

Tien ominaisuuksien yhteys ajonopeuksiin ja onnettomuusriskiin

Esko Lehtonen, Johannes Mesimäki, Teemu Itkonen
Teknologian Tutkimuskeskus VTT



Julkaisupäivämäärä
2.4.2025

Julkaisun nimi
Tien ominaisuuksien yhteys ajonopeuksiin ja onnettomuusriskiin

Tekijät
Esko Lehtonen, Johannes Mesimäki, Teemu Itkonen

Toimeksiantaja ja asettamispäivämäärä

Julkaisusarjan nimi ja numero
Traficomin tutkimuksia ja selvityksiä 10/2025
ISSN (verkkajulkaisu) 2669-8781
ISBN (verkkajulkaisu) 978-952-311-964-2

Asiasanat
ajonopeus, tiet, kunnossapito, liikenneonnettomuudet, liikenneturvallisuus, regressioanalyysi

Tiivistelmä
Tutkimuksen tavoitteena oli analysoida, miten tien ominaisuudet ja kunto vaikuttavat ajonopeuksiin ja henkilövahinkoon johtaneiden onnettomuuksien määrään Suomen tieverkolla. Aineistoina käytettiin liikennelaskennassa kerättyjä nopeustietoja, tieverkon ominaisuustietoja ja onnettomuustilastoja vuosilta 2021–2023. Tarkastelu rajattiin yksiajorataisille maanteille. Regularisoituja regressiomalleja käytettiin analysoimaan aineistoa ja arvioimaan eri tekijöiden vaikutuksia. Mallinnuksen perusteella havaittiin, että päällysteen kunto vaikuttaa ajonopeuksiin. Parhaan tasaisuusluokituksen teillä keskinopeudet olivat 4,7 km/h korkeampia kuin huonoimmassa luokassa. Uraluokituksella ja kunnostustarveluokituksella ei ollut yhtä selvää yhteyttä ajonopeuteen. Tasaisempi päällyste ennusti myös vähäisempää henkilövahinko-onnettomuuksien määrää. Tämän perusteella vaikuttaa siltä, että tasaisemman tien mukanaan tuoma nopeuden kasvu ei kokonaan poista siitä saatavia turvallisuushyötyjä. Lisäksi havaittiin, että tien kaarteisuus ja mäkisyydet vaikuttivat ajonopeuksiin, mutta eivät onnettomuusmääriin. Tulosten perusteella tien kunnan parantaminen voi edistää liikenneturvallisuutta.

Yhteyshenkilö
Riikka Rajamäki, Traficom

Raportin kieli
Suomi

Luottamuksellisuus
Julkinen

Kokonaissivumäärä
40

Jakaja
Traficom

Kustantaja
Traficom



Utgivningsdatum
2.4.2025

Publikation
Sambandet mellan vägens egenskaper och körhastigheter och olycksrisk

Författare
Esko Lehtonen, Johannes Mesimäki, Teemu Itkonen

Tillsatt av och datum

Publikationsseriens namn och nummer

Traficoms forskningsrapporter och utredningar 10/2025

ISSN (elektronisk publikation) 2669-8781

ISBN (elektronisk publikation) 978-952-311-964-2

Ämnesord

Körhastighet, vägar, underhåll, trafikolyckor, trafiksäkerhet, regressionsanalys

Sammandrag

Målet med undersökningen var att analysera hur vägnas egenskaper och skick påverkar körhastigheten och antalet olyckor med personskador på det finska vägnätet. Data som användes var hastighetsdata som samlats i samband med trafikräkningen, data om vägnätets egenskaper och olycksstatistik från 2021–2023. Undersökningen begränsades till vägar med en körbana. Regulariserade regressionsmodeller användes för att analysera data och bedöma effekterna av olika faktorer. Baserat på modelleringen upptäcktes att beläggningens skick påverkar körhastigheterna. På vägar med den bästa jämnhetsklassificeringen var medelhastigheten 4,7 km/h högre än på den sämsta klassificeringen. Klassificeringen avseende slitspår och renoveringsbehov hade inte lika tydliga samband med körhastigheten. Jämnare beläggning förutspådde också ett lägre antal personskadeolyckor. Utifrån detta verkar det som att den hastighetsökning som en jämnare väg medför inte helt eliminerar de säkerhets fördelar det ger. Man fann också att vägens kurvighet och backighet påverkade körhastigheten, men inte antalet olyckor. Utifrån resultaten kan förbättring av vägnas skick främja trafiksäkerheten.

Kontaktperson

Riikka Rajamäki, Traficom

Språk

Finska

Sekretessgrad

Offentlig

Sidonantal

40

Distribution

Traficom

Förlag

Traficom



Date of publication
2.4.2025

Title of publication
The relationship between road characteristics and driving speeds and accident risk

Author (s)
Esko Lehtonen, Johannes Mesimäki, Teemu Itkonen

Commissioned by, date

Publication series and number
Traficom Research Reports 10/2025
ISSN (e-publication) 2669-8781
ISBN (e-publication) 978-952-311-964-2

Keywords
Driving speed, roads, maintenance, traffic accidents, traffic safety, regression analysis

Abstract

The aim of the study was to analyse how road characteristics and condition affect driving speeds and the number of accidents resulting in personal injury on the Finnish road network. The data used included speed data collected in connection with sample calculations of road traffic volume, road network characteristics data and accident statistics from 2021–2023. The analysis was limited to single-carriageway highways. Regularised regression models were used to analyse the data and assess the effects of different factors. Based on the modelling, it was found that the condition of the pavement affects driving speeds. On roads with the best smoothness classification, average speeds were 4.7 km/h higher than on roads with the worst smoothness classification. The rut classification and the rehabilitation need classification did not have as clear a connection with driving speed. Smoother pavement also predicted a lower number of personal injury accidents. Based on this, it appears that the increase in driving speed brought about by a smoother road does not completely eliminate the safety benefits it provides. It was also found that road curvature and hilliness affected driving speeds, but not accident rates. Based on the results, improving road surface conditions can promote traffic safety.

Contact-person
Riikka Rajamäki, Traficom

Language
Finnish

Confidence status
Public

Pages, total
40

Distributed by
Traficom

Published by
Traficom

Alkusanat

Tässä tutkimuksessa analysoitiin tien ominaisuuksien ja päällysteen kunnan vaikutusta ajonopeuteen ja onnettomuuksiin. Traficom päätti tilata tämän tutkimuksen, koska aiemmassa, alkuvuonna 2024 tehdyssä tutkimuksessa osoittautui, että liikenteen otoslaskennassa kerätyt nopeustiedot ovat kyllin laadukkaita tutkimuskäyttöön ja ne muodostavat poikkeuksellisen kattavan aineiston alemman tieverkon ajonopeuksista.

Tutkimuksen toteuttivat Esko Lehtonen, Johannes Mesimäki ja Teemu Itkonen Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy:lta. Ohjausryhmään kuuluivat Riikka Rajamäki (pj.), Ossi Korttinen, Tuomo Lapp, Inkeri Parkkari ja Ari Väisänen Traficomista sekä Noora Airaksinen Väylävirastosta. Tekijät haluavat kiittää Tero Lassilaa (Väylävirasto) avusta tien kuntoon liittyvien aineistojen toimittamisessa ja tulkinnassa, Kimmo Saastamoista (Riksroad) avusta nopeusmittausaineiston tulkinnassa, sekä Markus Nilssonia (Fintraffic) nopeusmittausaineiston toimittamisesta tutkijoiden käyttöön. Harri Peltola (Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy) esitarkasti raportin.

Helsinki, 2. huhtikuuta 2025

Riikka Rajamäki

Erityisasiantuntija

Liikenne- ja viestintävirasto Traficom

Sisällys

1	Johdanto	6
1.1	Regularisoitu regressio	7
1.2	Tutkimuskysymykset.....	8
2	Menetelmät.....	9
2.1	Nopeusmittausaineisto	9
2.2	Onnettomuusaineisto	11
2.3	Tien kunto- ja ominaisuustiedot.....	12
2.4	Aineiston käsittely.....	13
2.5	Mallinnus	13
2.5.1	Keskinopeusmalli ilman tiegeometriatietoja	14
2.5.2	Keskinopeusmalli tiegeometriatiedoilla.....	15
2.5.3	Onnettomuusmalli ilman tiegeometriatietoja.....	15
2.5.4	Onnettomuusmalli tiegeometriatiedoilla	17
2.6	Regularisointimenetelmien vertailu	17
2.7	Eri tekijöiden vaikutusten kuvaaminen	18
3	Tulokset	20
3.1	Keskinopeusmalli ilman tiegeometriatietoja.....	20
3.2	Keskinopeusmalli tiegeometriatiedoilla	24
3.3	Onnettomuusmalli ilman tiegeometriatietoja	28
3.4	Onnettomuusmalli tiegeometriatiedoilla	31
3.5	Kunnon ja nopeuksien yhteisvaikutus onnettomuuksiin.....	34
4	Tulosten tarkastelu ja johtopäätökset.....	37
4.1	Miten tien ominaisuudet vaikuttavat ajonopeuteen?	37
4.2	Miten päällysteen kunto vaikuttaa ajonopeuteen?	38
4.3	Mikä on tien ominaisuuksien ja kunnon vaikutus onnettomuusriskiin?.....	38
4.4	Mikä on kunnon ja nopeuksien yhteisvaikutus onnettomuusriskiin?	38
5	Lähdeluettelo	40

1 Johdanto

Liikenneonnettomuudet johtuvat monien tekijöiden yhteisvaikutuksesta, kuten kuljettajien käyttäytymisestä, tieolosuhteista, ajoneuvojen ominaisuuksista ja erilaisista ympäristöllisistä tekijöistä. Tienpitäjän näkökulmasta erityisesti tien ominaisuuksien vaikutus ajonopeuksiin ja onnettomuusriskiin on olennainen tieto. Tien paremman kunnon voisi olettaa heijastuvan vähäisempinä onnettomuuksina, mutta toisaalta ajonopeudet voivat vastavasti kasvaa. Ajonopeuden kasvu saattaa puolestaan lisätä onnettomuusriskiä ja seurausten vakavuutta. Tieympäristöä kuvaavien tietoaineistojen ja edistyneiden tilastollisten menetelmien avulla tieympäristön, ajonopeuden ja onnettomuusriskin yhteyttä voidaan selvittää entistä tarkemmin.

Aikaisemmassa tutkimuksessa tien kaarteisuuden ja nopeuden välillä on havaittu selvä yhteys (Tate & Turner, 2007; Maksid & Hamsa, 2014; Zhang ym., 2013). Tate ja Turner (2007) havaitsivat, että kaarteiden jyrkkyys oli yhteydessä alhaisempiin nopeuksiin, ja Maksid ja Hamza (2014) puolestaan osoittivat kaarrenoikeuksien poikkeavan merkittävästi suoralla ajatuista nopeuksista. Zhang ym. (2013) huomauttivat, että siinä missä ihmiskuljettajat mukauttavat nopeutensa kaarteisiin, automaattiset ajonopeudensäätimet (ACC) eivät yleensä huomioineet edessä olevia kaarteita yhtä hyvin.

Onnettomuuksien ja tiegeometrian suhdetta on tutkittu muun muassa mallintamalla näkemiä ja jyrkkiä mutkia suhteessa onnettomuuksien vakavuuteen (Jima & Sipos, 2022) sekä simulaattoritutkimuksilla, joissa on tutkittu kaarteisuuden vaikutuksia luisumiseen ja tieltä suistumiseen eri sääolosuhteissa (Yin ym., 2020). Jima ja Sipos (2022) havaitsivat Budapestia koskevassa aineistossaan suurempia onnettomuusmääriä suorilla tieosuuksilla, mutta onnettomuuksien vakavuuden puolestaan kasvavan kaarteisilla osuuksilla. Karlaftis ja Golias (2002) käyttivät hierarkkista regressiomallia (hierarchical tree-based regression, HTBR) mallintamaan tiegeometrian ja päällysteen kunnon yhteyttä onnettomuusmääriin maaseututeillä. He havaitsivat erityisesti kapeiden kaistojen, jyrkkien kaarteiden ja jyrkkien kallistuskulmien olevan yhteydessä suurempiin onnettomuusmääriin.

