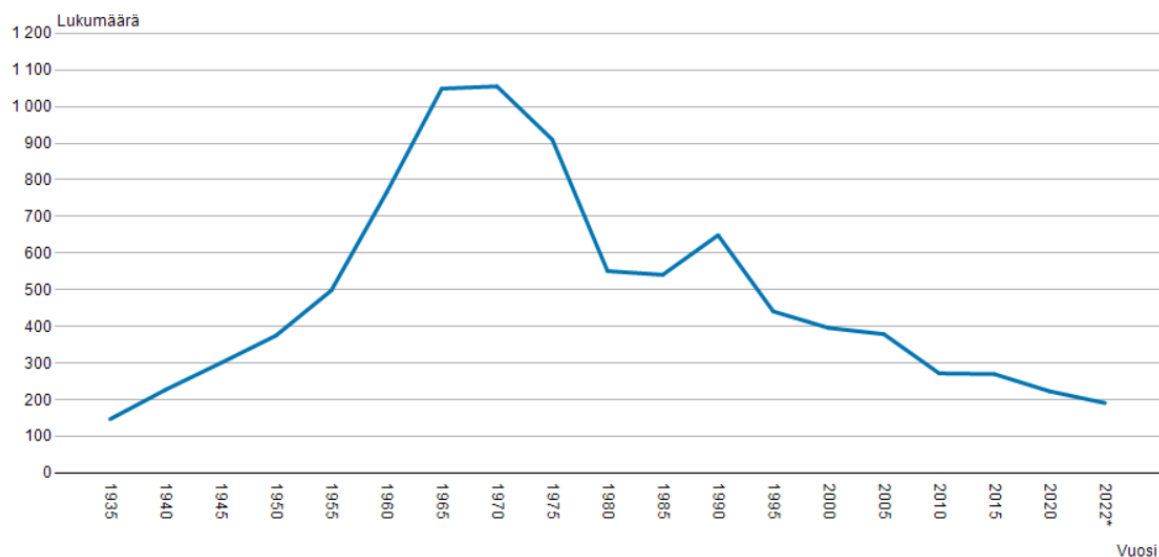
### 2.1 Historia ja kehitys

Liikenneturvallisuuden kehitys Suomessa on ollut positiivista jo vuosikymmenien ajan. Aina näin ei ole kuitenkaan ollut. Vuonna 1972 liikenneonnettomuuksissa kuoli 1156 ihmistä. Vuosi oli Suomen liikennehistorian synkin. Lainsäädäntö ei rajoittanut esimerkiksi talvirenkaiden käyttöä, nopeusrajoituksia, päihtyneenä ajamista tai turvavöiden käyttöä. Ruotsissa liikenneturvallisuuteen oli kiinnitetty huomiota jo vuosia aiemmin ja Suomi jäi kehityksessä jälkeen. Presidentti Urho Kaleva Kekkonen otti asiaan kantaa uudenvuodenpuheessaan 1.1.1973. Kekkonen toivoi, että liikenneturvallisuuden parantamiseksi aloitettaisiin toimenpiteet mahdollisimman nopeasti, ja näin myös kävi. (Mäntymaa 2016.)

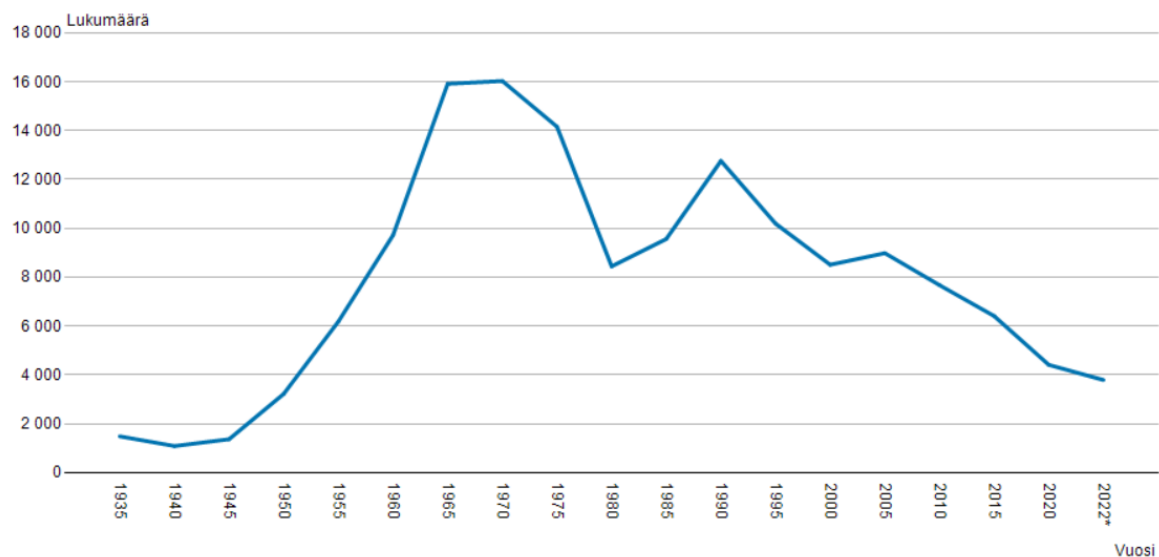
Uusia lakeja säädettiin ja liikenneturvallisuus alkoi kehittyä positiiviseen suuntaan. Talvirenkaiden käyttöpakko, nopeusrajoitukset, promilleraja, etuistuimilla istuvien turvavöiden käyttäminen sekä moottoripyöräilyn kypäräpakko tulivat voimaan 1970-luvulla. Liikenneonnettomuudet vähenivät 50 % liikenteen kasvaessa 40 %. (Kautiala ym. 2021, 11.)

Onnettomuudet lisääntyivät nopeasti 1980-luvun loppupuolella. Tämän seurauksena päätettiin luoda uusi turvallisuusohjelma, jonka tavoitteena oli puolittaa liikennekuolemien määrä ja vähentää onnettomuuksia sekä loukkaantumisia. Liikennekuolemien määrä puolittui 1990-luvulle tultaessa. (Kautiala ym. 2021, 11.)

Vuonna 2001 Suomen valtioneuvosto hyväksyi periaatepäätöksen, että vuoteen 2050 mennessä tieliikennekuolemien ja vakavien loukkaantumisien määrä olisi nolla sekä vuoteen 2025 mennessä liikennekuolemien määrä olisi enintään 100 (Rekola ym. 2022, 12). Viimeisen vuosikymmenen aikana kehitys on kuitenkin hidastunut huolestuttavan paljon. Vuonna 2010 asetetun valtakunnallisen tieliikenteen turvallisuussuunnitelman tavoitteena oli puolittaa liikennekuolemat vuoden 2010 tasosta vuoteen 2020 mennessä sekä vähentää loukkaantumisien määrää neljänneksellä. (Liikenne- ja viestintäministeriö 2012.) Tavoitetta ei saavutettu, sillä kuolemien määrä väheni vain 18 % (Kuvio 1). Loukkaantuneiden määrä väheni tilastojen mukaan 43 % (Kuvio 2). Tiedossa ei kuitenkaan ole missä määrin muutos johtuu tilastoinnin muutoksesta. Poliisin resurssien vähenemisen seurauksena lievien loukkaantumisien kirjaaminen on todennäköisesti vähentynyt, ja se on vaikuttanut tilastointiin. (Traficom 2022a.) Vuonna 2022 liikenneonnettomuuksissa kuoli 191 ihmistä ja loukkaantumisia tapahtui 3792 (Tilastokeskus 2023).



Kuvio 1. Tieliikenteessä kuolleet vuosina 1935–2022 (Tilastokeskus 2023a)



Kuvio 2. Tieliikenteessä loukkaantuneet vuosina 1935–2022 (Tilastokeskus 2023b)

## 2.2 Tavoitteet ja strategia

Liikenneturvallisuustyön lähtökohtana on se, että ihmiset tekevät virheitä ja ihmistä ei voi muuttaa virheettömäksi liikenteenkäyttäjäksi. Tämän takia liikennejärjestelmä on sopeutettava ihmisten edellytysten mukaiseksi. (Kautiala ym. 2021, 11.) EU:n asettaman nollavision tavoitteena on vähentää kaikkien liikennemuotojen kuolemat nollaan vuoteen 2050 mennessä. Liikennejärjestelmien tulee olla niin turvallisia, ettei kenenkään ihmisen tarvitse kuolla tai loukkaantua vakavasti liikenteessä, liikennemuodosta riippumatta. (Rekola ym. 2022, 10.)

Liikenne- ja viestintäministeriö julkaisi vuonna 2022 uuden liikenneturvallisuusstrategian. Strategia on viisivuotinen ja sen tavoitteena on vastata EU:n asettamaan nollavisioon. Tavoitetta tukee myös vuonna 2017 julistettu Vallettan julistus. Julistuksessa Suomi on sitoutunut yhdessä muiden EU-maiden kanssa puolittamaan liikennekuolemat sekä vakavat loukkaantumiset vuoteen 2030 mennessä. Liikenneturvallisuusstrategian lähtökohtana on kokonaisvaltainen lähestymistapa liikenneturvallisuuteen, ja toimenpideohjelmassa otetaan huomioon kaikkien eri liikenteen muotojen turvallisuuden parantaminen. Liikenneturvallisuusstrategia päivitetään uudelleen vuonna 2027. Päivittäminen mahdollistaa tavoitteiden ja toimenpiteiden seuraamisen sekä strategian päivittämisen tilanteen niin edellyttäessä. (Rekola ym. 2022, 10–11.)

Liikenneturvallisuusstrategia sisältää seitsemän päälinjausta:

- Liikenneturvallisuus on koko yhteiskunnan yhteinen asia.
- Päätöksenteon on perustuttava tietoon.
- Eri toimijoiden liikenneosaamista on lisättävä.
- Asenteiden on muututtava liikenteessä.
- Liikennejärjestelmän ja sen kaikkien osien on oltava turvallisia.
- Teknologinen kehitys tuo turvallisuutta.
- Lainsäädännön on edistettävä turvallisuutta. (Rekola ym. 2022, 15–18.)

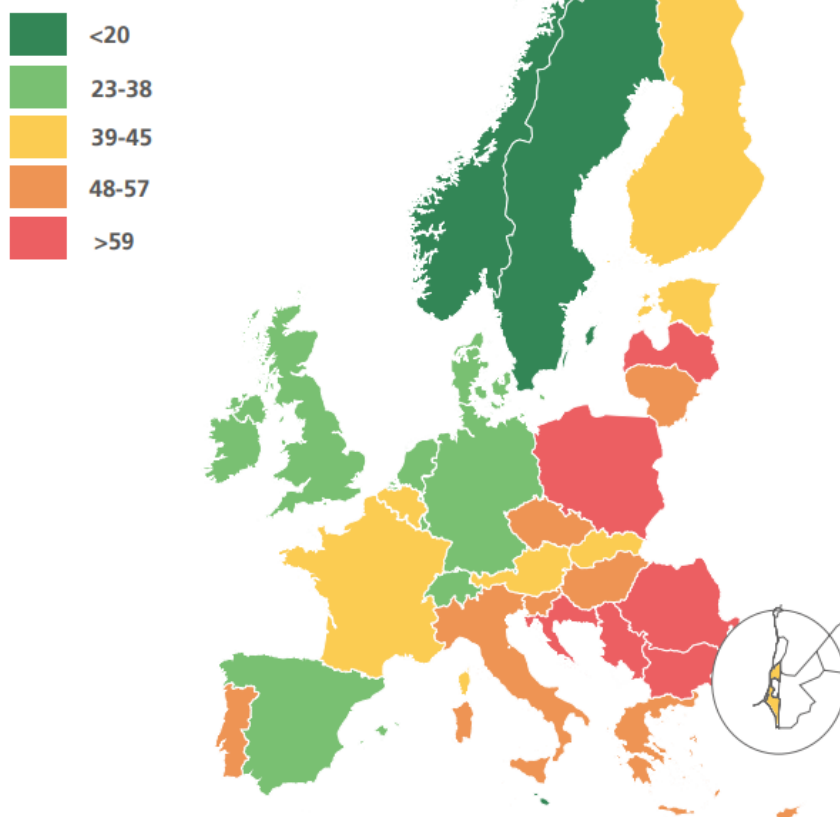
Linjaukset ohjaavat nollakuolemavision toteutumista ja käytännön toimenpiteet toteuttavat linjauksia (Rekola ym. 2022, 15).

### 2.3 Vertailu muihin maihin

Tarkasteltaessa kuolleiden määrää suhteessa maan väkilukuun Suomen liikenneturvallisuus on EU:n keskiluokkaa (Kuva 1). Kuvan 1 perusteella Suomi oli kymmenenneksi turvallisin EU-maa vuonna 2021. Ruotsi ja Norja ovat Euroopan johtavia maita liikenneturvallisuudessa, ja Suomessa liikennekuolemien määrä suhteutettuna väkilukuun on kaksinkertainen niihin verrattuna (Traficom 2022b).

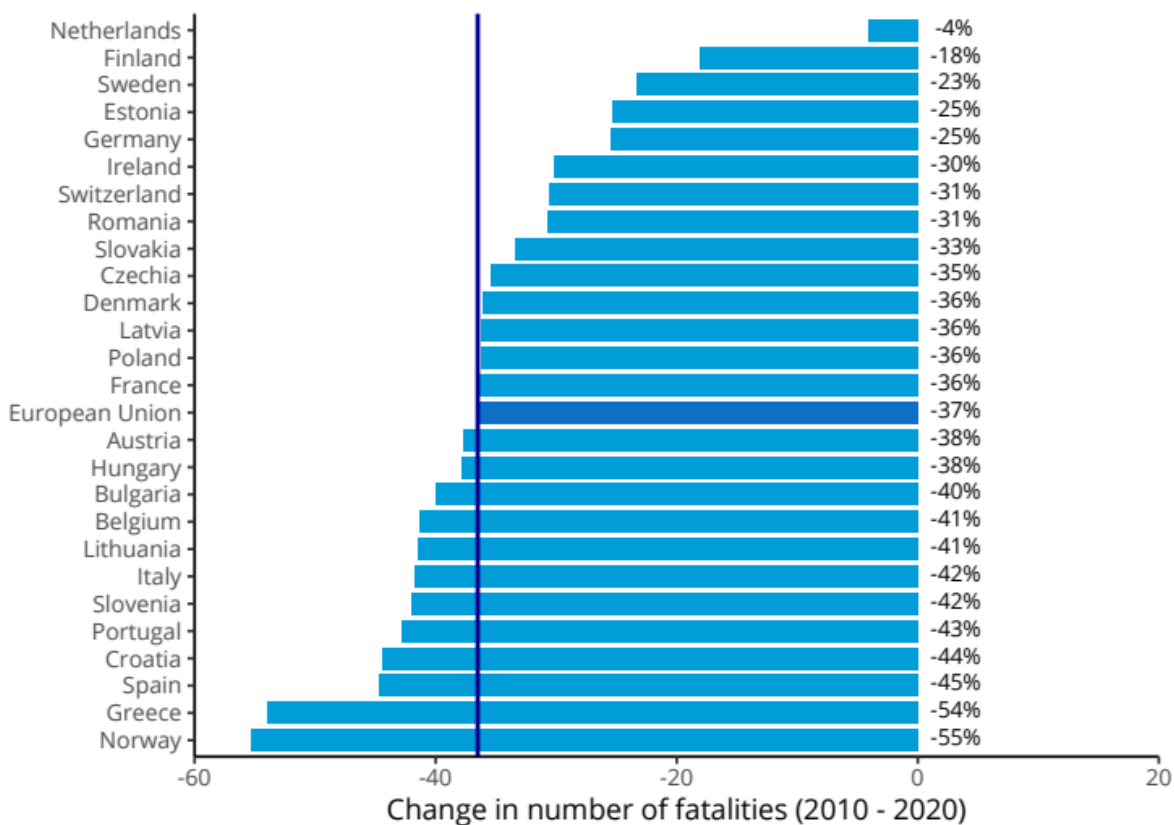
MAP 2:

Road deaths per million inhabitants  
in 2021 (Fig.5, Table 2 in the annexes)



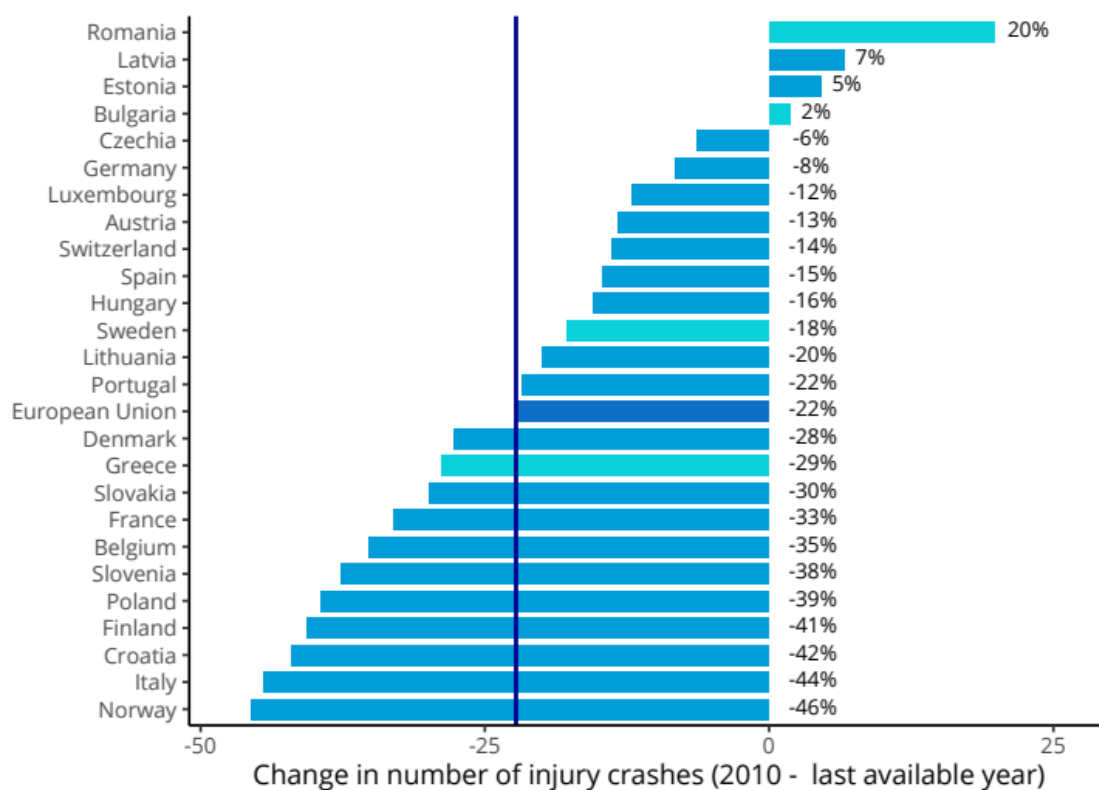
Kuva 1. Liikennekuolemat miljoonaa asukasta kohti EU:ssa vuonna 2021 (Deace ym. 2022, 18)

Kuviossa kolme esitetään tieliikennekuolemien määrän muutos 27:ssä EU-maassa ja kolmessa EFTA-maassa vuosina 2010–2020. EU:ssa tieliikennekuolemat ovat vähentyneet 37 %. Eniten kuolemien määrä on vähentynyt Norjassa (-55 %) ja vähiten Alankomaissa (-4 %). Suomi sijoittuu listassa toiseksi viimeisimmälle sijalle, sillä liikennekuolemat vähenivät kyseisellä ajan jaksolla vain 18 %. (Decae 2022, 6.)



Kuvio 3. Muutos tieliikennekuolemien määrässä 27:ssä EU-maassa ja kolmessa EFTA-maassa vuosina 2010–2020 (Decae 2022, 6)

Kuvio neljä esittää kuolemien lisäksi loukkaantumiseen johtaneet onnettomuudet. Koko EU:ssa tapaukset vähentyivät 22 %. Norjassa onnettomuudet vähenivät 46 % ja Romaniassa ne lisääntyivät 20 %. Suomi sijoittuu listauksessa neljänneksi tapauksien vähentyessä 41 %. (Decae 2022, 5.)



Kuvio 4. Muutos loukkaantumiseen tai kuolemaan johtaneiden onnettomuuksien määrässä 27 EU-maassa ja kolmessa EFTA-maassa (Decae 2022, 5)

### 3 Tieturvallisuusauditointi

#### 3.1 Tieturvallisuusauditoinnista yleistä

Tieturvallisuusauditointi tarkoittaa menettelytapaa, jolla varmistetaan tiehankkeiden hyvä liikenneturvallisuustaso. Se perustuu Euroopan Parlamentin ja Neuvoston antamaan direktiiviin tieinfrastruktuurin turvallisuuden hallinnasta (tieturvallisuusdirektiivi 2019/1936). Direktiivi on osa Suomen kansallista lainsäädäntöä. (Kautiala ym. 2021, 5.)

Tieturvallisuusauditointi, eli TTA kattaa liikenneturvallisuuden auditoinnin hankkeen kaikissa eri vaiheissa. Hanke käydään läpi liikenneturvallisuuden näkökulmasta tien suunnitelmavaiheissa, tien valmistuessa sekä tien käytön alkuvaiheessa. Menettely on ennakoivaa liikenneturvallisuuden hallintaa. TTA:n tavoitteena on löytää liikenneturvallisuutta heikentävät tekijät jo suunnitteluvaiheessa, jotta ne voidaan ottaa huomioon suunnittelussa ja rakentamisessa. TTA:ssa ei oteta kantaa hankkeen tarpeellisuuteen tai mitoitusharjojen noudattamiseen. (Kautiala ym. 2021, 7.)

Tieturvallisuusauditointi on tehtävä kaikille teille, jotka kuuluvat Euroopan laajuiseen liikenneverkkoon, TEN-T-verkkoon. TEN-T-verkon tarkoituksena on edistää sujuvaa ja turvallista liikkumista Euroopassa. Verkosto muodostuu kahdesta tasosta: ydinverkosta ja kattavasta verkosta. Ydinverkko käsittää tärkeimmät liikenteen yhteydet ja solmukohtat, ja sen on määrä valmistua vuoteen 2030 mennessä. Kattava verkosto käsittää kaikki Euroopan alueet, ja se valmistuu vuoteen 2050 mennessä. TEN-T-verkosto kattaa kaikki eri liikenteen muodot. (Euroopan komissio.)

EU:n komissio antoi 17.12.2018 ehdotuksen tieturvallisuusdirektiivin 2008/96/EY muuttamisesta. Komission aloitteen tavoitteena oli edistää tieturvallisuutta ja vähentää tieliikennekuolemien ja loukkaantumisien määrää. Maiden liikenneturvallisuutta vertailtaessa huomattiin, että niillä mailla, jotka käyttivät TTA-menetelmää vapaaehtoisesti myös TENT-verkon ulkopuolisilla väylillä, liikenneturvallisuus oli huomattavasti paremmalla tasolla. Aikaisemmin direktiivi koski vain TEN-T-verkkoon kuuluvia väyliä, mutta direktiivimuutoksella laajennettiin direktiivin soveltamisalaa myös TEN-T -verkon ulkopuolisille väylille kaikkiin moottoriteihin ja EU:n pääteihin. Suomessa direktiivin soveltamisala laajennettiin koskemaan kaikkia moottoriteitä ja pääväyläasetuksen mukaisia pääväyliä (Kuva 2). Suomessa TEN-T verkkoon kuuluvia väyliä oli 5199 kilometriä ja TEN-T-verkon ulkopuolisia pääväyliä 1373 kilometriä vuonna 2020. Muutoksen myötä soveltamisalaan kuuluvien teiden määrä kasvoi Suomessa 6572:een kilometriin. TTA-menettely ja tieturvallisuusarvioijan pätevyysvaatimukset säilyivät direktiivimuutoksesta huolimatta ennallaan, ainoastaan suojattomien tienkäyttäjien huomioimista auditoinneissa



Kautialan ym. (2021, 8) mukaan TTA on tarpeellinen tehdä hankkeille, jotka sisältävät seuraavia ominaisuuksia:

- Hanke vaikuttaa alueen liikenneverkon ominaisuuksiin tai valtakunnallisesti merkittävään osaan.
- Hankkeella vaikutetaan alueeseen, jossa tapahtuu eri tienkäyttäjryhmien konflikteja.
- Väyläympäristö muuttuu siten, että tienkäyttäjän on muutettava käyttäytymistään ympäristöönsä vastaavaksi.
- Hankkeessa käytetään ratkaisuja, joiden liikenneturvallisuusvaikutuksista ei ole Suomessa kokemusta tai joista ei ole annettu ohjeistusta.

