



Maanteiden perusparantamisen kustannuslaskenta Ihkun han- keosalaskennassa

Eemeli Kyttä

OPINNÄYTETYÖ
Toukokuu 2023

Rakennustekniikan tutkinto-ohjelma
Infrarakentaminen

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Rakennustekniikan tutkinto-ohjelma
Infrarakentaminen

KYTTÄ, EEMELI:

Maanteiden perusparantamisen kustannuslaskenta Ihkun hankeosalaskennassa

Opinnäytetyö 70 sivua, joista liitteitä 4 sivua
Toukokuu 2023

Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää maanteiden perusparantamisen kustannusvaikutuksiltaan merkittävimpiä toimenpiteitä ja kuinka niiden hankeosien kustannuslaskenta tulisi toteuttaa Ihkun-laskentapalvelussa. Ihku-laskentapalvelun maanteiden perusparantamisen hankeosalaskennan kehitystyö aloitettiin alkuvuodesta 2023, ja tämä opinnäytetyö oli osa tätä kehitystyötä. Työn yhtenä tarkoituksena oli tuottaa maanteiden perusparantamisen hankeosan kustannuslaskentaa palveleva malli. Työn tilaajana toimi Väylävirasto ja työ tuotettiin Ihku-allianssille.

Työssä selvitettiin nykyisiä hankeosalaskennan menetelmiä sekä millaisilla menetelmillä maanteiden perusparantamista tehdään. Menetelmien selvityksessä hyödynnettiin alan toimijoiden sekä Väyläviraston ohjejulkaisuja, raportteja ja hankesivuja. Perusparantamisen menetelmien selvityksen jälkeen rajattiin, mitä parantamisen menetelmiä opinnäytetyössä tuotettava hankeosamalli sisältää.

Opinnäytetyössä saatiin selvitettyä maanteiden perusparantamisen kustannusvaikutuksiltaan merkittävimpiä toimenpiteitä sekä menetelmiä perusparannushankkeiden toteuttamiseksi. Hankeosan laskentamalli saatiin opinnäytetyössä valmiiksi, mutta yksittäisten laskentojen haasteiden takia ei täysin tavoiteltuun lopputulokseen päästy. Mallia jatkokehitetään opinnäytetyön julkaisun jälkeen.

Työn aikana tuotettu malli antoi hyvän pohjan sen kehitystyölle. Mallista saadaan tuotettua Ihku-laskentapalveluun maanteiden perusparantamisen hankeosalaskentamalli. Sovelluskehityksen demoversiota on tarkoitus testata pilottihankkeilla ennen laskentamallin julkaisua laskentapalveluun. Maanteiden perusparantamisen hankeosalaskenta on tarkoitus saada Ihku-laskentapalveluun vuoden 2023 aikana.

Asiasanat: hankeosalaskenta, hankeosa, maantie, perusparantaminen

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Construction Engineering
Civil Engineering

KYTTÄ, EEMELI:

The Cost Calculation of Basic Road Improvements in the Project Part Calculation of Ihku

Bachelor's thesis 70 pages, appendices 4 pages
May 2023

The purpose of this thesis was to identify some of the most important cost effects in basic road improvement projects and how their cost calculations should be executed in the Ihku Cost Management System. The main goal for the study was to produce a cost calculation model for the project part in basic road improvement projects. This thesis was commissioned by the Finnish Transport Infrastructure Agency.

In this thesis the current methods of project sub-calculation and methods to implement roads basic improvement projects were studied by gathering information from public guidelines, reports, and project websites. After the theoretical part was done, the development work for the cost calculation model was started.

As a result, a cost calculation model for the project part in basic road improvements was developed. After this thesis was published, further development of the cost calculation model begun. When the cost calculation model is finished the software development team will start development of the demo version of this model. By the time the demo version is ready it will be tested by pilot projects before getting published to the Ihku Cost Management System.

Key words: project sub-calculation, project part, road, basic improvement

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	7
2	VÄYLÄHANKKEIDEN KUSTANNUSHALLINTA	9
	2.1 Kustannushallinta	9
	2.2 Kustannuslaskenta	10
	2.3 Hankeosalaskenta	11
3	NYKYISET HANKEOSALASKENNAN MENETELMÄT	14
	3.1 Fore-laskentapalvelu	14
	3.2 Ihku-laskentapalvelu	14
	3.3 Muut menetelmät	15
4	MAANTEIDEN PERUSPARANTAMISEN MENETELMÄT	17
	4.1 Tiegeometrian parantaminen	17
	4.1.1 Vaakageometria	18
	4.1.2 Pystygeometria	18
	4.2 Poikkileikkauksen parantaminen	19
	4.2.1 Liikenteen sujuvuuden parantaminen	20
	4.2.2 Liikenneturvallisuuden parantaminen	22
	4.3 Tierakenteen parantaminen	24
	4.3.1 Rajaus	24
	4.3.2 Parannusmenetelmät	25
	4.4 Liittymien parantaminen ja rakentaminen	27
	4.4.1 Liittymäalueen parantaminen	27
	4.4.2 Liittymien poisto	28
	4.4.3 Vilkkaut tasoliittymät	28
	4.4.4 Liittymän toimivuus	28
	4.4.5 Tasoliittymän sijainti	29
	4.4.6 Eritasoliittymät	29
	4.5 Uuden jalankulku- ja pyörätie rakentaminen	30
	4.6 Jalankulun ja pyöräliikenteen olosuhteiden parantaminen leventämällä maantietä	31
	4.7 Turvallisuutta parantavien rakenteiden rakentaminen	32
	4.7.1 Keskikaide	33
	4.7.2 Tiekaide	33
	4.7.3 Valaistus	35
	4.7.4 Heräteraita ja täristävä jysintä	37
	4.7.5 Riista- ja suoja-aita	39
	4.7.6 Reunaympäristön pehmentäminen	40

4.8 Kuivatuksen parantaminen.....	42
4.8.1 Maantien luiskat.....	42
4.8.2 Rummut.....	44
4.8.3 Salaojat	46
4.8.4 Viivytys- ja imeytysrakenteet	47
4.9 Meluolosuhteiden parantaminen	49
4.9.1 Meluvalli.....	50
4.9.2 Meluseinä	51
4.9.3 Melukaide	51
4.10 Pohjavesisuojaus parantaminen tai rakentaminen.....	52
4.10.1Bentoniittimatto	53
4.10.2Bentoniittimaton ja muovikalvon yhdistelmä rakenne (Kloridisuojaus)	53
5 MAANTIE PERUSPARANTAMISEN HANKEOSAN LASKENTAMALLIN TUOTTAMINEN	54
5.1 Laskentamallin rakentaminen.....	54
5.2 Laskentamallin lähtötiedot.....	56
5.3 Yleiset mitoittavat tekijät.....	58
5.4 Levennysosan laskenta.....	59
6 TULOKSET	62
LÄHTEET	64
LIITTEET.....	67
Liite 1. Laskentamallin lähtötiedot.....	67
Liite 2. Yleiset mitoittavat tekijät.....	69
Liite 3. Levennysosan laskentafunktio	70

ERITYISSANASTO

Hankeosa	Hankkeen toiminnallisesti itsenäinen osa, jonka toteuttaminen hankkeessa edellyttää itsenäistä päätöstä.
Hankeosalaskenta	Hankeosiin perustuva suunnitelmaratkaisuiden hinnoittelun menetelmä, jolla pyritään muodostamaan kustannusarvio vielä puutteellisten ja epävarmojen lähtötietojen pohjalta.
Ihku-allianssi	Infrahankkeiden kustannuslaskentajärjestelmä ja -palveluallianssi.
Kustannusarvio	Hankkeen kustannuslaskennan tulos, joka sisältää riskit ja lasketut kustannukset hinnoiteltuna ja selitettynä yksilöidysti.
Kustannushallinta	Kustannusohjauksen sekä kustannuslaskennan kattava kokonaisuus.
Kustannuslaskenta	Kustannusarvioiden ja vaihtoehtovertailujen kustannuksien laadinta, joka toteutetaan joko kustannuslaskenta-sovelluksilla tai asiantuntija-arvioilla.
TEN-T-verkko	Euroopan Unionin liikenneverkko, jonka tavoitteena on turvallinen ja kestävä EU:n liikennejärjestelmä, joka edistää tavaroiden ja ihmisten liikkumista.

1 JOHDANTO

Suomen liikenneinfrastruktuurin väylät toimivat yhteiskuntamme ”verisuonina”, jonka häiriöt ja toimimattomuus vaarantavat niin väestön liikkumisen, elinkeinoelämän kuin myös julkisen sektorin toimivuuden. Liikenneverkon toimivuuden haasteeksi on muodostunut siihen käytettävien investointien jatkuva väheneminen suhteessa sen kulumiselle, jonka seurauksena liikenneverkon korjausvelka kasvaa ja palvelutaso ei vastaa enää tarvetta. Tilanne pääväylillä on vielä kohtuullinen, mutta alempien väylien kuntotasojen tilanne on huonontunut. (ROTI-raportti 2023, 17–19.)

Valtion maanteilla on havaittu liikenteeseen kuin ympäristöön vaikuttavia puutteita niin vilkkailla, kuin rauhallisillakin tieosuuksilla. Maanteiden puutteet vaikuttavat liikenteen sujuvuuteen, liikenneturvallisuuteen kuten myös ajomukavuuteen. Näitä ongelmia pyritään korjaamaan parantamalla maanteitä uuden rakentamisen sijaan, jos se on mahdollista tai taloudellisesti kannattavaa. Uusien maanteiden ja vanhojen parantamisen suunnittelussa pyritään ottamaan huomioon muu liikenne kuin henkilöautoliikenne, kuten pyöräilijät, sekä liikenteen vaikutukset tien läheisyydessä olevaan asutukseen ja ympäristöön.

Maanteiden parantamiselle on myös asetettu vaatimuksia EU:n tasolta TEN-T-verkon asetuksen perusteella. TEN-T-verkon tavoitteena on turvallisen ja kestävä EU:n liikennejärjestelmän toteuttaminen. Suomessa TEN-T verkko muodostuu ydinverkosta, johon kuuluu esimerkiksi valtatie 4 ja kattavasta verkosta, johon kuuluu esimerkiksi valtatie 9. TEN-T-verkon tavoitteena on parantaa ydin- ja kattavan verkon tieosuudet kokonaan moottori- tai moottoriliikenneteiksi tai vastamaan korkeatasoisen maantien kriteerejä. Tieverkon vaatimuksille on asetettu tavoitteeksi ydinverkon osalta olla valmis vuonna 2040 ja kattavan verkon osalta vuonna 2050. (Väylävisio 2025–2050, 47.)