Tässä raportissa selvitettiin, millaisia mitattavissa olevien tieympäristön piirteiden vaikutuksia nopeuskäyttäytymiseen ja onnettomuusmääriin pystytään nykyisillä menetelmillä erittelemään Suomessa, arvioimaan näiden vaikutusten suuruutta ja pohtimaan syitä niiden takana. Lähteenä käytetään liikenteen otoslaskennassa kerättyjä nopeustietoja, tieverkon ominaisuustietoja ja onnettomuustilastoja. Aineisto analysoitiin regularisoitujen regressiomallien avulla.

1.1 Regularisoitu regressio

Regressiomalleilla kuvataan selittävien muuttujien yhteyttä johonkin kiinnostuksen kohteena olevaan selitettävään muuttujaan. Selittävät muuttujat saavat tyypillisesti erilaisia kertoimia, joista voidaan päätellä jotain niiden vaikutuksesta selitettävään asiaan. Menetelmä saattaa kuitenkin tuottaa malleja, jotka sopivat hyvin käsillä olevaan aineistoon, mutta yleistyvät huonosti todellisuuteen – tällöin niiden kyky ennustaa samaa ilmiötä tulevaisuudessa on heikko. Regularisoinnin tarkoitus on välttää tällaista ylisovittumista.

Regularisointi tehdään rajoittamalla regressiomallin kertoimia ylimääräisellä termillä, jota kutsutaan rangaistus- tai penalisointitermiksi. Se ottaa huomioon jonkin olennaisen asian mallin kertoimissa, yleisimmin regressiokertoimille lasketun normin. Normi on itseisarvon yleistys, jonka voi tässä tapauksessa ajatella kuvaavan kertoimien etäisyyttä nolasta. Menetelmä on suosittu laskennallisen yksinkertaisuuden ja intuitiivisesti tulkittavien tulosten vuoksi. L1-normi tunnetaan myös Manhattan-etäisyytenä ja L2-normi euklidisena etäisyytenä. Tässä tutkimuksessa käytetään kumpaakin tapaa sekä niiden yhdistelmiä ja muunnoksia.

Kun regressiomallissa minimoidaan tyypillisen neliösumman lisäksi myös tällainen rangaistustermi, mallin monimutkaisuus vähenee ja sen yleistettävyys paranee. Regularisointia voikin ajatella eräänlaisena kustannuksena mallin monimutkaisuudelle.

Lisäksi olennainen tekijä eri regularisointimenetelmissä on nk. lambda (λ) -parametri, joka määrittää, kuinka suuren painoarvon penalisointitermi saa. Suurempi lambda-arvo tarkoittaa suurempaa regularisointia, toisin sanoen malli yksinkertaistuu ja mahdollisesti yleistyy paremmin. Liian suuri lambda-arvo kuitenkin tekee mallista epätarkan. Lambda-parametria ei yleensä valita mielivaltaisesti, vaan sille etsitään sopiva arvo ristinvalidoinniksi kutsutun menetelmän avulla. Ristinvalidoinnissa mallia sovitetaan ja testataan pienempien osa-aineistojen avulla.

Työssä testattiin neljää eri regularisointimenetelmää: LASSOa, ridgeä, elastista verkkoa, sekä adaptiivista lassoa. LASSO (Least Absolute Shrinkage and Selection Operator) käyttää L1-penalisoitua regressiokertoimille. LASSO-regressiossa epäolennaisten termien kertoimet vähenevät yleensä nolnaan, jolloin ne on helppo jättää huomiotta.

Ridge-regressio käyttää L2-penalisoitua, joka tyypillisesti kutistaa mallin kertoimia ilman, että ne vähenevät nolnaan asti. Ridge-regressio on LASSO-menetelmää parempi silloin kun mallin termit ovat vahvasti keskenään korreloituneita. Lisäksi menetelmä on hyödyllinen tilanteessa, jossa kaikkien termien oletetaan olevan jollain tapaa merkityksellisiä.

Elastinen verkko on menetelmä, joka käyttää sekä L1- että L2-penalisoimia. Sen voi ajatella yhdistävän sekä paremman keskenään korreloituneiden kertoimien käsittelyn että tulkinnallisen yksinkertaisuuden.

Adaptiivinen lasso on LASSO-menetelmän muunnos, jossa käytetään yhden sijaan useita painokertoimia eri termien muokkaamiseen. Alustava estimaatti painokertoimille saadaan tyypillisesti pienimmän neliösumman- tai Ridge-menetelmien avulla, jota päivitetään osana optimointiprosessia. Menetelmä tuottaa suurempia eroja vähemmän ja ne keskittyvät tärkeiden termien välille.

1.2 Tutkimuskysymykset

Tämä raportti pyrkii vastaamaan maanteiden yleisen liikennelaskennan, tietietojen ja onnettomuustilastojen perusteella seuraaviin kysymyksiin:

1. Miten tien ominaisuudet vaikuttavat ajonopeuteen?
2. Miten päällysteen ja tiemerkitöjen kunto vaikuttaa ajonopeuteen?
3. Mikä on eri tekijöiden yhteisvaikutus ajonopeuteen?
4. Mikä on tien ominaisuuksien ja kunnan vaikutus onnettomuusriskiin?
5. Mikä on eri tekijöiden yhteisvaikutus onnettomuusriskiin?

2 Menetelmät

2.1 Nopeusmittausaineisto

Tutkimuksen nopeusmittausaineistona käytettiin maanteiden yleisen liikennelaskennan otoslaskennan pistenopeustietoja vuosilta 2021, 2022 ja 2023. Aineisto sisältää 586 laskentakohdetta vuodelta 2021, 1 945 vuodelta 2022 ja 1 958 vuodelta 2023. Laskennat ovat kestoltaan noin 5–10 vuorokautta, ja niitä ei tehty viikoilla, jotka sisälsivät arkipäiviä. Nopeusmittaukset toteutettiin huhtikuun ja lokakuun välillä ja edustavat siten kesäkautta.

Analyysiin otettiin mukaan ne laskennat, jotka sisälsivät perjantain, viikonlopun sekä vähintään kahden muun arkipäivän (maanantai–torstai) tiedot (Kiiskilä & Tuominen, 2024). Vain osa laskennoista on toteutettu ajosuunnittain.

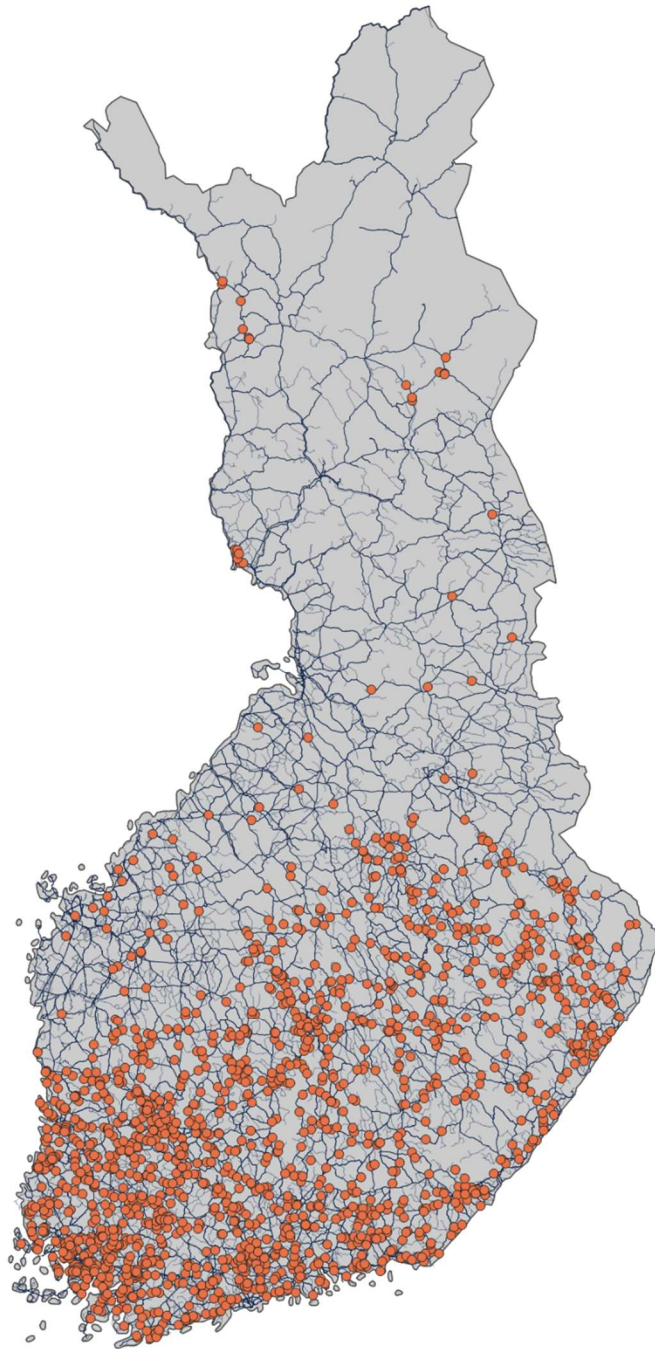
Aineiston nopeustieto on aggregoitu tunneittain, joten sitä ei voi tarkastella ajoneuvokohtaisesti. Se kuitenkin sisältää jokaiselle laskentatunnille tiedot ajoneuvojen lukumäärästä (kevyt ja raskas liikenne eriteltynä), yksittäisten nopeuksien summasta sekä yksittäisten nopeuksien neliösummasta. Näillä tiedoilla oli mahdollista laskea tunnin nopeuksien keskiarvo ja keskihajonta. Lisäksi aineisto sisältää nopeusjakauman 10 km/h luokissa.

Vuodesta 2022 alkaen laskennan toteuttaja on arvioinut nopeustiedon käytettävyyttä. Pisteet luokiteltiin ryhmiin A, B ja C. A-luokan ("hyvä") pisteiden nopeusmittaukset arvioitiin luotettavimmiksi, ja ne sijaitsevat kohteissa, joissa ajoneuvon kuljettaja pystyy valitsemaan ajonopeutensa vapaasti. B-luokan ("puutteita") pisteet ovat kohteissa, joiden ominaisuudet saattavat vaikuttaa ajonopeuksiin, kuten kaarteilla tieosuuksilla, isojen liittymien läheisyydessä tai kohteissa, joissa ajolinjat eivät ole suorina. C-luokan ("heikko") kohteissa mittauslaitteen kulman suuntausta ei olla voitu tehdä esteettömästi tai kohteen lähellä on iso liittymä tai jotain muuta, jolla on merkittävä vaikutus ajonopeuksiin. Luokitus sekä otoslaskentojen toteutustapa on kuvattu tarkemmin Kiiskilän ja Tuomisen (2024) raportissa.

Tässä tutkimuksessa aineistosta rajattiin pois rampeilla toteutetut laskennat (tienumerot alkaen 20 000, yhteensä 211 laskentaa) sekä laskennat tieosuuksilla, jotka eivät enää kuulu Väyläviraston tieosoiteverkkoon (yht. 9 kpl). Jälkimmäinen rajausta tehtiin siksi että tien ominaisuustietoja ei ole helpposti saatavilla kaikille verkkoon kuulumattomille tiejaksoille. Lisäksi tarkasteluun jätettiin vain sellaiset tiet, jotka ovat yksiajorataisia maanteitä (käytetyssä tieluokituksessa yksiajorataiset seutu-, yhdys- tai päätiet, sotatiet tai taajamamerkillä osoitetut taajamatiet). Kaksiajorataisilta tai keskikaiteellisilta teiltä sekä moottoriliikenneteiltä havaintopisteitä oli aineistossa hyvin vähän, minkä takia tuloksia ei näiden osalta olisi voitu yleistää.