### 3.2 TTA:n hankinta ja organisaatio

Auditointiprosessin laajuuteen ja tekotapaan vaikuttavat hankkeen suunnitelman ominaisuudet (Kautiala ym. 2021, 8). TTA tehdään suunnittelu- tai urakointitehtävästä erillisenä hankintana tai suunnittelutehtävään sisältyvänä. Tilaaja tekee päätöksen TTA:n tekemisestä ja siitä ilmoitetaan suunnittelijalle/urakoitsijalle hankintavaiheessa. Tilaaja valitsee sopivan arvioijan hankkeen ominaisuudet huomioiden. Arvioija saa olla samasta organisaatiosta kuin suunnittelija, mutta hänen täytyy olla kyseessä olevan suunnitelmavaiheen osalta riippumaton ja hän ei saa osallistua suunnitteluprosessiin. (Kautiala ym. 2021, 38.)

Arviointiprosessiin osallistuvat hankevastaava, suunnittelijan/urakoitsijan projektipäällikkö sekä arvioija. Hankevastaava edustaa tilaajaa hankkeessa ja hän vastaa TTA:n teettämisestä. Projektipäälliköt vastaavat arvioijan tarvitsemien aineistojen toimittamisesta sekä auditointiin liittyvien suunnittelijalle/urakoitsijalle kuuluvien tehtävien hoitamisesta. (Liikennevirasto 2012, 9.)

Arvioinnin voi suorittaa henkilö tai ryhmä. Ryhmän käyttö on perusteltua silloin kun hanke on laaja ja liikenneturvallisuuden kannalta merkittävä tai hankkeen auditointi edellyttää eri alojen asiantuntemusta. Arviointiryhmässä yksi jäsenistä on nimettävä vastaavaksi arvioijaksi. Vastaava arvioija vastaa arviointiraportin laatimisesta ja yhteydenpidosta eri osapuolten välillä. (Liikennevirasto 2012, 9.)

Arvioijalla täytyy olla virallinen pätevyys. Pätevyys on määritelty maantielaisissa seuraavasti:

*Tieturvallisuusauditointia ja kohdennettua tieturvallisuustarkastusta tekevällä on oltava asianmukainen kokemus tai koulutus tiensuunnittelusta, tieliikenteen turvallisuustekniikasta sekä onnettomuuksien analysoinnista. Lisäksi hänellä on oltava pätevyystodistus hyväksytysti suoritettusta 43 i §:ssä tarkoitettusta turvallisuusarvioijan*

*peruskoulutuksesta. Jos auditoinnin tai tarkastuksen tekee useampi henkilö yhdessä, riittää, että yksi heistä on suorittanut hyväksytysti mainitun koulutuksen. (Laki liikennejärjestelmästä ja maanteistä annetuin lain muuttamisesta 998/2021, 43 h §.)*

Liikenne- ja viestintävirasto Traficom määrittelee tarkemmin arvioijan pätevyysvaatimukset ja vastaa koulutuksesta. TTA:n suorittajalla täytyy olla riittävä tie- tai liikennetekniikan peruskoulutus ja vähintään viiden vuoden kokemus tiesuunnittelusta, tieliikenteen turvallisuustekniikasta sekä onnettomuuksien analysoinnista. Jos peruskoulutusvaatimus ei täyty, hakijalla täytyy olla vähintään 10 vuoden työkokemus edellä mainituista aihealueista. Hyväksytystä koulutuksesta myönnetään pätevyystodistus. Pätevyys on voimassa viisi vuotta ja se uusitaan täydennyskoulutuksella. (Kautiala ym. 2021, 39.)

### 3.3 Auditointi hankkeen eri vaiheissa

TTA suoritetaan yleissuunnitelmavaiheessa, tiesuunnitelmavaiheessa, ennen tien avaamista liikenteelle ja tien käytön alkuvaiheessa. Se voidaan suorittaa myös rakennussuunnitelmavaiheessa, mutta se ei ole pakollista. Eri suunnitteluvaiheiden välissä saattaa tulla taukoja ja hankkeen edetessä hankkeen lähtötiedot, sisältö, laajuus ja toteutumismahdollisuudet voivat muuttua. Tämän takia arviointi pitää raportoida tarkasti jokaisessa suunnitteluvaiheessa. Arvioinnissa ilmi tulleet puutteet korjataan kyseisen suunnitteluvaiheen lopulliseen suunnitelmaan siltä osin kuin mahdollista. Uuden suunnitteluvaiheen alkaessa on aina selvitettävä edellisten suunnitelmavaiheiden historia myös TTA:n osalta. (Liikennevirasto 2012, 16.)

Suunnitelmavaiheissa, ennen tien avaamista liikenteelle ja tien käytön alkuvaiheessa TTA-prosessin vaiheet noudattavat pääpiirteittäin samaa kaavaa. Prosessi alkaa aloituskokouksella. Tämän jälkeen arvioija tekee auditoinnin ja täydentää huomiot auditointiraporttiin. Suunnitelmavaiheissa suunnittelija tekee ehdotukset korjaavista toimista. Ennen tien avaamista liikenteelle ja tien käytön alkuvaiheessa arvioija itse laatii raporttiin ehdotukset korjaavista toimenpiteistä. Tämän jälkeen pidetään käsittelykokous, jossa käsitellään arvioijan huomiot ja suunnittelijan/arvioijan korjausehdotukset. Tilaaja päättää korjaavista toimista. Arvioinnin päättämisen jälkeen tilaaja toteuttaa korjaavat toimenpiteet. (Kautiala ym. 2021, 40.)

#### 3.3.1 Suunnitelmien auditointi

Kun päätös TTA:n tekemisestä on tehty ja sopiva arvioija valittu, pidetään aloituskokous. Tilaaja ja suunnittelija perehdyttävät arvioijan hankkeeseen. Kokouksessa sovitaan toimittavan aineiston sisällöstä, arvioinnin kulusta sekä aikataulusta. Samalla myös käydään

läpi mahdollinen edellisen vaiheen auditointi. Jos tiedonkulku osapuolten välillä on varmistettu, aloituskokousta ei ole välttämätöntä pitää. (Liikennevirasto 2012, 12.)

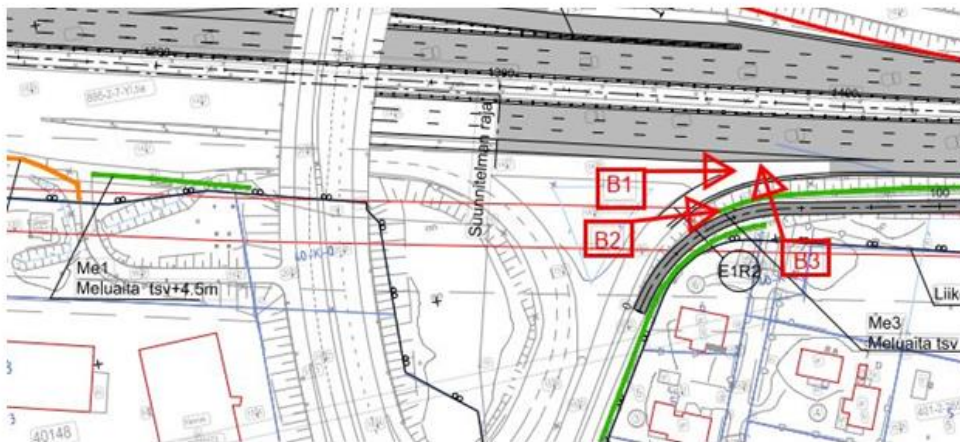
Arvioijan saatua tarvittavat aineistot, hän voi suorittaa auditoinnin. Liikenneturvallisuuden tarkastelu suoritetaan kaikkien eri tienkäyttäjryhmien näkökulmasta. Arvioija käy läpi suunnitelman liikenneympäristön ja tarvittaessa suorittaa maastokäynnin eri valaistusolosuhteissa. Arvioija muodostaa kokonaiskuvan syntyvästä liikenneympäristöstä ja tuo esiin liikenneturvallisuutta heikentävät tekijät. Auditointi suoritetaan kolmen seuraavan peruskysymyksen pohjalta:

- Onko liikenteenkäyttäjällä riittävästi aikaa reagoida ja tehdä päätöksiä liikenteessä?
- Sietääkö liikenneympäristö liikenteenkäyttäjän tekemiä virheitä?
- Lieventääkö suunniteltu liikenneympäristö onnettomuuksien seurauksia? (Liikennevirasto 2012, 12.)

Suunnittelija käy arviointiraportin läpi ja esittää ratkaisut arvioijan kirjaamien havaintojen korjaamiseksi. Jos suunnittelijan mielestä arvioijan kirjaamat huomiot ovat aiheettomia, esittää hän niille perustellun vastineen (Kuva 3). Suunnittelija kirjaa vastineet ja ratkaisut arviointiraporttiin. (Kautiala ym. 2021, 41.)

## B. Aiheuttaa turvallisuusriskin, toimenpiteitä tulee harkita

### Kohde B1



Arvioitsija 10.6.2022:

Saako sillan ali yhä ajaa a) busseilla tai b) muilla ajoneuvoilla? → Jos läpiajo on sallittu, on riskinä, että ajoneuvot, jotka haluavat poistua sillan seuraavasta eritasoliittymästä pois Kehältä, siirtyvät oikeanpuolimmaiselle kaistalle jo tässä kohtaa, jolloin he välttävät ryhmittymisen rampin E1R2 jälkeisellä sekoittumisalueella ajaen vain suoraan. Kehä III:n liikennemäärät huomioiden tällainen toimintatapa voi ruuhkauttaa laittimaisen kaistan ja aiheuttaa ruuhkia myös rampille E1R2, kun sieltä ei pääse sujuvasti liittymään. Tämä puolestaan lisää sivuttaissuuntaisten törmäysten ja peräänajojen riskin.

Suunnittelijan vastine 14.6.2022:

Kyseessä on nykytilanne, läpiajo B1 suunnasta tarkoitettu vain bussiliikenteelle. Voi harkita, että busseilla olisi väistämisvelvollisuus ja/tai kieltää kaiken muun paitsi bussiliikenteen lyhyeltä väliä, ei tässä tiesuunnitelmassa ratkaistava asia.

Käsittelykokouksen päätös 15.6.2022:

Jatkosuunnittelussa sallitaan ainoastaan linja-autojen käyttää kulkua E1R1suoraan E1R2, muille ajoneuvoille asetetaan ajokielto.

Kuva 3. Arviointiraporttiin kirjattu turvallisuusriski (Destia Oy 2022a)

Käsittelykokouksessa käydään läpi arviointiraportti, suunnittelijan ratkaisut sekä mahdolliset vastineet. Kokouksen pitäminen ei ole välttämätöntä, jos arvioijan tekemät havainnot ovat helposti korjattavia. (Liikennevirasto 2012, 14.)

Arviointiraportti on prosessin julkisuuden ja seurattavuuden kannalta tärkeä asiakirja. Kun arviointiraportti on täydennetty asianmukaisesti, seuraavien vaiheiden arviointi helpottuu eikä palata jo käsiteltyihin asioihin. Arviointi on päättynyt, kun raportti on valmis. Vastuu raportin täydentämisestä vastineilla ja päätöksillä on tilaajalla. (Kautiala ym. 2021, 42.)

### 3.3.2 Ennen tien avaamista liikenteelle ja tien käytön alkuvaiheessa

Arviointi aloitetaan aloituskokouksella, jonka tavoitteena on arvioijan perehdyttäminen hankkeeseen. Kokoukseen osallistuvat kaikki auditoinnin osapuolet. Urakoitsija ja tilaaja esittelevät arvioijalle hankkeen, sopivat toimitettavan aineiston sisällöstä, aikataulusta sekä auditoinnin kulusta. Kokouksessa käydään läpi mahdollinen edellisen vaiheen arviointi. Aloituskokousta ei ole välttämätöntä pitää, jos osapuolilla on riittävät tiedot hankkeesta ja tiedonkulusta voidaan varmistua. (Liikennevirasto 2012, 14–15.)

Ennen tien avaamista liikenteelle valmistunut liikenneympäristö auditoidaan ja tarkastetaan vastaako valmistunut liikenneympäristö suunnitelmaa ja ohjaako se suunnitelman mukaiseen liikennekäyttämiseen. Ympäristö auditoidaan kaikkien eri kulkumuotojen näkökulmasta. Maastokäynti suoritetaan sekä valoisana että pimeänä aikana. Tässä auditoinnin vaiheessa tarkastetaan myös mahdolliset arvioituun rakennussuunnitelmaan rakentamisen aikana tehdyt muutokset. (Kautiala ym. 2021, 43.)

Tien käytön alkuvaiheessa auditoinnin keskeinen tavoite on toteutuneen liikenneympäristön liikennekäyttämisen ja hankkeen toimivuuden analysoiminen. Arvioija kerää tiedot liikenneonnettomuuksista, liikennemääristä sekä mahdollisista nopeusmittauksista. Myös mielipiteet ja palautteet hankkeesta kerätään. Maastokäynti suoritetaan sekä valoisana että pimeänä aikana. Maastokäynnin tavoitteena on analysoida eri kulkumuotojen toteutunutta liikennekäyttämistä. (Kautiala ym. 2021, 43.)

Arvioija kirjaa mahdolliset korjausta vaativat kohdat arviointiraporttiin ja esittää niistä itse korjausehdotukset. Raportti korjausehdotuksineen toimitetaan tilaajan hankevastaavalle, urakan valvojalle sekä mahdollisesti tienpitäjän liikenneturvallisuusvastaavalle. (Kautiala ym. 2021, 43.)

Käsittelykokouksessa käsitellään arvioijan kirjaamat huomiot ja korjausehdotukset. Jos mahdolliset puutteet ovat helposti korjattavissa, kokousta ei ole välttämätöntä pitää. Tällöin arvioijan on kuitenkin varmistettava auditoinnin dokumentoinnin loppuunsaattaminen. Tilaaja tekee päätökset korjaavista toimenpiteistä. Arviointi on suoritettu, kun raportti on toimenpidepäätöksillä täydennetty. (Liikennevirasto 2012, 15.)

### 3.4 Auditointi käytännössä

Tieturvallisuusauditointi muodostuu yksityiskohtien ja niiden muodostaman kokonaisuuden auditoinnista (Kautiala ym. 2021, 49). Kussakin suunnitelmavaiheessa auditoidaan sen vaiheen kannalta olennaisimmat ja tärkeimmät asiat (Taulukko 1). Arvioija valitsee itselleen sopivimmat menetelmät ja työkalut, joilla arvioi suunnitelmia. Arvioija voi käyttää apunaan

esimerkiksi erilaisia karttoja, nykytila-analyysejä, edellisen suunnitteluvaiheen auditointiraporttia, valokuva-aineistoa, suunnitelmaselostuksia, suunnitelmapiirustuksia, poikkileikkauksia sekä pituusleikkauksia. (Lehtinen & Uljas 2003, 19.) Joissain maissa apuna käytetään valmiita tarkastuslistoja, ja niitä voi soveltaa myös Suomen oloihin. Tarkastuslistoja käytettäessä on kuitenkin muistettava, että ongelmakohdat muodostuvat yleensä eri asioiden yhteisvaikutuksesta. Pelkkien listojen avulla auditoitaessa tämä voi jäädä huomaimatta. (Kautiala ym. 2021, 49.)

Yleissuunnitelma	Tiesuunnitelma	Rakennussuunnitelma (TTA ei pakollinen RS-vaiheessa)	Ennen tien avaamista liikenteelle	Tien käytön alkuvaiheessa
<b>Maantieteellinen sijainti, sääolot</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Tulvat</li> <li>- Tuulisuus</li> <li>- Sumu</li> <li>- Lämpötilan vaihtelut</li> <li>- Häikäisy</li> <li>- Ymp.suojelun takia suolauksen vähentämistarve</li> </ul>				
<b>Liikennejärjestelmä</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Asema tieverkossa</li> <li>- Tietyyppi</li> <li>- Tien kulkumuodot</li> <li>- Mitoitusnopeus</li> <li>- Liittymätyypit, -välit</li> <li>- Poikkileikkaustyypit</li> <li>- Joukkoliikenne</li> <li>- Tasoristeykset</li> </ul>				
<b>Muotoilu</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Suuntaus</li> <li>- Liittymien mitoitus ja kaistat</li> <li>- Liikenneverkkojen jatkuvuus</li> </ul>	<b>Muotoilu ja mitoitus</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Pysty- ja vaakageometria</li> <li>- Optinen ohjaus</li> <li>- Ajokaistajärjestelyt</li> <li>- Liittymien tyypit ja muotoilu</li> <li>- Näkemät</li> <li>- Kevyen liikenteen järjestelyt</li> <li>- Linja-autopysäkit</li> <li>- Tasoristeykset</li> </ul>	<b>Mitoitus ja yksityiskohdat</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Liittymien yksityiskohdat</li> <li>- Tiemerkinnot</li> <li>- Suojatiet</li> <li>- Esteettömyys</li> <li>- Kaiteet ja suojaaidat</li> <li>- Opasteet meluesteiden tai kuperan taitteen takana</li> </ul>	<b>Mitoitus ja yksityiskohdat</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Todelliset näkemät</li> <li>- Opastus, valaistus pimeällä</li> <li>- Liikennemerkkit, tiemerkinnot</li> <li>- Päällysteet, pinnat, reunatuet, kuivatus/kaivot</li> <li>- Optinen ohjaus</li> <li>- Tievalaistus</li> </ul>	<b>Mitoitus ja yksityiskohdat</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Ajolinjat liittymissä</li> <li>- mahdolliset syntyneet oikopolut</li> </ul>
	<b>Varusteet, ympäristö</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Reunaympäristön muotoiluperiaatteet</li> <li>- Opastusperiaatteet, valaistus</li> <li>- melu-esteet, sillat, riista-aidat</li> </ul>	<b>Varusteet, ympäristö</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Valaistus</li> <li>- Kuivatus</li> <li>- Istutukset, meluesteet</li> <li>- Liikenteen ohjaus</li> <li>- Tienpitäjän laitteet</li> <li>- Muiden laitteet</li> </ul>	<b>Varusteet, ympäristö</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Törmäysturvallisuus, luiskat</li> <li>- Laitteiden ja varusteiden suojaus</li> <li>- Riista- ja suojaaidat</li> <li>- Istutusten ja meluesteiden vaikutus näkemiin</li> </ul>	<b>Varusteet, ympäristö</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Maankäytön muutokset</li> <li>- Uudet varusteet, mainokset yms.</li> <li>- Kaiteet</li> <li>- Riista- ja suojaaidat</li> </ul>
				<b>Käyttäytyminen</b> <p>Tilastotiedot:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Onnettomuudet</li> <li>- Liikennemäärät</li> <li>- Nopeudet</li> <li>- Käyttökokemukset ja hoito</li> <li>- Mahdollisten vaurioiden vaikutus</li> </ul> <p>Käyttäytyminen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Reitit ja oikopolut</li> <li>- Ylinopeudet</li> <li>- Ajovirheet</li> </ul>

Taulukko 1. Eri suunnitelmavaiheissa auditoitavia asioita (Kautiala ym. 2021, 45)

Liikenneviraston (2012, 20) mukaan suunnitelmavaiheiden maastokäynti on hyödyllinen erityisesti hankkeissa, joissa toimitaan nykytilan asettamien reunaehtojen puitteissa,

esimerkiksi nykyisen tien parantamisessa ja taajamahankkeissa. Maastokäynnillä tulisi kiinnittää huomiota seuraaviin asioihin:

- ympäröivään tieverkkoon
- paikalliseen liikennekulttuuriin
- liikennettä synnyttävien toimintojen sijoittumiseen
- joukkoliikenteen järjestelyihin
- ympäröivään maankäyttöön ja sen synnyttämiin tarpeisiin
- ympäristön ominaisuuksiin

Liikenneturvallisuutta heikentävät tekijät luokitellaan neljään eri luokkaan. Riskien luokittelu helpottaa vertailua muihin arvoihin ja intresseihin. Jos riski on suuri, sen täytyy erottua selkeästi muista arvoista ja intresseistä. Arvioija luokittelee havaitsemansa liikenneturvallisuutta heikentävät riskit kuvan 4 mukaisesti. (Kautiala ym. 2021, 57—58.)

**Taso A:** Aiheuttaa vakavan turvallisuusriskin, suunnitelmaa tulee muuttaa

- *kuolemaan tai vakavaan loukkaantumiseen johtavan onnettomuuden riski*
- *suuret ajonopeudet (>60 km/h), paljon liikennettä*
- *riski koskee suojaamatonta tienkäyttäjää, lapsia, vanhuksia tai vammaisia*
- *kevyen liikenteen oikopolku tai yhteyspuute vaarallisessa tienkohdassa*
- *suunnitteluvirhe tai puutteellisin perustein tehty poikkeama suunnitteluohjeista*
- *konfliktikohdassa kuljettajan havainnointikyky ylikuormittuu*

**Taso B:** Aiheuttaa turvallisuusriskin, toimenpiteitä tulee harkita

- *lievään henkilö- tai aineelliseen vahinkoon johtavan onnettomuuden riski*
- *kohtuulliset tai alhaiset ajonopeudet (40–70 km/h), ei kovin suuret liikennemäärät*

**Taso C:** Otetaan huomioon seuraavassa suunnitteluvaiheessa / rakentamisessa

- *havainnot, joita ei suunnittelutarkkuuden vuoksi voida ottaa huomioon vielä tässä suunnitelmavaiheessa*
- *havainnot, joita otetaan seurantaan rakennussuunnitelmassa tai rakentamisen aikana*

**Taso D:** Muut huomioon otettavat asiat

- *muut asiat (esim. esteettömyysasiat)*

Kuva 4. Turvallisuusvaikutusten ryhmittely (Kautiala ym. 2021, 58)

### 3.4.1 Tiesuunnitelma ja rakennussuunnitelma

Tieturvallisuudirektiivin (2019/1936) mukaan arviointi on pakollinen vain tiesuunnitelma (TS) vaiheessa. Rakennussuunnitelman auditointi on kuitenkin suositeltavaa, jos tiesuunnitelman jälkeen ratkaisuja on muutettu siten, että se vaikuttaa liikennöintiin. Tie- ja rakennussuunnitelmavaiheiden auditointi keskittyy liikennejärjestelmän yksityiskohtaiseen tarkastelemiseen. Viimeisten suunnitteluvaiheiden auditoinneissa tienkäyttäjän ja liikenneympäristön vuorovaikutus on tärkeässä roolissa. Myös erityisryhmien liikenneturvallisuus täytyy huomioida. Tiesuunnitelman auditoinnissa käydään läpi muun muassa tien pysty- ja vaakageometria, optinen ohjaus, ajokaistojen järjestelyt- ja lukumäärät, liittymien muotoilu, näkemät, kävely- ja pyöräilyväylien järjestelyt, linja-autopysäkit, rautatien tasoristeykset, reunaympäristön muotoilu, meluesteet, sillat, riista-aidat sekä opastusperiaatteet. (Kautiala ym. 2021, 45–46.)

Suunnitelmien edelleen tarkentuessa rakennussuunnitelman auditoinnissa arvioidaan erityisesti yksityiskohtien vaikutukset liikenneturvallisuuteen. Tämän vaiheen kannalta olennaisia arvioitavia asioita ovat muun muassa väylien ja liittymien yksityiskohtainen muotoilu, liikenteenohjaus, tiemerkinnot, tieympäristö ja istutukset, varusteet ja laitteet, tieympäristön kiinteät esteet, suojatiejärjestelyt. (Liikennevirasto 2012, 18.)