Infrahankkeiden kustannuslaskentajärjestelmä ja -palveluallianssi eli Ihku-allianssi on kehittänyt uuden kustannuslaskentasovelluksen, jonka tavoitteena on lisätä kustannusarvioiden läpinäkyvyyttä ja luotettavuutta sekä tarjota ajankoh-

taista kustannustietoa (Ihku-allianssi 2023). Ihkun kustannuslaskentasovellukseen on tarkoitus luoda maanteiden perusparantamisen hankeosalaskenta, joka mahdollistaa yksinkertaisen, avoimen ja tarkan parantamishankkeiden kustannusarvion laskennan. Maanteiden perusparantamisen hankeosalaskennan kehitystyö aloitettiin alkuvuodesta 2023, ja tämä opinnäytetyö on osa tätä kehitystyötä. Väylävirasto toimii tämän opinnäytetyön tilaajana ja työ tuotetaan Ihku-allianssille.

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on selvittää maanteiden perusparantamisen kustannusvaikutuksiltaan merkittävimpiä toimenpiteitä ja perusparantamisen menetelmiä sekä kuinka niiden hankeosien kustannuslaskenta toteutetaan Ihkussa. Opinnäytetyön teoriaosassa käydään läpi väylähankkeiden kustannushallinnan teoriaa sekä nykyisiä hankeosalaskennan ja maanteiden perusparantamisen menetelmiä.

Opinnäytetyön tarkoituksena on tuottaa maanteiden perusparantamisen hankeosalaskentaan hankeosan laskentamalli hyödyntämällä teoriaosassa selvitettyjä perusparantamisen menetelmiä sekä Ihkun olemassa olevien hankeosien laskentamalleja. Valmiissa opinnäytetyössä on tuotettu maanteiden perusparantamisen hankeosan kustannuslaskentaa palveleva laskentamalli.

Tästä opinnäytetyöstä rajataan tuotettavan laskentamallin ulkopuolelle yksityistiet, sillat, liittymät, taitorakenteet ja kadut. Liittymiä kuitenkin käsitellään työssä niiden perusparantamisen menetelmien osalta. Lisäksi maantien tierakenteiden parantamisen menetelmille on asetettu rajauksia, joita käsitellään tarkemmin kappaleessa 4.3 Tierakenteen parantaminen.

2 VÄYLÄHANKKEIDEN KUSTANNUSHALLINTA

2.1 Kustannushallinta

Kustannushallinta on koko väylähankkeen läpi tehtävä kokonaisuus, joka sisältää pääsääntöisesti tilaajan vastuulla olevan kustannusohjauksen sekä konsulttien tuottamat kustannuslaskennan prosessit. Keskeisin tavoite kustannushallinnalla on, että se olisi jatkuvaa, hallittua ja päämäärätietoista. (Väylävirasto 2021b, 10.)

Kustannusohjauksessa tilaaja ja suunnittelija käyvät vuoropuhelua, jossa tilaaja ohjaa toimintaa ja asettaa raamit suunnittelulle, ja suunnittelija esittää tilaajalle kustannustehokkaita ratkaisuita (Väylävirasto 2021b, 10). Luonteeltaan kustannusohjaus on päätösten tekemistä, joilla asetetaan hankkeelle tavoitteita, määritellään suunnitelmien sisältö ja taloudellisuuden ohjaus sekä varmistetaan hankkeen sisällölliset ja taloudelliset tavoitteet koko hankkeen ajalle (RIL 2006, 16).

Kustannushallinta tarkoittaa suunnitteluprosessin kannalta kustannusohjattua suunnittelua, jolla pyritään saavuttamaan optimaalisimmat teknis-taloudelliset ratkaisut. Onnistuneella kustannusohjatulla suunnittelulla saadaan tuotettua teknis-taloudellisesti toteuttamiskelpoiset suunnitelmat sekä mahdollisimman todennukainen kustannusarvio hankkeelle. Koska lopputuloksen tuottamisella on useita välivaiheita, korostuu näiden välivaiheiden perusteiden ja tehtyjen valintojen dokumentoimisen tärkeys. (Väylävirasto 2021b, 10.)

Kustannushallinnalla on keskeinen tehtävä hankkeen lopputuloksen onnistumisessa. Vaikka hanke saataisiin toteutettua tavoitellulla laadulla ja aikataululla, hanketta ei voida pitää onnistuneena jos kustannukset ovat karanneet hallitsemattomasti. Tästä syystä on erityisen tärkeää, että päätöksentekijät ovat tietoisia päätöksiensä kustannusvaikutuksista, ja että päätökset eivät ole ristiriidassa taloudellisten tavoitteiden kanssa. (RIL 2006, 14.)

2.2 Kustannuslaskenta

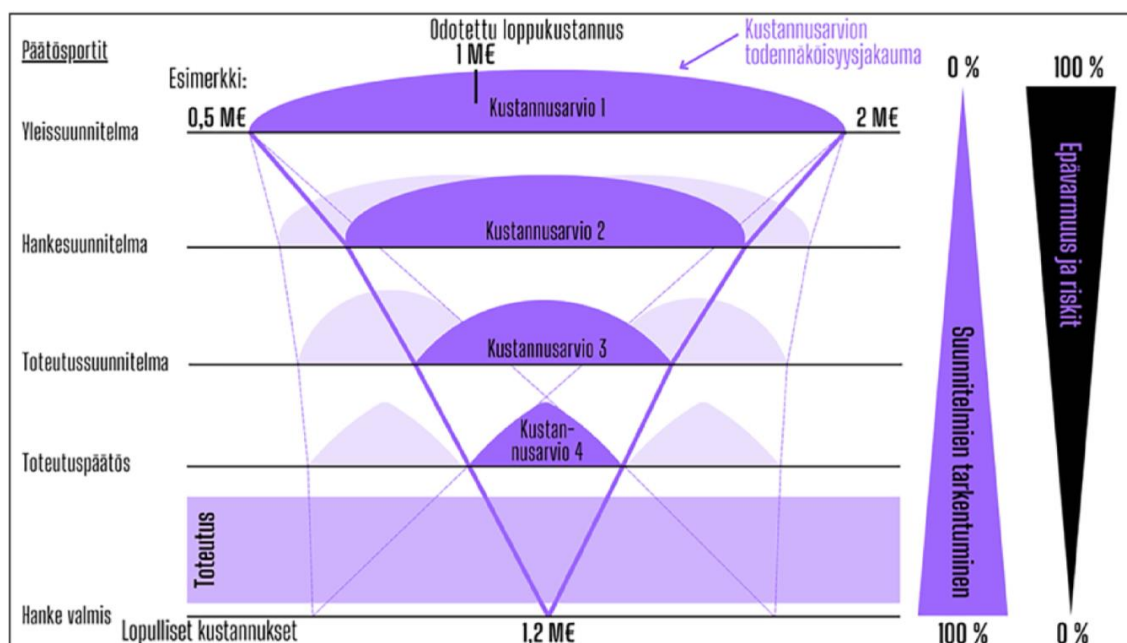
Kustannuslaskenta on hankkeen kaikissa vaiheissa mukana oleva toiminto, jolla laaditaan hankkeelle kustannusarvio tai erilaisten vaihtoehtovertailujen kustannusarvioita. Kustannuslaskentaa tuottavat kustannuslaskennan ja kustannustasojen vahvan tuntemuksen omaavat asiantuntijat, joiden tehtävä kustannuslaskennalla on joko ottaa selko tilaajan odotusten ja toiminnan vaatimuksien kustannuksista tai suunnitelmien mukaisen hankkeen kustannuksista. Olennaisena osana kustannuslaskentaa on kustannuslaskijan taito analysoida suhdanteiden vaikutusta kustannuksiin, tunnistaa kustannuksiin vaikuttavia riskejä sekä arvioida tunnistettujen riskien kustannusvaikutuksia. (RIL 2006, 15.)

Kustannuslaskenta ei ole yksiselitteistä, ja toimenpiteiltään samanlaisten hankkeiden kustannuslaskennoissa voi olla suuriakin eroja. Keskeisimpiä tekijöitä hankkeiden välisiin kustannuseroihin ovat muun muassa seuraavat:

- ohjelmatekijät (valitut hankeosat, niiden laajuus ja laatutaso)
- olosuhteet (esimerkiksi pohjaolosuhteet)
- suunnitelmaratkaisut
- ominaisuuksien suhde korjattavaan rakenteeseen
- toteutusmuoto
- suhdannetilanne
- aikataulu

(RIL 2006, 16)

Hankkeen kustannusarviota päivitetään kustannuslaskennalla eri suunnitteluvaiheiden välillä, kun suunnittelun alussa päätettyjä ratkaisuja ja vaihtoehtoja tarkennetaan tai kun saadaan lisää tietoa kustannuksiin merkittävästi vaikuttavista tekijöistä. Kustannusarvio on päivitettävä aina silloin, kun hankkeen laajuuteen tai sisältöön tehdään muutoksia. Kyseinen toimenpide koskee niin suunnitteluvaiheiden välistä, kuin suunnittelun aikaistakin toimintaa. (Liikennevirasto 2013, 10.) Kuviossa 1 on esitetty esimerkki hankkeen kustannusarvion muuttumisesta suunnitteluvaiheiden välillä.



KUVIO 1. Hankkeen kustannusarvion todennäköisyysjakauma suunnitteluvaiheiden edetessä (Rakli 2022, 7)

2.3 Hankeosalaskenta

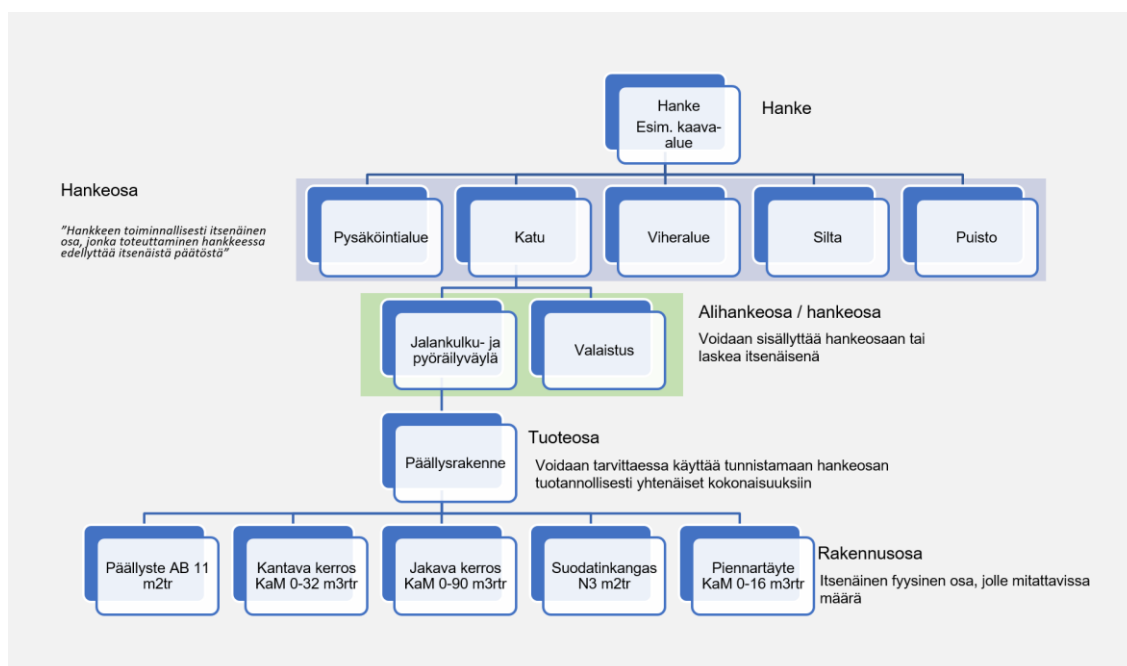
Infrahankkeiden varhaisemmissa suunnitteluvaiheissa käytetään kustannusten arvioinnissa usein hankeosiin perustuvaa hankeosalaskentaa, jolla pyritään muodostamaan hankkeelle kustannusarvio vielä puutteellisten ja epävarmojen lähtötietojen pohjalta. Hankeosalaskelmalla tuotetaan pääosin infrahankkeiden esi- ja yleissuunnitelmavaiheiden kustannusarviot sekä suunnitelmavaihtoehtojen vertailulaskelmat. (Väylävirasto 2021b, 7, 23.) Jotta hankeosalaskennalla saadaan tuotettua mahdollisimman onnistunut kustannusarvio, tulee laskennassa olla sisällytettynä koko suunnittelualueen laajuus. Kaukinen (2021, 36) tiivistää diplomityössään hankeosalaskennan seuraavasti:

Hankeosalaskenta on tavoitekustannuksen asettamisen ja kustannusohjauksen väline. Hankeosalaskennalla ei pyritä hinnoittelemaan suunnitelman mukaisia ratkaisuja, vaan hankeosamalli mallintaa kustannukset laajuuden, olosuhteiden ja tavoitelaatutason pohjalta. (Kaukinen 2021, 36.)