Pisteet, joiden käytettävyyssluokka oli C, rajattiin Kiiskilän ja Tuomisen (2024) suosituksen mukaisesti pois analyysistä. Kiiskilä ja Tuominen (2024) nostivat myös esiin, että mittauksissa on mukana havaintoja, joiden nopeus on 20 km/h tai alle. He olettivat suurimman osan mittauksista olevan virheellisiä havaintoja tai esimerkiksi polkupyöräilijöitä tai kävelijöitä, jotka laitteisto on rekisteröinyt. He olivat päätyneet poistamaan sellaiset mittauspisteet, joissa 20 km/h tai alle havaintoja oli yli 2 %. Nopeusjakauma on aineistossa kuvattu antamalla mittauksien määrät 20 km/h välien mukaisesti, joten yksittäisten hitaiden havaintojen poistaminen aineistosta on mahdotonta. Sen sijaan aikaisemmin käytetty rajausta todettiin uudelleentarkastelun jälkeen perustelluksi. Mittauspisteet, joissa on yli 2 % hitaimman kategorian havaintoja, erottuvat kohtalaisen selvästi muista mittauspisteistä.

Lopuksi jätettiin vielä pois ne pisteet, joilla puuttui arvo joltain mallin selittäväältä muuttujalta. Lopullinen määrä mittauksia käytetyssä aineistossa oli 2 466. Suurin osa näistä pisteistä sijoittuu Etelä- ja Keski-Suomeen (Kuva 1).



Kuva 1. Nopeustarkastelussa käytettyjen laskentapisteiden sijainnit.

2.2 Onnettomusaineisto

Tutkimuksen onnettomusaineistona käytettiin Väyläviraston liikenneonnettomuustilastoa vuosilta 2021–2023. Tilaston tiedot perustuvat poliisin tietoon tulleisiin onnettomuuksiin. Tarkasteltavaan aineistoon sisällytettiin henkilövahinko-onnettomuudet, joissa oli osallisena vähintään yksi moottoriajoneuvo. Eläinonnettomuudet rajattiin tutkimuksen ulkopuolelle, koska tien ominaisuuksien ja kunnon ei ajateltu olennaisesti vaikuttavan niihin.

2.3 Tien kunto- ja ominaisuustiedot

Tien kunto- ja ominaisuustiedot haettiin pääsääntöisesti Väyläviraston avoimista tietolähteistä. Päällysteen kunnan tiedot vuosilta 2021, 2022 ja 2023 saatiin erillisenä tietopyyntönä Väyläviraston Tiestötuelta. Aineistot saatiin tieosoiteväleinä, joka mahdollistaa niiden yhdistelyn keskenään sekä muihin aineistoihin. Taulukko 1 esittää tutkimuksessa hyödynnetyt tien kunto- ja ominaisuustiedot. Lisäksi päällystevauriokartoituksesta saatua tien korjaustarvetta kuvaavaa tietoa pyrittiin hyödyntämään, mutta nämä tiedot olivat puutteellisia joidenkin ELY-keskusten alueilta. Päällystettyjen teiden kuntoa kuvaava aineisto kuitenkin sisältää tien korjaustarpeen luokkaa kuvaavan tiedon, joka soveltuu mallinnustarkoitukseen. Tiemerkitöjen kuntotietoja ei ollut saatavilla.

Taulukko 1. Tutkimuksessa hyödynnetyt tien kunto- ja ominaisuustiedot.

Tien ominaisuustiedot	Kuvaus
Tieluokitus (luotu käyttämällä päällysteluokkaa, väylän luonnetta, väylän erityisominaisuuksia, toiminnallista luokkaa ja tietoa taajamateistä)	Soratie Taajamamerkillä osoitettu taajamatie Moottoritie Keskikaiteellinen ohituskaistatie Muu kaksiajoratainen tie Yksiajoratainen moottoriliikennetie Yksiajoratainen päätie Yksiajoratainen seututie Yksiajoratainen yhdystie
Liikennemäärä (ajoneuvoa vuorokaudessa)	Keskimääräinen vuorokausiliikenne (KVL)
Nopeusrajoitus	Nopeusrajoitus erikseen suuntiin 1 ja 2
Päällysteen tyyppi	Betoni Kivi Kovat asfalttibetonit Pehmeät asfalttibetonit Soratie pintaus Sorakulutuskerros Muut pinnoitteet Päällystetty, tyyppi tuntematon
Automaattinen valvonta	Nopeusvalvonta tai nopeus- ja liikennevalvonta
Kaistan leveys	Kaistan leveys metreinä
Päällysteen kunto (erikseen 2021, 2022, ja 2023)	Päällysteen kuntoluokitus (1–5, jossa 1 huonoin ja 5 paras) Urasyvyyys Tasaisuus Korjaustarve
Näkemäprosentit	Osuus tieosan pituudesta, jossa näkemät ovat yli 150, 300 ja 460 metriä
Kaarteisuus	Tien kaarteisuutta kuvaavat tiedot (kaarteisuus, kaarten suunta, kaarresäde ja kaarten keskuskulma)
Mäkisyys	Mäen suunta ja pituuskaltevuus

2.4 Aineiston käsittely

Tien kunto- ja ominaisuustietojen perusteella määritettiin tieosoitevälein tieverkkoaineisto, jossa linkit ovat tiedoiltaan homogeenisiä (tienumeroilta 1–19 999). Tiedoista muodostettiin yhteensä 822 498 linkkiä. Nopeusmittauspisteille saatiin niiden kohdalla olevat tiestötiedot yhdistämällä ne tielinkkeihin tieosoitteen perusteella. Nopeusmittauspisteiden tieosoite päivitettiin vuoden 2024 tieosoitteen mukaiseksi viitekehysmuuntimella.

Tieliikenneonnettomuudet liitettiin myös tielinkkeihin tieosoitteen avulla. Tieliikenneonnettomuuksille haettiin tapahtumakoordinaattien perusteella tieosoite Väyläviraston viitekehysmuuntimen avulla. Tieosoitteiden haku rajoitettiin tienumeroille 1–19 999, ja vain 30 metrin säteellä tien keskilinjasta olevat onnettomuudet huomioitiin. Lopuksi laskettiin onnettomuuksien lukumäärä tielinkkiä kohti.

Onnettomuudet, jotka olivat tapahtuneet enintään 200 metrin päässä (taajamassa 100 metriä) liittymän keskipisteestä, tulkittiin liittymäonnettomuuksiksi. Nämä jätettiin tarkastelun ulkopuolelle.

Keskivuorokausiliikenne (KVL) sekä raskaiden KVL oli käytettävissä jatkuvana muuttujana. Mallien kanssa tehtyjen kokeilujen perusteella ne päädyttiin kuitenkin kategorisoimaan. Kategorisoimisen myötä korkeammat liikennemäärät ennustavat loogisesti suurempaa onnettomuuksien lukumäärää tielinkillä. Jatkuvin muuttujina liikennemäärien vaikutus regularisoitui pois malleista ja liikennemäärän vaikutus näkyi esimerkiksi tieluokka-muuttujan kautta. Liikennemäärien luokittelu muodostettiin onnettomuusmallin tieverkkoaineiston perusteella. Ensimmäinen luokka vastaa noin 40. prosenttiä ja seuraavat kukin noin viidesosaa aineistosta.

Taulukko 2. KVL:n ja raskaiden KVL:n luokat.

Luokka	KVL	KVL (raskaat)
1	0–399	0–29
2	400–799	30–49
3	800–1599	50–139
4	16000–	140–

2.5 Mallinnus

Käytettyjä regressiomalleja varten tarvittiin aineisto, jossa ei ole puuttuvia arvoja. Tämän takia tullaan sisällytetyksi analyysiin yhdestäkään mittauspisteen sisältämästä muuttujasta ei saanut puuttua arvoja.

Sorateiltä puuttui tasaisuus-, ura-, ja kunnostustarveluokitus, koska sorateita ei ole päällystetty. Sorateiden ottamiseksi mukaan mallinnukseen asetettiin sorateiden päällysteiden kuntoluokaksi -1. Näitä vastaaville termeille annettiin ääretön rangaistuskerroin, eli pakotettiin termi nolnaan. Tällä tavalla soratiet saatiin mallinnukseen mukaan ilman, että niiden kuntoluokitustermit vaikuttivat parametriestimaatteihin.

Keskinopeuksia ja henkilövahinkoon johtaneita onnettomuuksia mallinnettiin erikseen. Tiegeometriaan liittyviä kaarteisuus-, mäkisyys ja näkemätietoja puuttui lähes puolesta nopeushavaintopisteitä ja noin yhdestä kolmasosasta tielinkeistä, minkä takia keskinopeus- ja onnettomuusmallit tehtiin erikseen tiegeometriatietojen kanssa ja ilman.

Regularisointiin käytettävän lambda-muuttujan arvo etsittiin ristiinvalidoinnin avulla. Ristiinvalidointi tehtiin nk. 30-jakoisen K-fold -menetelmän avulla keskinopeusmalleissa. Onnettomuusmalleissa käytettiin 10-jakoista K-fold -menetelmää aineiston suuruuden ja siitä johtuvan pidemmän laskenta-ajan takia.

Yksittäisiä malleja varten tehdyt aineistojen rajaukset ja mallit on kuvattu tarkemmin alla.

2.5.1 Keskinopeusmalli ilman tiegeometriatietoja

Tien kunnan ja ominaisuuksien vaikutusta ajonopeuksiin tarkasteltiin nopeusmittauspisteiden keskinopeuksien kautta. Eri suuntiin tehdyt mittaukset samassa mittauspisteessä yhdistettiin, sillä tarkasteluun sisällytetyt tieominaisuus- ja kuntotiedot olivat käytännössä samat molempiin ajosuuntiin. Suunnittain annetuista muuttujista (nopeusrajoitus, tienleveys) käytettiin suunnan 1 arvoja. Keskinopeusmalliin ilman tiegeometriatietoja oli käytävissä yhteensä 1655 havaintopistettä (Taulukko 3).

Taulukko 3. Keskinopeusmallin havaintojen lukumäärä tieluokittain eri nopeusrajoituksilla.

Tieluokka	Nopeusrajoitus (km/h)							Yhteensä
	30	40	50	60	70	80	100	
Soratie	0	0	13	16	0	203	0	232
Taajama	3	106	138	27	0	2	0	276
Yksiajoratainen päätie	0	0	1	21	4	96	99	221
Yksiajoratainen seututie	0	1	19	90	12	188	24	334
Yksiajoratainen yhdystie	0	12	99	208	19	253	1	592
Yhteensä	3	119	270	362	35	742	124	1655

2.5.2 Keskinopeusmalli tiegeometriatiedoilla

Keskinopeusmalli tiegeometriatiedoilla sisälsi samat muuttujat kuin ensimmäinen malli, mutta sen lisäksi otettiin mukaan mäkisyys, kaarteisuus ja näkemäprosentteja kuvaavat termit. Aineistoa tarkasteltiin pitämällä tien suunnat erillään, koska on oletettavaa, että tiegeometria vaikuttaa eri suuntiin eri tavalla. Tämän takia mittauspisteet, joissa suuntia ei ollut eroteltu, jouduttiin rajaamaan pois aineistosta. Tien kaarresädettä ei otettu malliin mukaan, koska se oli määritetty ainoastaan kaarteille ja aineisto olisi näin rajautunut koskemaan vain niitä. Tiegeometriamuuttujat sisältävä keskinopeusmalli perustui 801 havaintopisteeseen (Taulukko 4).

Taulukko 4. Tiegeometriamuuttujat sisältävän keskinopeusmallin havainnot tieluokittain eri nopeusrajoituksilla.

Tieluokka	Nopeusrajoitus (km/h)							Yhteensä
	30	40	50	60	70	80	100	
Soratie	0	0	5	2	0	128	0	135
Taajama	0	41	35	12	0	0	0	88
Yksiajoratainen päätie	0	0	5	22	4	61	67	159
Yksiajoratainen seututie	0	0	19	58	2	188	8	275
Yksiajoratainen yhdystie	0	7	11	48	0	78	0	144
Yhteensä	0	48	75	142	6	455	75	801

2.5.3 Onnettomuusmalli ilman tiegeometriatietoja

Onnettomuusmalleja varten oli saatavissa huomattavasti suurempi aineisto kuin keskinopeuden mallintamiseen. Kaikille linjaosuuksien homogeenisille linkeille (eli liittymien ulkopuoliselle aineistolle) laskettiin henkilövahinkoon johtaneiden onnettomuuksien määrä.

Onnettomuusmalli sisälsi pääosin samat muuttujat kuin keskinopeusmalli. Päälysteen tyyppi -muuttuja pudotettiin kuitenkin mallinnuksesta pois tulosten tulkitsemisen helpottamiseksi. Päälysteen tyyppi korreloi vahvasti KVL:n kanssa ja huolimatta regularisaatiosta osa KVL:n vaikutuksesta laatautui päälysteen tyyppille.