Auditointi tehdään vuorotellen kaikkien eri tienkäyttäjien näkökulmasta. Auditoinnissa tarkastellaan miten tienkäyttäjät käyttäytyvät suunnitellussa tieympäristössä ja miten he tulkitsevat sitä. Siinä arvioidaan esimerkiksi reitinvalintaa, tieympäristöstä havainnoitavien asioiden määrää, valintojen ja päätösten tekemiseen tarvittavan informaation löytämistä ja päätöksentekoaajan riittävyyttä. Auditointi arvioi tienkäyttäjän virhesuoritusten todennäköisyyttä ja virheen aiheuttaman liikenneturvallisuusriskin suuruutta. (Liikennevirasto 2012, 25.)

Tieturvallisuutta tarkastellaan kaikissa eri sää-, keli- ja valoisuusolosuhteissa. Olosuhteita tarkasteltaessa tutkitaan muun muassa ajoradan kuivatus erityisesti tiegeometrian kannalta ongelmallisissa kohdissa, liittymien suuret kaltevuudet raskaan liikenteen näkökulmasta sekä jalankulun ja pyöräliikenteen ylityskohtien lammikoitumisesta aiheutuvat riskit. (Kautiala ym. 2021, 51.)

### 3.4.2 Auditointi ennen tien avaamista liikenteelle

Ennen tien avaamista liikenteelle -vaiheen tarkoitus on varmistaa rakennetun liikenneympäristön turvallisuus kaikissa olosuhteissa. Erityistä huomiota kiinnitetään tienkäyttäjän turvallisuuteen ja näkemiin erilaisissa olosuhteissa, kuten pimeään aikaan tai huonoissa sääoloissa. Auditointi tulee suorittaa joko autolla, pyöräillen tai jalan, hankkeen ominaisuuksista

riippuen. Auditointi suoritetaan erilaisissa valaistusolosuhteissa. (Kautiala ym. 2021, 47.)  
Auditointi kirjaa huomiot auditointiraporttiin ja tekee itse ehdotukset korjaavista toimenpiteistä (Liikennevirasto 2012, 19).

Auditointi suoritetaan ennen hankkeen vastaanottotarkastusta rakennusorganisaation ollessa vielä paikalla. Ajoitus riippuu hankkeen luonteesta. Jos auditoitavalla tiellä ei ole liikennettä ollenkaan, auditointi suoritetaan juuri ennen kuin tie avataan. Joskus rakennettava tie on käytössä rakentamisen aikana. Tällöin auditointi suoritetaan juuri ennen kuin työmaan tilapäiset liikenneohjausratkaisut poistetaan ja työmaa poistuu paikalta. Opasteiden, liikenteen ohjauslaitteiden, kaiteiden ja muiden tien varusteiden tulee kuitenkin olla jo asennettuina. (Kautiala ym. 2021, 47.)

Ensimmäisenä selvitetään mahdolliset poikkeamat rakennussuunnitelmasta ja arvioidaan niiden vaikutukset liikenneturvallisuuteen. Havainnot kirjataan arviointiraporttiin. Valmiin tien mitoitukseen ei enää voida tässä vaiheessa vaikuttaa, poikkeustapauksia lukuun ottamatta. (Kautiala ym. 2021, 51.)

Ennen tien avaamista vaiheessa auditoitavia asioita ovat muun muassa näkemät, opastus, liikennemerkkit, tiemerkinnot, päällysteet, pinnat, reunatuet, törmäysturvallisuus sekä laitteiden ja varusteiden suojaus (Liikennevirasto 2012, 17).

Maastokäynnillä kiinnitetään huomiota seuraaviin asioihin:

- näkemät, erityisesti liittymien mahdolliset näkemäesteet
- ajolinjojen selkeys
- ajolinjojen toimivuus huonoissa sääoloissa
- tien optinen ohjaus ja valaistuksen osuus siinä
- liikenteenohjauksen havaittavuus, johdonmukaisuus ja selkeys, opasteiden ja merkkin sijainti ja näkyvyys
- kuivatuksen toimivuus ja lammikoiden muodostuminen
- valaistuksen riittävyys, tasaisuus, merkkien ja reunatukien havaittavuus
- törmäysturvallisuus, tien vierialueen esteet ja niiden suojaus
- vaarallisten kohtien suojaus, mm. kaiteet (Kautiala ym. 2021, 51).

### 3.4.3 Auditointi tien käytön alkuvaiheessa

TTA suoritetaan tien käytön alkuvaiheessa, kun tie on ollut käytössä noin vuoden. Hanke arvioidaan ennen hankkeen takuutarkastusta, kun rakennusorganisaatio on vielä vastuussa. Tässä vaiheessa auditointi tehdään liikenteen todellista käyttäytymistä seuraamalla. (Liikennevirasto 2012, 19.)

Liikennekäyttäytyminen on vakiintunut ja liikennöinnistä saadaan todellista tietoa. Auditoinnissa tutkitaan, onko liikennekäyttäytymisessä sellaisia piirteitä, jotka ovat vaaraksi liikenneturvallisuudelle, ja jos näin on, voiko tienpitäjä vaikuttaa asiaan. TTA tulee mahdollisuuksien mukaan tehdä sekä pimeään että valoisan aikaan sekä talvella että kesällä. Auditointi tehdään kaikkien eri kulkumuotojen näkökulmasta. (Kautiala ym. 2021, 47.)

Liikennelaskentatietojen avulla arvioidaan tiejärjestelyjen vaikuttavuutta liikenteen kehittämiseen ja sijoittumiseen tieverkolla. Liikennetilanteen auditointi on mahdollisuuksien mukaan tehtävä laajasti hankkeen ympäristössä. (Kautiala ym. 2021, 52.)

Maastossa tapahtuvaan auditointiin on varattava riittävästi aikaa. Liikennettä on seurattava useassa eri kohdassa, liikennetilanteissa sekä valaistusolosuhteissa. Maastokäynnillä tarkastellaan muun muassa ajoneuvojen nopeustaso, ruuhkien ja jonojen muodostuminen sekä niistä seuraavat ongelmat, polkupyörä- ja kävelyväylien toimivuus sekä pysäkit ja pysäkkiyhteydet. Maastokäynnillä on hyvä olla useampi auditointija ja tarkastelupaikat kannattaa suunnitella etukäteen. Kuvien ja videoiden ottaminen on suositeltavaa. (Kautiala ym. 2021, 52.)

### 3.5 Tieturvallisuusauditointi ulkomailla

Tieturvallisuusdirektiivin (2019/1936) nojalla kaikkien Euroopan Unioniin kuuluvien jäsenmaiden on noudatettava tieturvallisuusvaikutusten arviointeihin, turvallisuusauditointeihin, tieverkon turvallisuuden hallintaan ja turvallisuustarkastuksiin liittyviä menettelyjä (Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi (EU) 2019/1936 tieinfrastruktuurin turvallisuuden hallinnasta annetun direktiivin 2008/96/EY muuttamisesta).

Jo ennen tieturvallisuusdirektiivin asettamista useissa maissa on ollut tieturvallisuuden arviointiin liittyviä käytäntöjä. Suomessa Tiehallinto otti vuonna 2002 käyttöön suunnitelmien liikenneturvallisuustarkastuksen. Isossa-Britanniassa RSA (Road Safety Audits) kehitettiin jo 1980-luvun alussa. Australiassa ja Uudessa Seelannissa RSA otettiin käyttöön 1990-luvun alussa ja useissa Euroopan maissa 1990-luvulla. Ruotsissa ei useasta muusta maasta poiketen ollut erillistä tieturvallisuusauditointiprosessia, vaan se miellettiin osaksi laatujärjestelmää. (Velhonoja ym. 2008, 17.)

#### **Iso-Britannia**

Ison-Britannian tieliikennelaissa säädettiin vuonna 1974 vaatimus, että uusia teitä rakennettaessa tulee toteuttaa sellaisia toimenpiteitä, joilla vähennetään käytössä olevan tien onnettomuuksien syntymisen mahdollisuuksia. Alussa viranomaiset itse saivat määrittellä

käytettävät menetelmät, mutta osaamisen ja kokemuksen puutteen myötä lakivaatimus johti yleisen tieturvallisuusauditointimenetelmän kehittämiseen. (Barrell 2012, 3.)

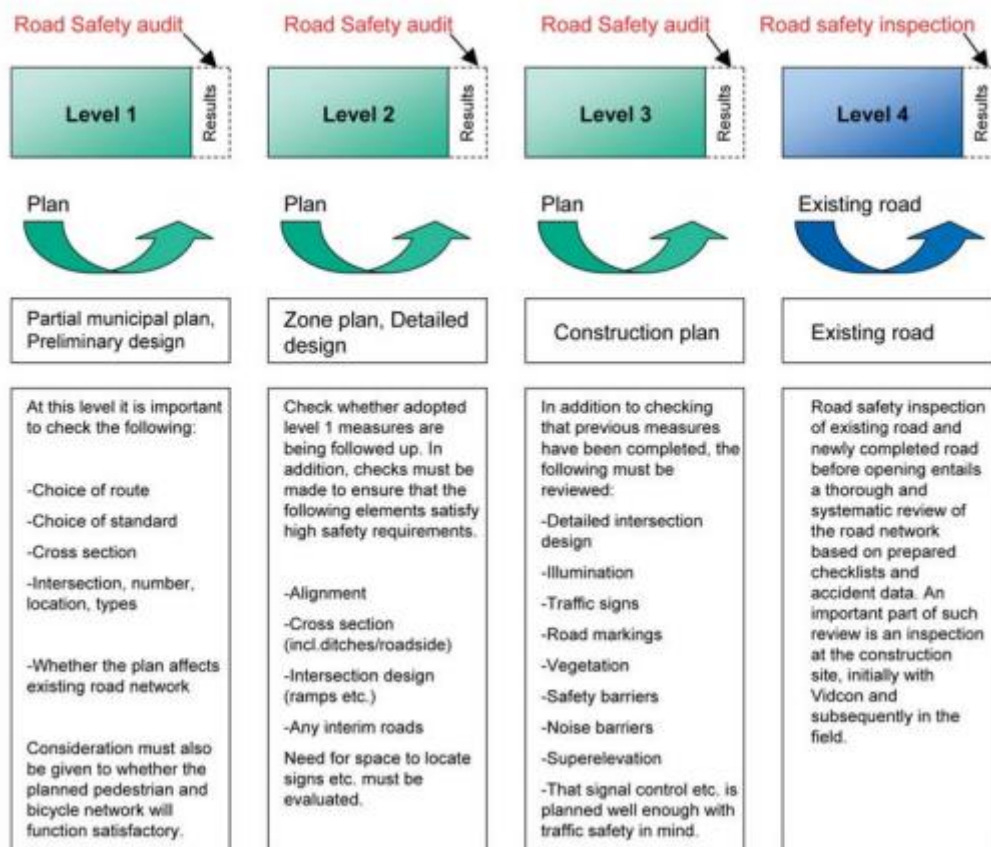
Iso-Britanniassa TTA:n tarkoituksena on varmistaa jo suunnitteluvaiheissa, että mahdolliset virheet ja turvallisuusriskejä aiheuttavat tekijät poistetaan. Suunnitteluratkaisujen muuttaminen paperilla on paljon helpompaa ja halvempaa kuin muutosten tekeminen jo rakennettuun tiehen. Auditointimenetelmien kehittämisen myötä menetelmä virallistettiin osaksi Iso-Britannian valtateiden suunnittelua. Nykyään se on virallinen osa valtatieverkoston suunnittelua ja sitä suositellaan tehtäväksi myös paikallisteiden hankkeissa. (Barrell 2012, 3–4.)

Auditointi suoritetaan neljässä vaiheessa: esisuunnittelussa, yksityiskohtaisessa suunnittelussa, ennen tien avaamista liikenteelle ja tien avaamisen jälkeen (Barrell 2012, 5). Auditointiprosessiin osallistuu auditointitiimi, suunnittelutiimi ja asiakas. Auditointitiimi koostuu vähintään kahdesta asiakkaan valitsemasta turvallisuusasiantuntijasta. Tiimi suorittaa auditoinnin ja tekee raportin, joka sisältää turvallisuusriskit ja niihin suunnitellut ratkaisut. Suunnittelutiimi kommentoi auditointiraporttia ja suunnittelee ratkaisut. Asiakas päättää korjaavista toimista. (Barrell 2012, 7.)

## **Norja**

Norjassa tieliikennejärjestelmän muotoilu perustuu siihen, että ihminen tekee virheitä ja liikennejärjestelmä tulee suunnitella siten, että se estää virheiden sattumisen ja niistä seuraavat onnettomuudet (Kirkevold ym. 2014, osa 0: 8). Auditointi jaetaan kolmeen eri suunnitelmavaiheeseen (Kuvio 5): osakuntasuunnitelma (esisuunnittelu), aluesuunnitelma (yksityiskohtainen suunnittelu) ja rakennussuunnitelma (Kirkevold ym. 2014, osa 0: 12). Jokaisessa vaiheessa luodaan ensin yleiskuva, jonka jälkeen suunnitelma käydään yksityiskohtaisesti läpi eri liikenteenkäyttäjien ja kulkumuotojen näkökulmasta (Kirkevold ym. 2014, osa 1: 7). Suunnitelmien auditoinnin jälkeen tehdään valmistuneen tien turvallisuustarkastus (Kirkevold ym. 2014, osa 0: 12).

TTA:han osallistuu kolme eri osapuolta: hankkeen omistaja, auditointiryhmä ja suunnittelija. Auditointiryhmän yksi jäsenistä on ryhmän johtaja, jolla on virallinen pätevyys. Hankkeen omistajan vastuulla on muun muassa auditoinnin järjestäminen, auditoilijalle kuuluvien aineistojen toimittaminen, alustavan raportin tarkastaminen sekä muutoksista ja toimenpiteistä päättäminen. Vastaava auditointiryhmän perustamisesta hankkeen omistajan kanssa, auditoinnin suunnittelusta, raportin laatimisesta sekä lopullisen tarkastusraportin luovuttamisesta hankkeen omistajalle. Suunnittelija on mukana tarkastuksen tukemisessa, suunnittelee päätetyt muutokset ja välittää tiedon auditointituloksista suunnitteluyksikössä eteenpäin. (Kirkevold ym. 2014, osa 0: 19; Kirkevold ym. 2014, osa 0: 20.)



Kuvio 5. Norjan malli tieturvallisuusauditoinnista (Kirkevold ym. 2014, osa 0: 12)

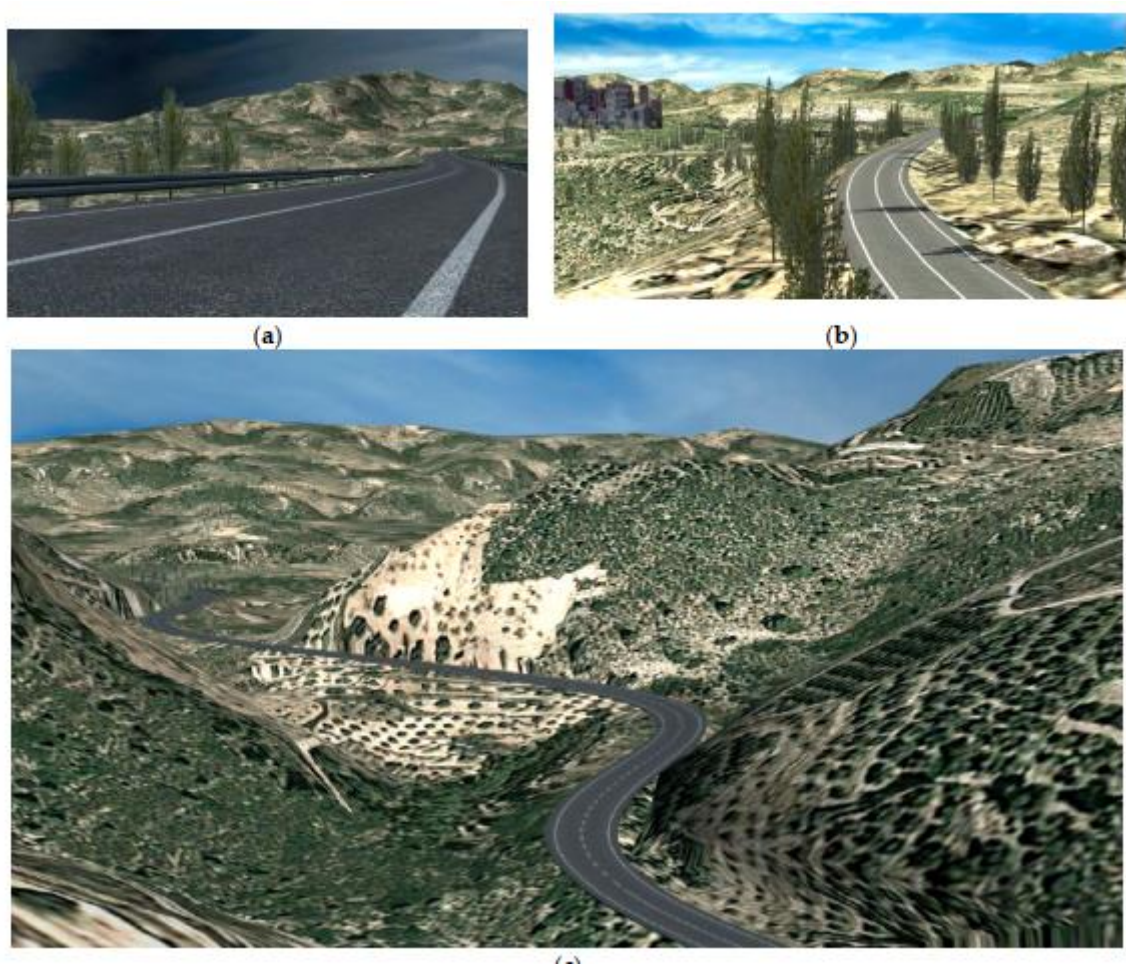
### Mallinnuksen hyödyntäminen TTA:ssa

Espanjan Valencian ammattikorkeakoulun tutkimuksessa vertailtiin kolmea erilaista mallinnustapaa, joilla voidaan luoda virtuaalisia skenaarioita: manuaalinen mallinnus (Kuva 6), monikerroksinen mallinnus sekä IFC-RoadBIM menetelmään perustuva mallinnus (Dols ym. 2021, 18).

Ideana on se, että malli syötetään simulaattoriin, jolla voidaan ajaa virtuaalisen tieympäristön läpi (Kuva 5). Tutkimuksen mukaan mallien käyttämisessä on useita hyötyjä. IFC-malleja käyttämällä voidaan tarkastella muun muassa näköetäisyyksiä, liikennemerkejä, tie-merkintöjä sekä esteitä. Tieturvallisuusauditoinnissa malleilta vaaditaan kuitenkin korkeaa yksityiskohtaisuutta esimerkiksi kaiteiden törmäyssuojien, päällysteen kitkan ja auringon häikäisyn tarkastelemiseksi. IFC-mallia voisi siis käyttää yksityiskohtaisemman korkean resoluution mallin perustana, jota säädettäisiin tarkemmaksi. (Dols ym. 2021, 17.)



Kuva 5. Simulaattorinäkömää monikerroksisella mallinnusmenetelmällä luodusta mallista (Dols ym. 2021, 13)



Kuva 6. Manuaalisella mallinnuksella toteutettu malli (Dols ym. 2021, 9)

Simulaatioiden käyttämisessä on myös haasteita ja ratkaisemattomia ongelmia. Tien mallin geometriset ominaisuudet sekä ympäristö on saatava suunnitteluvaiheista lähtien. Tämän tiedon perusteella virtuaalinen tieskenaario voidaan luoda uudelleen ja syöttää ajosimulaattoriin. Toinen virtuaalisten tieskenaarioiden kehittymistä rajoittavista ongelmista ovat erilaiset tiedostoformaattit. Erilaisten formaattien syöttäminen simulaattoriin vaatii erityistä muokauttamista, jotta se saadaan toimimaan. (Dols ym. 2021, 18.)

Manuaalisen mallinnuksen todettiin olevan kaikista hitain ja kallein vaihtoehto mallien luomiseksi. Asiantuntevalla mallintajalla menisi yli 50 tuntia aikaa kilometrin pituisen tien luomiseen. Monikerroksisella mallintamisella kokonaisaika lyhentyisi ja mallintaminen kestäisi 30–35 tuntia kilometriä kohden. IFC-RoadBIM -menetelmään pohjautuva mallintaminen osoittautui tehokkaimmaksi ja nopeimmaksi keinoksi luoda virtuaalisia tieskenaarioita. Menetelmällä menee aikaa alle 15 tuntia kilometriä kohden. (Dols ym. 2021, 18.)

Yhdysvaltalaisen tutkimuksen mukaan mallien tekeminen vaatii aikaa ja työtä, joten sen käyttäminen kaikissa TTA-hankkeissa ei välttämättä ole kustannustehokasta. Suurissa tai

monimutkaisissa ja uusia ratkaisuja sisältävissä hankkeissa sen käyttämisellä voisi kuitenkin saavuttaa merkittäviä hyötyjä. (Nabors & Soika 2013.)

Naborsin ja Soikan (2013, 11—12) mukaan mallien käyttäminen havainnollistaisi miten liikennemerkit, kaiteet, näkemät, rakenteet ja muut tien keskeiset ominaisuudet vaikuttavat syntyvään liikenneympäristöön sekä mallien avulla myös paljastuisi ongelmia, joita ei huomaa 2D piirustuksista. Audittoija voisi myös käyttää malleja visualisoidakseen tilaajalle ja muille projektin osapuolille havaitsemiaan turvallisuushavaintoja. Mallien käyttäminen myös tehostaisi TTA:n kustannustehokkuutta.

## 4 Inframallinnus

### 4.1 Inframallinnuksesta yleisesti

Tietomallintaminen tarkoittaa kohteen esittämistä kolmiulotteisesti, tietosisällöltään vakioidusti ja koneluettavasti. Inframallintaminen on infran tietomallintamista. Yleisesti tietomalliksi ajatellaan suunnittelijan luomaa kolmiulotteista suunnitelmaa tai sen osaa, mutta nykyisin termiä on laajennettu koskemaan kaikkea sitä informaatiota, joka liittyy mallipohjaiseen toimintaan. (Yleiset inframallivaatimukset 2021, 8.)

Inframallintamisen tavoitteena on tukea suunnittelun ja rakentamisen laatua, tehokkuutta, turvallisuutta ja kestävän kehityksen mukaista hanke- ja elinkaari-prosessia. Tavoitetilanteessa infrakohteen elinkaarta pystytään hallitsemaan suunnittelusta kunnossapitoon ja purkamiseen asti yhden inframallin kautta. (Yleiset inframallivaatimukset 2021, 13.)

Yleisten inframallivaatimusten (2021, 13) mukaan mallinnus mahdollistaa muun muassa seuraavia asioita:

- investointipäätöksiä tuen vertailemalla ratkaisujen toimivuutta, laajuutta ja kustannuksia sekä havainnollistamalla riskejä
- energia-, ympäristö- ja elinkaarianalyysit ratkaisujen vertailua, suunnittelua ja kunnossapidon tavoiteseurantaa varten
- eri tekniikkalajien yhteensovittamisen
- suunnitelmien havainnollistamisen ja rakennettavuuden analysoimisen
- laadunvarmistuksen ja tiedonsiirron parantamisen
- rakennushankkeiden tietojen hyödyntämisen käytön ja kunnossapidon aikaisissa toiminnoissa
- suunnittelun, rakentamisen ja kunnossapidon tehostamisen sekä laadun parantamisen

Mallipohjainen suunnittelu on nykypäivänä yleistä ja suuri osa infrahankkeista suunnitellaan mallipohjaisesti. Mallipohjaisella suunnittelulla saavutetaan useita hyötyjä aina suunnittelun laadukkuudesta hankkeen aikana käytävään visuaalisempaan ja monipuolisempaan vuorovaikutukseen. Mallipohjaisen luovutusaineiston käyttämisellä varmistutaan siitä, että digitaaliset aineistot ovat käytettävissä myös hankkeen seuraavissa vaiheissa. (Yleiset inframallivaatimukset 2021, 73.)