Hankkeen toteuttamiselle voidaan hakea rahoitusta jo esisuunnitelmavaiheessa syntyvän kustannusarvion perusteella, ja siksi hankeosalaskennalla ja sen tark-

kuudella on merkittävä vaikutus hankkeelle. Kustannusarviossa esiintyvät mahdolliset puutteet ja virheet heijastuvat suoraan hankkeen rakentamisen budjettiin. Tästä syystä hankeosalaskennassa tulee kiinnittää erityistä huomiota kustannusarvion riskien tunnistamiseen ja hinnoitteluun.

Hankeosalaskelmassa hankeosa kuvastaa infrahankkeen jotain tiettyä lopputuotteen osaa, johon sisältyvät sen kaikki rakennusosat erittelemättä. Hankeosille on määritetty määramittausperusteissa niiden laajuutta kuvaava mittausperuste ja -yksikkö, joilla niiden kustannuksia pystytään laskemaan. (RIL 2006, 43–44.) Esimerkiksi teiden sekä katujen mittayksikkönä käytetään metriä (m) ja liittymille sekä silloille käytetään kappaletta (kpl). Kuviossa 2 on esitetty esimerkki hankeosalaskettavasta hankkeesta ja siitä, miten sen yksi hankeosa voisi rakentua.



KUVIO 2. Hankeosalaskettavan hankkeen erään hankeosan rakenne (Ihku-allianssi 2022, 26)

Hankeosille laaditaan hankeosa-arvio, joka koostuu seuraavista vaiheista:

- hankeosittelu
- hankeosien määrien mittaus
- hankeosaluettelon laadinta
- tyyppihankeosien valinta

- hankeosien hinnoittelu
- hanketekijöiden kustannusvaikutusten arviointi
- hankepalvelujen kustannusten arviointi
- muiden kustannusten määrittäminen
- raportointi

(RIL 2006, 44).

3 NYKYISET HANKEOSALASKENNAN MENETELMÄT

3.1 Fore-laskentapalvelu

Yhtenä tämänhetkisenä hankeosalaskennan työkaluna käytetään Rapal Oy:n kehittämää ja ylläpitämää rakennetun ympäristön kustannusten- ja omaisuudenhallinnan ohjelmistokokonaisuus Foren Hola-moduulia. Hola-moduuli on hankeosalaskentaan suunniteltu työkalu, joka toimii infrahankkeen tavoitteen hinnoittelun ja alkuvaiheen kustannusarvion tuottamisen apuna. Holassa on 250 rakentamisen käytäntöihin perustuvaa hankeosamallia, joilla voidaan laskea uudisrakentamisen, korjausrakentamisen sekä kunnossapidon kustannuksia. Hola sisältää myös päästölaskennan laajennuksen, jolla pystytään määrittämään hankkeen hiilijalanjälki. (Rapal Oy 2023.)

Hola-moduulin hankeosamallien kustannuslaskennassa käytetään taustalla Rola (Foren rakennusosalaskenta) -moduulin panosrakenteisia rakennusosia, jotka perustuvat Infra 2015 Rakennusosanimikkeistön Määrämittausohjeeseen (Rapal Oy 2011; Fore 2016). Holassa hankeosat perustuvat Infra 2006 Hankenimikkeistön versioon 15.2.2011 ja hanketehtävien osalta Infra 2015 Rakennusosa- ja hankenimikkeistöön (Fore 2017).

3.2 Ihku-laskentapalvelu

Ihku-laskentapalvelu on Ihkun, eli Infrahankkeiden kustannuslaskentajärjestelmä ja -palveluallianssin infra-alan kustannuslaskentasovellus, jonka kehittäminen aloitettiin vuonna 2018. Ihku-laskentapalvelun kehittämisestä vastaavan allianssin muodostavat tilaajakonsortio (Väylävirasto, Helsinki, Espoo, Vantaa, Tampere, Turku ja Jyväskylä) sekä palveluntuottajat (Arkance Systems Finland Oy, Mittaviiva Oy, Ramboll Finland Oy ja Solita Oy). Allianssin tavoitteena laskentapalvelulle on lisätä infra-alan kustannustietoja sekä ylläpitää tiedon avoimuutta ja läpinäkyvyyttä. (Ihku-allianssi 2023.)

Ihku-laskentapalvelussa julkaistiin hankeosalaskennan ensimmäinen versio tammikuussa 2023, ja se mahdollistaa uudisrakentamisen kustannuslaskennan muun muassa kaduille, teille, kunnallistekniikalle, silloille, viheralueille ja radoille. Ihkussa hankeosalaskenta ja rakennusosalaskenta eivät ole erillisiä kokonaisuuksia toisistaan kuten Fore-laskentapalvelussa. Ihkun hankeosalaskennan hankeosien kustannukset muodostuvat rakennusosakirjaston panospohjaisista rakennusosista ja yksittäinen hankeosa on myös purettavissa rakennusosalaskelmaksi. (Ihku-allianssi 2023.)

Päästölaskennan kehitystyö on aloitettu Ihkussa helmikuussa 2023. Tarkoituksena olisi saada päästölaskenta osaksi laskentapalvelua 2. palvelujakson (2023–2025) aikana. (Ihku-allianssi 2023.)

3.3 Muut menetelmät

Hankeosalaskentaa voidaan tehdä muillakin menetelmillä kuin kustannuslaskentasovelluksilla. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry on julkaissut vuonna 2007 ohjekirjan Infrarakentamisen kustannushallinta: Hanke- ja rakennusosahinnasto, johon on koottu uudis- ja korjausrakentamiselle sekä hoidolle ja käytölle hankeosahinnastot. Ohjeessa on kuvattu infrarakentamisen kustannusten hallinnan teoriaa, investointivaiheen kustannuksien hallinnan menetelmiä sekä mitausyksikkökohtaisia hintoja hankeosille (RIL 2007). Käyttäessä ohjekirjaa hankeosalaskennan tukena tulee huomioida sen sisällön perustuminen vuonna 2007 käytössä oleviin tietoihin ja käytäntöihin sekä sen hinnaston perustuminen 3/2007 MAKU-indeksiin.

Hankeosalaskennan hankeosia ja osa-alueita, joihin ei löydy kustannuslaskentaohjelmista tai muista lähteistä hintatietoja, laadintaan kustannusarvio asiantuntija-arvioilla. Asiantuntija-arviolla tuotettua hintatietoa käytetään muun muassa tilanteissa, kun hankeosia ei ole mallinnettu riittävällä tarkkuustasolla laskentaohjelmissa, arvioidaan riskien vaikutusta kustannuksiin tai jos hankkeessa on toteumatiedottomia erikoisratkaisuja. (Väylävirasto 2021b, 20.) Lisäksi asiantuntija-arvioon voidaan lisätä riskikustannuksia osa-alueista, joille ei voida määrittää sel-

keää kustannusta suunnittelun epätarkkuuden vuoksi. Tämänlainen riskikustannus voi kohdistua esimerkiksi maaperäolosuhteiden epävarmuuteen tai muuttuviin olosuhteisiin. Asiantuntija-arvion laativat suunnittelun kokeneet asiantuntijat, joilla on vahva osaaminen hankkeiden kustannuslaskennasta ja kustannustasoista. Asiantuntija-arvioiden laatimisen tukena käydään tarvittaessa keskusteluja rakennuttajapuolen asiantuntijoiden kanssa. Rakennuttajilla on kokemusta sekä informaatiota toteutuneista hankkeista, jolloin heiltä voidaan saada tietoa hankkeelle merkittävien kustannuserien arvioinnoissa. (Rajava 2023.)

4 MAANTEIDEN PERUSPARANTAMISEN MENETELMÄT

Väylävirasto teetättää maanteiden perusparantamishankkeita, joiden tavoitteena on nostaa teiden kapasiteettia vastaamaan nykyistä ja tulevaa tarvetta, parantaa liikenneturvallisuutta, parantaa tierakennetta ja pidentää sen käyttöikää sekä ottaa liikenteen vaikutukset ympäristöön paremmin huomioon. Tässä kappaleessa käydään läpi menetelmiä, joilla maanteiden perusparantamista voidaan toteuttaa.

4.1 Tiegeometrian parantaminen

Maantien palvelutasoa vastaamaton geometria aiheuttaa ongelmia liikenneturvallisuudelle sekä liikenteen sujuvuudelle, kun tien nopeustaso ja ajodynamiikka eivät vastaa sen vaatimuksia. Tien geometriaa muuttavat hankkeet voivat olla kalliita ja laajoja, ja siksi geometrian muuttamiselle pitää olla merkittävät liikennettä parantavat vaikutukset. Geometrian parantaminen voi myös vaikuttaa maantien ympäröivään alueeseen, kuten lisäämällä ympäristön melu- sekä hulevesivaikutuksia.

Maantien vaakageometriaan eli linjaukseen tehtävät muutokset voivat johtaa uuden tien rakentamiseen neitseelliseen maastoon ja mahdollisiin linjausta varten tehtäviin lunastuksiin, mutta pienet vaakageometrian muutokset voidaan usein toteuttaa nykyiselle tiealueelle. Pystygeometriaan eli tasaukseen tehtävät muutokset voivat johtaa massiivisien penkereiden rakentamiseen, maa- tai kallioleikkauksien toteuttamiseen sekä tiealueen lisälunastuksiin.