Samaan tapaan kuin mallissa ilman tiegeometriatietoja, eri suuntia koskevat aineistot yhdistettiin. Suunnittain annetuista muuttujista (nopeusrajoitus, tienleveys) käytettiin suunnan 1 arvoja.

Onnettomuusmalleissa käytettiin vuoden 2023 päällysteen kuntotietoja tielinkille, jotta onnettomuuksia ei tarvinnut tarkastella vuosittaisesta aineistosta.

Onnettomuusmallia varten oli käytettävissä yhteensä 752418 tielinkkiä (Taulukko 5). Suurimmalla osalla tielinkeistä ei ollut tapahtunut yhtään onnettomuutta vuosina 2021–2023 ja suurin onnettomuuksien määrä oli kolme (Taulukko 6). Henkilövahinko-onnettomuuksia oli yhteensä 3199 kolmelta vuodelta. Jokaista tuhatta tielinkkiä kohden oli siis tapahtunut 1,42 henkilövahinko-onnettomuutta vuodessa.

Taulukko 5. Onnettomuusmallin tielinkkien määrät tieluokittain eri nopeusrajoituksilla.

Tieluokka	Nopeusrajoitus (km/h)								Yhteensä
	20	30	40	50	60	70	80	100	
Soratie	0	83	501	3899	5637	70	71619	0	81809
Taajama	0	442	14606	17853	4346	124	666	11	38048
Yksiajoratainen päätie	0	87	56	862	8049	1340	50030	85952	146376
Yksiajoratainen seututie	0	43	741	5708	24842	4000	129936	19513	184783
Yksiajoratainen yhdystie	19	584	6781	33057	75863	5972	178639	487	301402
Yhteensä	19	1239	22685	61379	118737	11506	430890	105963	752418

Taulukko 6. Henkilövahinkoon johtaneiden moottoriajoneuvojen onnettomuusmäärät (pois lukien eläinonnettomuudet) tielinkeittäin onnettomuusmalleissa.

Mallin aineisto	Henkilövahinko-onnettomuuksien määrä tielinkillä			
	0	1	2	3
Onnettomuusmalli ilman tiegeometriatietoja	749282	3074	61	1
Onnettomuusmalli tiegeometriatiedoilla	547580	2217	45	0

Tielinkkien pituudet aineistossa vaihtelivat. Pituuden 25. persentiili oli 76 m, mediaani 100 m, 75. persentiili 165 m ja 95. persentiili peräti 3377 m. Keskiarvo oli 518 m. Mitä lyhyempi tielinkki on, sitä epätodennäköisempää, että juuri kyseisellä tielinkillä olisi tapahtunut henkilövahinkoon johtanut

onnettomuus. Tämän takia onnettomuusmallissa tielinkin pituus otettiin mukaan malliin yhdeksi tekijäksi.

2.5.4 Onnettomuusmalli tiegeometriatiedoilla

Onnettomuusmalli tiegeometriatiedoilla oli muulla tapaa samanlainen kuin edeltävä malli, mutta siihen sisällytettiin kaarteisuutta tai mäkisyyttä sisältävät muuttujat. Tällöin mallia varten jäi käytettäväksi 549842 tielinkkiä (Taulukko 7). Suurimmalla osalla tielinkeistä ei ollut tapahtunut yhtään onnettomuutta vuosina 2021–2023 ja suurin onnettomuuksien määrä tielinkeillä oli kaksi (Taulukko 6). Henkilövahinko-onnettomuuksia oli yhteensä 2307. Jokaista tuhatta tielinkkiä kohden onnettomuuksia oli siis 1,40 vuodessa.

Taulukko 7. Tiegeometriamuuttujat sisältävän onnettomuusmallin tielinkkien määrät tieluokittain ja nopeusrajoituksittain.

Tieluokka	Nopeusrajoitus (km/h)								Yhteensä
	20	30	40	50	60	70	80	100	
Soratie	0	20	226	1568	2997	0	52480	0	57291
Taajama	0	193	8625	11407	3036	99	435	10	23805
Yksiajoratainen päätie	0	51	33	727	7640	1332	48104	82871	140758
Yksiajoratainen seututie	0	43	679	5136	23375	3573	124993	19096	176895
Yksiajoratainen yhdystie	7	142	2694	13491	36943	4089	93440	287	151093
Yhteensä	7	449	12257	32329	73991	9093	319452	102264	549842

Tiegeometriatiedot sisältävässä mallissa tielinkit olivat lyhyempiä kuin mallissa ilman tiegeometriatietoja. Pituuden 25. persentiili oli 58 m, mediaani 90 m, 75. persentiili 100 m ja 95. persentiili 300 m. Keskiarvo oli 110 m. Pituus otettiin mukaan malliin, jotta tielinkin pituuden mahdollinen vaikutus voitiin ottaa huomioon.

2.6 Regularisointimenetelmien vertailu

Regularisointimenetelmien vertaileminen tehtiin sovittamalla ne keskinopeusaineistoon, jossa ei ollut tiegeometriatietoja. Mallien ennustekyky oli kaikissa tapauksissa lähes yhtä hyvä (Taulukko 8). Menetelmien väliset erot näkyivät parhaiten siinä, kuinka moni mallin parametreista hävisi eli väheni nolnaan. Tällä tavalla tarkasteltuna adaptiivinen lasso oli paras, koska se pystyi selittämään lähes yhtä suuren osan aineiston varianssista

pienimmällä määrällä parametreja. Adaptiivista lassoa pidetään myös tavallista lassoa parempana valitsemaan olennaiset muuttujat aineistosta (Zou, 2006). Mallien vertailukelpoisuuden lisäämiseksi adaptiivista lassoa käytettiin kaikkien mallien sovittamiseen.

Taulukko 8. Ristiinvalidoitujen selitysasteiden (R^2) sekä nollassa eroavien estimaattien määrä eri tavoin penalisoiduilla keskinopeusmalleilla.

Regularisointimenetelmä	Ristiinvalidoitu selitysaste	Malliin sisällytettyjen parametrien määrä
Ridge	0,79	42
Lasso	0,79	23
Elastinen verkko	0,79	23
Adaptiivinen lasso	0,78	19

2.7 Eri tekijöiden vaikutusten kuvaaminen

Mallien sovittamisen jälkeen saadaan jokaisen mallin tekijälle parametriestimaatti. Parametriestimaatin arvo ilmaisee, kuinka paljon tekijä vaikuttaa keskinopeuksiin tai onnettomuuksien määrään suhteessa vakiotermiin. Positiivinen parametriestimaatti tarkoittaa, että termi vaikuttaa keskinopeuteen kasvattavasti ja negatiivinen vähentävästi. Mikäli termin parametriestimaatti on kutistunut nolnaan, se luetaan poistetuksi eikä termillä voida sanoa olevan vaikutusta keskinopeuteen.

Jatkuvien muuttujien, kuten esimerkiksi tien leveyden, kohdalla vaikutus lasketaan kertomalla jatkuvan muuttujan arvo parametriestimaatilla. Kategoristen muuttujien kohdalla parametriestimaatti tulkitaan suoraan vaikutukseksi sille, että havainto edustaa muuttujan tiettyä kategoriaa (esimerkiksi Tasaisuusluokka 3).

Eri tekijöiden vaikutusten suuruus on helpompi hahmottaa, kun ne muunnetaan marginaalivaikutuksiksi. Marginaalivaikutus kuvaa termin vaikutusta keskinopeuteen muiden termien pysyessä samana. Kategoristen muuttujien kohdalla tämä tarkoittaa sitä, että mallilla lasketaan ennustettu keskinopeus tai onnettomuusmäärä siten, että kaikki havainnot on asetettu kategorisen muuttujan tiettyyn arvoon, jotka valittiin muuttujan jakauman eri kohdista. Jatkuvien muuttujien kohdalla mahdollisia arvoja on periaatteessa ääretön määrä. Tämän takia marginaalivaikutukset on laskettu muutamille arvoille.

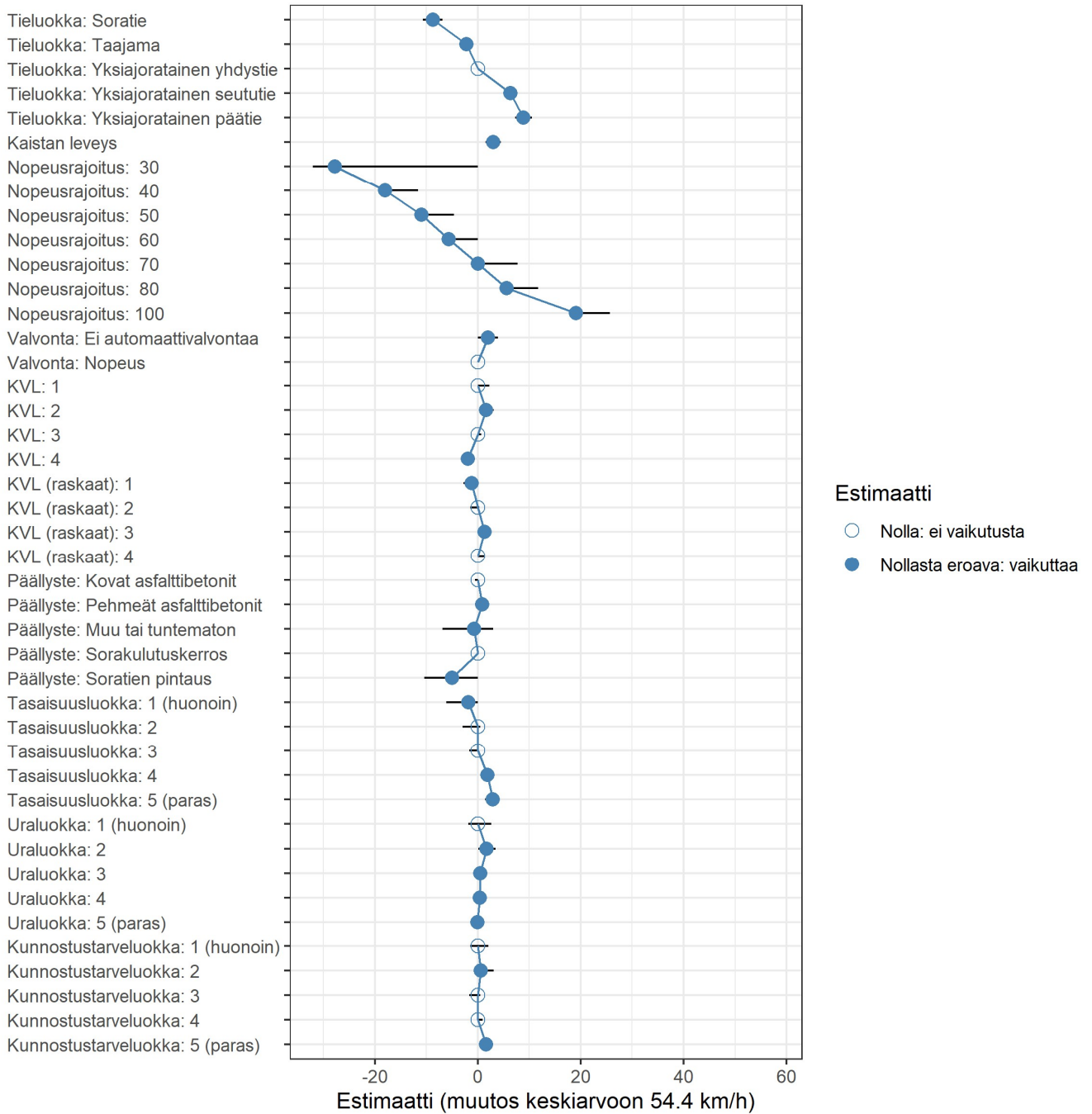
Marginaalivaikutukseksi saatu lukuarvo kuvaa keskinopeutta tai onnettomuusmäärää aineistossa, jos kaikki havainnot edustaisivat kyseistä muuttujan tasoa. Tätä lukua on mielekästä tulkita ainoastaan suhteessa saman

muuttujan muihin kategorioihin tai tasoihin. Tätä kautta voidaan esimerkiksi tarkastella kuntoluokituksen vaikutusta itsessään.