## 4.2 Tietomallipohjaisen toiminnan tavoitteet

Väyläviraston inframallinnukselle asettamien vaatimusten tavoitteena on ohjeistaa käytännön toimintaa hankkeissa ja parantaa yhteistyötä palveluntuottajan, sidosryhmien ja tilaajan välillä. Väyläviraston hankkeiden tiedonhallintaan kuuluu olennaisena osana tietomallipohjainen toiminta. Selkeä ja jokaista hankkeen osapuolta palveleva toimintamalli on yksi mallipohjaisen toiminnan edellytyksistä. Avointen tiedonsiirtoformaattien hyödyntäminen on tärkeää mallipohjaisessa toiminnassa, koska se mahdollistaa ohjelmistoriippumattomuuden ja parantaa tiedon jatkohyödynnettävyyttä eri osapuolten tarpeisiin. (Savolainen ym. 2022, 13.) Mallipohjaisen toiminnan tavoitteita ovat:

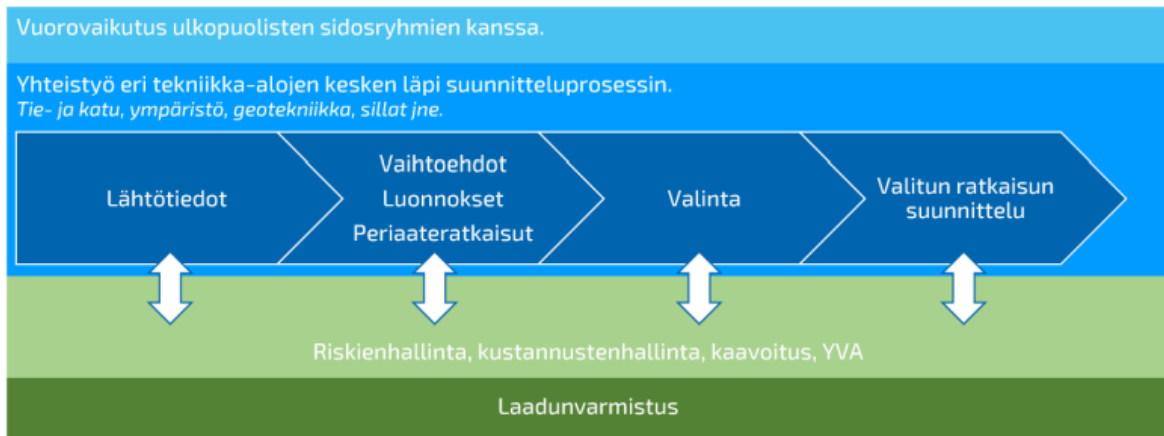
- tiedon sujuva hyödynnettävyys ja muokattavuus eri osapuolten tarpeisiin
- tiedon tuottaminen ja jäsentely yhteisesti sovitulla tavalla
- tiedon hallinnointi yhteisesti sovitussa paikassa
- tiedon ymmärrettävyys ja yksiselitteisyys (Savolainen ym. 2022, 13).

Projekteissa syntyvä tieto pyritään siirtämään osaksi koko väylänpidon toimintaa ja vakio-  
muotoisilla inframalliaineistoilla on tässä tärkeä rooli. Infraomaisuuden koko elinkaaren aikainen tiedonhallinta on yksi tietomallipohjaisen toiminnan tärkeimmistä tavoitteista, ja Väylävirasto kehittää sitä jatkuvasti. (Savolainen ym. 2022, 14.)

## 4.3 Mallipohjainen suunnittelu

Väyläsuunnittelussa on huomioitava useita eri tekijöitä ja se on vaiheittain tarkentuva prosessi. Tavoitteena on saavuttaa teknisesti, taloudellisesti ja ympäristöllisesti paras mahdollinen ratkaisu. Tietomallinnuksen tavoitteena on, että edellisissä vaiheissa syntynyttä tietoa ei katoa, ja se on käytettävissä seuraavissa suunnitelmavaiheissa. Näin tiedolle pyritään antamaan mahdollisimman korkea jälleenkäyttöarvo. Tietomallinnuksella tavoitellaan hyvää tiedonhallintaa ja tiedonsiirtoa informatiivisessa muodossa läpi suunnitteluprosessin. Mallien yksityiskohtaisuus ja suunnitelmat tarkentuvat hankkeen edetessä vaiheesta seuraavaan. (Savolainen ym. 2022, 26.)

Kuviossa 6 näkyy suunnitteluprosessin yleinen kulku, jota jokainen suunnitteluvaihe pääpiirteittäin seuraa. Mallinnus tukee tätä prosessia. (Savolainen ym. 2022, 26.)



Kuvio 6. Suunnitteluprosessin yleinen kulku (Savolainen ym. 2022, 26)

Kaikissa inframallihankkeissa täytyy laatia tiedonhallintasuunnitelma, lähtöaineistoluettelo, aineistoluettelo, tietomalliselostus ja dokumentoitu itselle luovutus (Yleiset inframallivaatimukset 2021, 24). Mallintamisen tavoitteet, käyttötarkoitukset ja mallien hyödyntäminen vuorovaikutuksessa hankkeen aikana määritellään hankkeen tarjousvaiheessa. Määrittelyn tekee tilaaja. (Yleiset inframallivaatimukset 2021, 15.) Väyläviraston projektientiedonhallinnan työssä tavoitteena on yhtenäistää hankevaiheen vaatimuksia entisestään siten, että ne ovat mahdollisimman samanlaiset ja vakioituneet eri projekteissa (Savolainen 2023). Mallipohjainen aineisto tulee tarkastaa kokonaisuutena siinä missä muutkin piirustukset. Hankkeen tarjousvaiheessa mainitaan myös riittääkö suunnittelijan oma vastaanottotarkastus vai tarvitaanko ulkopuolinen tarkastaja. (Yleiset inframallivaatimukset 2021, 15.)

Mallipohjaista hanketta suunniteltaessa tulee selvittää hankkeen erityispiirteet ja tarpeet. Esimerkiksi alueen maankäytön tai pohjaolosuhteiden haasteet voivat olla tällaisia. Hankkeen lähtötiedot tulee hankkia riittävän ajoissa. Ilman riittäviä lähtötietoja suunnittelun aloittaminen viivästyy. Lähtötiedot täytyy tarkistaa ja päivittää aina hankkeen alussa. Lähtötietoaineisto on hyödynnettävissä jo tarjousvaiheessa, jos hankinnan aikaisempi vaihe on tehty mallipohjaisesti. (Yleiset inframallivaatimukset 2021, 15.)

Mallipohjaisen hankkeen suunnittelun laajuus ja tarkkuus määräytyvät hankevaiheen perusteella. Tehtävämäärittelyssä tulee mainita mahdolliset tarkempaa mallinnusta vaativat erikoiskohteet ja vuorovaikutustavoitteet. (Yleiset inframallivaatimukset 2021, 15.)

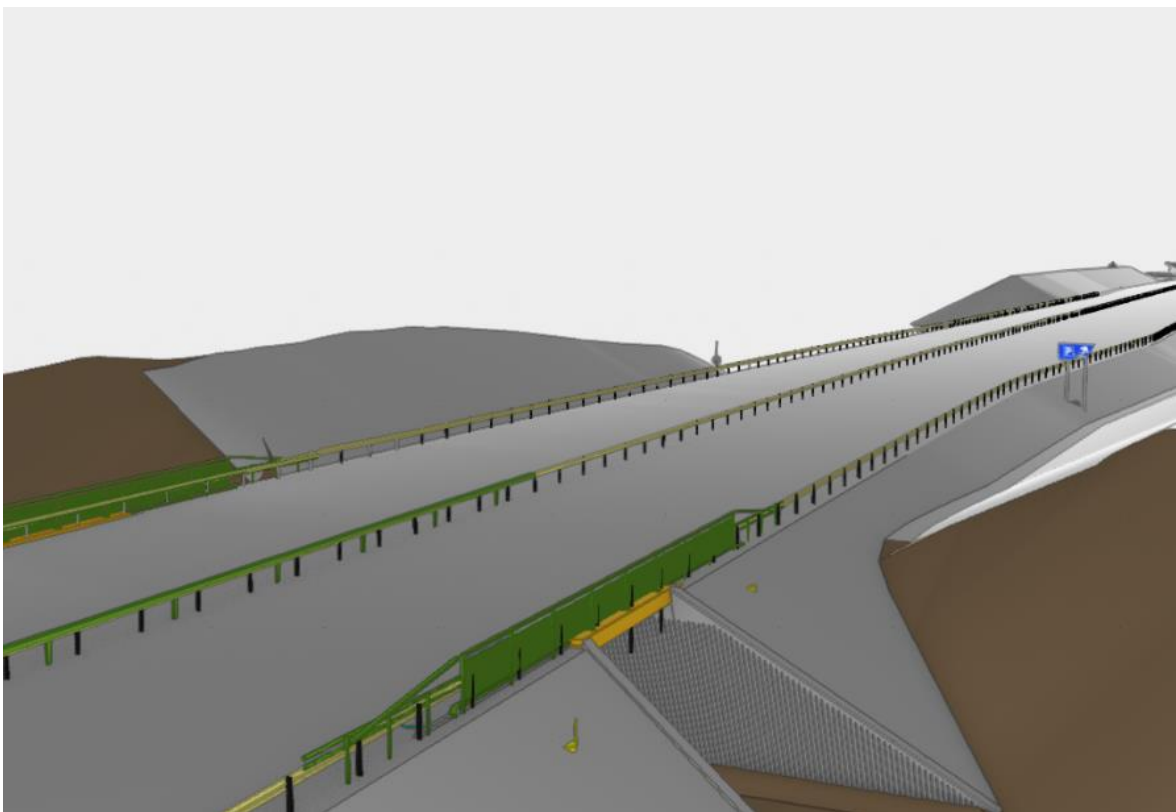
### Suunnitelmamalli

Suunnitelmamalli nimetään suunnitteluvaiheen mukaan, esimerkiksi yleis-, tie- ja rakennussuunnitelmamalli (Yleiset inframallivaatimukset 2021, 10). Suunnitelmamallissa esitetään hankkeen suunnitellut ratkaisut. Malli vastaa suunnitteluvaiheen tarkkuutta. Malli jaetaan jokaisessa suunnitelmavaiheessa tekniikkalajeittain ja/tai rakennusosittain. Näin tiedon

käytettävyys ja jaottelu helpottuu esimerkiksi yhdistelmämallien tarkasteluissa ja kustannuslaskennassa. Eri osamallit kirjoitetaan suunnittelujärjestelmästä ulos avoimessa tiedostoformaatissa (Inframodel tai IFC), koska mallipohjainen suunnittelu ja avoimet tiedostoformaatit tukevat ohjelmistoriippumattomuutta. Jos avoimen formaatin käyttö ei ole mahdollista, voidaan käyttää muita alalla yleisiä formaatteja, kuten esimerkiksi dwg:tä. (Savolainen ym. 2022, 27.)

### **Yhdistelmämalli**

Yhdistelmämalli (Kuva 7) on nimensä mukaisesti yhdistelmä kaikista hankkeessa tuotetuista suunnitelmamalleista, tietomalleista ja osamalleista (Yleiset inframallivaatimukset 2021, 10). Yhdistelmämallia hyödynnetään eri tekniikkalajien yhteensovittamisessa, vaihtoehtojen vertailussa, laadunvarmistuksessa sekä vuorovaikutuksessa. Pienemmissä hankkeissa voi riittää suunnittelujärjestelmässä esitetty yhdistelmämalli, mutta isommissa hankkeissa erillinen yhdistelmämalliohjelmisto on usein tarpeellinen. (Savolainen ym. 2022, 28.)



Kuva 7. Esimerkki yhdistelmämallista

### **Esittelymalli**

Esittelymalli koostuu eri tekniikkalajien suunnitelmamalleista sekä lähtötietoaineistosta. Malleja käytetään esimerkiksi sidosryhmätyöskentelyssä ja yleisötilaisuuksissa. Mallissa ympäristössä näkyvät rakenteet pyritään kuvaamaan mahdollisimman todenmukaisesti.

(Savolainen ym. 2022, 28.) Esittelymallin aineistot (yhdistelmämalli, suunnitelmamallit) yksinkertaistetaan ja rajataan käsittämään lopullisen ympäristön näkyvät osat (Yleiset inframallivaatimukset 2021, 41).

### **Inframallintamisen tavoitteet eri suunnitelmavaiheissa**

Mallinnuksen tavoitteet vaihtelevat suunnitteluvaiheesta riippuen. Esisuunnitteluvaiheen tavoitteena on tutkia eri vaihtoehtoja, vertailla niitä sekä tutkia niiden vaikutuksia ympäristöön. Esisuunnitteluvaiheessa mallinnuksen pääpaino on vaihtoehtovertailujen havainnollistamisessa ja sidosryhmätyöskentelyssä. Tässä vaiheessa mallinnuksella voi olla merkittävä vaikutus hankkeen hyväksyttävyyteen. Esisuunnitelmavaiheen päivitetty lähtötietoaineisto toimii seuraavan suunnitteluvaiheen lähtötietoaineistona. (Yleiset inframallivaatimukset 2021, 81–82.)

Yleissuunnitelmavaiheessa mallipohjainen vaihtoehtovertailu jatkuu. Vertailua tehdään tarkemmin, jotta voidaan tehdä päätös hyväksymiskäsittelyyn viimeisteltävästä vaihtoehdosta. Yleissuunnitelmavaiheen suunnitelmien mallinnuksen tavoitteena on tuottaa aineistoa, jota voi hyödyntää kustannusten ja vaikutusten arvioinnissa, yhteensovittamisessa ja vaihtoehtojen havainnollistamisessa. (Yleiset inframallivaatimukset 2021, 81.) Yleissuunnitelmassa määritellään muun muassa tarvittavat tilavaraukset ja alustava korkomaailma. Yleissuunnitelman inframalli on vielä melko yksinkertainen, mutta sen avulla pystyy tutkimaan tämän vaiheen kannalta tärkeitä asioita, kuten geometrioita, tilavarauksia ja rakennettavan kohteen sovittamista ympäristöön. (Yleiset inframallivaatimukset 2021, 82.)

Tie- ja katusuunnitelmavaiheessa suunnitelmien tekniset ratkaisut mallinnetaan sellaisella tarkkuudella, että niiden avulla pystytään tuottamaan aineisto, joka mahdollistaa haltuunoton. Tässä vaiheessa mallintamista hyödynnetään havainnollistamisessa, kustannusten ja vaikutusten arvioinnissa sekä yhteensopivuuden ja aluevarausten varmistamisessa. (Yleiset inframallivaatimukset 2021, 81.) Tie- ja katusuunnitelman mallinnuksen tavoitteena on tukea riittävän yksityiskohtaisten suunnitteluratkaisujen sekä tilantarpeiden määrittämistä. Katusuunnittelussa täytyy usein huomioida maanalaisen infran järjestelyt ja tilantarve. Mallipohjainen suunnittelu mahdollistaa toimintojen tilantarpeen ja mahdollisten poikkeamien selkeämmän varmistamisen. (Yleiset inframallivaatimukset 2021, 83.) Tie- ja katusuunnitelmavaiheessa rakennemallien on oltava riittävän tarkkoja väylägeometrioiden ja tilavarauksien osalta, jotta sovittaminen ympäristöön voidaan suunnitella riittävän tarkasti (Yleiset inframallivaatimukset 2021, 83–84).

Rakentamissuunnitteluvaiheessa mallinnuksen tavoitteena on mallintaa kaikki rakentamisessa tarvittavat osat riittävän tarkasti, jotta rakentaminen voidaan toteuttaa mallin avulla. Luovutusvaiheessa mallin on vastattava rakennussuunnitelmadokumentteja- ja

piirustuksia. Rakennussuunnitelmamallit voidaan edelleen jalostaa toteutusmalleiksi, joilla toteutetaan mallipohjainen rakentaminen. Rakennussuunnitelman kustannusarvion tavoitteena on arvioida kustannukset luotettavasti ja kaikki määrät on laskettava rakennusosatarkkuudella. (Yleiset inframallivaatimukset 2021, 85.)

#### 4.4 Tiedonhallinnan kolmikanta

Suunnittelu- ja rakennushankkeen keskeisin onnistumistekijä on toimiva tiedonhallinta. Tiedonvaihto osapuolten välillä on tärkeää, eikä tiedonhallinnan tärkeyttä voi koskaan korostaa liikaa. Vakioidut tiedonhallinnan periaatteet mahdollistavat suunnitellun tai rakentamisen aikana tuotetun tiedon hyödyntämisen hankkeen elinkaaren kaikissa vaiheissa (Kuvio 7). Mallinnusprosessin aikana on pidettävä huoli siitä, että tuotettua tietoa käsitellään sovittujen periaatteiden mukaisesti. Toimiva tiedonhallinta ja vakioidut toimintamallit mahdollistavat tiedon ymmärtämisen samalla tavalla, tiedon jäsentelyn, tiedon hallinnoinnin yhteisesti sovitussa paikassa, tiedon sujuvan hyödyntämisen sekä tiedon ajantasaisuuden. (Yleiset inframallivaatimukset 2021, 30.) Kuviossa 8 näkyy Väyläviraston Velho -järjestelmän mukainen tiedon jäsentely.

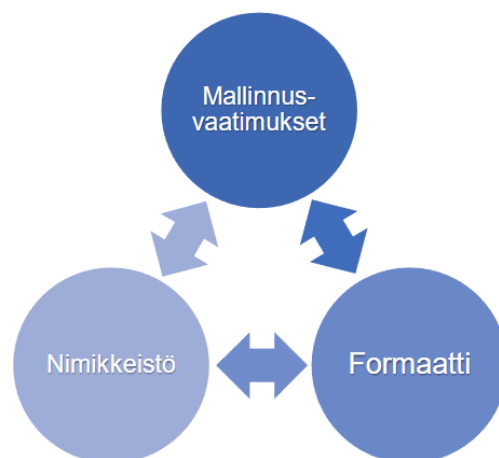


Kuvio 7. Esimerkki tiedon jäsentelystä suunnittelu-, toteutus- ja luovutusvaiheissa (Yleiset inframallivaatimukset 2021, 30)



Kuvio 8. Väyläviraston Velho -järjestelmän mukainen tiedon jäsentely (Väylävirasto 2020, 14)

Tiedonhallinnan kolmikanta (Kuvio 9) koostuu mallinnusvaatimuksista, nimikkeistöstä ja formaattista. Osa-alueet tukevat toinen toisiaan ja niiden tulee olla kunnossa ja yhteneväiset, jotta tiedonhallinta on sujuvaa ja toimivaa. (Yleiset inframallivaatimukset 2021, 6.)



Kuvio 9. Inframallintamisen kolmikanta (Yleiset inframallivaatimukset 2021, 6)

#### 4.4.1 Mallinnusvaatimukset

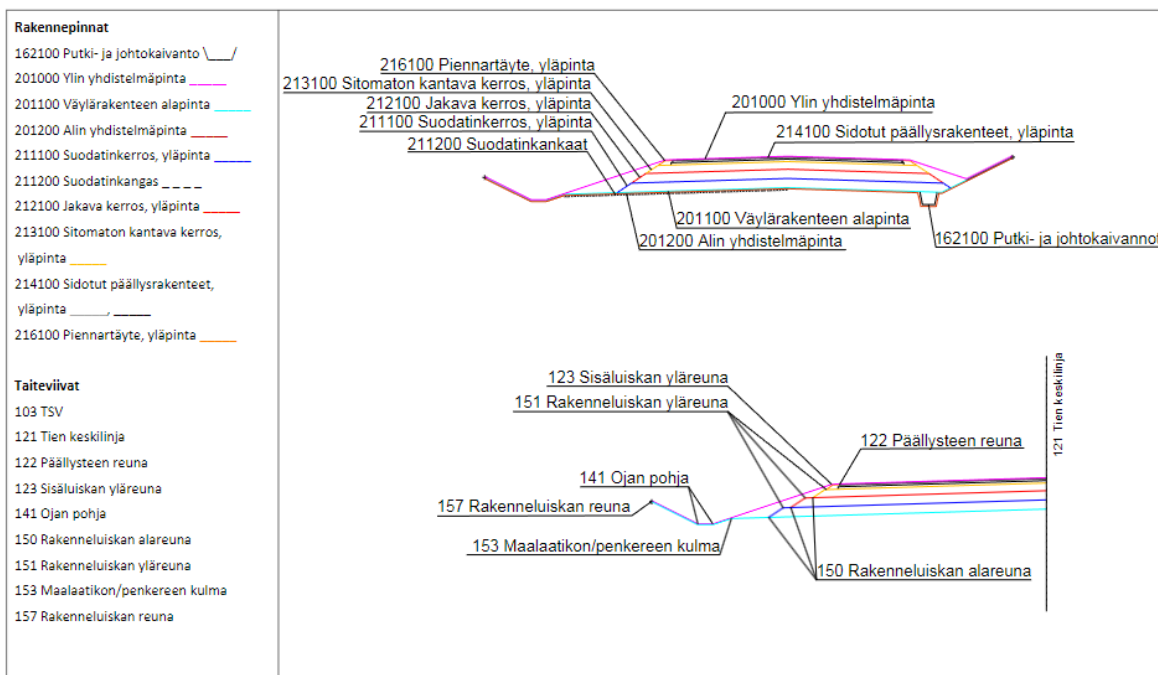
Mallinnusvaatimusten tarkoituksena on ohjata, yhdenmukaistaa ja kehittää infra-alan mallinnuskäytäntöjä. BuildingSMART Finlandin julkaisemat yleiset inframallivaatimukset kattavat koko infran elinkaaren: lähtöaineiston, suunnittelun eri vaiheet, rakentamisen ja rakennetun todentamisen sekä myös tulevaisuudessa käytön ja kunnossapidon. (Yleiset inframallivaatimukset 2021, 6.)

Myös Väylävirasto on julkaissut omat inframallivaatimuksensa. Ohjeen tarkoitus on tarkentaa Väyläviraston ja ELY-keskusten tie-, rata- ja vesiväylähankkeiden tietomallintamisen vaatimuksia ja toimintamalleja. Ohje täydentää BuildingSMART Finlandin yleisiä inframallivaatimuksia Väyläviraston näkökulmasta tie-, rata- ja meriväylähankkeissa (Savolainen ym. 2022, 3.)

#### 4.4.2 Nimikkeistö

Infrarakenteiden- ja mallien yhtenäistä numerointi- ja nimeämiskäytäntöä varten on kehitetty infraBIM-nimikkeistö (Kuva 8). Nimikkeistö perustuu Infra-rakennusosanimikkeistöön ja laajentaa sitä. Nimikkeistö palvelee infrarakenteita- ja malleja koko elinkaaren ajan sen vaiheissa: lähtötietojen hankinnassa, suunnittelussa, toteutuksessa, toteuman mittauksessa sekä kunnossapidossa. (InfraBIM -nimikkeistö 2019, 4.)

Nimikkeistön käyttö inframallinnuksessa on ehdoton vaatimus. Yhteisen nimeämiskäytännön tavoitteena on selkeyttää ja luoda yhteinen ymmärrys käytetystä terminologiasta. Yhteisen nimikkeistön käyttäminen helpottaa huomattavasti mallinnushankkeita. (Yleiset inframallivaatimukset 2021, 38.)



Kuva 8. Yksiajorataisen tien rakennepintojen ja taiteviivojen nimeäminen ja numerointi (InfraBIM -nimikkeistö 2019, 7)

#### 4.4.3 Formaatti

Suunnittelun aikana syntyy paljon digitaalista tietoa. Tieto täytyy pitää hyödynnettävässä muodossa, joten on kehitetty avoin tiedonsiirtoformaatti. Avoin tiedonsiirtoformaatti on ohjelmistosta riippumaton ja se säilyttää tiedon jälleenkäyttöarvon ja tehostaa suunnittelua. Suunnittelun aikana tieto on ohjelmiston natiiviformaatissa, mutta tietoa tallentaessa tai luovuttaessa se tulee muuttua avoimeen muotoon. Infrarakenteiden avoin tiedonsiirtoformaatti on LandXML ja siltojen sekä taitorakenteiden IFC (Industry Foundation Classes). (Yleiset inframallivaatimukset 2021, 33–34.)