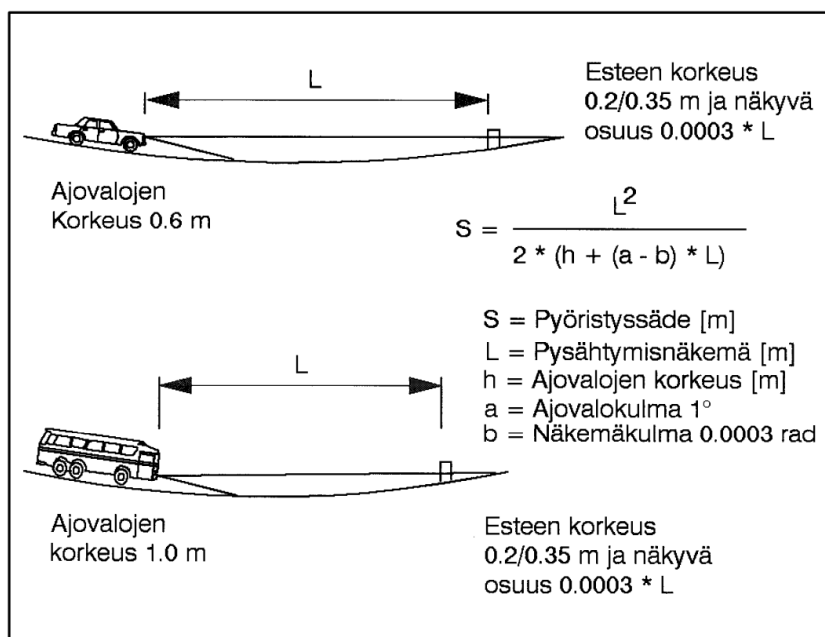
Geometrian muuttaminen parantamisen menetelmänä on kustannuksiltaan merkittävä toimenpide maantien perusparannushankkeissa. Geometrian parantamisessa tehdään aina maansiirtoja ja uusien rakenteiden rakentamista, jotka toimenpiteinä ovat merkittäviä kustannuksiltaan. Tielinjauksen siirtyessä pois tiealueelta lunastukset nostavat hankkeen hintaa ja lunastettujen alueiden tuntemattomat pohjamaaolosuhteet ovat riski kustannuksille.

4.1.1 Vaakageometria

Vaakageometrian parantamisella tavoitellaan esimerkiksi jyrkkien kaarresäteiden loiventamista turvallisuuden ja optisen ohjauksen parantamiseksi, matka-aikojen lyhentämistä erityisesti pitkän matkan liikenteelle sekä siirtämällä liikennettä kauemmaksi melualttiilta alueelta. Tielinjauksen kaarresäteiden loiventamisella ja linjauksen suoristamisella saadaan parannettua kohtaamis- ja ohitusnäköjä, joilla parannetaan myös ohittamisen turvallisuutta. Tielinjauksen muuttamisella voidaan myös mahdollistaa uusien taso- ja eritasoliittymien toteuttaminen, jotka eivät olisi nykyisellä linjauksella mahdollisia. Tielinjauksen muuttamisella voidaan mahdollistaa uusien kaava-alueiden liittäminen tulevaisuudessa tieverkkoon.

4.1.2 Pystygeometria

Pystygeometrian parantamisella tavoitellaan maantien jyrkkien nousujen ja laskevien loiventamista vastaamaan nykyisiä ohjearvoja. Tasauksen huippujen loiventamisella parannetaan maantien kohtaamis- ja pysähdysnäköjä kuin myös maantielle liittyvän liikenteen liittymisnäköjä. Näkemien parantamisella on suora syy-seuraussuhde liikenneturvallisuuden paranemiseen, kun ohittamisen arviointi paranee ja maantielle liittyvä liikenne havaitsee risteävän liikenteen aikaisemmin. Nousujen loiventaminen on edukasta raskaalle liikenteelle, koska jyrkissä ja pitkissä nousuissa raskas liikenne heikentää liikenteen sujuvuutta. Lisäksi loiventamalla nousuja voidaan vaikuttaa liikenteen päästöihin. Jyrkkien laskevien loiventamisella parannetaan liikenneturvallisuutta hillitsemällä liikenteen nopeuksia, parannetaan valaisemattomien tieosuuksien näköjä (kuvio 3) sekä vaikutetaan liikenteen polttoainekulutukseen vähentämällä jarruttelun tarvetta liittymäalueilla.



KUVIO 3. Valaisemattoman tien koveran kaaren vaikutus näkemään sekä kaarresäteen minimiarvon laskentamenetelmä (Liikennevirasto 2013, 44)

4.2 Poikkileikkauksen parantaminen

Kun maantien liikennemäärät kasvavat ja sille suunniteltu kapasiteetti ylittyy, tien palvelutaso laskee. Palvelutason lasku voi näkyä varsinkin aamuisin ja iltapäivisin ruuhkatuntien aikana. Raskaan liikenteen lisääntyminen, hitaiden ajoneuvojen suuri määrä sekä huonot ohitusmahdollisuudet vaikuttaa alentavasti liikenteen sujuvuuteen ja lisää häiriötilanteiden sekä liikenneonnettomuuksien riskiä. Vilkaat taso- ja yksityistieliittymät, joissa ei ole väistötilaa tai kääntyvien kaistaa, voi johtaa päätien liikenteen pysähtymiseen kääntyvän ajoneuvon takia. Tämä lisää liittymäalueen häiriöherkkyyttä ja riskiä onnettomuuksille. Tien käyttäjien ajonopeuksiin vaikuttavat myös maantien pientareen kapeus sekä sisä- ja ulko- luiskien jyrkkyys. Tien kokeminen kapeaksi laskee tien käyttäjien ajonopeuksia, mikä voi johtaa liikenteen ruuhkautumiseen.

Poikkileikkauksen muuttaminen parantamisen menetelmänä on kustannuksiltaan merkittävä toimenpide maantien perusparannushankkeissa. Maantien poikkileikkauksen parantamiseen kohdistuu useita muita kustannustekijöitä, kuin vain levennyksen rakentamisen kustannukset. Näiden muiden kustannustekijöiden, ku-

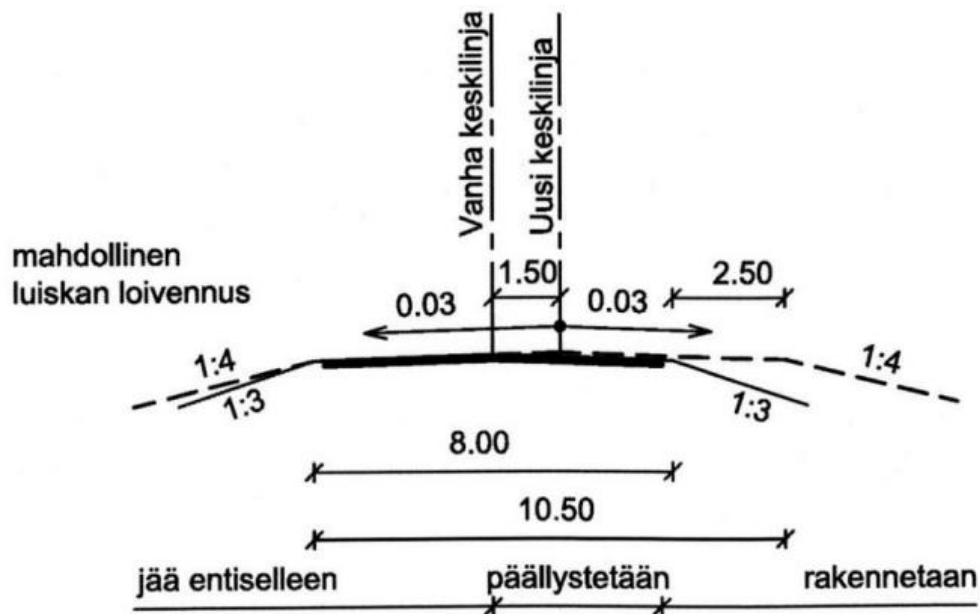
ten turvarakenteiden tai päällysrakenteen vahvistamisen takia voi poikkileikkauksen parantamisen yhteiskustannukset nousta merkittävästi. Myös poikkileikkauksen parantamishankkeiden työnaikaiset liikennejärjestelyt tuottavat oman haasteensa ja siten myös vaikutuksia kustannuksille. Lisäksi poikkileikkauksen parantamisen yhteydessä olisi hyvä tehdä muitakin parannuksia samalla, kuten esimerkiksi parantaa yksipuolisessa leventämisessä tien toisenkin puolen luiskia ja ojia, jolloin kokonaiskustannuksen nousevat.

Maantien poikkileikkauksen parantamista suunnitellessa valitaan päätavoite, jonka perusteella määritetään toimenpide poikkileikkauksen muuttamiselle. Tien parantamisen päätavoitteeksi voidaan valita liikenteen sujuvuuden parantaminen, liikenneturvallisuuden parantaminen tai molempien edellä mainittujen tavoitteiden yhdistelmä. (Väylävirasto 2021a, 62.)

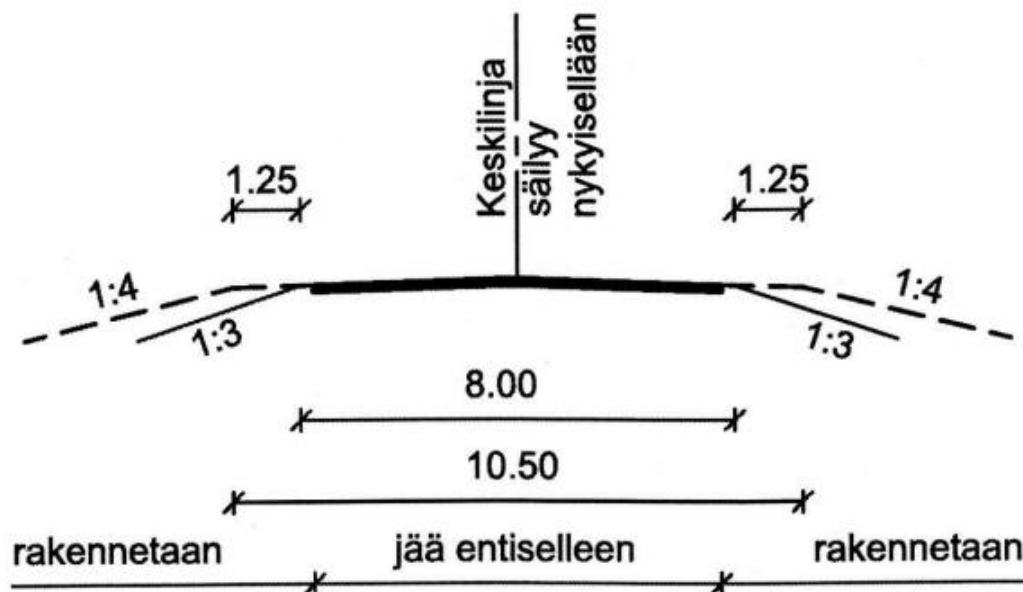
4.2.1 Liikenteen sujuvuuden parantaminen

Maanteillä, joissa liikennemäärät ovat isoja ja niillä on puutteita liikenteen sujuvuudessa, parannetaan nykyistä tietä leventämällä se kaksikaistaisesta joko kolmikaistaiseksi tai nelikaistaiseksi tieksi. Parantaminen nelikaistaiseksi tieksi kuitenkin edellyttää, että maantien geometria ja liittymät soveltuvat nelikaistaiselle tielle tyypilliseen nopeustasoon sekä jalankulku ja pyöräliikenne voidaan siirtää rinnakkaistielle. (Väylävirasto 2021a, 63–64.)