3 Tulokset

3.1 Keskinopeusmalli ilman tiegeometriatietoja

Keskinopeusmallin parametriestimaatit on esitetty kuvassa *Kuva 1*. Parametriestimaattien luotettavuutta kuvattiin 95 % luottamusväleillä, jotka muodostettiin bootstrap-menetelmällä. Bootstrap-menetelmässä mallin sovitusta tehdään uudestaan useita kertoja aineistolla, joka on muodostettu satunnaisotannalla, jossa on käytetty takaisinpanoa. Tässä tapauksessa käytettiin 1000:ta satunnaisotosta. Tuloksena on joukko parametriestimaatteja. Tässä tapauksessa 95 % bootstrap-menetelmällä saaduista arvioista jäävät luottamusvälin sisään (95 % luottamustasolla). Mikäli muuttujan tasolla on vähän havaintoja, luottamusväli on laaja, eli parametriestimaatin arvossa on enemmän epävarmuutta. Käytännössä näin on esimerkiksi 30 km/h nopeusrajoituksen parametriestimaatin kohdalla.



Kuva 1. Keskinopeusmallin parametriestimaatit. Virhepalkit kuvaavat bootstrap-menetelmällä laskettuja 95 % luottamusvälejä estimaateille.

Mallin perusteella laskettiin marginaalivaikutukset (

Taulukko 9). Kuten menetelmäosiossa todettiin, marginaalivaikutusten kohdalla olennaista on tarkastella eri tasojen suhteita toisiinsa. Tasojen väliset vaihtelut kuvaavat muuttujan vaikutuksen suuruutta itsessään. Todellisella tieverkolla eri muuttujien vaikutukset kasautuvat. Koska erilaiset kunto- ja ominaisuustiedot eivät ole toisistaan riippumattomia, eivät myöskään marginaalivaikutusten keskiarvot eri tasoilla suoraan kuvaa kyseisen tason teitä. Keskinopeudet on kuitenkin esitetty sen takia, että muuttujien eri tasoja voi halutessaan vertailla muutenkin kuin suhteessa ensimmäiseen.

Taulukko 9. Marginaalivaikutukset keskinopeusmallille.

Muuttuja	Taso	Tason ero ensimmäiseen tasoon (km/h)	Alimman ja ylimmän tason ero (km/h)	Marginaalivaikutuksen keskiarvo (km/h)
Tieluokka	Soratie	0,0	17,6	59,0
	Taajama	6,6		65,5
	Yksiajoratainen yhdystie	8,8		67,7
	Yksiajoratainen seututie	15,1		74,1
	Yksiajoratainen päätie	17,6		76,6
Kaistan leveys (m)	3	0,0	1,5	67,9
	3,25	0,7		68,6
	3,5	1,5		69,3
Nopeusrajoitus	30	0,0	56,7	39,8
	40	8,6		48,4
	50	16,5		56,4
	60	25,1		65,0
	70	32,5		72,4
	80	33,5		73,3
	100	56,7		96,5
Valvonta	ei automaattivalvontaa	0,0	2,0	68,7
	automaattinen nopeusvalvonta	-2,0		66,7
KVL	1 (matalin)	0,0	3,6	68,9
	2	1,6		70,6
	3	0,0		68,9
	4 (korkein)	-1,9		67,0
KVL (raskaat)	1 (matalin)	0,0	2,5	67,5
	2	1,2		68,7
	3	2,5		70,0
	4 (korkein)	1,2		68,7
Päällyste	Kovat asfalttibetonit	0,0	5,8	68,4
	Pehmeät asfalttibetonit	0,8	5,8	69,2
	Päällystetty, muu tai tuntematon	-0,7	5,8	67,7
	Sorakulutuskerros	0,0	5,8	68,4
	Soratien pinta	-5,0	5,8	63,4
Tasaisuusluokka	1 (huonoin)	0,0	4,7	66,6
	2	1,8		68,4
	3	1,8		68,4

Muuttuja	Taso	Tason ero ensimmäiseen tasoon (km/h)	Alimman ja ylimmän tason ero (km/h)	Marginaalivaikutuksen keskiarvo (km/h)
	4	3,7		70,3
	5 (paras)	4,7		71,3
Uraluokka	1 (huonoin)	0,0	1,7	69,9
	2	1,7		71,6
	3	0,5		70,4
	4	0,4		70,3
	5 (paras)	0,0		69,9
Kunnostustarveluokka	1 (huonoin)	0,0	1,7	69,3
	2	0,6		69,9
	3	0,0		69,3
	4	0,0		69,3
	5 (paras)	1,7		70,9

Seuraavaan tarkasteluun on nostettu vain ne muuttajat, joilla on ollut vähintään 1 km/h vaikutus keskinopeuteen.

Tieluokalla on merkittävä vaikutus keskinopeuteen, mikä ei sinänsä ole yllättävää. Mitä "isommasta" tiestä on kyse, sitä nopeammin sillä ajetaan.

Kaistan leveydellä on vaikutus keskinopeuteen. 3,5 m leveällä kaistalla ajetaan 1,5 km/h nopeammin kuin 3,0 m leveällä.

Nopeusrajoitus on mukana mallissa ennen kaikkea siksi, ettei sen vaikutus peitä muita tekijöitä. Mitä korkeampi nopeusrajoitus, sitä korkeammat keskinopeudet. Mallinnuksen tulos kuitenkin vahvistaa aikaisemman raportin havainnon, että ylinopeutta ajetaan enemmän matalan nopeusrajoituksen teillä.

Automaattinen nopeusvalvonta laskee keskinopeuksia 2,0 km/h.

KVL:llä sekä **raskaiden ajoneuvojen KVL:llä** on vaikutuksia keskinopeuteen, mutta vaikutusten suunta ei ole kovin selvä. Luokasta 2 (400-799 ajoneuvoa) luokkaan 4 (16000- ajoneuvoa) nopeudet hidastuvat, mutta tulkintaa vaikuttaa luokka 1 (0-399 ajoneuvoa), joka poikkeaa muista. Keskinopeudet ovat hieman korkeampia teillä, joilla raskaiden KVL on yli 30 ajoneuvoa/vrk (luokat 2–4).

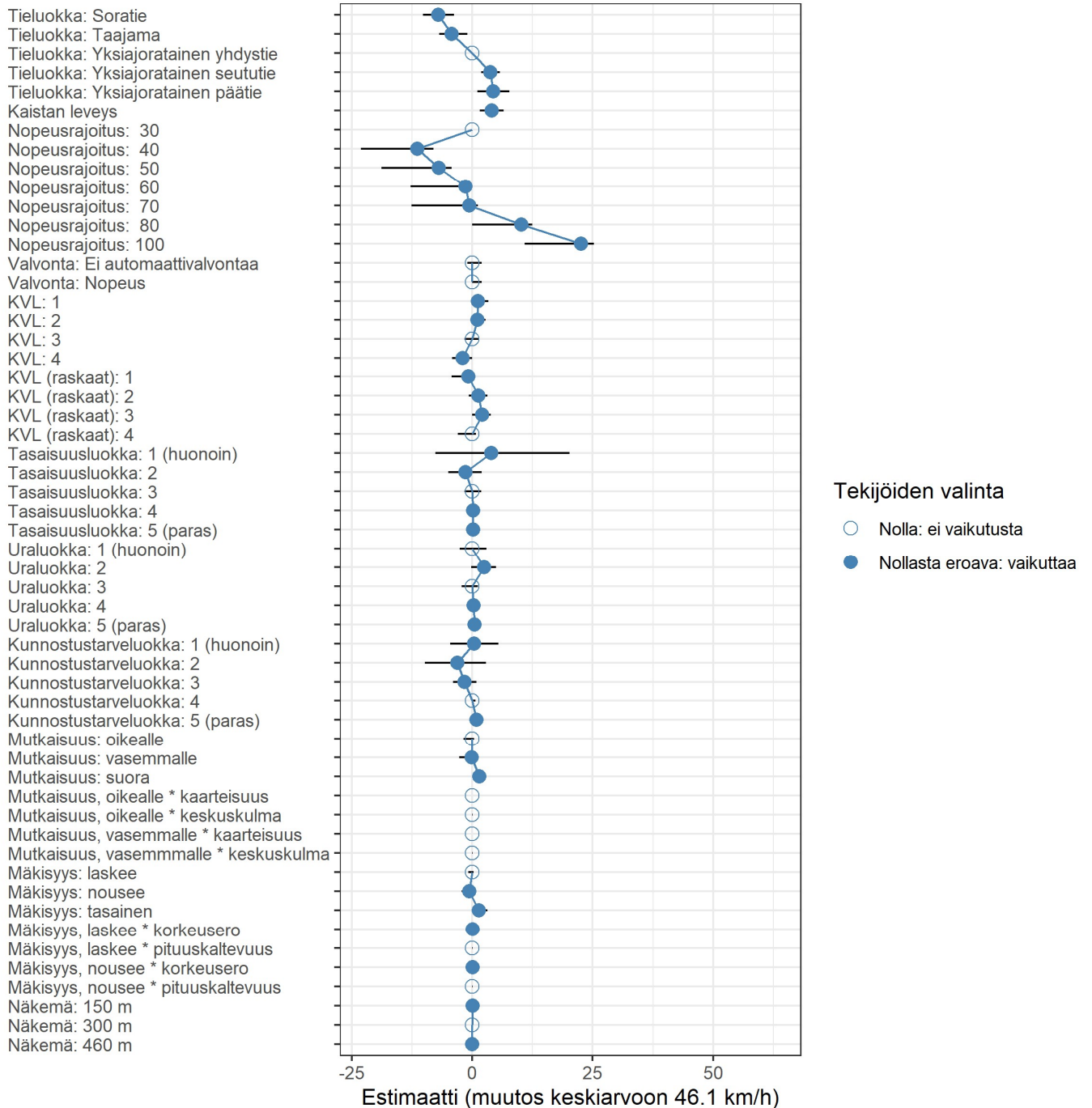
Päällysteen tyypeistä sorateiden pinta-ovat yhteydessä matalampiin ajonopeuksiin. Tämän suhteen on hyvä huomioida, että sorateiden kohdalla päällysteen vaikutusta ei estimoitu. Sorateiden hitaammat nopeudet kuvastuvat tieluokkamuuuttujassa Soratie, vaikka ne liittynevätkin todennäköisesti myös päällysteeseen.

Päällysteen kunnolla on selvä yhteys keskinopeuksiin. Tien tasaisuus nostaa keskinopeuksia. Mitä parempi tasaisuusluokitus, sitä korkeammat nopeudet. Parhaassa tasaisuusluokituksessa (5) keskinopeudet ovat 4,7 km/h korkeampia kuin huonoimmassa (1). Vähäisempi kunnostustarve vaikuttaa kasvattavan keskinopeuksia. Keskinopeudet ovat 1,7 km/h korkeampi parhaassa kunnostustarveluokassa (5) kuin huonoimmassa (1). Uraluokituksella ei kuitenkaan ole yhtä selvästi tulkittavaa yhteyttä keskinopeuksiin. Uraluokituksessa 2, eli toiseksi huonoimmassa, keskinopeudet ovat 1,7 km/h korkeammat kuin muissa luokituksissa.

3.2 Keskinopeusmalli tiegeometriatiedoilla

Keskinopeuksia tarkasteltiin myös ottamalla huomioon tiegeometria (mäki-syys, kaarteisuus ja näkemät). Tämän mallin parametriestimaatit on esitetty kuvassa 2.

Traficom in tutkimuksia ja selvityksiä 10/2025



Kuva 2. Parametriestimaatit keskinopeusmallille geometriatiedoilla. Virhepalkit kuvaavat bootstrap-menetelmällä laskettuja 95 % luottamusvälejä estimaateille.

Taulukko 10 esittää vastaavat marginaalivaikutukset. Tämän mallin marginaalivaikutuksissa on hyviä esimerkkejä siitä, ettei marginaalivaikutuksen keskiarvon pidä ajatella edustavan kyseisenlaisia teitä. Esimerkiksi Tieluokka-muuttujan Taajama-tason keskiarvo on 71,3 km/h ja Nopeusrajoitusmuuttujan 30 km/h taso on perätä 69,7 km/h. Oikealla tieverkolla eri muuttujien vaikutukset kasautuvat. Marginaalivaikutusten tasoerot kuvaavat muuttujan vaikutusta ilman näitä muita muuttujia.