Avoimien formaattien käytössä on kuitenkin vielä haasteita formaattien puutteellisuuden takia. Ne eivät kata kaikkea siirrettävää tietoa, joten yleisiä formaatteja ja ohjelmistojen omia natiiviformaatteja täytyy vielä joissain määrin käyttää. Silloinkin nimeämisessä on käytettävä InfraBIM -nimikkeistön mukaista nimeämistä. (Yleiset inframallivaatimukset 2021, 34.)

Talonrakentamispuolella ja taitorakenteissa käytetty IFC-formaatti on laajentumassa infra- puolelle. IFC:n versio 4.3 kattaa infrarakenteita ja monet eurooppalaiset infraomistajaorganisaatiot kuten Väylävirasto ovat ottamassa sitä vaatimukseksi vuosien 2023–2024 aikana. Väylävirasto tarkentaa omaa road mapiaan IFC-formaatin käyttöönoton osalta. (Savolainen 2023.)

## 4.5 Mallintaminen eri hankevaiheissa

Mitä aikaisemmassa hankkeen suunnitteluvaiheessa mallipohjainen toiminta aloitetaan, sen parempi. Mallipohjaisen suunnittelun voi aloittaa missä hankkeen vaiheessa tahansa. Kun malli on luotu, sitä täydennetään suunnitteluvaiheiden edetessä. Lähtötietoaineisto päivitetään jokaisessa uudessa hankevaiheessa ajantasaiseksi. Suurimman hyödyn mallipohjaisesta prosessista saavuttaa, kun mallia ei luoda jokaisen suunnitteluvaiheen alussa uudestaan, vaan jatketaan edellisen suunnitelmavaiheen mallin kehittämistä. Avoimessa muodossa olevien mallien jatkosuunnittelu on vielä osittain haasteellista ohjelmistojen rajoitteiden ja formaattien puutteellisuuden takia. (Yleiset inframallivaatimukset 2021, 14.)

Tavoitteena on, että tulevaisuudessa perinteisten dokumenttien määrä vähenee ja ne korvataan inframalleilla. Malleilla voidaan nykytilanteessakin korvata joitain dokumentteja, kuten esimerkiksi paalukohtaisia poikkileikkauksia, mutta pääsääntöisesti perinteisiä dokumentteja käytetään ainakin toistaiseksi. Mallien on vastattava dokumenttien sisältöä. (Yleiset inframallivaatimukset 2021, 14.)

### 4.5.1 Tiesuunnittelu

Tiesuunnittelun tietomallilla kuvataan suunnitelmaratkaisujen mittoja sekä tilantarvetta, jonka avulla voidaan määrittää hankkeen määrät, kustannukset ja muut vaikutukset. Ominaisuustiedot tulee kuvata riittävällä tarkkuudella vaikutusarviointia ja kustannuslaskentaa ajatellen. Tässä vaiheessa eri tekniikkalajien välisiä rajapintoja ei tarvitse viimeistellä. Ratkaisujen toteuttamiskelpoisuuden, tilavarausten ja kustannuksien varmistaminen on tärkeintä. Mallinnuksen tason tulee vastata suunnitelmatilannetta ja suunnittelun valmiusasetta. Tiesuunnittelussa tuotetaan lähtöaineistoa rakentamissuunnitteluun. (Savolainen ym. 2022, 33.)

Luonnosteluvaiheessa ja vaihtoehtojen vertailussa mallit saavat olla keskeneräisiä, mutta niiden pitää vastata luonnosten tarkkuustasoa. Suunnitteluratkaisua pohdittaessa taiteviivojen ei tarvitse kohdata ja pintojen paikoittaiset virheet ovat sallittuja. (Savolainen ym. 2022, 33.) Usein tässä vaiheessa luovutusaineistoksi riittävät pelkät pintamallit. Tärkeintä on, että malliaineistosta käy ilmi kohteiden ja rakenteiden yhteensovitus ja ristiriidattomuus tiesuunnitelmassa ominaiseen tasoon. (Yleiset inframallivaatimukset 2021, 84.)

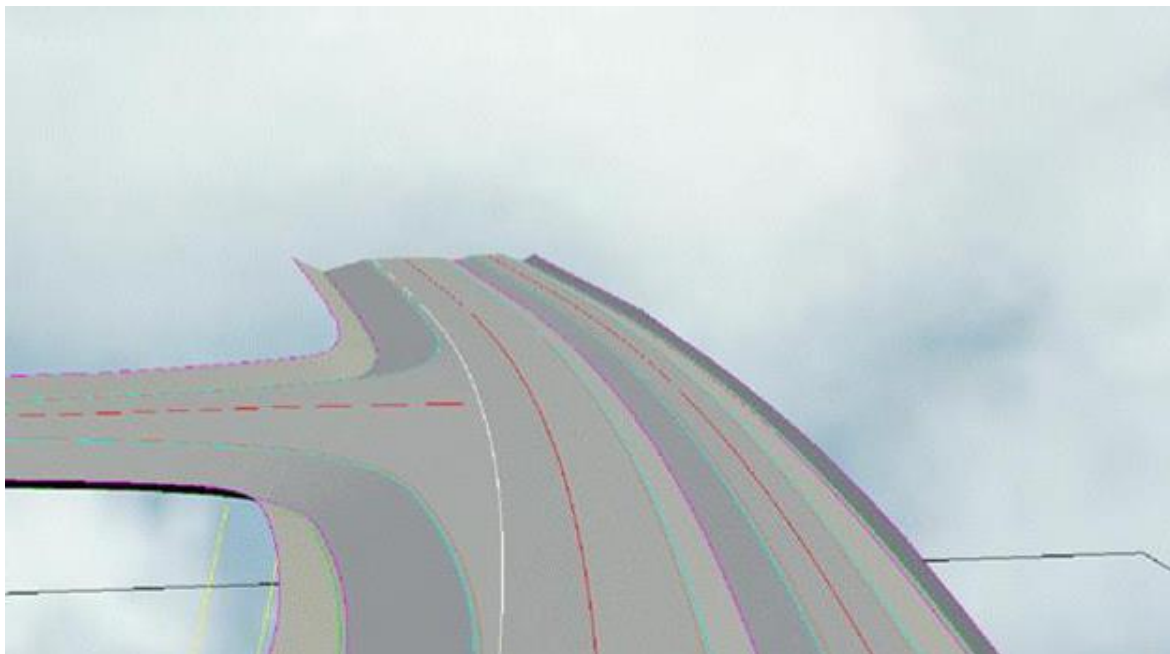
Tiesuunnitelmavaiheessa selvitetään sekä mallinnetaan olemassa olevat rakenteet ja järjestelmät. Tärkeintä on mallintaa väylän pysty- ja vaakageometria sekä poikkileikkaus. Rakentamisen vaiheistukseen liittyvät järjestelyt täytyy mallintaa sellaisella tarkkuudella, että rakentamisen ajaksi tarvittavat alueet voidaan määrittää. Mallinnuksen tarkkuus on

riippuvainen ympäristöstä. Rakennettu ympäristö on aina vaativampi ja tarvitsee tarkempaa mallintamista. (Savolainen ym. 2022, 34.)

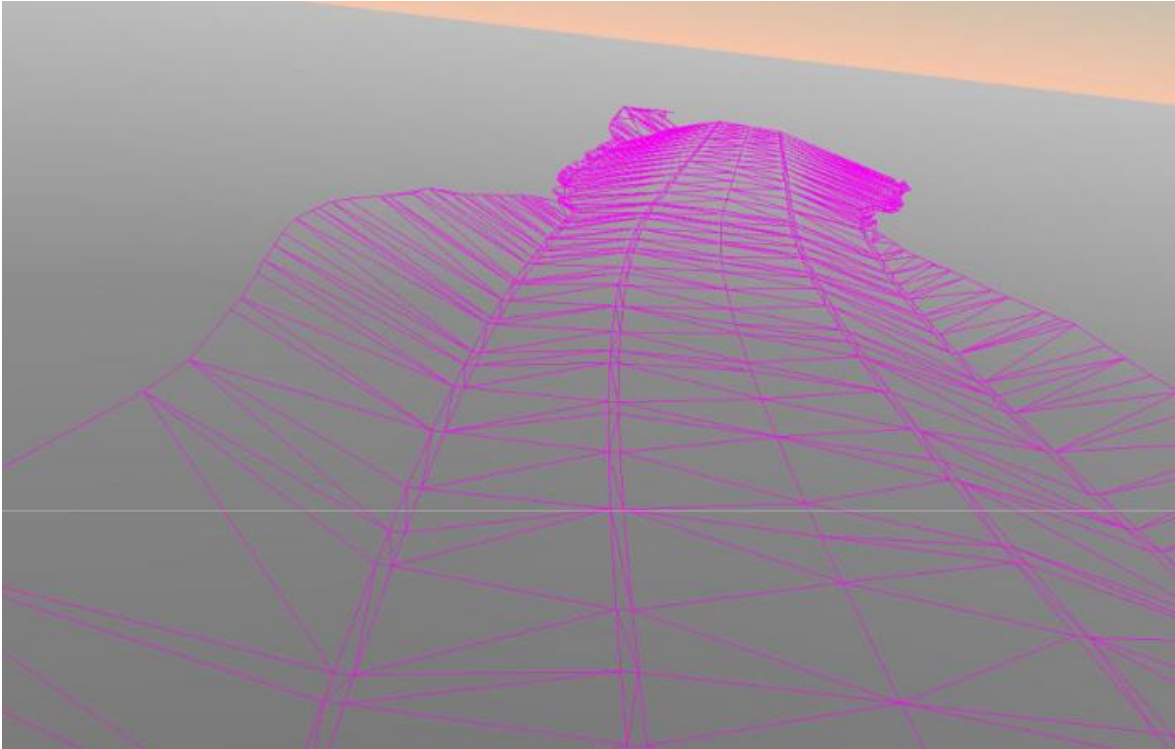
#### 4.5.2 Rakentamissuunnittelu

Rakentamissuunnittelun mallien teknisten yksityiskohtien tarkkuustason tulee olla sellainen, että rakenteet voidaan toteuttaa mallien avulla. Mallinnuksen tason tulee vastata suunnittelun valmiusastetta. Rakentamissuunnittelussa mallintaminen tukee havainnollistamista, yhteensovittamista, määrälaskentaa, massatalousoptimointia, työmaan hankintoja, aikataulutusta sekä mittaus-, laadunvarmistus- ja koneohjaustoimintaa. (Savolainen ym. 2022, 34.)

Rakennussuunnitelmamallissa kaikkien taiteviivojen, pintojen ja aluerajauksien on oltava jatkuvia ja ehjiä (Kuva 9). Pinnoissa ei saa olla pystysuoria muutoksia eikä taiteviivoja saa olla samassa pinnassa tai alueessa päällekkäin. Kolmioverkon tulee olla ehjä ja säännönmukainen (Kuva 10). (Yleiset inframallivaatimukset 2021, 86.) Rakennussuunnitelmamalli koostuu eri rakenneosien osamalleista. Niiden täytyy sopia saumattomasti yhteen ja ne muodostavat yhdessä rakennettavan kohteen rakennussuunnitelmamallin. Mallissa tulee esittää yksityiskohtaisesti rakennettavien rakennusosien geometria ja ominaisuustiedot. Malliin tulee myös sisällyttää oleelliset kalusteet, varusteet, laitteet, kasvillisuus, alueet ja muut sovitut rakenteet ominaisuustietoineen. (Yleiset inframallivaatimukset 2021, 85.)



Kuva 9. Tavoitetilanteen mukainen taiteviivojen ja pintojen jatkuvuus liittymäalueella (Yleiset inframallivaatimukset 2021, 89)

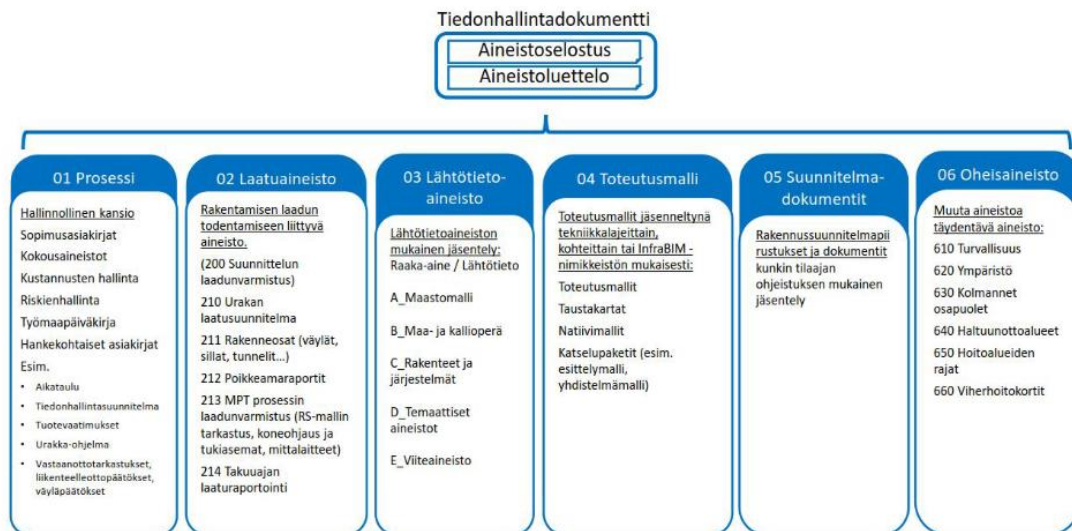


Kuva 10. Säännönmukainen kolmiomalli (Yleiset inframallivaatimukset 2021, 91)

Mallinnusaineistoa hyödynnetään hankkeen sisäisessä yhteensovituksessa, vaihtoehtovertailussa, suunnitelmaratkaisujen päätöksenteossa sekä eri osapuolten omistamien laitteiden ja rakenteiden yhteensovituksessa. Mallien pohjalta laaditaan suunnitelmapiirustukset, kustannusarviot, määrä- ja massalaskenta sekä muut suunnitelmadokumentit. Merkittävistä kohteista laaditaan työvaihekohtaiset mallit, jotta toteutuksen riskit ja haasteet saadaan paremmin esille sekä voidaan varmistua suunnitteluratkaisujen toteuttamiskelpoisuudesta. Rakentamissuunnitelman mallit toimivat urakkakyselyn lähtökohtana ja rakentamisasiakirjoina. Mallien tulee olla yhteneväisiä piirustusten kanssa. (Savolainen ym. 2022, 35.)

#### 4.5.3 Rakentaminen

Rakentamisvaiheen alkaessa sovitaan yhteisistä toimintatavoista ja tarkistetaan rakennussuunnitelmavaiheessa tuotetut aineistot (Savolainen ym. 2022, 41). Rakentamisvaiheen tiedon jäsentelyssä noudatetaan samaa pääjakoa kuin suunnitelmavaiheissakin. Jos hankkeessa ei ole muuta sovittu, on suositeltavaa noudattaa kuvion 10 mukaista pääjakoa. Yhdenmukainen aineiston dokumentointi ja luovutustapa on tärkeä osa syntyvän tiedon jälleenkäytön edellytysten helpottamisessa. (Yleiset inframallivaatimukset 2021, 109.)



Kuvio 10. Tiedon jäsentely toteutusvaiheessa (Yleiset inframallivaatimukset 2021, 109)

Projektin käynnistysvaiheessa tavoitteena on eri osapuolten välisen yhteisymmärryksen luominen. Siinä sovitaan osapuolten välisistä työtehtävistä ja tarkistetaan palveluntuottajan laatima tiedonhallintasuunnitelma, jonka pohjalta sovitaan hankkeen toimintatavat. (Savolainen ym. 2022, 43.)

Palveluntuottaja tarkistaa rakentamissuunnittelussa tuotetut aineistot ja ne jaetaan työmaan käytettäväksi. Työmaa hyödyntää muun muassa lähtötietoaineistoa, toteutusmalleja, taustakarttoja, rakentamissuunnitelmaa, ilmakuvia sekä muita tarpeellisia aineistoja. Hankkeen käynnistysvaiheessa niitä käytetään muun muassa hankkeeseen tutustumisessa, eri vaihtojen esittelemisessä ja työnsuunnitteluun sekä vaiheistuksiin perehdyttämisessä. (Savolainen ym. 2022, 44–45.)

Projektin toteutusvaiheen tavoitteena on edelleen rikastaa tietoa mallipohjaisen tuotannon avulla ja hankkeen vaiheittainen vastaanotto vaiheittaisesti täydentyvän luovutusaineiston pohjalta. Projektin käynnistysvaiheessa sovitut käytännöt ja periaatteet mahdollistavat tavoitteiden toteutumisen. (Savolainen ym. 2022, 45.)

Mallipohjainen rakentaminen tehdään perustuen suunnitteluvaiheissa tehtyihin suunnitelma-aineistoihin ja käyttämällä mallipohjaisia tuotantomenetelmiä. Rakennussuunnitelmamallista jalostettuja toteutusaineistoja hyödynnetään työnsuunnittelussa, koneohjauksessa ja laadunvarmistuksessa. (Yleiset inframallivaatimukset 2021, 108.) Rakentamisen laadun todentaminen sekä valmistumisen seuranta ovat tärkeitä tässä vaiheessa. Näitä tehdään reaaliaikaisesti koko hankkeen ajan ja siitä raportoidaan tilaajalle ennalta asetettujen aikamääreiden mukaisesti. Rakennettujen rakenteiden vastaavuutta suunnitelmiin seurataan mallipohjaisesti toteuma- ja tarkemmittausten sekä niiden perusteella tehtyjen

poikkeamamallien avulla. Poikkeamamalli tarkoittaa rakenneosakohtaista mallia, joka laaditaan, kun poikkeamalla on merkitystä seuraavaan työvaiheeseen tai kun kyseessä on suunnitelmamuutos. Työn edetessä tarke- ja toteumamittaukset sekä poikkeamamallit tehdään, tarkastetaan ja hyväksytään. Tämä mahdollistaa hankkeen vaiheittaisen luovutuksen ja vastaanoton. (Savolainen ym. 2022, 46.)

Yhdistelmämallia käytetään hankkeen vuorovaikutuksen ja vuoropuhelun välineenä. Hankkeen eteneminen ja valmiusaste voidaan esittää visuaalisesti sen avulla. Yhdistelmämallia käytetään myös hankkeen työsuunnitteluun, vaiheistukseen sekä aluesuunnitteluun. Tärkeät kohteet ja työvaiheet mallinnetaan, ja niiden toteutus esitetään yhdistelmämallin avulla. Näin voidaan varmistaa riittävä tilavaraus jokaisen työvaiheen toteutukseen huomioimalla työmaan aikaiset toiminnot ja mahdollisesti työmaan ohittavan liikenteen. (Savolainen ym. 2022, 47.)

Projektin valmistuessa rakentamisen aikana kerätty digitaalinen laatu- ja toteuma-aineisto luovutetaan tilaajalle. Luovutusaineisto on rakennetun kohteen digitaalinen kopio, joka vietään rekistereihin, karttajärjestelmiin sekä omaisuudenhallinnan ja kunnossapidon tueksi. (Yleiset inframallivaatimukset 2021, 108.) Väylävirastolla aineistot luovutetaan Velho-järjestelmään, johon kootaan suunnitelma- ja toteumatiedot (Savolainen 2023).

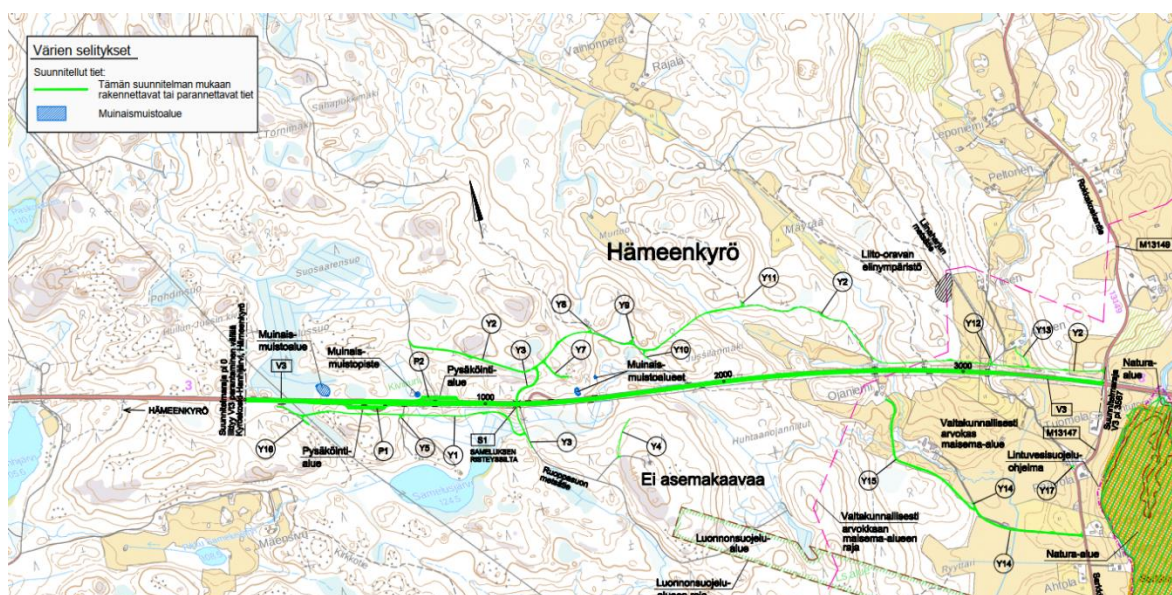
## 5 Pilottihanke Vt3 parantaminen välillä Hanhijärvi-Rokkakoski

Valtatie 3 kulkee Tampereelta Vaasaan ja kuuluu Suomen tärkeimpään päätieverkkoon. Tiellä on suuri merkitys etelä-pohjoissuuntaiselle henkilöliikenteelle, joukkoliikenteelle sekä teollisuuden ja muun elinkeinoelämän kuljetuksille. Tielle asetettu laatutavoite on muita pääteitä korkeampi, mutta se ei tällä hetkellä toteudu. Liikenteen määrä kasvaa turvallisuuden heikentyessä. Tieosuus kuuluu onnettomuusriskiltään Suomen vaarallisimpiin valtateihin. (Väylävirasto 2022a.)

Hanhijärvi-Rokkakoski yleissuunnitelma on osa kesällä 2020 hyväksyttyä Hämeenkyrö-Ylöjärvi yleissuunnitelmaa. Hankkeen tiesuunnitelman laatiminen (Kuva 11) oli käynnissä alkuvuoteen 2022 saakka, ja se valmistui ja asetettiin nähtäville maaliskuussa 2022. Rakenussuunnitelman laatiminen on parhaillaan käynnissä. (Väylävirasto 2022b.)

Hankkeen tavoitteena on liikenteen sujuvuuden ja turvallisuuden parantaminen. Hanhijärven ja Rokkakosken välillä valtatieta levennetään keskikaiteelliseksi 2+2-kaistaiseksi tieksi. Alueelle uusitaan LED-valaistus. Kaikki maatalous- ja yksityistieliittymät katkaistaan valtieltä ja katkaistaville liittymille suunnitellaan korvaavat rinnakkaistieyhteydet. Kulkuyhteydet kiinteistöille ohjataan yksityistieverkon kautta. Valtatielle ei jää yhtään suoraa liittymäyhteyttä. Näiden lisäksi tielle suunnitellaan kaksi poliisien tarkastuspistettä ja hidasajoneuvo-liikenne kielletään. Myös jalankulku ja pyöräily kielletään ja ne ohjataan rinnakkaisen tieverkon kautta. Nykyiset pysäkit säilyvät ennallaan. (Destia Oy 2022b, 20–23.)