Maanteiden leventämisen toteuttaminen on riippuvainen tien leventämisen tarpeesta sekä alueen maaperäolosuhteista. Maantien leventäminen pyritään lähtökohtaisesti toteuttamaan yksipuolisena, koska silloin työnaikaisista liikennejärjestelyistä johtuvat liikennehäiriöt ovat vähäisempiä. Levennettäessä tietä kuitenkin alle metrillä ja tien sijaitessa pehmeiköllä, on leventäminen kustannustehokkaampaa toteuttaa kaksipuolisena. Kuvioissa 4 ja 5 on havainnollistettu, kuinka maantien leventäminen voidaan toteuttaa yksi- ja kaksipuoleisesti. (Väylävirasto 2021a, 64–65.)



KUVIO 4. Esimerkki poikkileikkaukseltaan 8/7 tien leventämisestä yksipuoleisesti 10,5/7,5 poikkileikkaukseksi (Väylävirasto 2021a, 65)



KUVIO 5. Esimerkki poikkileikkaukseltaan 8/7 tien leventämisestä kaksipuoleisesti 10,5/7,5 poikkileikkaukseksi (Väylävirasto 2021a, 65)

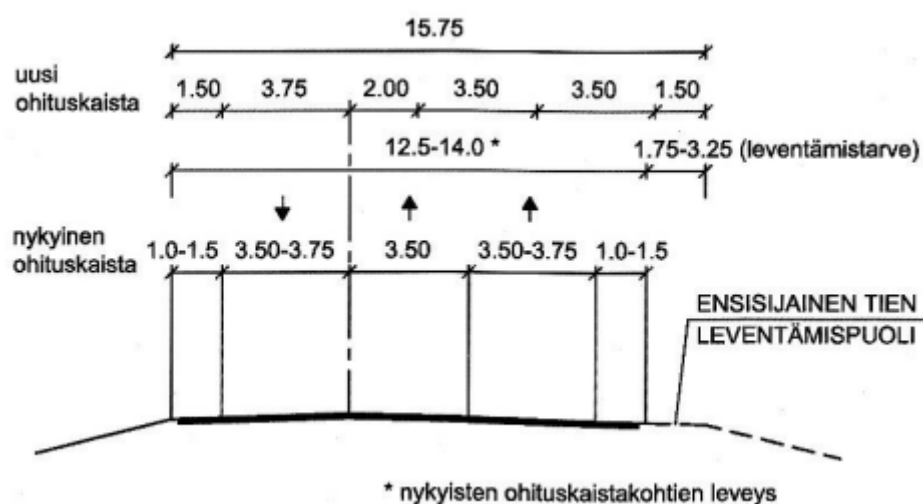
Maanteiden leventämisellä voidaan saavuttaa liikenteen sujuvuuden lisäksi muutakin paranemista. Tien leventämisellä voidaan jonkin verran parantaa liikenneturvallisuutta ja tien kuormituskestävyyttä, hidastaa päällysteen kulumista sekä mahdollistaa korkeampi nopeustaso. Leventämisellä saavutettu väljempi ajotila mahdollistaa ajoneuvojen ajamisen muualla kuin ajouria pitkin, jolloin päällysteen

kuluminen hidastuu ja liikenteen kuormia saadaan vietyä rasittamattomille kohdille tietä. (Väylävirasto 2021a, 62.)

4.2.2 Liikenneturvallisuuden parantaminen

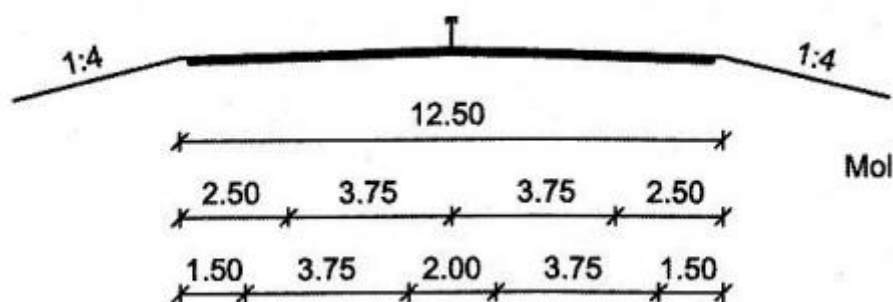
Maantien poikkileikkauksen parannushankkeiden toisena päätavoitteena on liikenneturvallisuuden parantaminen. Liikenneturvallisuutta parannetaan lähtökohteisesti rakentamalla keski- tai tiekaide, toteutetaan pelkkä tien leventäminen tai pehmennetään tien reunaympäristöä. Kaiteita ja reunaympäristön pehmentämistä käsitellään tarkemmin kappaleessa 4.5 Turvallisuutta parantavien rakenteiden rakentaminen.

Maantiet, joille rakennetaan uudet ohituskaistat sujuvuuden tai liikenneturvallisuuden parantamiseksi, tulee ohituskaistalliset osuudet varustaa aina keskikaiteella ja huomioida sen vaatima tila leventämisessä. Vanhoille keskikaiteettomille ohituskaistoille pyritään pääsääntöisesti toteuttamaan keskikaiteen mahdollistava levennys yksipuoleisesti työnaikaisten liikennehaittojen minimoimiseksi kuvion 6 mukaisesti. (Väylävirasto 2021a, 64, 70.)



KUVIO 6. Keskikaiteen rakentamisen mahdollistava keskikaiteettoman ohituskaistallisen tien levennys (Väylävirasto 2021a, 70)

Maanteille voidaan nykyistä poikkileikkausta muokkaamalla mahdollistaa keskikaiteen rakentaminen kaventamalla nykyisiä pientareita esimerkiksi kuvion 7 mukaisesti (Väylävirasto 2021a, 66). Jalankulun ja pyöräilyn oman erillisen väylän puuttuessa tulee pientareiden kaventamisen yhteydessä ottaa huomioon, jääkö päällystetyt pientareet riittävän leveiksi jalankulkijoille ja pyöräilijöille.



KUVIO 7. Peruspoikkileikkauksellisen moottoriliikennetien poikkileikkauksen muuttaminen keskikaiteen rakentamisen mahdollistavaksi (Väylävirasto 2021a, 66)

Vähäliikenteisille teille voidaan toteuttaa pelkkä ajoradan leventäminen, mutta leventäminen parilla metrillä ei yleensä paranna liikenneturvallisuutta merkittävästi suhteessa kustannuksiin. Huomattavasti paremman liikenneturvallisuutta parantavan vaikutuksen saa rakentamalla keskikaiteellisen maantien leventämisen ohella, mutta tämä ei ole vähäliikenteisillä teillä järkevää. Myös ajoradan pientareiden leventämisellä saadaan parannettua jalankulkijoiden ja pyöräilijöiden turvallisuutta, mutta oman erillisen jalankulku- ja pyöräilyväylän rakentaminen on turvallisuuden kannalta kannattavampaa. (Väylävirasto 2021a, 62–64.)

Tien reunaympäristön pehmentäminen tulisi tehdä ainakin levennettävälle puolelle, mutta nykyisellään pysyvän ajokaistan reunaympäristö olisi myös hyvä parantaa, jos siellä on merkittäviä nykyisten ohjeiden vastaisia puutteita. Kyseisiä puutteita voi olla muun muassa tiekaiteen puuttuminen, rumpujen päiden sijainti liian lähellä liittymiä tai liian jyrkät luiskat. Tien poikkileikkaukseen vaikuttavia reunaympäristön parantavia toimenpiteitä ovat muun muassa ojien, leikkaus- ja pengerrakenteiden muotoilu vastaamaan nykyisten ohjeiden arvoja, tiekaiteen rakentaminen sekä ojan levennys ja ulkoluiskan loiventaminen suistumisturvallisuuden parantamiseksi. (Väylävirasto 2021a, 75–76.)

4.3 Tierakenteen parantaminen

Maanteiden rakenteiden puutteista johtuvat vauriot ovat yleensä helposti havaittavia. Vauriot voivat olla päällysteen urautuminen, halkeilu ja reikiintyminen tai painumien sekä kohoumien muodostuminen. Päällysteelle muodostuneet vauriot ovat voineet syntyä monesta eri syystä. Vauriot ovat voineet syntyä roudan tai veden seurauksena, tierakenteen väärästä mitoituksesta, liikennemäärät ovat nousseet yli tierakenteen mitoituksessa käytettyjen liikennemääräarvioiden tai alusrakenne ei kestä liikenteen, päällysrakenteen tai molempien yhteiskuormia.

4.3.1 Rajaus

Tierakenteen parantaminen on laaja käsite, koska melkein kaikki alkuperäiselle tielinjalle tehtävät muutokset voidaan luokitella parantamiseksi. Parantamisena voidaan pitää tilannetta, jossa tien kaikki rakennekerrokset puretaan pois ja rakennetaan uudestaan tai vanhan tien viereen rakennetaan uusi tie, koska vanhalle tielle tehtävien pohjavahvistuksien toteuttaminen johtaisi liikenteen katkaisuun kokonaan. Eli jos tavoitteena tielle tehtäville muutoksille on pitää se mahdollisimman lähellä nykyistä sijaintia, on kyseessä tierakenteen parantaminen. Poikkeuksena on tilanteet, missä maantien taseaus muuttuu kokonaan tai maantien muutoksilla muutetaan tien luokkaa. (Lehtonen 2023.)

Tierakenteen parantamisen laajuuden takia, rajataan rakenteen parantamisena käytettäviä menetelmiä pois tästä työstä. Parantamisen menetelmistä rajataan pois tilanteet, joissa puretaan kaikki vanhat rakennekerrokset, poikkeuksena paikallisten siirtymäkiilojen ja niihin liittyvien hiukan pidempien routamitoitettujen rakenteiden toteuttaminen. Lisäksi rajataan pois pohjavahvistuksien toteuttaminen sekä tapaukset, joissa tien taseausviiva nousee merkittävästi tai laskee, jolloin päällysrakenne tulee tehdä kokonaan uudestaan. (Lehtonen 2023.)

4.3.2 Parannusmenetelmät

Maantien perusparantamismenetelmiä on kuormituskestävyyden parantaminen, halkeamien, reunapainumien sekä routaheittojen ehkäisy. Painumien ja kohoumien ehkäisy vaatii yleensä tierakenteen purkamista kokonaan, eikä siksi niitä käsitellä tässä työssä. Rummuista johtuvia tien painumia ja kohoumia käsitellään kappaleessa 4.9.2 Rummut.