Taulukko 10. Keskinopeuden geometriamallin marginaalivaikutukset.

Muuttuja	Taso	Tason ero ensimmäiseen tasoon (km/h)	Alimman ja ylimmän tason ero (km/h)	Marginaalivaikutuksen keskiarvo (km/h)
Tieluokka	Soratie	0,0	11,4	68,5
	Taajama	2,8		71,3
	Yksiajoratainen yhdystie	7,1		75,6
	Yksiajoratainen seututie	10,8		79,3
	Yksiajoratainen päätie	11,4		79,9
Tien leveys (m)	3,0	0,0	2,0	75,1
	3,25	1,0		76,1
	3,5	2,0		77,1
Nopeusrajoitus (km/h)	30	0,0	34,0	69,7
	40	-11,4		58,3
	50	-7,0		62,7
	60	-1,4		68,3
	70	-0,6		69,1
	80	10,2		79,9
	100	22,6		92,3
Nopeusvalvonta		ei vaikutusta		
KVL	1 (matalin)	0,0	3,2	77,2
	2	0,0		77,1
	3	-1,1		76,0
	4 (korkein)	-3,2		74,0
KVL (raskaat)	1 (matalin)	0,0	2,9	74,7
	2	2,1		76,8
	3	2,9		77,6
	4 (korkein)	0,8		75,5
Päällyste	Kovat asfalttibetonit	0,0	3,3	75,7
	Pehmeät asfalttibetonit	1,0		76,7
	Päällystetty, muu tai tuntematon	2,3		78,0
	Sorakulutuskerros	0,0		75,7
	Soratien pinta	-1,1		74,6

Traficommin tutkimuksia ja selvityksiä 10/2025

Muuttuja	Taso	Tason ero ensimmäiseen tasoon (km/h)	Alimman ja ylimmän tason ero (km/h)	Marginaalivaikutuksen keskiarvo (km/h)
Tasaisuusluokka	1 (huonoin)	0,0	5,3	81,7
	2	-5,3		76,4
	3	-4,0		77,8
	4	-3,8		77,9
	5 (paras)	-3,8		77,9
Uraluokka	1 (huonoin)	0,0	2,5	77,4
	2	2,5		79,9
	3	0,0		77,4
	4	0,3		77,7
	5 (paras)	0,5		77,9
Kunnostustarveluokka	1 (huonoin)	0,0	4,0	77,9
	2	-3,4		74,5
	3	-1,9		76,0
	4	-0,3		77,5
	5 (paras)	0,5		78,4
Mutkaisuus	Oikea	0,0	1,5	75,2
	Vasen	-0,1		75,1
	Suora	1,4		76,7
Mutkaisuus, oikealle * kaarteisuus		ei vaikutusta		
Mutkaisuus, oikealle * keskuskulma		ei vaikutusta		
Mutkaisuus, vasemmalle * kaarteisuus		ei vaikutusta		
Mutkaisuus, vasemmalle * keskuskulma		ei vaikutusta		
Mäkisyys	Laskee	0,0	2,0	76,1
	Nousee	-0,6	2,0	75,5
	Tasainen	1,4	2,0	77,5
Mäkisyys, nousee * korkeusero	1,0	0,0	1,0	75,9
	3,0	0,1	1,0	76,1
	7,0	0,4	1,0	76,3
	16,0	1,0	1,0	77,0
Mäkisyys, laskee * korkeusero	1,0	0,0	1,5	75,9
	3,0	0,2	1,5	76,1
	7,0	0,6	1,5	76,5
	16,0	1,5	1,5	77,4
Mäkisyys, laskee * pituuskaltevuus		ei vaikutusta		
Mäkisyys, nousee * pituuskaltevuus		ei vaikutusta		
Näkämä 150 m	75,	0,0	1,9	75,3
	94,	1,5		76,8

Muuttuja	Taso	Tason ero ensimmäiseen tasoon (km/h)	Alimman ja ylimmän tason ero (km/h)	Marginaalivaikutuksen keskiarvo (km/h)
	100,	1,9		77,3
Näkemä 300 m				ei vaikutusta
Näkemä 460 m	4,	0,0	1,9	75,5
	17,	0,4		75,8
	39,	1,0		76,5
	72,	1,9		77,4

Suuri osa tämän mallin tekijöistä oli myös siinä mallissa, joka tehtiin ilman tiegeometriatietoja. Parametriestimaateissa ja marginaalivaikutuksissa on joitain eroavaisuuksia, joiden voidaan tulkita johtuvan ennen kaikkea pienemmästä havaintoaineistosta. Esimerkiksi tasaisuusluokassa 1 on niin vähän havaintoja, että sen parametriestimaatin luottamusväli on laaja. Näin ollen edellisessä luvussa esitettyjä tuloksia voidaan pitää luotettavimpana mallien yhteisten muuttujien osalta. Alla tarkastellaan tiegeometriaan liittyviä vaikutuksia.

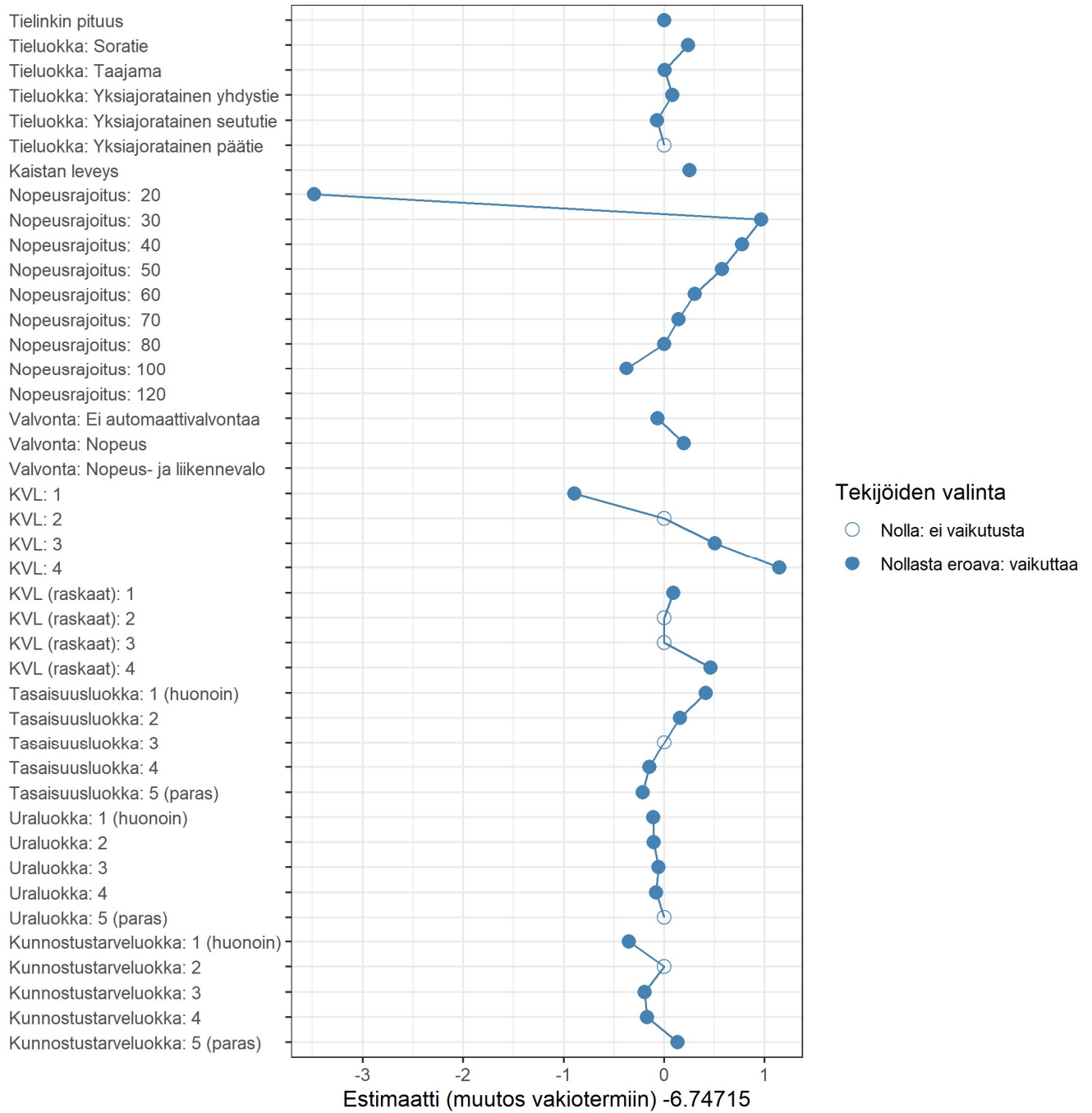
Suorilla nopeudet ovat korkeampi kuin kaarteissa (1,4 km/h suhteessa mutkiin oikealla ja 1,5 km/h suhteessa mutkiin vasemmalle).

Tasaisilla osuuksilla nopeudet ovat suurempia (1,4 km/h verrattuna laskeviin ja 2,0 km/h verrattuna nouseviin). Suuri **korkeusero** ylämäissä ja alämäissä vaikuttaa lisäävän nopeuksia, mutta vaikutus on vain 1–2 km/h.

Parempi **näkemä** korottaa nopeuksia hieman, mutta vaikutus on havaittavissa ainoastaan 150 m ja 460 m näkemämuuttujissa.

3.3 Onnettomuusmalli ilman tiegeometriatietoja

Onnettomuuksien lukumäärämallin parametriestimaatit on esitetty Kuva 3 ja marginaalivaikutukset taulukossa 11.



Kuva 3. Onnettomuusmallin kertoimet.

Taulukko 11. Onnettomuusmallin marginaalivaikutukset. Marginaalivaikutus kuvaa ennustettua henkilövahinko-onnettomuuksien määrää vuodessa 1000:lle tielinkille. Koska onnettomuudet ovat harvinaisia, on ennustettu onnettomuusmääräkin pieni.

Muuttuja	Taso	Henkilövahinko-onnettomuuksia vuodessa per 1000 linkkiä		
		Ero ensimmäiseen tasoon	Alimman ja ylimmän tason ero	Marginaalivaikutuksen keskiarvo
Tieluokka	Soratie	0,00	0,47	1,77
	Taajama	-0,37		1,40
	Yksiajoratainen yhdystie	-0,26		1,52
	Yksiajoratainen seututie	-0,47		1,30
	Yksiajoratainen päätie	-0,37		1,40
Kaistan leveys (m)	3	0,00	0,17	1,29
	3,25	0,08		1,37
	3,5	0,17		1,46
Nopeusrajoitus (km/h)	20	0,00	3,01	0,02
	30	2,94		2,96
	40	3,01		3,03
	50	2,34		2,36
	60	1,62		1,64
	70	2,00		2,01
	80	0,96		0,98
	100	1,95		1,97
Valvonta	ei automaattivalvontaa	0,00	0,40	1,36
	automaattinen nopeusvalvonta	0,40		1,76
KVL	1 (matalin)	0,00	2,78	0,42
	2	0,60		1,02
	3	1,27		1,69
	4 (korkein)	2,78		3,20
KVL (raskaat)	1 (matalin)	0,00	0,66	1,22
	2	-0,10		1,12
	3	-0,10		1,12
	4 (korkein)	0,55		1,77
Tasaisuusluokka	1 (huonoin)	0,00	1,22	2,61
	2	-0,59		2,02
	3	-0,89		1,72
	4	-1,12		1,49
	5 (paras)	-1,22		1,39
Uraluokka	1 (huonoin)	0,00	0,16	1,42
	2	0,01		1,43
	3	0,07		1,50
	4	0,04		1,46
	5 (paras)	0,16		1,59
Kunnostustarveluokka	1 (huonoin)	0,00	0,66	1,05
	2	0,44		1,49
	3	0,18		1,23
	4	0,21		1,26
	5 (paras)	0,66		1,71

Onnettomuusaineistossa henkilövahinko-onnettomuuksien määrän keskiarvo vuodessa per tuhat linkkiä oli 1,42 (ks. 2.5.3).