Luonnon ja ympäristön huomioiminen on osa suunnittelua. Tiesuunnitelman vaikutukset luontoon, kasvillisuuteen ja eläimistöön arvioidaan vähäisiksi. Väylän ali sijoitetaan pieneläinputkia, joita pitkin eläimet voivat turvallisesti alittaa tien. (Destia Oy 2022b, 26.)



Kuva 11. Yleiskartta pilottihankeksen tiesuunnitelmasta (Destia Oy 2022c)

## 6 Tutkimusmenetelmät

### 6.1 Kysely

Inframallintamisen ja TTA:n nykytilaa ja näkemyksiä selvitettiin kyselytutkimuksen avulla. Tavoitteena oli kerätä mielipiteitä ja kokemuksia TTA:sta, inframallintamisesta sekä sen hyödyntämisestä auditoinnin tukena. Kysely toimi haastattelututkimuksen pohjana.

Kyselylomake laadittiin Microsoft Forms -ohjelmistolla ja linkki kyselyyn lähetettiin 94:lle infra-alan asiantuntijalle sähköpostitse. Vastausaikaa oli kaksi viikkoa ja vastaukset annettiin anonyymisti. Kysely sisälsi 19 monivalinta- ja avointa kysymystä. Kysymykset laadittiin tukemaan tutkimuksen tavoitetta ja ne testattiin ennen lähettämistä.

Kyselyn alkupuoliskolla kerättiin tietoa vastaajien lähtökohdista. Vastaajilta kysyttiin muun muassa heidän työtehtävästään ja kokemuksestaan inframallien ja TTA:n kanssa työskentelystä. Vastaajien erilaiset lähtökohdat vaikuttavat vastauksiin, joten niiden tunteminen on tärkeää.

Taustatiedon keräämisen jälkeen kysymykset syventyivät inframallintamiseen ja tieturvallisuusauditointiin. Kysymykset jakoutuivat pakollisiin ja valinnaisiin. Pakolliset olivat sellaisia, joihin jokainen pystyi vastaamaan. Valinnaisiin sai vastata oman tietämyksensä mukaan. Kysymykset koskivat yleisimpiä auditoinnin turvallisuushavaintoja, haasteita, työkaluja sekä mielipiteitä inframallien hyödyntämisestä TTA:n tukena. Kyselyn lopussa oli osio vapaalle sanalle ja mahdollisuus jättää yhteystietonsa haastattelua varten.

### 6.2 Haastattelut

Haastattelujen tavoitteena oli syventää kyselytutkimuksesta saatua tietoa ja saada haastateltavilta omakohtaisia näkemyksiä mallien hyödyntämisestä TTA:n tukena. Haastateltavat valittiin kyselyn perusteella. Viisitoista kyselyyn vastannutta henkilöä antoivat yhteystietonsa haastattelua varten. Heistä kahdeksalle lähetettiin kutsu sähköpostilla ja haastatteluajat sovittiin tapaaminen.net -palvelun kautta. Haastattelut toteutettiin Microsoft Teams -ohjelmistolla ja ne kestivät keskimäärin 40 minuuttia.

Haastattelumenetelmä oli puolistrukturoitu. Haastattelussa käsiteltiin kolmea teemaa ja jokaisen teeman ympärille oli laadittu tarkentavia kysymyksiä. Kysymykset laadittiin kyselyn vastausten perusteella. Teemat käsittelivät mallien käytön hyötyjä, haasteita ja mahdollisuuksia TTA:n tekemisessä. Teemat ja kysymykset laadittiin etukäteen ja ne esitettiin jokaiselle haastateltavalle samassa järjestyksessä. Kysymysten ympärillä käytiin avointa

keskustelua aiheista, jotta haastattelu ei muodostuisi liian kaavamaiseksi ja erilaisten näkemysten löytäminen helpottuisi.

### 6.3 Pilotointi

Pilotoinnin avulla havainnoitiin käytännössä inframallinnuksen tarjoamia mahdollisuuksia TTA:n tekemisessä ja pohdittiin mahdollisia kehitysehdotuksia ohjelmistoon ja mallintamiseen liittyen. Pilotointi toteutettiin käyttäen Vt3 Hanhijärvi-Rokkakoski rakennussuunnitelman yhdistelmämallia Trimble Connect -järjestelmässä.

Hankkeen TTA tehtiin perinteisiä menetelmiä käyttäen. Arvioija valitsi kolme havaitsemaansa turvallisuusriskin aiheuttavaa kohtaa, joita tarkasteltiin yhdistelmämallin kautta. Mallin katselukulma asetettiin henkilöauton kuljettajan silmäpisteen korkeudelle (Kuva 12). Mallissa liikuttiin suunniteltua väylää pitkin ja tehtiin havaintoja kohteista. Suunnitelmapii- rustuksista tehtyjä havaintoja vertailtiin mallin avulla tehtyihin havaintoihin ja niistä tehtiin johtopäätöksiä.



Kuva 12. Näkymä henkilöautoilijan silmäpisteen korkeudelta

## 7 Tulokset

### 7.1 Kysely

Kyselyyn vastasi 40 henkilöä. Vastausprosentti oli 46 %, joka on kyselytutkimukselle erinomainen. Kyselyyn vastanneet edustivat eri organisaatioita ja kysymykset käsittelivät aihetta laajasti. Tämän perusteella kyselyä voidaan pitää kattavana.

Ensimmäisessä kysymyksessä (Kuvio 11) kerättiin tietoa vastaajien työorganisaatiosta. Vastaajista 40 % oli tilaajaorganisaatiosta, 38 % suunnittelukonsultoinnista, 15 % urakoitsijasta ja 8 % rakennuttajakonsultoinnista.

#### 1. Mitä organisaatiota edustat?

##### Lisätietoja

<span style="color: blue;">●</span> Suunnittelukonsultti	15
<span style="color: orange;">●</span> Tilaajaorganisaatio	16
<span style="color: green;">●</span> Urakoitsija	6
<span style="color: red;">●</span> Rakennuttajakonsultti	3
<span style="color: purple;">●</span> Muu	0



Kuvio 11. Vastaajien organisaatiot

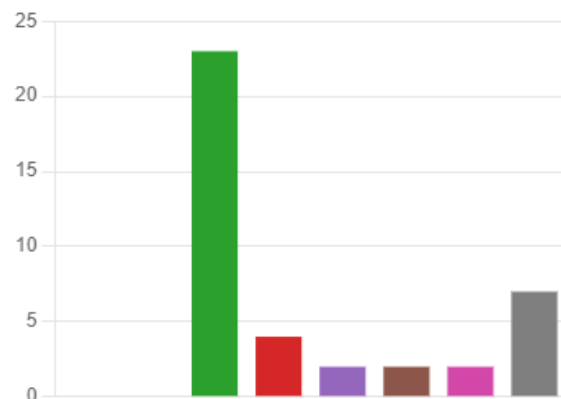
Toisessa kysymyksessä kysyttiin vastaajien työtehtävistä (Kuvio 12). Vastaajista 23 kpl oli projektipäälliköitä, muu-vaihtoehdon valinnoita 7 kpl, tieturvallisuusasiantuntijoita 4 kpl, inf-ramallinnusasiantuntijoita 2 kpl, valvoja 2 kpl ja työmaapäälliköitä 2 kpl. Muu-vaihtoehdon valinnot olivat seuraavia:

- suunnittelun ohjaaja
- tekninen johtaja
- suunnittelupäällikkö
- tieturvallisuusarvioija
- tieturvallisuusasiantuntija/projektipäällikkö
- pääsuunnittelija/projektipäällikkö
- tuntematon

## 2. Mikä seuraavista on työtehtäväsi?

### Lisätietoja

● Pääsuunnittelija	0
● Suunnittelija	0
● Projektipäällikkö	23
● Tieturvallisuusasiantuntija	4
● Inframallinnusasiantuntija	2
● Valvoja	2
● Työmaapäällikkö	2
● Muu	7



Kuvio 12. Vastaajien työtehtävät

Kolmannessa kysymyksessä (Kuvio 13) kysyttiin, kuinka tuttu TTA on käsitteenä. Vastaajista 19 kpl valitsi vaihtoehdon ”tiedän mitä tarkoittaa ja tunnen prosessin tarkasti”. Toiseksi eniten vastauksia (15 kpl) sai vaihtoehto ”tiedän mitä tarkoittaa ja tunnen prosessin pääpiirteittäin”. Vastaajista viisi tiesi suurin piirtein mitä tarkoittaa ja yhdelle se oli käsitteenä vieras.

## 3. Kuinka tuttu tieturvallisuusauditointi (TTA) on sinulle käsitteenä?

### Lisätietoja

● Vieras	1
● Tiedän suurin piirtein mitä tarko...	5
● Tiedän mitä tarkoittaa ja tunnen...	15
● Tiedän mitä tarkoittaa ja tunnen...	19



Kuvio 13. Vastaajien tietämys TTA:sta käsitteenä

Neljännessä kysymyksessä kysyttiin vastaajien TTA-pätevyyttä (Kuvio 14). Vastaajista 30 %:lla oli pätevyys.

#### 4. Onko sinulla TTA-pätevyys?

##### Lisätietoja

<span style="color: blue;">●</span> Kyllä	12
<span style="color: orange;">●</span> Ei	28



Kuvio 14. Vastaajien TTA-pätevyys

Viidennessä kysymyksessä (Kuvio 15) kartoitettiin tietoa vastaajien TTA-kokemuksesta. Vastaajista 50 %:lla oli kokemusta 1–5 auditoinnista ja 28 %:lla yli kymmenestä auditoinnista. 13 %:lla oli kokemusta 5–10 auditoinnista ja 10 %:lla ei ollut lainkaan kokemusta.

#### 5. Kuinka monesta tieturvallisuusauditoinnista sinulla on kokemusta?

##### Lisätietoja

<span style="color: blue;">●</span> 0	4
<span style="color: orange;">●</span> 1-5	20
<span style="color: green;">●</span> 5-10	5
<span style="color: red;">●</span> yli 10	11



Kuvio 15. Vastaajien tieturvallisuusauditointikokemus

Kuudennessa kysymyksessä (Kuvio 16) kysyttiin, kuinka tuttu inframallintaminen on käsitteenä. Vastaajista 45 % valitsi vaihtoehdon ”tiedän mitä tarkoittaa ja tunnen prosessin pääpiirteittäin” ja 42 % valitsi vaihtoehdon ”tiedän mitä tarkoittaa ja tunnen prosessin tarkasti”. 13 % vastaajista vastasi vaihtoehdon ”tiedän suurin piirtein mitä tarkoittaa”. Termi ei ollut kenellekään vieras.

## 6. Kuinka tuttu inframallintaminen on sinulle käsitteenä?

### Lisätietoja

<span style="color: blue;">●</span> Vieras	0
<span style="color: orange;">●</span> Tiedän suurin piirtein mitä tarko...	5
<span style="color: green;">●</span> Tiedän mitä tarkoittaa ja tunnen...	18
<span style="color: red;">●</span> Tiedän mitä tarkoittaa ja tunnen...	17



Kuvio 16. Vastaajien tietämys inframallintamisesta käsitteenä

Seitsemännessä kysymyksessä kysyttiin käytännön kokemuksesta inframallien hyödyntämisestä (Kuvio 17). Vastaajista 33 %:lla oli paljon kokemusta ja melko paljon tai jonkin verran kokemusta omaavia oli molempia 20 % vastanneista. Viidellätoista prosentilla oli vähän ja 13 %:lla ei ollenkaan kokemusta.

## 7. Onko sinulla käytännön kokemusta inframallien hyödyntämisestä?

### Lisätietoja

### Oivallukset

<span style="color: blue;">●</span> Ei ole	5
<span style="color: orange;">●</span> Vähän	6
<span style="color: green;">●</span> Jonkin verran	8
<span style="color: red;">●</span> Melko paljon	8
<span style="color: purple;">●</span> Paljon	13



Kuvio 17. Vastaajien käytännön kokemus inframallien hyödyntämisestä

Kahdeksannessa kysymyksessä kysyttiin, miten tai minkälaisessa tilanteessa vastaajat ovat hyödyntäneet inframalleja. Vastauksia tuli 37 kpl.

Vastaajat hyödynsivät inframalleja seuraavissa tilanteissa:

- sidosryhmätyöskentelyssä, yleisötilaisuuksissa, hankkeen suunnittelukokouksissa ja hankkeen esittelyssä tilaajalle
- tekniikkalajien yhteensovittamisessa
- massa- ja kustannuslaskennassa
- suunnittelun etenemisen seurannassa
- tarkemittauksissa

- lähtötietojen analysoinnissa
- suunnitelmaratkaisujen valinnassa
- rakentamisen toteutuksessa
- työmaavalvonnassa
- näkemien tarkastelussa

Yhdeksännessä kysymyksessä kysyttiin, mitkä ovat yleisimpiä turvallisuushavaintoja suunnitelmia auditoitaessa. Vastauksia tuli 38 kpl.

Yleisimpiä havaintoja olivat:

- jalankulun ja pyöräliikenteen turvallisuus
- liikennemerkkien ja opasteiden sijoittelu
- näkemät
- törmäysturvallisuus
- kaiteiden pituus ja sijoittelu
- tien geometria
- esteettömyys
- raskaan liikenteen kulkumahdollisuudet
- liittymien sijainnit

Näkemäpuutteet liittyivät useimmiten risteysten, liittymien, alikulkujen, liikenteenohjauksen tai kaiteiden kohtiin.

Jalankulun ja pyöräliikenteen turvallisuuden puutteet liittyivät yleensä väylän epäjatkuvuuteen, ylityksiin, suojateihin sekä suojattomien tienkäyttäjien ja moottoroidun ajoneuvoliikenteen risteämiin.

Kymmenes kysymys käsitteli yleisimpiä havaintoja rakennettua kohdetta auditoitaessa. Vastauksia tuli 36 kpl.

Vastaajien mielestä yleisimmät turvallisuushavainnot rakennettua kohdetta auditoitaessa olivat:

- liikenteenohjaus
- näkemät
- luiskaturvallisuus
- rumpujen päät
- kaiteiden riittävyys ja sijainti
- riista-aitojen sijainti ja päättäminen
- jalankulun ja pyöräliikenteen oikopolut

- valaistuksen puute

Yhdennessätoista kysymyksessä kysyttiin, mitkä asiat ovat haastavia arvioida suunnitelmapiiirustuksista. Vastauksia tuli 37 kpl.

Haastaviksi asioiksi koettiin:

- näkemät
- tien kuivatus
- rumpujen korkeustaso
- tiegeometria
- opasteiden ja liikennemerkkien näkyvyys
- korkeuserot
- pienten ja tärkeiden asioiden hahmottaminen
- kolmiulotteisen kuvan muodostaminen
- ajoneuvon kuljettajan asemaan mukautuminen
- optinen ohjaus

Kahdennessatoista kysymyksessä kysyttiin, minkälaisia asioita TTA:n maastokäynneillä on huomattu, jotka eivät ole ilmenneet suunnitelmapiiirustuksista. Vastauksia tuli 34 kpl.

Vastaajat olivat huomanneet seuraavia asioita:

- näkemäongelmat
- liikenteenohjauksen puutteet tai huono sijoittelu
- kaiteiden puutteet tai huono sijoittelu
- tien kuivatuksen puutteet
- optisen ohjauksen ongelmat
- auringon häikäisyn aiheuttamat riskit
- esteettömyyden puutteet

Kolmastoista kysymys (Kuvio 18) käsitteli auditoinnin työkaluja. Vastaajilta kysyttiin, mitä aineistoja tai työkaluja he käyttävät suunnitelmia auditoidessa. Vastauksia tuli 33 kpl.

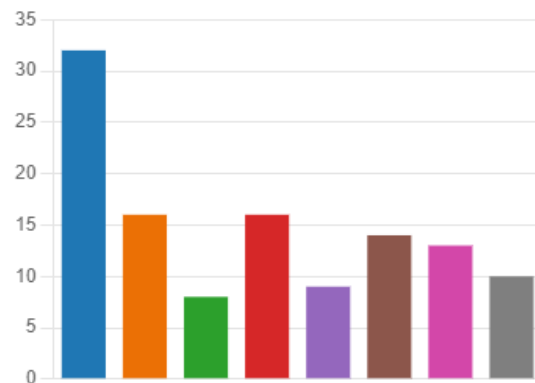
Kuviossa 18 näkyy vastausten jakauma. Suosituimmat työkalut olivat suunnitelmapiiirustukset, yhdistelmämallit/inframallit, valokuvat ja ajantasaiset ilmakuvat.

Muu-vaihtoehtoon oli vastattu seuraavia asioita: Google Street View, edellisen vaiheen auditointiraportti, Autori-järjestelmä, maanmittauslaitoksen kartat, Väyläviraston tiekuvat, suunnitelmaselostukset, pistepilvet, Traficom TTA koulutusmateriaali sekä Väyläviraston ohjeistukset.

### 13. Mitä aineistoja tai työkaluja käytät suunnitelmaa auditoitaessa?

#### Lisätietoja

● Suunnitelmapiiirustukset	32
● Yhdistelmämalli/inframalli	16
● Video	8
● Valokuvat	16
● 360 kuvat	9
● Ajantasainen ilmakuva	14
● Tarkastuslista	13
● Muu	10



Kuvio 18. Vastaajien käyttämät aineistot ja työkalut suunnitelmaa auditoitaessa

Neljännessätoista kysymyksessä (Kuvio 19) käsiteltiin rakennetun kohteen auditointimenetelmiä. Vastaajilta kysyttiin, mitä aineistoja tai työkaluja he käyttävät rakennettua kohdetta auditoitaessa. Vastauksia tuli 31 kpl.

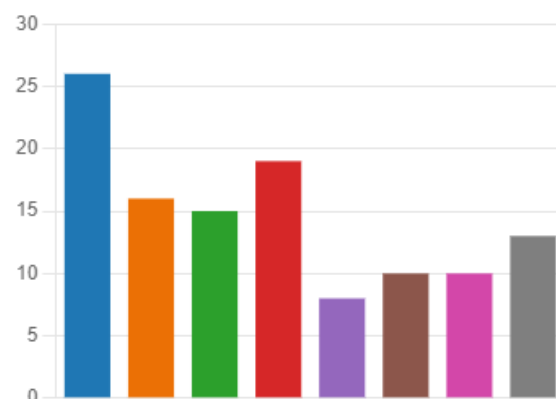
Vaihtoehdot olivat samat kuin edellisessä kysymyksessä. Yleisimmät työkalut olivat suunnitelmapiiirustukset, valokuvat, yhdistelmämallit/inframallit ja videot.

Muu vaihtoehtoon oli vastattu seuraavia asioita: maastokäynti, edellisen vaiheen auditointiraportti, mittanauha, Google Maps, pistepilvet, Traficom TTA koulutusaineisto ja Väyläviraston ohjeistukset.

### 14. Mitä aineistoja tai työkaluja käytät rakennettua kohdetta auditoitaessa?

#### Lisätietoja

● Suunnitelmapiiirustukset	26
● Yhdistelmämalli/inframalli	16
● Video	15
● Valokuvat	19
● 360 kuvat	8
● Ajantasainen ilmakuva	10
● Tarkastuslista	10
● Muu	13



Kuvio 19. Vastaajien käyttämät aineistot ja työkalut rakennettua kohdetta auditoitaessa?

Viidennessätoista kysymyksessä kysyttiin tarkennusta käytettyihin menetelmiin. Vastauksissa ei ilmennyt merkittäviä tarkennuksia.

Kuudennessatoista kohdassa (Kuvio 20) oli väittämä ”inframallien käyttäminen tieturvallisuusauditoinnissa tarjoaisi merkittävää hyötyä”. Vastausvaihtoehtoja oli neljä, joista vastaaja valitsi yhden.

Vastaajista 50 % oli täysin samaa mieltä. Jokseenkin samaa mieltä oli 38 %, jokseenkin eri mieltä 10 % ja täysin eri mieltä 3 % vastaajista.

#### 16. Inframallien käyttäminen tieturvallisuusauditoinnissa tarjoaisi merkittävää hyötyä.

##### Lisätietoja

● Täysin eri mieltä	1
● Jokseenkin eri mieltä	4
● Jokseenkin samaa mieltä	15
● Täysin samaa mieltä	20



Kuvio 20. Vastaajien mielipiteet inframallien tarjoamasta hyödystä

Seitsemännessätoista kysymyksessä kysyttiin, mitä mahdollisuuksia inframallien käyttäminen tarjoaisi TTA:ssa. Vastauksia tuli 40 kpl.

Vastaajien mielestä mallit mahdollistaisivat seuraavia asioita:

- näkemien, liikenteenohjauksen ja suunnitellun kokonaisuuden paremman hahmotamisen
- törmäysturvallisuuden, korkeusmaailman, väylien keskinäisten suhteiden sekä optisen ohjauksen tarkastelemisen
- suunnitelmapiiirustusten tarkastamisen vähentämisen
- suunnitelmaratkaisujen toimivuuden nopeamman tarkastamisen
- kustannustehokkuuden ja systemaattisuuden kasvattamisen
- suunnitelman ja toteuman tarkemman vertailun
- mallista tarkastetun objektin sijainnin varmistamisen maastossa
- maastokäynnin työmäärän vähentämisen
- maastokäyntien suunnittelun etukäteen

Kahdeksastoista kysymys koski inframallien käyttämisen haasteita. Vastaajilta kysyttiin, mitä haasteita inframallien käyttämisellä olisi TTA:ssa.

Vastaajien mielestä haasteita luovat seuraavat asiat:

- mallien tarkkuus
- käytön osaamisen puutteellisuus
- ohjelmistojen työkalujen puutteellisuus
- mallien tekemiseen kuluva aika
- vaikeus päästä ajoneuvon kuljettajan silmäpisteen korkeuteen
- hankaluus käyttää malleja maastossa
- mallin keskeneräisyys
- ohjelmistojen vaihtelevat ominaisuudet

Yhdeksästoista kysymys käsitteli Väyläviraston inframallivaatimuksia. Vastaajilta kysyttiin, onko Väyläviraston inframallivaatimuksissa jotakin kehitettävää TTA:n näkökulmasta. Vastauksia tuli 22 kpl. Useimmat eivät osanneet vastata kysymykseen. Muutaman vastaajan mielestä ohjeistuksia ei ole syytä kehittää. Yksi vastaajista ehdotti, että jos inframalleja hyödynnettäisiin TTA:ssa, sille täytyisi tehdä omat vaatimuksena.

## 7.2 Haastattelut

Haastattelukutsut lähetettiin kahdeksalle henkilölle, joista kuusi osallistui haastatteluihin. Haastateltavat olivat suunnittelukonsultoinnista, tilaajaorganisaatiosta ja urakoinnista.

Ensimmäinen teema käsitteli mallien tarjoamia hyötyjä TTA:n tekemisessä. Haastateltavilta kysyttiin seuraavat kysymykset listan mukaisessa järjestyksessä:

- Minkälaisia hyötyjä mallit tarjoavat erityisesti suunnitelmavaiheiden TTA:ssa?
- Minkälaisia hyötyjä mallit tarjoavat erityisesti rakennetun kohteen TTA:ssa?
- Mitä hyötyä mallit tarjoavat maastokäytien näkökulmasta?

### **Hyödyt suunnitelmavaiheiden TTA:ssa**

Haastateltavien mukaan suunnitelmavaiheiden TTA:ssa mallien käytön suurimmat hyödyt perustuisivat suunniteltujen asioiden parempaan hahmottamiseen kolmiulotteisen näkymän perusteella. Kolmiulotteisen näkymän avulla saisi selkeän käsityksen siitä, minkälainen liikenneympäristö suunnitelman perusteella muodostuu. Suunnitelmapiirustuksia arvioitaessa on haastavaa luoda kolmiulotteinen kuva syntyvästä liikenneympäristöstä ja asettua liikenteenkäyttäjän asemaan. Turvallisuushavaintojen tekeminen helpottuisi, kun asiat näkisi jo suunnitelmavaiheessa siitä näkökulmasta, miltä ne näyttäisivät rakennettuina.