Kuormituskestävyyden parantamisen tarve voi olla tieosuuksilla, jossa on havaittavissa muihin vastaavanlaisiin teihin tai tieosuuksiin nähden nopeampaa vaurioitumista, urissa alkavaa pituushalkeilua tai reunimmaiseta urat painuvat tai halkeilevat sisempiä uria nopeammin. Maantien kantavuutta tulisi parantaa silloin, kun raskaan liikenteen määrän tiedetään kasvavan tieosuudella, tien verkollinen merkitys kasvaa tai kun tierakenteen pidempi käyttöikä halutaan varmistaa. Kuviossa 8 on esitetty tunnistettujen tierakenteen puutteiden kantavuuden parantamisen menetelmiä. (Tiehallinto 2005, 38.)

Vahvistamistarpeen syy	Parantamismenetelmä
Liian ohuet kerrokset	murskenosto ¹⁾ sidottujen kerrosten lisäys ²⁾ stabilointi ³⁾
Rakeisuudeltaan heikko (hiekkavaltainen) kantava kerros	murskenosto ¹⁾ sekoitusjyrsintä lisämurskeella ⁴⁾ stabilointi ³⁾ sidottujen kerrosten lisäys ²⁾ teräs- tai lasikuituverkko ¹⁰⁾
Heikkolaatuinen (vettä sitova) kantava kerros ^{*)}	stabilointi ³⁾ sekoitusjyrsintä + sepelin lisäys ⁵⁾
Vanha päällyste tai vanha saviorakerros alle 0,3 m syvyydessä ^{**) , ei muuta korjaustarvetta}	sekoitusjyrsintä ⁶⁾
Liian jyrkät luiskat, heikko reunakantavuus	luiskien loiventaminen ⁸⁾ ojan putkitus ⁹⁾ teräsverkko ¹⁰⁾ tien leventäminen, vaatii erillisen päätöksen, suunnittelu on esitetty kohdassa 7.
Vesipinta ylhäällä si-vuoajassa	kuivatuksen kunnostaminen kohdan 6.5 mukaisesti murskenosto ¹⁾ lujiteverkko ¹⁰⁾

*) Jos hienoainespitoisuuden rajat korotettuna 1 %- yksiköllä ylittyvät vain kantavan kerroksen ylimmässä 100 mm:ssä, riittää, että stabilointi tai sekoitusjyrsintä ulottuu vain tähän kantavan kerroksen osaan.

Kantavan kerroksen suuri hienoainespitoisuus ei edellytä toimenpiteitä, jos päällyste on kestänyt ehjänä pitkään. Avoin jakava kerros tai kantavan kerroksen mineraalikoostumus on voinut saada aikaan kerroksen nopean kuivumisen tai paksu tiivis päällyste on estänyt kastumisen.

**) Hitaasti vaurioituneilla osuuksilla päällyste on voitu rei'ittää niin, että vesi pääsee sen läpi eikä kerrosta tarvitse enää rikkoa tai poistaa. Sekoitusjyrsintä tehdään niille nopeasti vaurioituneille jaksoille, joilla on yli 50 %:n osuudella pituudesta vanha päällyste alle 0,3:n syvyydellä.

KUVIO 8. Kuormituskestävyyteen vaikuttavia puutteita ja niiden parantamismenetelmiä (Tiehallinto 2005, 46)

Päällysteeseen muodostuneiden pituushalkeamien syynä voi olla esimerkiksi routanousuero, vanhan routivan rakenteen rajakohta tai tierakenteen heikko kantavuus. Pituushalkeamat yleensä korjataan teräsverkolla, jolla saadaan estettyä halkeaman muodostuminen muttei vaurioitumisen syytä. Pituushalkeaman muodostumisen todennäköisyyttä voidaan vähentää leventämällä tietä, loiventamalla luiskia, pienentämällä routanousuja siirtymäkiiloilla tai parantamalla syväkuivautusta, mutta pysyvä korjaus vaatii kokonaan maantien uudelleen rakentamista tai routaeristeitä. (Tiehallinto 2005, 50–51.)

Reunapainumat johtuvat maantien jyrkistä luiskista, liian ohuesta päällysrakenteesta tai levennetyllä tiellä levennyksen alle on jäänyt pehmeitä luiskamassoja

tai puutteellisista pohjavahvistuksista. Pysyvä reunapainuman korjaus saadaan toteutettua reunaosan massanvaihdolla tai teräsverkolla. Lyhyempikestoisena menetelmänä voidaan reunaosa täyttää murskeella tai tehdä bitumistabilointi. Keskeisenä menetelmänä reunapainumien ehkäisemisessä on kuitenkin luiskaloiventaminen, jos se on muun parantamisen yhteydessä mahdollista. (Tiehallinto 2005, 52–53.)

Routaheitot johtuvat routivan pohjamaan ja kallion tai routimattoman pohjamaan rajalla olevien siirtymäkiilojen puutteista tai niiden puuttumisesta kokonaan. Routaheitot korjataan ja ennalta ehkäistään toteuttamalla suunnitteluohjeiden mukaiset siirtymäkiilat routivuudeltaan erilaistan pohjamaiden rajalle. Kalliopinnan ja routivan pohjamaan rajalle toteuttaessa siirtymäkiilaa tulee varmistaa, ettei tien ja kallion väliin jää painanteita, jossa vesi itsessään voisi aiheuttaa routanousua ja ettei kallionpinta ohjaa sivuojen vesiä tierakenteeseen. Siirtymäkiilojen toteuttamisen yhteydessä voidaan myös parantaa sen läheisyydessä olevaa tierakennetta vastaamaan paremmin routamitoitusta. (Tiehallinto 2005, 58.)

4.4 Liittymien parantaminen ja rakentaminen

Liittymiä käsitellään maanteiden parantamishankkeissa omina kokonaisuuksina, mutta niiden parantamista voidaan pitää kustannuksiltaan merkittävänä toimenpiteenä maanteiden perusparannushankkeissa. Liittymäalueiden leventäminen, liittymätyypin vaihto tai täysin uuden liittymän rakentaminen ovat kustannuksiltaan kalliita ja erityisesti vilkkailla liittymillä työnaikaset liikennejärjestelyt aiheuttavat ongelmia. Yksityistie- ja maatalousliittymien katkaisemisen seurauksena yksityistie- ja maatalousliittymille tulee rakentaa uudet rinnakkaistieyhteydet, joilla ne saadaan liitettyä yhden liittymän kautta maantielle.

4.4.1 Liittymäalueen parantaminen

Liittymien parantamisen tarpeeseen liittyy useita tekijöitä, joita ovat muun muassa onnettomuuksille altistava liittymän tyyppi, maantien nykyinen ja ennustettu liikennemäärä, raskaan liikenteen osuus liikennemäärästä sekä liittymän sijainti.

Väistötilojen, kääntymis- ja erkanemiskaistojen sekä liittyvän liikenteen lisäkaistojen puute tai puutteellisuudet niissä, alentavat liikenteen sujuvuutta ja lisäävät onnettomuusriskiä liittymäalueilla. Liittymäalueiden sijainnista johtuvat ongelmat voidaan korjata maantien geometrian parantamisella, liittymäalueen ympäristön parantamisella tai rakentamalla liittymä uuteen paikkaan.

4.4.2 Liittymien poisto

Maanteillä, joilla on paljon sekä yksityistie- ja maatalousliittymiä sekä päätien liikennemäärät ovat suuret, aiheuttavat kääntyvät ajoneuvot haittaa päätien liikenteelle ja nostavat häiriöherkkyyttä. Näille tieosuuksille parantamistoimenpiteenä on vähentää yksityistie- ja maatalousliittymiä. Katkaistuille yksityistie- ja maatalousliittymille rakennetaan uudet yhteydet rakennettavien rinnakkaisteiden kautta, jolloin lukuiset yksityistie- ja maatalousliittymät saadaan liitettyä maantiehen yhden liittymän kautta

4.4.3 Vilkkaut tasoliittymät

Tasoliittymät, joissa liittyvällä liikenteellä on erityisen huonot liittymisnäkemät, maantielle liittyminen tai maantieltä vasemmalle kääntyminen on haasteellista, selvitetään liittymäalueen parantamisen mahdollisuus riittävän turvallisuuden tai sujuvuuden saavuttamiseksi. Jos liittymäalueen parantaminen ei ole mahdollista, tulee selvittää uuden liittymän rakentamisen mahdollisuus uuteen paikkaan. Eritäin vilkkaille ja merkityksellisille tasoliittymille voidaan selvittää eritasoliittymän mahdollisuus liittymäalueen parantamisena, mutta tämä toimenpide on harvinaisen.

4.4.4 Liittymän toimivuus

Kääntyvien ajoneuvojen aiheuttaessa haittaa päätien liikenteelle, mutta oman erillisen kääntyvien kaistan rakentaminen ei ole tarpeellista, voidaan liittymäalu-

etta leventää väistötilan mahdollistavaksi. Avoimia liittymiä voidaan parantaa leventämällä liittyvän tien osuutta ja rakentamalla tielle tulppasaareke. Vilkkaille maanteille, tai kun liittymä on erityisesti raskaan liikenteen käyttämä, voidaan liittymäaluetta parantaa leventämällä se kanavoiduksi liittymäksi. Oikealle kääntyvän liikenteen määrän mukaan voidaan liittymää vielä parantaa rakentamalla erillinen kääntymiskaista oikealle. Nykyisten kanavointien ja kääntymiskaistojen puutteita korjataan parantamalla ne vastaamaan nykyisiä suunnitteluohjeita.

4.4.5 Tasoliittymän sijainti

Tasoliittymien sijainti voi aiheuttaa liittymäalueen parantamisen tarvetta, jos liittymä sijaitsee mäen huipun takana, jyrkän mäen alla tai jyrkkien kaarteiden läheisyydessä. Sijainnista johtuvat puutteet haittaavat sekä maantien liikenteen näkemää liittymään, että liittyvän liikenteen liittymisnäkemää. Liittymäalueen jyrkkä pituuskaltevuus voi tuottaa ongelmia raskaalle liikenteelle. Jyrkkä pituuskaltevuus talviliukkailla voi johtaa siihen, että raskaat ajoneuvot jäävät liittymään jumiin pysähtymisen seurauksena. Tällaisia jyrkkiä liittymiä voidaan parantaa joko muuttamalla maantien ja liittyvän tien geometriaa, parantamalla liittymän näkemäaluetta, rakentamalla liittyvälle tielle odotustila tai rakentamalla uusi liittymä olosuhteiltaan parempaan paikkaan.

4.4.6 Eritasoliittymät

Eritasoliittymien parantamistoimenpiteet kohdistuvat yleisimmin ramppiliittymien parantamiseen. Ramppiliittymä voi olla geometrialtaan liian jyrkkä, mikä lisää suistumisonnettomuuksien riskiä liukkaalla kelillä. Ramppiliittymien liittymiskais-tojen puute tai niiden puutteellinen pituus vaikeuttaa maantielle liittymistä, ja heikentää sekä rampin että maantien liikenteen sujuvuutta kuin myös liikenneturvalisuutta. Lisäksi maanteiden erkaantumiskaistojen puute tai puutteellinen pituus vaikeuttaa erkaantumista maantieltä, mikä vaikuttaa heikentävästi maantien liikenteen sujuvuuteen.