Tieluokka muuttujan Soratiet saavat korkeamman onnettomuusennusteen kuin muut. Tätä tulkittaessa on kuitenkin huomioitava myös muiden tekijöidentekijöiden vaikutukset. Sorateillä liikennemäärät ovat yleensä matalia. Sorateiden kohdalla myöskään päällysteen kuntoluokilla ei ollut vaikutuksia.

Leveämmät kaistat ovat yhteydessä korkeampaan onnettomuusmäärään, mutta vaikutus on pieni.

Nopeusrajoitus on yhteydessä onnettomuusmääriin. Lukuun ottamatta nopeusrajoitusta 20 km/h, joita on aineistossa vain muutama havainto, onnettomuusmäärät laskevat nopeusrajoituksen kasvaessa. Tämä selittynee pääasiassa sillä, että matalien nopeusrajoitusten alueilla on enemmän asutusta ja sitä kautta liikennettä, mukaan lukien suojaamatonta liikennettä (kuten kävelijät, pyöräilijät ja mopoilijat). Matalien nopeusrajoitusten teillä on myös enemmän maantie- ja yksityistieliittymiä, joissa on kääntyvää ja risteävää liikennettä.

Automaattisen nopeusvalvonnan pisteissä onnettomuusmäärät ovat jonkin verran korkeampia kuin ilman. Tämä todennäköisesti selittyy sillä, että nopeusvalvontaa asennetaan paikkoihin, joissa on tarvetta liikenneturvallisuuden takia valvoa ajonopeuksia.

Liikennemäärillä on vahva yhteys onnettomuusmääriin. Mitä korkeampi KVL-luokka, sitä enemmän onnettomuuksia. Myös raskaiden KVL:llä on saman suuntainen vaikutus, mutta pienempi.

Päällysteen kunnolla on vaikutusta onnettomuusmääriin. **Tasaisuusluokan** vaikutus on suurin. Mitä tasaisempi tie, sitä matalammat onnettomuusmäärät. Ero parhaimman ja huonoimman luokan välillä on lähes kaksikertainen.

Kunnostustarveluokassa yhteys on päinvastainen, tosin huomattavasti epäselvempi. Tämä saattaa liittyä siihen, että runsaasti liikennöityjä ja onnettomuusalttiita teitä luokitellaan herkemmin kunnostustarpeisiksi.

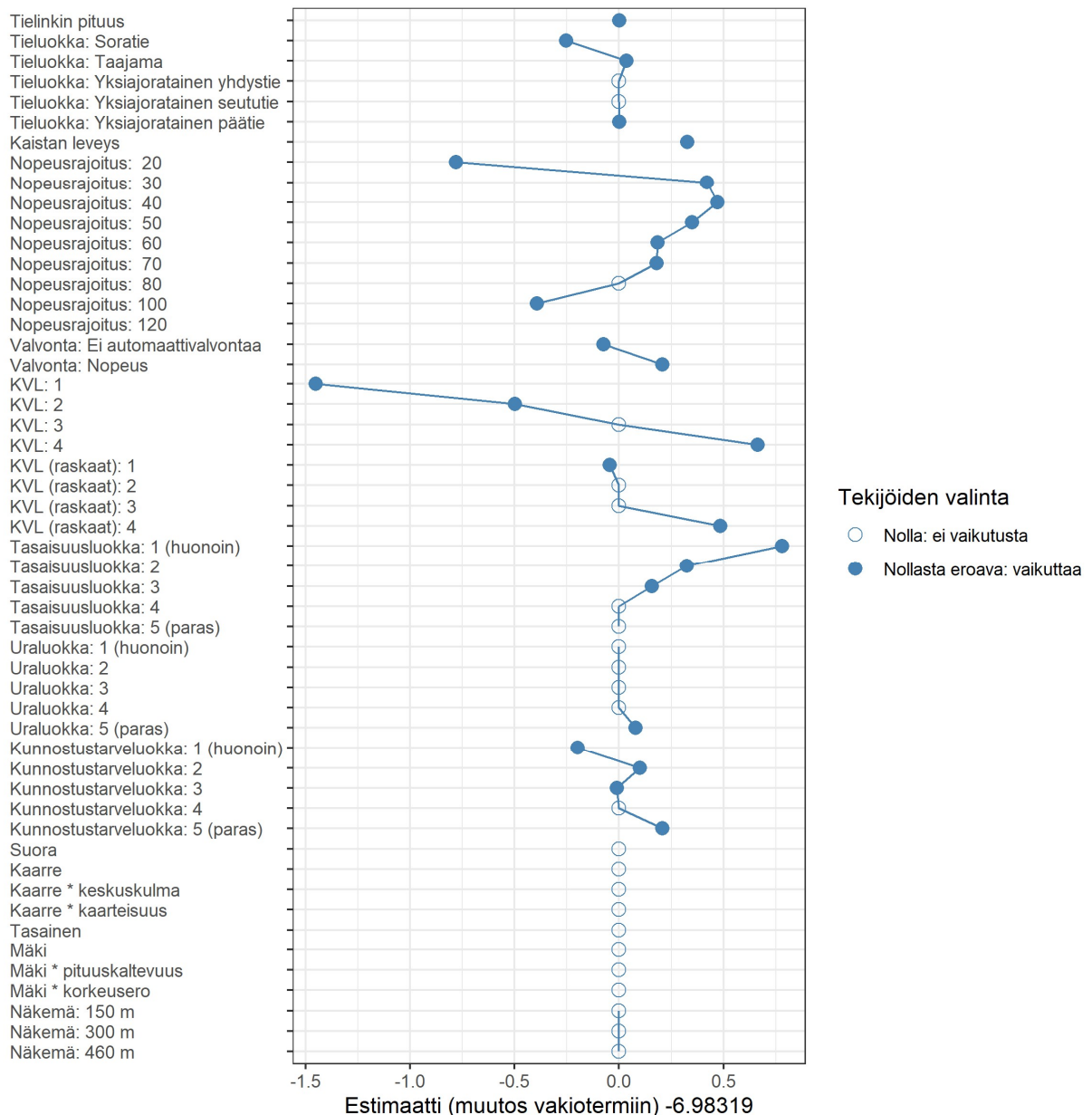
Uraluokalla on vain pieni vaikutus onnettomuusmääriin. Pahiten urautuneilla (1) teillä on jonkin verran korkeammat onnettomuusmäärät kuin vähiten urautuneilla teillä (5). Urautuminen saattaa lisätä onnettomuusriskiä. Osittain yhteys voi myös heijastaa sitä, että suurilla liikennemäärillä päällyste kuluu nopeasti.

3.4 Onnettomuusmalli tiegeometriatiedoilla

Onnettomuusmallista sovitettiin myös versio, johon otettiin mukaan kaarteisuutta ja mäkisyttä kuvaavat jatkuvat muuttujat (Kuva 4). Taulukko 12

esittää vastaavat marginaalivaikutukset. Aineistossa henkilövahinko-onnettomuuksien määrän keskiarvo vuodessa per tuhat linkkiä oli 1,40 (ks. 2.5.4).

Tiegeometriamuuttujat sisältävässä onnettomuusmallissa ei saatu tiegeometriamuuttujille nollasta eroavia vaikutuksia. Muiden tekijöiden kohdalla vaikutukset olivat samansuuntaisia kuin mallissa ilman tiegeometriamuuttujia.



Kuva 4. Tiegeometriatiedot sisältävän onnettomuusmallin parametriestimaatit.

Taulukko 12. Tiengeometriatiedot sisältävän onnettomuusmallin marginaalivaikutukset.

Muuttuja	Taso	Henkilövahinko-onnettomuuksia vuodessa per 1000 linkkiä		
		Ero ensimmäiseen tasoon	Alimman ja ylimmän tason ero	Marginaalivaikutuksen keskiarvo
Tieluokka	Soratie	0,00	0,36	1,08
	Taajama	0,36		1,45
	Yksiajoratainen yhdystie	0,31		1,40
	Yksiajoratainen seututie	0,31		1,40
	Yksiajoratainen päätie	0,31		1,40
Kaistan leveys (m)	3,0	0,00	0,21	1,21
	3,25	0,10		1,31
	3,5	0,21		1,43
Nopeusrajoitus (km/h)	20	0,00	2,03	0,37
	30	1,77		2,15
	40	2,03		2,40
	50	1,77		2,14
	60	1,27		1,65
	70	1,72		2,09
	80	0,65		1,03
	100	1,58		1,96
Valvonta	ei automaattivalvontaa	0,00	0,43	1,32
	automaattinen nopeusvalvonta	0,43		1,75
KVL	1 (matalin)	0,00	2,19	0,30
	2	0,48		0,78
	3	0,98		1,28
	4 (korkein)	2,19		2,49
KVL (raskaat)	1 (matalin)	0,00	0,70	1,01
	2	0,05		1,06
	3	0,05		1,06
	4 (korkein)	0,70		1,71
Tasaisuusluokka	1 (huonoin)	0,00	1,76	3,26
	2	-1,19		2,06
	3	-1,51		1,75
	4	-1,76		1,49
	5 (paras)	-1,76		1,49
Uraluokka	1 (huonoin)	0,00	0,12	1,50
	2	0,00		1,50
	3	0,00		1,50
	4	0,00		1,50
	5 (paras)	0,12		1,62
Kunnostustarveluokka	1 (huonoin)	0,00	0,55	1,11
	2	0,38		1,49
	3	0,23		1,33
	4	0,24		1,35
	5 (paras)	0,55		1,66
Suora		ei vaikutusta		
Kaarre		ei vaikutusta		
Kaarre * keskuskulma		ei vaikutusta		

Muuttuja	Taso	Henkilövahinko-onnettomuuksia vuodessa per 1000 linkkiä		
		Ero ensimmäiseen tasoon	Alimman ja ylimmän tason ero	Marginaalivaikutuksen keskiarvo
Kaarre * kaarteisuus		ei vaikutusta		
Tasainen		ei vaikutusta		
Mäki		ei vaikutusta		
Mäkisyys * korkeusero		ei vaikutusta		
Mäkisyys * pituuskaltevuus		ei vaikutusta		
Näkemä: 150 m		ei vaikutusta		
Näkemä: 300 m		ei vaikutusta		
Näkemä: 460 m		ei vaikutusta		

3.5 Kunnan ja nopeuksien yhteisvaikutus onnettomuuksiin

Kunnan ja nopeuksien yhteisvaikutuksia onnettomuuksiin tarkasteltiin edellä keskinopeus- ja onnettomuusmallien perusteella. Tarkastelussa käytettiin malleja ilman tiegeometriatietoja, koska näin voitiin käyttää malleja, jotka perustuvat laajempaan aineistoon.

Päällysteen kunnan vaikutusta ajonopeuksiin ja onnettomuusmäärin tarkasteltiin aineistojen yksiajorataisille seututeille, joilla nopeusrajoitus oli 80 km/h. Ennuste on muodostettu olettamalla, että kaikki kyseiset tielinkit olisivat kuntoluokkamuuttujan jollain tasolla, mutta muut kunto- ja ominaisuustiedot pysyisivät samana. Koska aineisto on melko tarkasti rajattu, voidaan tässä tapauksessa myös marginaalivaikutuksen keskiarvokin pitää suuntaa antavana ennusteena oikeille ajonopeuksille ja onnettomuusmäärille.

Parempi päällysteen kunto on yhteydessä korkeampiin keskinopeuksiin. Taisausluokituksessa vaikutus on suurin (4,7 km/h) kun taas ura- ja kunnostustarveluokassa pienempi (molemmissa 1,7 km/h).

Taulukko 13. Päällysteen kunnan vaikutus ajonopeuksiin aineiston yksiajorataisilla seututeillä, joilla nopeusrajoitus on 80 km/h.