Kokonaisuuden hahmottaminen 2D-piirustusten avulla vaatii kokemusta suunnittelusta ja auditoinneista. Pitkän kokemuksen omaava henkilö kykenee muodostamaan hyvän kokonais kuvan pelkkiä suunnitelmapiirustuksia tarkastelemalla. Kokemattomalle se voi kuitenkin

olla haaste. Mallien avulla suunnitelmat hahmottuisivat myös kokemattomille auditoijille ja sellaisille auditoinnissa mukana oleville, joilla on haasteita suunnitelmapiirustuksien tulkitsemisessä.

Haastateltavien mukaan mallit olisivat hyvä apu seuraavien asioiden tarkastelussa:

- näkemät
- optinen ohjaus
- korkeusmaailma
- liikenteenohjaus
- kaiteet
- riista-aidat
- pintakuivatus
- esteettömyys
- kävely- ja pyöräilyväylien jatkuvuus

### **Hyödyt rakennetun kohteen TTA:ssa**

Mallien käyttämisen hyötyjä rakennetun kohteen auditoinnissa oli selkeästi haastavampi löytää. Haastateltavat kokivat, että mallien suurimmat hyödyt saavutettaisiin suunnitelmavaiheiden auditoinneissa. Muutamia asioita kuitenkin nousi esille. Rakennettua kohdetta auditoitaessa mallit olisivat hyvä apuväline tukemaan TTA:n tekemistä. Mallien avulla olisi esimerkiksi helppo tutustua kohteeseen etukäteen ja suunnitella maastokäyntejä. Maastokäyntien jälkeen mallin kautta voisi palata maastossa havaittuihin asioihin. Mallit auttaisivat myös näkemien tarkasteluissa eri silmäpisteiden korkeuksilta ja viemällä rakennetun kohteen pistepilven mallin päälle voisi tarkastella, poikkeako rakennettu suunnitelmasta.

### **Hyödyt maastokäyntien näkökulmasta**

Maastokäyntien näkökulmasta suurimmat mallin tuottamat hyödyt olisivat kohteeseen tutustuminen ennen maastokäyntiä ja maastossa havaittuihin asioihin palaaminen maastokäynnin jälkeen. Maastokäyntiin liittyvät asiat, kuten tarkastelupaikat, maastossa liikkumisen sekä pysähtymispaikat voisi suunnitella mallin avulla etukäteen. Vilkkaasti liikennöidyllä tiellä pysähtyminen voi olla haastavaa, joten tällaisessa tilanteessa malli olisi hyvä apuväline asioiden tarkastamisessa. Maastokäynnin jälkeen havaittuja asioita olisi mahdollista tarkastella mallin kautta ja maastosta otettuja valokuvia ja mallia voisi vertailla keskenään. Mallien käyttäminen vähentäisi myös maastokäynteihin käytettäviä resursseja. Havainnot tehtäisiin mallin kautta etukäteen ja maastossa havainnot varmistettaisiin oikeaksi. Näin maastokäynnit olisivat hallitumpia ja maastokäynteihin käytettävä aika vähentyisi.

## Haasteet

Toinen teema käsitteli mallien käytön haasteita TTA:n tekemisessä. Haastateltavilta kysyttiin seuraavat kysymykset listan mukaisessa järjestyksessä:

- Mitä haasteita mallien käyttämisellä olisi suunnitelmavaiheiden TTA:ssa?
- Mitä haasteita mallien käyttämisellä olisi rakennetun kohteen TTA:ssa?
- Asettaako nykyiset ohjelmistot haasteita mallien käyttämiselle TTA:n tukena?
- Onko nykyinen mallinnustarkkuus riittävä TTA:n näkökulmasta?

### Haasteet suunnitelmavaiheiden TTA:ssa

Suunnitelmavaiheiden auditoinneissa suurimmaksi haasteeksi koettiin mallien valmiusaste. Mallit valmistuvat yleensä suunnittelun loppuvaiheessa, mutta TTA pitäisi tehdä aikaisemmin, jotta mahdolliset muutokset voidaan korjata suunnitelmaan. Jos mallit ovat keskeneräisiä, niistä ei ole hyötyä TTA:n tekemisessä. Yksi haastateltavista oli sitä mieltä, että se ei ole ongelma, jos noudatetaan Väyläviraston inframallivaatimuksia. Vaatimukset ohjaavat siihen, että mallit tuotetaan sitä mukaan kuin suunnittelu etenee. Suunnittelun valmiusasteen ollessa 50–60 % auditoidulla olisi malli, jonka avulla hän voisi suorittaa auditoinnin.

Myös osaamisen puute ja mallinnuksen tarkkuus koettiin haasteina. Kaikilla ei ole kokemusta mallien käyttämisestä ja he eivät osaa käyttää ohjelmistoja. Puita, pensaita ja muuta kasvillisuutta ei mallinneta, vaikka niillä voi olla vaikutusta näkemiin.

### Haasteet rakennetun kohteen TTA:ssa

Rakennettua kohdetta auditoitaessa mallien suurimmaksi haasteeksi koettiin niiden käyttäminen maastossa. Huonot sääolosuhteet- ja yhteydet vaikeuttavat laitteiden käyttöä. Esimerkiksi sateella, kovalla pakkasella tai katvealueella laitteiden käyttäminen voi olla haastavaa. Mallia käytettäessä huomio saattaa olla liikaa kiinnitettyä malliin, jolloin maastohavaintojen tekeminen kärsii. Jos rakentamisen aikana tehtyjä muutoksia ei ole päivitetty malliin, mallin hyöty TTA:n tekemisessä kärsii.

### Ohjelmistojen asettamat haasteet

Haastateltavat kokivat, että ohjelmistot asettavat jonkin verran haasteita mallien käyttämiselle. Ohjelmistoja ei ole kehitetty TTA-tarkasteluja varten, joten esimerkiksi työkalut ovat puutteellisia. Etäisyyksien ja kulmien mittaaminen on haastavaa ja silmäpisteen korkeutta ei pysty määrittämään vakioksi. Mallissa liikkuminen hallitusti on haastavaa. Mallista puuttuu ominaisuus, jolla pystyisi simulaattorin tavoin ajamaan suunnitellulla väylällä. Mallista ei pysty myöskään tarkastelemaan erilaisten sääolosuhteiden vaikutuksia. Esimerkiksi talvella näkemät ovat hyvin erilaisia kesään verrattuna.

### **Mallinnuksen tarkkuus**

Nykyinen mallinnuksen tarkkuus oli haastateltavien mielestä riittävä ja kaikki objektit ovat riittävän tarkasti mallinnettu. Ainoa asia, joka nousi esille, oli kasvillisuuden mallintaminen. Puut, pensaat ja muu kasvillisuus puuttuvat malleista, ja ne pitäisi mallintaa, koska niillä voi olla vaikutusta näkemiin.

### **Mahdollisuudet**

Kolmas teema käsitteli mallien tarjoamia mahdollisuuksia TTA:n tekemisessä. Haastateltavilta kysyttiin seuraavat kysymykset listan mukaisessa järjestyksessä:

- Tarjoavatko mallit mahdollisuuden kattavampiin ja luotettavampiin TTA-tarkastuksiin? Miten?
- Minkälaisia mahdollisuuksia mallit tarjoavat tällä hetkellä TTA:ssa?
- Minkälaisia mahdollisuuksia mallit voisivat tarjota tulevaisuudessa?
- Voisiko malli korvata perinteisen TTA-raportin esimerkiksi kirjaamalla havainnot malliin?
- Pitäisikö mallien käyttäminen TTA:n tukena olla osa TTA-koulutusta?

### **Kattavuus ja luotettavuus**

Kaikkien haastateltavien mielestä mallien käyttäminen lisäisi TTA:n kattavuutta ja luotettavuutta. Mallien avulla inhimillisten havaintopuutteiden riski vähentyisi ja auditoinnin lopputulos olisi luotettavampi.

### **Mahdollisuudet nyt ja tulevaisuudessa**

Mallien käytön mahdollisuudet nykytilanteessa liittyvät pitkälti samoihin asioihin kuin mitä mallien käytön hyödyissä tuli esille. Haastateltavat olivat sitä mieltä, että mallien käytön mahdollisuudet TTA:n tekemisessä lisääntyvät tulevaisuudessa. Ohjelmistot ja mallintaminen kehittyvät ja esimerkiksi automaattiset näkemätarkastelut, sääolosuhteiden tarkastelu ja vuorokaudenaikojen sovittaminen malliin olisivat mahdollisia apuvälineitä auditoinneissa. Malleissa voisi olla myös ominaisuus, jolla pystyisi ajamaan simulaattorin tavoin väylällä, ja malliin olisi sijoitettu muita liikkuvia tienkäyttäjiä. Haastateltavat uskoivat, että tulevaisuudessa mallipohjaisten aineistojen tuottaminen tulee helpottumaan, jolloin niitä tuotetaan myös pienempiin hankkeisiin, joissa niitä voidaan käyttää TTA:n tukena.

### **TTA-raportin korvaaminen mallilla**

Haastateltavilta kysyttiin, voisiko TTA-raportin korvata mallilla esimerkiksi kirjaamalla havainnot malliin. Mielenpitoet jakautuivat kahteen osaan. Osan mielestä se olisi

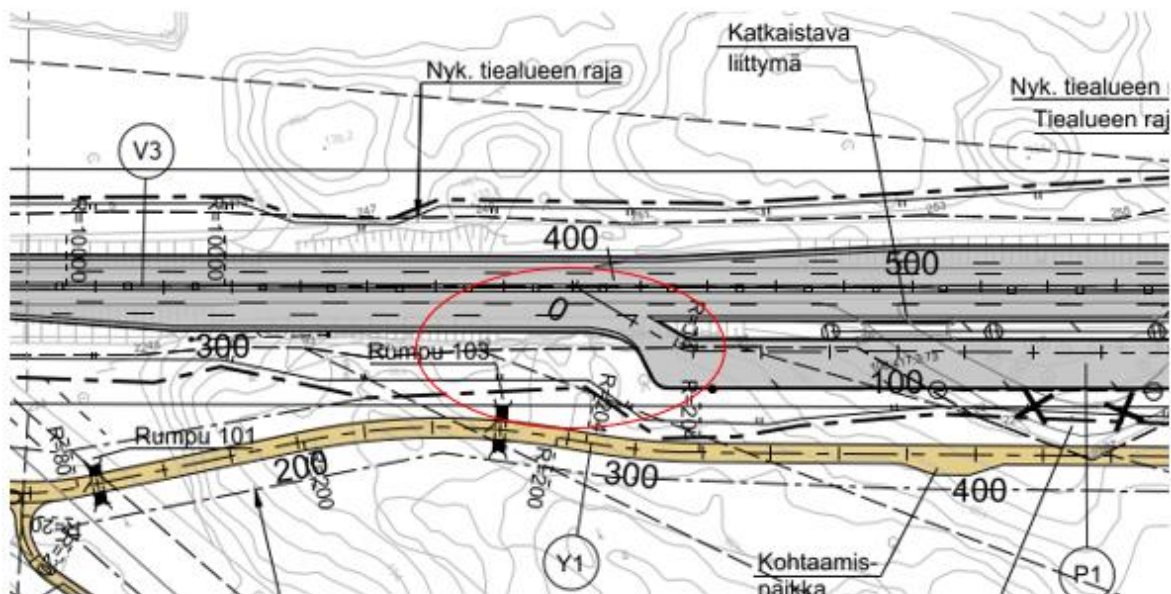
kehityskelpoinen idea, mutta osa oli nykyisen raportointitavan kannalla. Havaintojen kirjaaminen suoraan malliin olisi mahdollista, mutta kun malli siirretään yksittäisinä tiedostoina esimerkiksi Väyläviraston Velho-järjestelmään, niin havainnot eivät siirry matkassa. Jotta havainnot eivät häviäisi, ne täytyisi kirjoittaa erikseen ulos IFC-formaatissa. Yksi haastattelusta ehdotti, että havainnot merkattaisiin sähköiseen yleiskarttaan turvallisuusluokittain. Havaintoja klikkaamalla avautuisi teksti-ikkunoita, joissa olisi arvioijan kommentit, suunnittelijan vastineet ja päätökset korjaavista toimenpiteistä. Samalla voisi myös avautua ikkunoita suunnitelmapiirustuksiin ja mallien näkymiin. Myös auditointiraportin lopussa voisi olla linkit mallien näkymiin, jota kautta TTA:ssa havainnoituja kohteita voisi tarkastella.

### **Mallien käyttäminen osana TTA-koulutusta**

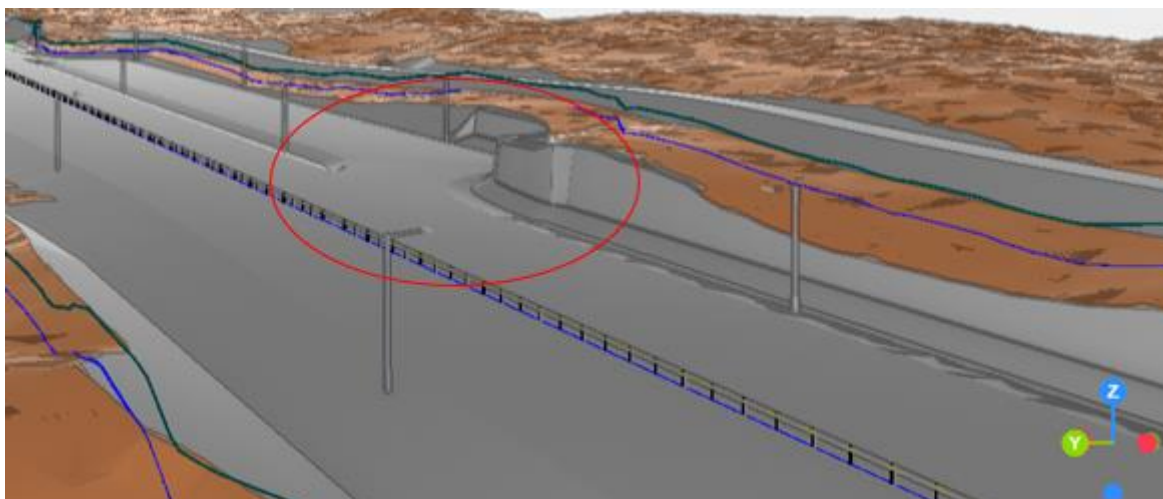
Haastattelun viimeisessä kysymyksessä kysyttiin, pitäisikö mallien käyttäminen olla osa TTA-koulutusta. Suurin osa haastateltavista ajatteli, että pitäisi. Haastatteluissa nousi myös ajatus siitä, että mallien käyttäminen liittyy vahvasti tiesuunnitteluun, ja suurimmalla osalla arvioijilla on kokemusta suunnittelusta. Mallien käytön osaaminen tulee siis työn taustaosaamisesta, eikä erillistä koulutusta ole välttämätöntä järjestää.

### **7.3 Pilotointi**

Näkemäongelmat ovat yksi yleisimmistä TTA:n havainnoista. Ensimmäisenä tarkastelun kohteena oli suunnittelualueen alkupäässä oleva poliisin tarkastusalue. Tarkastusalueelle kuljetaan pääväylältä erkanevalta liittymiskaistalta. Arvioija huomasi suunnitelmapiirustuksia tarkastelemalla (Kuva 13), että liittymiskaistan loppupäässä oleva kallioleikkaus saattaisi aiheuttaa liikenteenkäyttäjälle näkemäesteen, joka vaarantaisi alueelle kulkemisen. Kuvassa 14 näkyvät liittymisalue ja kallioleikkaus yhdistelmämallin näkymästä.

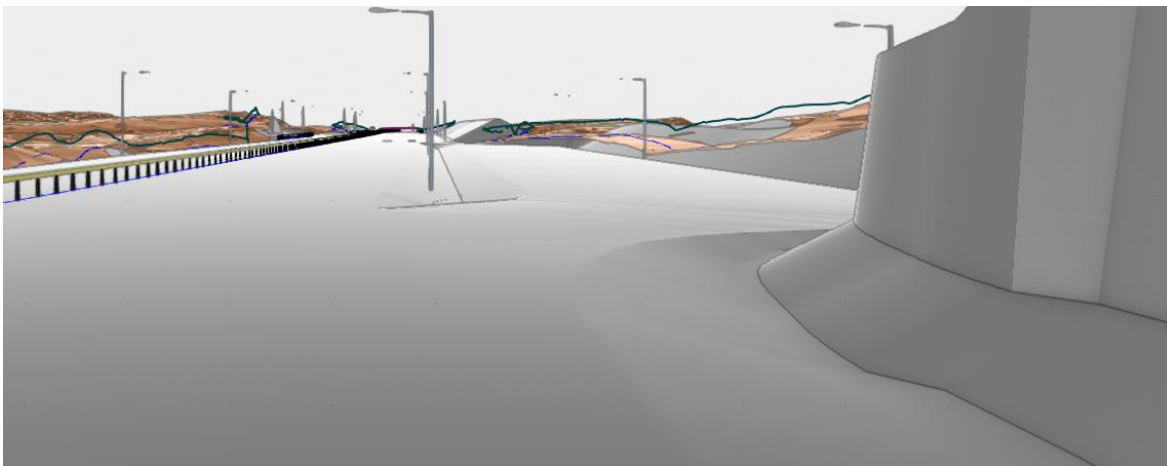


Kuva 13. Poliisin tarkastusalueen liittymäalueen kallioleikkaus suunnitelmakartalla (Destia Oy 2023)



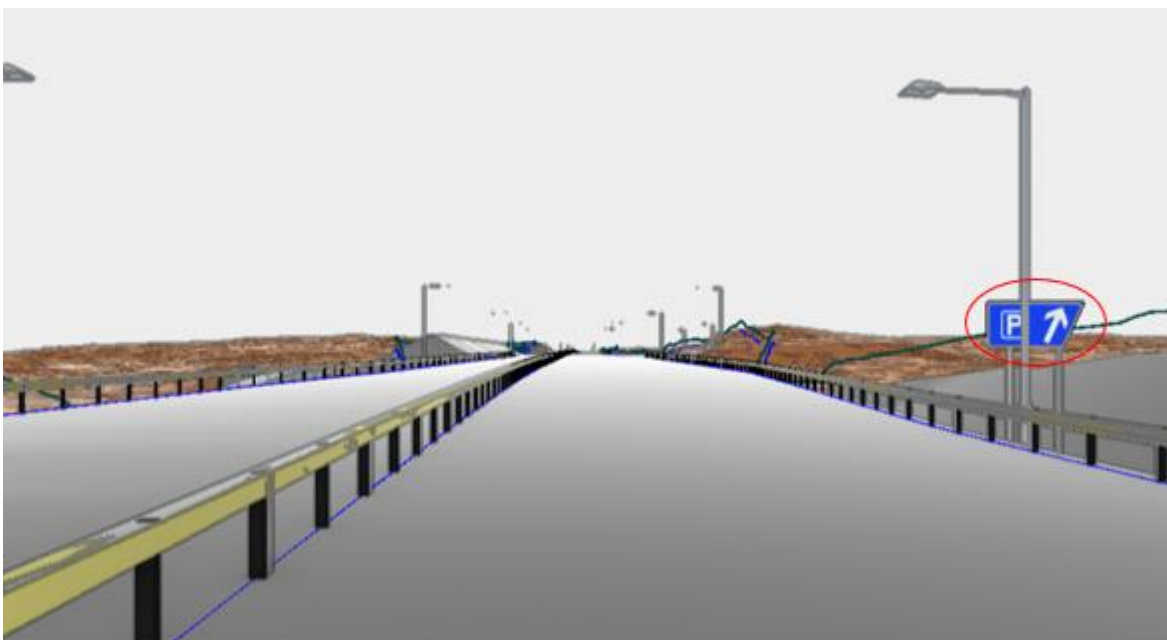
Kuva 14. Poliisin tarkastusalueen liittymäalueen kallioleikkaus

Yhdistelmämallia tarkastelemalla selvisi, että kallioleikkaus ei aiheuta ajoneuvon kuljettajalle sellaista näkemäestettä, joka vaarantaisi alueelle kulkemisen, kuten kuvasta 15 voimme todeta.



Kuva 15. Poliisin tarkastusalueelle kulkeminen henkilöauton kuljettajan näkökulmasta

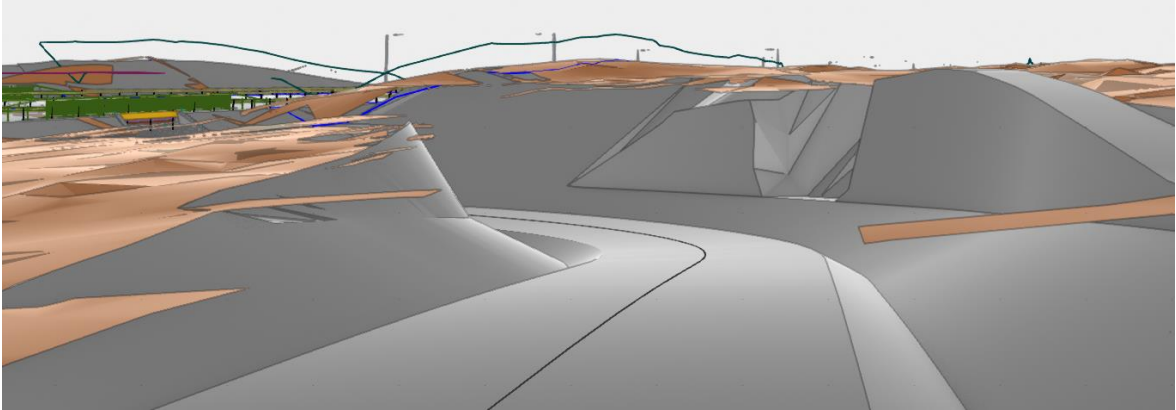
Seuraava tarkasteltava kohde oli toiselle poliisin tarkastusalueelle ohjaavan opasteen sijainti. Arvioija oli auditoitaessa huomannut, että opaste saattaa jäädä valaisinpylvään taakse, mikä vaikeuttaa opasteen havaitsemista etenkin hämärissä olosuhteissa. Mallia tarkastelemalla arvio osoittautui oikeaksi, kuten kuvasta 16 voimme nähdä. Opaste jää valopylvään taakse, jolloin sen havaittavuus heikkenee. Talvella aura-auton auraama lumi saattaa peittää merkkiä, jolloin havaittavuus heikkenee entisestään. Opastetta päätettiin siirtää muutamalla metrillä valaisinpylvään eteen.



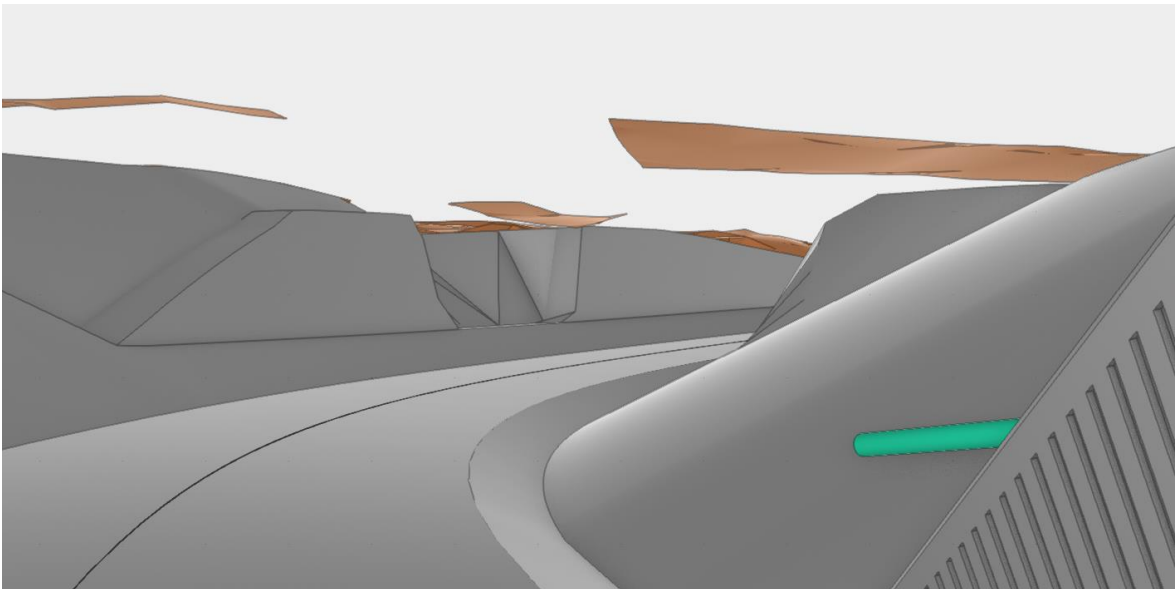
Kuva 16. Poliisin tarkastusalueelle ohjaavan opasteen sijainti

Viimeinen tarkasteltava kohde oli suunnitellun sillan alittava tie. Arvioija oli suunnitelmapii- rustuksia tarkastellessaan huomannut, että tien kaarre on jyrkkä ja suunniteltu kalliroleikkaus saattaisi aiheuttaa näkemäesteen ajoneuvon kuljettajalle. Tarkastelu mallin kautta osoitti,

että kallioleikkaus aiheuttaa merkittävän näkemäesteen, kuten kuvista 17 ja 18 voimme todeta.