Ramppiliittymien geometrian ja pituuden parantamiseksi tulee ramppiliittymän vaakageometria pyrkiä suunnittelemaan uusiksi vastaamaan nykyisten suunnitteluohjeiden mukaisia arvoja. Liittymis- ja erkaantumiskaistojen puutteiden korjaamiseksi joko rakennetaan uudet ohjeiden mukaiset kaistat tai parannetaan olemassa olevia vastaamaan toimivuustarkastelujen ennustevuoden liikennemäärien mukaisia suunnitteluohjeiden arvoja.

4.5 Uuden jalankulku- ja pyörätie rakentaminen

Maanteiden pientareita käyttäville jalankulkijoille ja pyöräilijöille voi tulla tarpeen rakentaa oma erillinen jalankulku- ja pyörätie maantien läheisyyteen. Perusteina erillisen jalankulku- ja pyörätien rakentamiselle voi olla:

- maantien liikennemäärä
- maantien liikenteen sujuvuuden parantaminen
- maantien poikkileikkauksen muuttaminen
- pientareiden leventämisen haasteellisuus ja kustannustehottomuus
- jalankulun ja pyöräilyn turvallisuuden parantaminen
- maankäytön tukeminen
- nykyisen jalankulku ja pyöräliikenteen verkon täydentäminen

Jalankulun ja pyöräilyn vaikuttaessa laskevasti maantien ajoneuvoliikenteen sujuvuuteen, selvitetään sujuvuuden parantamisen toimenpide tien leventämisen ja erillisen jalankulku- ja pyöräilyväylän välillä. Vilkkaasti liikennöidyillä, raskaan liikenteen käyttämillä sekä korkean nopeusrajoituksen maanteilla jalankulun ja pyöräilyn oman väylän rakentamisella saavutetaan turvallisuuden ja mukavuuden kannalta parempi lopputulos. Tien leventämisellä voidaan saavuttaa jalankulun ja pyöräilyn turvallisuuden paraneminen, mutta varsinkin vilkkailla maanteilla leventämisen vaikutukset jäävät pieniksi. (Väylävirasto 2021a, 62–64.)

Maantien toimiessa koululaisten ja säännöllisen työmatkaliikenteen kulkureittinä, tulee jalankulkijoiden ja pyöräilijöiden määrän perusteella arvioida tarvetta erilliselle jalankulku- ja pyörätielle. Erityisesti koulujen läheisyydessä on liikenneturvallisuuden kannalta parempi rakentaa oma väylä jalankululle ja pyöräilylle.

Tienvarrella sijaitsevien haja-asutusalueiden pientareella liikkuvien jalankulkijoiden ja pyöräilijöiden turvallisuus vaarantuu, jos maantien geometria vaikuttaa heikentävästi tien käyttäjien näkemiin. Jos geometrian parantaminen ei ole mahdollista, tulee selvittää erillisen jalankulku ja pyöräilytien toteuttamisen mahdollisuus liikenneturvallisuuden parantamiseksi. Maanteillä, joilla on tapahtunut useita jalankulun ja pyöräliikenteen onnettomuuksia ajoneuvoliikenteen kanssa, tulee tarkastella oman väylän rakentamisen tarvetta onnettomuuksien ennaltaehkäisemiksi.

Erillisen jalankulku- ja pyöräilyväylän rakentamisella voidaan myös mahdollistaa yhteyden luominen nykyisten jalankulku- ja pyöräilyväylien välille. Tällöin saadaan parannettua seudullista jalankulun ja pyöräilyliikenteen verkkoa. (ELY-keskus 2018.)

4.6 Jalankulun ja pyöräliikenteen olosuhteiden parantaminen leventämällä maantietä

Edellisessä kappaleessa käsitelty erillisen jalankulun ja pyöräilytien toteuttaminen ei kuitenkaan ole aina mahdollista. Maantien ympäristö voi olla esimerkiksi erilliselle jalankulku ja pyörätielle sopimatonta, tiealuetta ei ole mahdollista levenittää tai erilliselle tielle ei saada rahoitusta. Tällöin liikenteen sujuvuuden ja jalankulkijoiden sekä pyöräilijöiden turvallisuuden parantamiseksi selvitetään, onko tien leventäminen tai ajoradan kaventaminen mahdollista. Etenkin rakentamattomilla alueilla tilan riittävydestä huolimatta suositetaan ajoradan kaventamista kustannussyistä liikennemäärien ja ajonopeuksien salliessa (Väylävirasto 2020b, 63).

Poikkileikkauksiltaan vähimmäistasoiset maantiet eivät täytä päällystettyjen pientareiden osalta nykyisien ohjeiden vaatimuksia jalankulkijoiden ja pyöräilijöiden turvallisuudeksi takaamiseksi, jolloin päällystettyä piennarta tulee levenittää. Taulukossa 1 on esitetty päällystetyn pientareen suositeltavia ja ohjeellisia leveyksiä nopeustason ja liikennemäärän perusteella. Taulukon arvoista poiketaan käyttä-

mällä suurempaa leveyttä, kun raskaan liikenteen määrä on yli 15 % liikennemäärästä tai haastavan tiegeometrian takia. Kuitenkin jalankulun ja pyöräliikenteen määrän ollessa yli 100 yksikköä/vrk, tulee päällystetyn pientareen olla aina vähintään 0,75 m alle 4000 ajon/vrk teillä ja vähintään 1,25 m yli 4000 ajon/vrk. (Väylävirasto 2020b, 62–63.)

TAULUKKO 1. Yksiajorataisten teiden päällystetyn pientareen leveys (Väylävirasto 2020b, 63)

Tien toiminnallinen luokka ja suunnittelunopeus	Ennustettu autoliikenteen määrä (ajon./vrk)	Suositeltava päällystetyn pientareen leveys (m)	Yksiajorataisen tien ohjeellinen päällystetty pientareen leveys (m)
Valta- ja kantatie, 100 km/h	Ei merkitystä	1,25	1,25
Valta- ja kantatie, 80 km/h	> 4000	1,25	1,25
	< 4000	1,25	0,75
Seututie, 100 km/h	> 4000	1,25	1,25
	< 4000	≥ 1,0	0,75
Seututie, 80 km/h	> 4000	≥ 1,0	0,75
	< 4000	1,0	0,25
Seututie, 60 km/h	> 4000	1,0	0,5
	< 4000	0,25	0,25
Yhdystie, 80 km/h	> 4000	≥ 1,0	0,25
	< 4000	1,0	0,25
	< 1500	0,25	0,25
Yhdystie, ≤ 60 km/h	> 1500	0,25	0,25
	< 1500	0,25	0,25

4.7 Turvallisuutta parantavien rakenteiden rakentaminen

Maanteillä tapahtuvia kohtaamis-, suistumis- ja yksittäisonnettomuuksia voidaan ennaltaehkäistä rakentamalla maanteille liikenneturvallisuutta parantavia rakenteita. Maanteille voidaan tehdä myös reunaympäristön pehmentämistä, jolla voidaan lieventää onnettomuuksien vakavuutta. Turvallisuutta parantavien rakenteiden rakentamisen ja reunaympäristön pehmentämisen toteuttamiseksi voi olla tarpeen muuttaa maantien poikkileikkausta, jota on käsitelty tarkemmin poikkileikkauksen parantamista käsittelevässä kappaleessa 4.2 Poikkileikkaus.

Turvallisuutta parantavien rakenteiden rakentaminen on kustannuksiltaan merkittävä toimenpide maantien perusparannushankkeissa. Keski- ja tiekaiteet ovat rakennuskustannuksiltaan kalliita rakenneosia ja niiden rakentamiseksi täytyy myös muokata maantien poikkileikkausta. Reuna-alueen pehmentäminen itsenäisenä hankkeena ei ole kustannustehokasta toteuttaa ja se olisi parempi tehdä jonkin muun parantamisen ohella ollakseen kustannuksien osalta kannattavaa (Väylävirasto 2021a, 76).

4.7.1 Keskikaide

Vastakkaisiin suuntiin ajavat liikennevirrat voidaan erottaa keskikaiteella kohtausonnettomuuksien, sekä vasemmalle suistumisen estämiseksi. Keskikaiteella voidaan myös estää mahdollisuus ohittamiselle, jos tieosuudella on tapahtunut paljon ohitusonnettomuuksia. (Tiehallinto 2003, 8.)

Keskikaiteen etuna leveään keskimerkintään ja tärinäviivaan on vastakkaisien liikennevirtojen kohtaamisen estäminen täysin, kun leveällä keskimerkinnällä ja tärinäviivalla kohtaamisen estäminen jää lopulta kuljettajien vastuulle. Keskikaiteen rakentaminen on kuitenkin kustannuksiltaan huomattavasti kalliimpi toimenpide, varsinkin silloin kun maantien nykyiseen poikkileikkaukseen pitää tehdä muutoksia keskikaiteen rakentamisen mahdollistavaksi. Suunniteltaessa keskikaiteen rakentamisen tarvetta, tulee verrata sen toteuttamisen kustannuksia sillä saavutettavaan turvallisuusvaikutukseen. Nykyisissä ohjeissa kuitenkin määrätään, että uudet ohituskaisaosuudet tulee aina varustaa liikennevirrat erottavalla keskikaiteella. (Väylävirasto 2021a, 63–64.)

4.7.2 Tiekaide

Tiekaiteen asettamisen tarpeen määrittää maantien turvallisuusalue, joka määritellään suunnitteluohjeissa seuraavalla tavalla:

Turvallisuusalue määritellään turvaetäisyyksien perusteella. Turvaetäisyydellä tarkoitetaan etäisyyttä tien reunasta tai sisäluiskan ala-

reunasta vaaralliseen kohteeseen, jonka matkalla suistunut ajoneuvo suurella todennäköisyydellä pysähtyy tai nopeus hidastuu niin paljon, että törmäys esteeseen tapahtuu vaarattomalla nopeudella. (Väylävirasto 2021a, 44.)

Lisäksi ”vaatimuksena on, että jos törmäyksessä vaarallinen este jää turvallisuusalueelle, eikä sitä voida siirtää tai tehdä törmäysturvalliseksi, tulee tien reunaan asettaa kaide”. (Väylävirasto 2021a, 44.)

Maantien nopeustason, liikennemäärän tai molempien nousemisen seurauksena sen turvallisuusalueen turvaetäisyyden vaatimus nousee. Uuden turvaetäisyyden seurauksena ennen sen ulkopuolella olleet vaaralliset esteet ovat nyt sen sisäpuolella ja ne tulee suojata. Tällainen voi olla esimerkiksi sillan pilari tai maatuki.