Muuttuja	Taso	Tason ero ensimmäiseen tasoon (km/h)	Alimman ja ylimmän tason ero (km/h)	Marginaalivaikutuksen keskiarvo (km/h)
Tasaisuusluokka	1 (huonoin)	0,0	4,7	78,0
	2	1,8		79,8
	3	1,8		79,8
	4	3,7		81,8
	5 (paras)	4,7		82,7
Uraluokka	1 (huonoin)	0,0	1,7	81,6
	2	1,7		83,3
	3	0,5		82,1
	4	0,4		82,0
	5 (paras)	0,0		81,6
Kunnostustarveluokka	1 (huonoin)	0,0	1,7	80,9
	2	0,6		81,6
	3	0,0		80,9
	4	0,0		80,9
	5 (paras)	1,7		82,6

Samoille tieosuuksille voidaan myös ennustaa henkilövahinkoihin johtaneiden onnettomuuksien määriä kuntoluokkaa vaihdellen. Olennaisin havainto on se, että tasaisemmille seututeille ennustetaan vähemmän onnettomuuksia. Huonoimman ja parhaan tason ero henkilövahinko-onnettomuutta vuodessa oli 0,78 per 1000 linkkiä, mikä on merkittävä suhteessa koko aineiston keskiarvoon (1,42). Tämä siis siitä huolimatta, että näillä samoilla teillä nopeusmalli ennusti korkeampia ajonopeuksia paremmilla tasaisuusluokituksilla. Tämän perusteella näyttäisi siis siltä, että korkeammat ajonopeudet eivät ulosmittaa tasaisuuden mahdollisia turvallisuushyötyjä.

Uraluokituksen ja kunnostustarveluokituksen kohdalla tulokset ovat kuitenkin päinvastaisia. Uraluokituksen kohdalla vaikutus on tosin hyvin heikko ja kunnostustarveluokituksenkin kohdalla vain noin puolet siitä, mitä tasaisuusluokituksen kohdalla. Ura- ja kunnostustarveluokituksen kohdalla tulokset antaisivat siis viitteitä siitä, että niissä havaittu nopeuden kasvu saattaisi olla myös yhteydessä lisääntyneisiin onnettomuusmääriin.

Taulukko 14. Päällysteen kunnan vaikutus onnettomuusmääriin aineiston yksiajorataisilla seututeillä, joilla nopeusrajoitus on 80 km/h.

Muuttuja	Taso	Henkilövahinko-onnettomuuksia vuodessa per 1000 linkkiä		
		Tason ero ensimmäiseen tasoon	Alimman ja ylimmän tason ero	Marginaalivaikutuksen keskiarvo
Tasaisuus- luokka	1 (huonoin)	0,00	0,78	1,67
	2	-0,38		1,29
	3	-0,57		1,10
	4	-0,72		0,95
	5 (paras)	-0,78		0,89
Uraluokka	1 (huonoin)	0,00	0,10	0,89
	2	0,00		0,90
	3	0,05		0,94
	4	0,02		0,92
	5 (paras)	0,10		0,99
Kunnostus- tarveluokka	1 (huonoin)	0,00	0,42	0,67
	2	0,28		0,95
	3	0,12		0,79
	4	0,14		0,80
	5 (paras)	0,42		1,09

4 Tulosten tarkastelu ja johtopäätökset

Projektin tavoitteena oli tarkastella tien ominaisuuksien ja kunnan vaikutusta ajonopeuksiin ja onnettomuusriskiin. Monet ominaisuuksista ja kuntekijöistä ovat yhteydessä toisiinsa; esimerkiksi nopeusrajoitus on yleensä korkeampi leveämmillä ja suuremmilla teillä. Haasteeksi muodostuu eri tekijöiden yhteisvaikutusten arvioiminen tilanteessa, jossa monilla selittäville tekijöillä on vahvoja korrelaatioita keskenään. Tässä työssä yhteisvaikutuksia mallinnettiin regularisoituja regressiomalleja käyttäen, mikä auttaa tunnistamaan keskeisimmät selittävät tekijät ja vähentää selittävien tekijöiden korrelaatiosta johtuvia ongelmia mallinnuksessa.

Analyysissa keskityttiin yksiajorataisille maanteille, jolta nopeusmittausaineisto oli pääasiassa kerätty. Tuloksia ei siis voi suoraan yleistää esimerkiksi kaksiajorataisille teille kuten moottoriteille. Samanlainen analyysi voitaisiin toteuttaa myös ottamalla mukaan muitakin teitä käyttämällä esimerkiksi automaattisten liikennelaskentapisteiden nopeusmittauksia. Analyysissa ei myöskään tarkasteltu vuorokauden tai viikonpäivän vaikutusta. Nämä tekijät voivat vaikuttaa erityisesti ruuhkautumisen kautta vilkkaimmilla teillä, jotka on tässä tutkimuksessa rajattu pois.

4.1 Miten tien ominaisuudet vaikuttavat ajonopeuteen?

Tien ominaisuudet ennustavat hyvin keskinopeuksia aineistossa. Selityksaste yleismallille on 79 % ja tiegeometriatiedot sisältävälle mallille 75 %.

Osa ennustavista tekijöistä on melko triviaaleja. Esimerkiksi nopeusrajoitus vaikuttaa vahvasti ajonopeuksiin. Matalilla ajonopeuksilla keskinopeudet usein ylittävät nopeusrajoituksen, kun taas korkeammilla keskinopeudet usein alittavat sen. Myös esimerkiksi leveämmillä kaistoilla ajetaan nopeammin kuin kapeammilla. Myös työssä käytetty tieluokka-jaottelu heijastelee tätä. Tien liikennemäärillä ei ollut selvää vaikutusta ajonopeuteen. Aineiston rajauksen vuoksi mukana ei kuitenkaan ollut kaikkein vilkkaimmin liikennöityjä teitä. Vilkkaimmilla tieosuuksilla myös ruuhkautuminen voi alentaa keskinopeuksia.

Automaattinen nopeusvalvonta laskee keskinopeuksia, mikä on aikaisempien tulosten perusteella odotettavissa (mm. Malin ym., 2023).

Päällysteen tyyppillä ei ollut kovin suurta merkitystä keskinopeuksiin, lukuun ottamatta soratien pintauksia, joilla keskinopeudet olivat alempia. Soratiet olivat omana tieluokkana, eikä näiden kohdalla tarkasteltu päällysteen vaikutusta.

Tiegeometriaan liittyvät muuttujat olivat saatavilla noin puolesta nopeusmittausaineiston havaintopisteistä. Tiegeometrian vaikutukset olivat myös suhteellisen helposti ennakoitavissa. Suorilla ja tasamaalla nopeudet olivat

korkeampia kuin mutkissa ja mäissä. Suuret korkeuserot mäissä ovat yhteydessä suurempiin nopeuksiin. Parempi näkemäprosentti on samoin yhteydessä korkeampiin nopeuksiin. Tiegeometriaan liittyvät vaikutukset ovat kuitenkin suuruudeltaan vain 1–2 km/h.

4.2 Miten päällysteen kunto vaikuttaa ajonopeuteen?

Päällysteen kunnolla oli vaikutus keskinopeuksiin. Parhaan tasaisuusluokituksen teillä keskinopeudet olivat 4,7 km/h korkeampia kuin huonoimman luokassa. Urautuneisuudella puolestaan ei ollut yhtä selvää vaikutusta. Parhaassa kunnostustarveluokassa nopeudet olivat korkeimmat. Tie-merkintöjen kunnosta ei ollut saatavilla tietoa.

4.3 Mikä on tien ominaisuuksien ja kunnan vaikutus onnettomuusriskiin?

Onnettomuusmäärät olivat suurempia matalien nopeusrajoitusten alueilla ja laskevat korkeammilla nopeusrajoituksilla. Tämä liittyy todennäköisesti siihen, että mitä korkeampi nopeusrajoitus, sitä homogeenisempia ovat liikennevirrat ja sitä vähemmän on eri tienkäyttäjien välisiä konflikteja.

Liikennemäärillä on merkittävä vaikutus onnettomuusmääriin, mikä on täysin odotettavaa ottaen huomioon, että onnettomuuksien määrä on altistuksen ja riskin tulo.

Päällysteen kunnolla on yhteys henkilövahinko-onnettomuuksien määrään. Tasaisuusluokassa on selvä yhteys onnettomuusmäärin. Mitä tasaisempi tie, sitä matalammat onnettomuusmäärät. Ero parhaan ja huonoimman luokan välillä on lähes kaksikertainen. Kunnostustarveluokan ja uraluokituksen kohdalla on päinvastoin, mutta vaikutus ei ole kovin suuri. Tämä voisi selittyä sillä, että vilkkaasti liikennöidyillä teillä on enemmän urautuneisuutta ja niille arvioidaan ehkä myös herkemmin korkeampi kunnostustarve.

Tiegeometriaan liittyvillä muuttujilla ei havaittu yhteyttä onnettomuusmääriin.

4.4 Mikä on kunnan ja nopeuksien yhteisvaikutus onnettomuusriskiin?

Tien kunnan ja nopeuksien yhteisvaikutusta onnettomuusriskiin tarkasteltiin vertailemalle mallien antamia ennusteita yksiajorataisille seututeille, joiden nopeusrajoitus on 80 km/h. Parempi päällysteen kunto oli yhteydessä korkeampiin ajonopeuksiin, erityisesti tasaisuusluokituksen suhteen. Parempi tasaisuusluokitus ennusti myös pienempiä onnettomuusmääriä. Onnettomuusmäärät olivat kuitenkin hieman korkeampia paremmilla uraluokitus- ja kunnostustarveluokituksilla.

Tasaisuusluokituksen vaihtelun perusteella näyttäisi siis siltä, että parempaa kuntoa ei ulosmitattaisi korkeammilla ajonopeuksilla turvallisuuden kustannuksella. Kuitenkin ura- ja kunnostustarveluokitusten vaikutusten perusteella näin saattaa tapahtua. Kahden viimeisen kohdalla vaikutukset ovat kuitenkin merkittävästi pienempiä ja voivat osittain selittyä sillä, että mallit eivät ole pystyneet täydellisesti kontrolloimaan muita tekijöitä.

5 Lähdeluettelo

- Jima, A. T., & Sipos, T. (2022). Effects of road safety interventions on road traffic accidents and fatalities in Ethiopia. *Safety Science*, 153, 105816. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2022.105816>
- Karlaftis, M. G., & Golias, I. (2002). Effects of road geometry and traffic volumes on rural roadway accident rates. *Accident Analysis & Prevention*, 34(3), 357–365. [https://doi.org/10.1016/S0001-4575\(01\)00033-1](https://doi.org/10.1016/S0001-4575(01)00033-1)
- Kiiskilä K. & Tuominen J. 2024. Yleisrajoitusteiden ajonopeudet. Tilasto vuosien 2021–2023 liikenteen otoslaskentojen perusteella. *Traficommin tutkimuksia ja selvityksiä*. 2/2024.
- Malin, F., Itkonen, T., Innamaa, S., & Lehtonen, E. (2023). *Automaattisen liikennevalvonnan nopeusvaikutukset Helsingin katuverkolla*. Helsingin kaupunki. Kaupunkiympäristön julkaisuja No. 2023:17 <https://www.hel.fi/static/liitteet/kaupunkiymparisto/julkaisut/julkaisut/julkaisu-17-23.pdf>
- Maksid, N. H. M., & Hamsa, A. A. K. (2014). Evaluating the effects of road geometrical design towards spot speed distribution on arterial road. *Planning Malaysia Journal*, 12, 1–15. <https://doi.org/10.21837/PMJOUR-NAL.V12.I3.135>
- Tate, F., & Turner, S. (2007). Road geometry and drivers' speed choice. *Road & Transport Research*, 16(2), 53–64.
- Yin, Y., Wen, H., Sun, L., & Hou, W. (2020). The influence of road geometry on vehicle rollover and skidding. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(5), 1648. <https://doi.org/10.3390/ijerph17051648>
- Zhang, R., Yan, X., Ma, J., Wu, C., & Ma, Y. (2013). Design of intelligent vehicle speed adaption based on variable road geometry. *Proceedings of the International Conference on Transportation Engineering*, 1708–1714. <https://doi.org/10.1061/9780784413036.228>
- Zou, H. (2006). The adaptive lasso and its oracle properties. *Journal of the American statistical association*, 101(476), 1418–1429.

Liikenne- ja viestintävirasto Traficom

PL 320, 00059 TRAFICOM

p. 029 534 5000

traficom.fi

ISBN 978-952-311-964-2

ISSN 2669-8781 (verkkójulkaisu)

TRAFICOM
Liikenne- ja viestintävirasto