Kuva 17. Kallioleikkauksesta aiheutuva näkemäeste



Kuva 18. Kallioleikkauksesta aiheutuva näkemäeste sillan alta katsottaessa

## 8 Johtopäätökset

Työn tavoitteena oli tutkia inframallien hyödyntämisen mahdollisuuksia tieturvallisuusauditoinnin tekemisessä ja pohtia toimenpiteitä haasteiden ratkaisemiseksi. Aiheen nykytilaa tutkittiin kirjallisuustutkimuksella, perehtyen alan tieteellisiin julkaisuihin ja artikkeleihin. Kyselytutkimuksen ja haastatteluiden avulla kartoitettiin alan asiantuntijoiden kokemuksia ja mielipiteitä aiheesta. Pilotoinnin avulla havainnoitiin yhdistelmämallin käyttöä turvallisuusriskien havaitsemisessa.

Suomen liikenneturvallisuuden taso on Euroopan keskiluokkaa. Viimeisen vuosikymmenen aikana liikenneturvallisuuden kehitys on hidastunut Suomessa, mutta mahdollisuuksia turvallisuuden parantamiseen on paljon. Kaikki keinot tulee ottaa käyttöön, ja mallien käyttö tieturvallisuusauditoinneissa voisi olla yksi niistä apuvälineistä, joka auttaa meitä saavuttamaan EU:n asettaman Vision Zero -tavoitteen.

TTA on välttämätön menetelmä turvallisen ja kaikkia liikenteenkäyttäjiä palvelevan tieverkon luomisessa. Haastatteluiden, kyselytutkimuksen ja pilotoinnin tulokset osoittavat, että mallien käyttäminen täydentäisi nykyisiä auditoinnin menetelmiä ja mahdollistaisi entistä luotettavamman auditoinnin lopputuloksen.

### Haasteet ja toimenpiteet

Kyselyn ja haastatteluiden perusteella mallien käyttämisen haasteet ovat moninaisia. Isoimmiksi haasteiksi koettiin osaamisen puuttuminen, mallien keskeneräisyys ja ohjelmistojen puutteet.

Tieturvallisuusarvioijaksi hakevalta henkilöltä vaaditaan tie- tai liikennetekniikan koulutusta sekä vähintään viiden vuoden kokemusta tiesuunnittelusta, tieliikenteen turvallisuustekniikasta sekä onnettomuuksien analysoinnista. Mikäli peruskoulutusvaatimus ei täyty, hakijalta vaaditaan vähintään 10 vuoden kokemusta edellä mainituista alueista. Tämän perusteella on siis selvää, että arvioijalla on kokemusta tiesuunnittelun kanssa työskentelemisestä. Mallien käyttäminen tiesuunnittelussa on nykypäivää, ja sitä tehdään jonkin verran, hankkeesta riippuen. Arvioijalla on siis todennäköisesti jo oman työnsä puolesta kokemusta mallien kanssa työskentelystä. Mutta kuten yksi haastateltavista sanoi, tämä on myös sukupolvesta riippuvainen asia. Nuoremman sukupolven suunnittelijat ovat tottuneet mallien kanssa työskentelyyn, kun taas vanhemman sukupolven suunnittelijat ovat harjaantuneet tarkastelemaan perinteisiä 2D-suunnitelmapiirustuksia. Vanhemmalla sukupolvella ei siis välttämättä ole paljoa kokemusta mallien käyttämisestä. Asian ratkaisemiseksi olisi järjestettävä koulutuksia, joissa opetetaan mallinnusohjelmistojen ja mallien

tarkasteluohjelmistojen käyttämistä. Arvioijalle voisi riittää myös pelkän tarkasteluohjelmiston käyttämisen osaaminen.

Mallit kehittyvät koko ajan ja niitä käytetään mitä erilaisimmissa hankkeissa. Kehityksessä mukana pysyminen olisi tärkeää, ja mallien käyttäminen tulisi ottaa myös osaksi Traficomien järjestämää TTA-koulutusta. Jo koulutusvaiheessa arvioijia olisi hyvä ohjata mallien käyttämiseen TTA:n tekemisessä.

Mallien keskeneräisyys aiheuttaa ongelmia mallien hyödyntämiselle. Kyselyn ja haastatteluiden perusteella tämä oli yksi yleisimmistä asioista, joka koettiin haasteeksi mallien käyttämiseksi. Jos mallista puuttuu objekteja, kuten tien varusteita, ei sitä voida hyödyntää täysimääräisesti TTA:n tekemisessä. TTA täytyisi tehdä jo suunnittelun aikaisemmassa vaiheessa, jotta mahdolliset turvallisuusriskin aiheuttavat tekijät voidaan korjata suunnitelmiin. Mallit valmistuvat yleensä vasta suunnittelun loppupuolella, ja suunnitelmien muokkaaminen siinä vaiheessa on työlästä ja aikaa vievää. Väyläviraston inframallivaatimuksia noudattamalla tämän ei kuitenkaan pitäisi olla ongelma. Vaatimukset ohjaavat siihen, että malleja tuotetaan sitä mukaan kuin suunnittelu etenee ja seuraavan suunnitteluvaiheen mallinnus jatkuu täydentämällä edellisten vaiheiden malleja. Haastatteluissa tuli esille, että jos näin toimitaan, suunnittelun valmiusasteen ollessa 50–60 %, kaikki on mallinnettuna. TTA tulisi tehdä juuri tässä vaiheessa, jotta mahdolliset korjaukset voidaan tehdä suunnitelmiin.

Ohjelmistojen asettamat haasteet liittyivät lähinnä työkalujen puutteellisuuteen, mallissa liikkumiseen ja ominaisuuksien vähyyteen. Mallista mittaaminen olisi tärkeä ominaisuus, jotta etäisyyksiä, kaarresäteitä ja muita ohjeita voisi mitata. Mittaaminen mallin tarkasteluohjelmassa on usein hankalaa tai mittaustyökalut puuttuvat kokonaan. Mittaustyökaluja pitäisi siis kehittää. Myös mallissa liikkuminen tuottaa hankaluuksia. Etenkin silmäpisteen korkeutta on haastava säätää arvioimalla sitä muiden objektien, kuten liikennemerkkien perusteella. Tämä huomattiin myös auditointia tehdessä. Mallissa pitäisi olla ominaisuus, jolla silmäpisteen korkeuden voisi asettaa vakioksi ja ajaa väylää pitkin simulaattorin tavoin erilaisten ajoneuvojen kuljettajien näkökulmasta. Näin mallissa liikkuminen olisi helpompaa ja auditoinnin tarkkuus paranisi entisestään. Ohjelmistossa olisi myös hyvä olla ominaisuus, jolla voisi tarkastella erilaisten sää- ja valoisuusolosuhteiden vaikutuksia turvallisuuteen.

### **Hyödyt ja mahdollisuudet**

Kysely, haastattelut ja pilotointi osoittivat, että mallien käyttämisellä TTA:ssa on useita mahdollisuuksia. Suurimmat hyödyt saavutetaan suunnitelmavaiheissa, mutta se tuo myös lisäarvoa rakennetun kohteen auditoinnille. Kyselyn ja haastatteluiden perusteella yleisimmät

mallien käyttämisen hyödyt liittyivät näkemien, optisen ohjauksen, liikenteenohjauksen, tiegeometrian sekä suunnitellun kokonaisuuden parempaan hahmottamiseen.

Suunnitelmavaiheissa malleja tarkastelemalla arvioijan kyky huomata turvallisuusriskejä aiheuttavia tekijöitä paranee. Malleista voi huomata sellaisia asioita, jotka eivät muuten ilmene suunnitelmapiirustuksista tai ne olisivat vaikeasti hahmotettavissa.

Pilotointia tehtäessä huomattiin, että yhdistelmämalli auttaa suunnitelmapiirustusten kautta tehtyjen havaintojen varmistamisessa. Esimerkiksi poliisin tarkastusalueen kallioleikkauksen tarkasteleminen mallin kautta osoitti, että se ei aiheuta näkemäestettä. Suunnitelmapaikan ja pituusleikkauksen perusteella arvioija ei kuitenkaan voinut olla täysin varma leikkauksen aiheuttamasta riskin suuruudesta. Myöskään sillan alittavan tien kallioleikkauksen aiheuttamasta näkemäesteen suuruudesta ei ollut täyttä varmuutta. Mallin kautta tarkastelu kuitenkin osoitti, että se aiheuttaa merkittävän turvallisuusriskin. Mallin käyttäminen siis helpotti turvallisuusriskien määrittelyä ja lisäsi auditoinnin tarkkuutta.

Rakennetun kohteen auditoinnissa mallit ovat hyvä työkalu tukemaan maastokäyntejä. Auditoidessa ennen tien avaamista liikenteelle mallien kautta voidaan tehdä turvallisuushavaintoja, jotka varmistetaan maastossa oikeiksi. Näin maastotyöhön käytettävä aika lyhenee. Mallien kautta voi myös suunnitella maastokäynteihin liittyviä käytännön asioita, kuten tarkastelupaikkoja, tarkasteltavia kohteita, pysähtymisiä sekä kulkureittejä. Maastokäyntien jälkeen mallien kautta on helppo palata havaittuihin asioihin.

Mallin käyttämisen suurin etu on sen luoma visuaalinen ja tarkka kuva suunnitellusta kohteesta. Se antaa todenmukaisemman käsityksen syntyvästä liikenneympäristöstä. Tällöin arvioija saa tarkemman ja realistisemmän kuvan auditoidavasta kohteesta, ja voi huomata sellaisia asioita, joita suunnitelmapiirustuksista ei välttämättä huomaa. Tutkimus osoitti, että mallien käyttäminen TTA:ssa auttaa arvioijaa auditoimaan suunnitellun liikenneympäristön tarkemmin kuin pelkkien suunnitelmapiirustusten kautta.

## 9 Yhteenveto

Mallit olisivat yksi auditoinnin työkaluista muiden työkalujen rinnalla. Se ei korvaa maastokäyntejä tai muitakaan menetelmiä, vaan täydentää niitä. Parhaaseen lopputulokseen päästään, kun käytetään monipuolisesti rinnakkain sekä suunnitelmapiirustuksia että malleja. Mallit antavat mahdollisuuden tarkastella hankkeita jo suunnitteluvaiheessa kolmiulotteisesti ja se auttaa arvioijaa muodostamaan tarkemman käsityksen suunnitelman perusteella syntyvästä liikenneympäristöstä.

Mallien käyttämistä TTA:n tekemisessä ei ole huomioitu Väyläviraston inframallivaatimuksissa eikä BuildingSMART Finlandin julkaisemissa yleisissä inframallivaatimuksissa. Vaatimukset ovat siis rajalliset TTA:n suhteen. Jos mallien käyttäminen otettaisiin vakioiduksi käytännöksi TTA:ssa, pitäisi se huomioida myös mallinnusvaatimuksissa.

Suurin osa kyselyyn ja haastatteluihin osallistuneista uskoivat, että mallien käyttäminen TTA:ssa tarjoaisi merkittävää hyötyä. Mallit helpottavat suunnitelmapiirustuksien kautta haastaviksi koettujen asioiden arvioimista. Malleja kannattaa hyödyntää myös mahdollisesta keskeneräisyydestä huolimatta, koska myös hieman keskeneräisen mallin avulla on mahdollista tarkastella esimerkiksi näkemiä, tien geometriaa ja suunniteltua tieympäristöä. Kysely, haastattelut ja pilotointi osoittivat, että mallien käyttämisen tuomat hyödyt suhteessa koettuihin haasteisiin ovat painoarvoltaan suurempia. Kouluttaminen, inframallivaatimusten noudattaminen ja ohjelmistojen kehittäminen ovat ratkaisut koettuihin haasteisiin. Turvallisuusriskit ovat tärkeä korjata jo suunnitteluvaiheissa, jolloin muutosten tekeminen on helpompaa ja edullisempää kuin jo rakennetun kohteen muuttaminen.

## Lähteet

Barrell, J. 2012. Road Safety Auditing. The Chartered Institution of Highways & Transportation. Artikkel. Viitattu 28.2.2023. Saatavissa [https://www.ciht.org.uk/media/8069/road\\_safety\\_auditing.pdf](https://www.ciht.org.uk/media/8069/road_safety_auditing.pdf)

buildingSMART Finland. 2019. Infranimikkeistö. Viitattu 8.3.2023. Saatavissa <https://drive.buildingsmart.fi/s/6iBHnSKptRPGMCX>

buildingSMART Finland. 2021. Yleiset inframallivaatimukset. Viitattu 3.3.2023. Saatavissa <https://drive.buildingsmart.fi/s/AAELrj83NbrHae2>

Carson, J., Jost, G. & Meinero, M. 2022. Ranking EU progress on road safety. 16<sup>th</sup> Road Safety Performance Index Report. Raportti. Viitattu 6.2.2023. Saatavissa [https://etsc.eu/wp-content/uploads/16-PIN-annual-report\\_FINAL\\_WEB\\_1506\\_2.pdf](https://etsc.eu/wp-content/uploads/16-PIN-annual-report_FINAL_WEB_1506_2.pdf)

Decae, R. 2022. Annual statistical report on road safety in the EU 2021. Euroopan komissio. Raportti. Viitattu 6.2.2023. Saatavissa [https://road-safety.transport.ec.europa.eu/system/files/2022-05/ERSO\\_annual\\_report\\_20220509.pdf](https://road-safety.transport.ec.europa.eu/system/files/2022-05/ERSO_annual_report_20220509.pdf)

Destia Oy. 2022a. Arviointiraporttiin kirjattu turvallisuusriski. Ei saatavissa.

Destia Oy. 2022b. Valtatie 3 parantaminen välillä Hanhijärvi-Rokkakoski, Hämeenkyrö. Tiesuunnitelmaselostus. Destian sisäinen arkisto.

Destia Oy. 2022c. Yleiskartta pilottihankkeen tiesuunnitelmasta. Ei saatavissa.

Destia Oy. 2023. Poliisin tarkastusalueen liittymäalueen kallioleikkaus suunnitelmakartalla. Ei saatavissa.

Dols, J., Molina, J., Camacho-Torregrosa, J., Llopis-Castelló, D. & Gracia, A. 2021. Development of Driving Simulation Scenarios Based on Building Information Modeling (BIM) for Road Safety Analysis. Universitat Politècnica de València. Artikkel. Viitattu 2.3.2023. Saatavissa <https://www.mdpi.com/2071-1050/13/4/2039>

Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi (EU) 2019/1936 tieinfrastruktuurin turvallisuuden hallinnasta annetun direktiivin 2008/96/EY muuttamisesta. Viitattu 27.2.2023. Saatavissa <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=CELEX:32019L1936&from=EN>

Euroopan komissio. Trans-European Transport Network (TEN-T). Viitattu 7.2.2023. Saatavissa [https://transport.ec.europa.eu/transport-themes/infrastructure-and-investment/trans-european-transport-network-ten-t\\_en](https://transport.ec.europa.eu/transport-themes/infrastructure-and-investment/trans-european-transport-network-ten-t_en)

Hallituksen esitys eduskunnalle laeiksi liikennejärjestelmästä ja maanteistä annetun lain sekä ratalain 24 §:n muuttamisesta 138/2021. Viitattu 27.2.2023. Saatavissa <https://finlex.fi/fi/esitykset/he/2021/20210138#idm45053758255760>

Kautiala, C., Yli-Halkola, E., Rintamäki, H., Puolimatka, H., Reihe, H., Hytönen, K., Nyberg, J., Vehmas, A. & Uljas, M. 2021. Tieturvallisuusarviointi. Traficom. Koulutusaineisto. Viitattu 2.2.2023. Saatavissa [https://www.traficom.fi/sites/default/files/media/file/Julkaistu\\_0.pdf](https://www.traficom.fi/sites/default/files/media/file/Julkaistu_0.pdf)

Kirkevold, A., Bones, T., Ringen, S. & Myrberg, G. 2014. Road Safety Audits and Inspections. Käsikirja. Viitattu 28.2.2023. Saatavissa [https://fileservet.motocross.io/trafikksiden/HB\\_V720E\\_Road\\_Safety\\_Audits\\_Inspections\\_2014.pdf](https://fileservet.motocross.io/trafikksiden/HB_V720E_Road_Safety_Audits_Inspections_2014.pdf)

Laki liikennejärjestelmästä ja maanteistä annetun lain muuttamisesta 998/2021. Viitattu 8.2.2023. Saatavissa <https://finlex.fi/fi/laki/alkup/2021/20210998#Pidm45053757429968>

Lehtinen, J. & Uljas, M. 2003. Suunnitelmien liikenneturvallisuustarkastus. Tarkastajan opas. Tiehallinto. Tiehallinnon selvityksiä 18/2003. Viitattu 21.2.2023. Saatavissa <https://www.tieh.fi/julkaisut/pdf/3200807suunnliikennturvartark.pdf>

Liikenne- ja viestintäministeriö. 2012. Tavoitteet todeksi ja liikenne turvallisiksi. Viitattu 17.1.2023. Saatavissa <https://www.lvm.fi/-/tavoitteet-todeksi-ja-liikenne-turvallisiksi-787944>

Liikennevirasto. 2012. Tiehankkeiden turvallisuusarviointi. Liikenneviraston ohjeita 19/2012. Viitattu 20.2.2023. Saatavissa [https://road-safety.transport.ec.europa.eu/system/files/2021-07/fi - 2\\_tiehankkeiden\\_turvallisuusauditointi\\_liikenneviraston\\_ohjeita\\_192012\\_10\\_12\\_2012\\_3.pdf](https://road-safety.transport.ec.europa.eu/system/files/2021-07/fi - 2_tiehankkeiden_turvallisuusauditointi_liikenneviraston_ohjeita_192012_10_12_2012_3.pdf)

Mäntymaa, E. 2016. Suomen tiet ovat nyt kymmenen kertaa turvallisemmat kuin vuonna 1972. Yle. Viitattu 2.2.2023. Saatavissa <https://yle.fi/a/3-9067754>

Nabors, D. & Soika, J. 2013. Using Three-Dimensional Design Visualization in the Road Safety Audit Process. Road Safety Audit Case Studies. Vanasse Hangen Brustlin, Inc. Tapaustudkimus. Viitattu 2.3.2023. Saatavissa [https://safety.fhwa.dot.gov/rsa/case\\_studies/fhwasa14003/fhwasa14003.pdf](https://safety.fhwa.dot.gov/rsa/case_studies/fhwasa14003/fhwasa14003.pdf)

Rekola, M., Kolinen, L., Asikainen, E., Heliste, L., Immonen, E., Starck, M., Ahokas, M., Suomento, J. & Johansson, S. 2022. Liikenneturvallisuusstrategia 2022–2026. Liikenne- ja viestintäministeriö. Liikenne- ja viestintäministeriön julkaisu 2022:3. Viitattu 17.1.2023. Saatavissa [https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/163951/LVM\\_2022\\_3.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/163951/LVM_2022_3.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Savolainen, T. 2023. Inframallintamisen johtava asiantuntija. Väylävirasto. Keskustelu 27.3.2023.

Savolainen, T., Schenkwein, M., Mäkelä, S., Leuhtonen, O., Paukkeri, H., Kalliolaakso, J., Niskanen, J., Mäkelä, A., Toikka, J., Suntio, V., Kemppainen, L., Liukas, J., Puolitaival, K., Erkkilä, E. & Kokkonen, T. 2022. Väyläviraston inframallivaatimukset. Väylävirasto. Väyläviraston ohjeita 32/2022. Viitattu 1.3.2023. Saatavissa [https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Vaylavirasto/vo\\_2022-32\\_inframallivaatimukset.pdf](https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Vaylavirasto/vo_2022-32_inframallivaatimukset.pdf)

Tilastokeskus. 2023a. Tieliikenteessä kuolleet vuosina 1935–2022. Viitattu 2.2.2023. Saatavissa [https://pxdata.stat.fi/PxWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin\\_ton/statfin\\_ton\\_pxt\\_11bh.px/](https://pxdata.stat.fi/PxWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin_ton/statfin_ton_pxt_11bh.px/)

Tilastokeskus. 2023b. Tieliikenteessä loukkaantuneet vuosina 1935–2022. Viitattu 2.2.2023. Saatavissa [https://pxdata.stat.fi/PxWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin\\_ton/statfin\\_ton\\_pxt\\_11bh.px/](https://pxdata.stat.fi/PxWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin_ton/statfin_ton_pxt_11bh.px/)

Traficom. 2022a. Kuolleet ja vakavasti loukkaantuneet tieliikenteessä suhteessa tavoitteeseen. Viitattu 17.1.2023. Saatavissa <https://tieto.traficom.fi/fi/tilastot/kuolleet-ja-vakavasti-loukkaantuneet-tieliikenteessa-suhteessa-tavoitteeseen>

Traficom. 2022b. Suomen tieliikenteen turvallisuus kansainvälisessä vertailussa. Viitattu 7.2.2023. Saatavissa <https://tieto.traficom.fi/fi/tilastot/suomen-tieliikenteen-turvallisuus-kansainvalisessa-vertailussa?toggle=L%C3%A4hteet%20ja%20lis%C3%A4tiedot>

Velhonoja, P., Liimatainen, P., Mäkiäho, M., Järvelä, M., Hytönen, K. & Uljas, M. 2008. Suunnitelmien liikenneturvallisuustarkastus. Nykytila- ja taustaselvitys 2007. Tiehallinto. Tiehallinnon sisäisiä julkaisuja 1/2008. Viitattu 27.2.2023. Saatavissa <https://docplayer.fi/19502523-Nykytila-ja-taustaselvitys-2007-tiehallinnon-sisaisia-julkaisuja-1-2008.html>

Väylävirasto. Direktiivimuutoksen soveltamisalan mukaiset väylät. Ei saatavissa.

Väylävirasto. 2020. Suunnittelu- ja toteutusprojektien aineiston hallinta Velho-järjestelmässä. Väyläviraston ohjeita 8/2020. Viitattu 17.4.2023. Saatavissa [https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Vaylavirasto/vo\\_2020-08\\_suunnittelu\\_toteutusprojektien\\_web.pdf](https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Vaylavirasto/vo_2020-08_suunnittelu_toteutusprojektien_web.pdf)

Väylävirasto. 2022a. Vt 3 Hämeenkyrönväylä. Viitattu 8.3.2023. Saatavissa <https://vayla.fi/vt3-hameenkyronvayla>

Väylävirasto. 2022b. Hanhijärvi-Rokkakoski. Viitattu 8.3.2023. Saatavissa <https://vayla.fi/pirkanmaalla-suunnitteilla/vt-3-tampere-vaasa/ylojarvi-hameenkyro/hanhijarvi-rokkakoski>

Väylävirasto. 2023. Väylävirasto vastaa valtion väyläverkosta. Viitattu 17.4.2023. Saatavissa <https://vayla.fi/tietoa-meista/tapamme-toimia>