Tiekaiteen asettaminen voi tulla kyseeseen myös silloin, kun turvaetäisyyden sisäpuolella on törmäyssuojaamattomia valaisin- ja sähköpylväitä, portaaleja tai muita liikenneturvallisuutta vaarantavia esteitä (Väylävirasto 2021a, 49–51). Tässä tilanteessa tulee kuitenkin selvittää, onko tiekaidetta tien reuna-alueen tilan suhteen mahdollista toteuttaa, tai onko kustannustehokkaampaa vaihtaa törmäysturvattomat pylväät törmäysturvallisiin.

Ennen vuotta 1995 rakennettujen teiden kallioleikkauksien kallioluiskat on toteutettu maanteillä 3 metrin etäisyydelle tien reunasta. Alhaisten nopeustasojen sekä vähäisien liikennemäärien maanteillä 3 metrin turvaetäisyys riittää kallioleikkauksissa, mutta nopeustason tai liikennemäärien nousemisen seurauksena vaatimus turvaetäisyydelle on vähintään 5 metriä. Kallioleikkaus voidaan tässä tapauksessa parantaa tiekaiteelliseksi kallioleikkaukseksi, sillä tiekaiteellista kallioleikkausta pidetään yhtä turvallisenä kuin vähintään 5 metrin turvaetäisyyttä. Kallioleikkaus voidaan kuitenkin muuttaa kaiteelliseksi kallioleikkaukseksi liikennemäärästä ja suunnittelunopeudesta riippumatta, jos sillä saavutetaan kustannuksien osalta huomattava liikenneturvallisuuden parantuminen. Edellytyksenä tiekaiteen asettamiselle kallioleikkaukseen on, että kallioleikkaukseen mahtuvat kaidetila, tarpeen mukainen sivuoja sekä kaidetuotteen määritelty joustovara. (Väylävirasto 2021a, 30, 36, 47, 77.)

Maantien läheisyydessä voi olla rakennuksia ja muita alueita, joissa voi olla kerralla suuria ihmismääriä, sekä rinnakkaisia vilkasliikenteisiä teitä. Näiden suhteen on tiekaiteen tarvetta tarkasteltava tilannekohtaisesti riittävän turvallisuuden takaamiseksi. Vaikka edellä mainituilla kohteilla sovelletaan 1,5-varmuuskerrointa turvaetäisyydelle, voi tiekaiteen asettaminen olla turvallisuuden kannalta suositeltavaa. (Väylävirasto 2021a, 45.)

4.7.3 Valaistus

Maanteiden valaistuksen parantaminen voidaan perustella joko maantien liikennemäärien kasvamisella tai liikenneturvallisuuden parantamisella. Liikennemääriin perustuvassa valaistuksen parantamisessa maantien liikennemäärä on noussut yli taulukossa 2 osoittaman liikennemäärän, ja tällöin valaistuksen toteuttaminen on liikennetaloudellisesti kannattavaa. Liikennetaloudellisuuden kannattavuus perustuu tien henkilövahinko-onnettomuusasteeseen. Valaistuksen parantaminen on silloin kannattavaa, kun valaistuksen kustannuksilla saadaan tehtyä säästöä onnettomuuskustannuksiin verrattuna. (Liikennevirasto 2015, 12–13, 120–121.)

TAULUKKO 2. Liikennemäärät, joilla tievalaistuksen toteuttaminen on liikennetaloudellisesti kannattavaa (Liikennevirasto 2015, 12)

Tieluokka	KVL (ajon/d)	
Kaksiajorataiset valta- ja kantatiet		
Moottoritie	40 000	
Nelikaistainen keskialueellinen tie tasoliittymin	20 000	
Nelikaistainen keskikaiteellinen tie	34 000	
Keskikaiteellinen ohituskaistatie	23 000	
Yksiajorataiset tiet	Liittymätiheys (kpl/km) *	
	2	5
Valta- ja kantatie	7 000	3 000
Seutu- ja yhdystie	2 500	1 500

* ei sisällä maatalousliittymiä

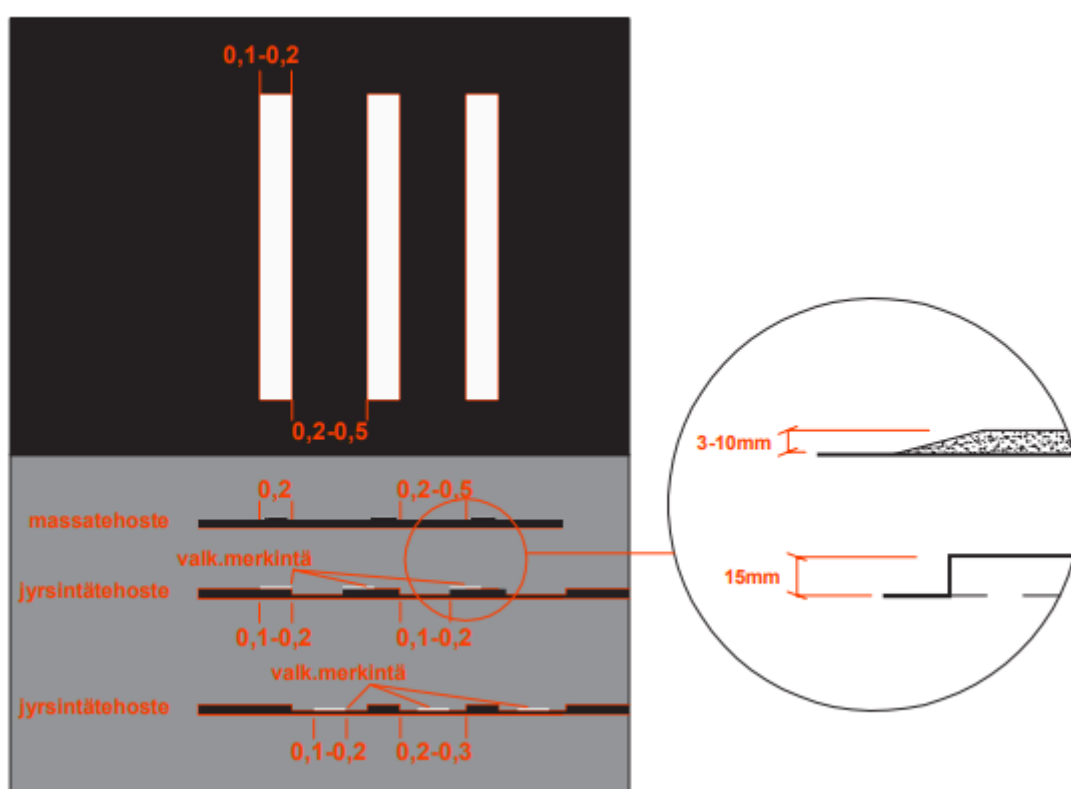
Valaistuksen parantamisen vaikutuksista liikenneturvallisuuteen Tiehallinto teetti vuonna 2004 selvityksen Tievalaistuksen vaikutus liikenneturvallisuuteen ja ajonopeuksiin. Selvityksessä verrattiin 1990-luvulla rakennettujen tievalaistuksien vaikutusta liikenneonnettomuuksiin kolme vuotta ennen valaistuksen rakentamista ja kolme vuotta rakentamisen jälkeen. Selvityksessä käytetty aineisto rajattiin normaaleihin kaksikaistaisiin teihin, joissa liikennemäärä oli vähintään 1500 ajon/vrk. Selvityksen lopputulos oli, että pelkällä tievalaistuksen parantamisella henkilövahinko-onnettomuudet vähentyvät noin 17 % ja kaikki onnettomuudet noin 11 %. Valaistuksen parantamisella pimeään ajan onnettomuudet vähentyvät henkilövahinko-onnettomuuksien osalta 45–55 % ja kaikkien onnettomuuksien osalta 30–40 %. Tiehallinnon selvityksen lopputuloksesta voidaan todeta, että valaistuksen parantamisella on merkittävä vaikutus liikenneturvallisuuden parantumiseen.

Maantien parantamisena toteutettuja uusia keskikaiteellisia ohituskaistaosuuksia ei ole tarpeen valaista, koska valaistuksella saatu lisähyöty onnettomuuksien ehkäisyyn keskikaiteen lisäksi voi jäädä pieneksi. Kuitenkin jos keskikaiteellinen ohituskaistatie alkaa tai loppuu lähellä valaistua liittymää, on valaisemisen jatkaminen keskikaiteen alusta ja lopusta liittymään asti edukasta keskikaiteen havaittavuuden kannalta. (Tiehallinto 2003, 22.) Keskikaiteen alun ja lopun valaiseminen voidaan toteuttaa myös silloin, jos valaistuksen toteutuskustannukset todetaan kohtuullisiksi, valaistuksella parannetaan merkittävästi keskikaiteellisen osuuden havaittavuutta ja hankekohtaisesti ei ole sovittu muuta (Liikennevirasto 2015, 58).

Valaistuksen parantamisessa tulee kuitenkin ottaa huomioon valaisinpylväiden sijoittaminen tiealueelle siten, etteivät valaisinpylväät itsessään toimi vaaraa aiheuttavana tekijänä. Törmäysturvattomat valaisinpylväät tulee sijoittaa keskikaiteen, tiekaiteen tai muun suojarakenteen taakse. Väyläviraston Tien valaisinpylväiden ja jalustojen laatuvaatimukset 21.12.2022 ohjeen kriteerien täyttämät törmäysturvalliset valaisinpylväät voidaan sijoittaa tien reunaan ilman erillisiä turvarakenteita.

4.7.4 Heräteraita ja täristävä jysintä

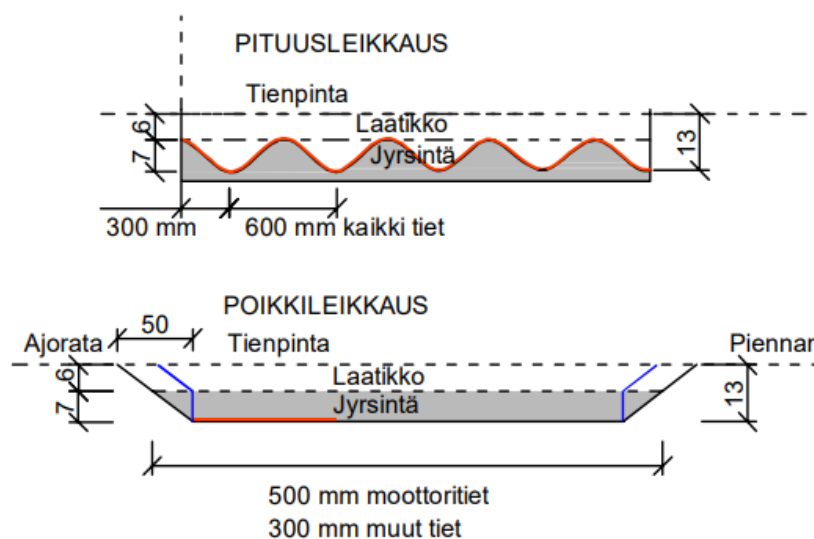
Maanteiden osuuksilla, joissa liikenteen halutaan noudattavan erityistä tarkkaavaisuutta ja huomiota ajonopeuteen, voidaan tielle tehdä tiemerkintämassasta heräteraidat. Heräteraidoilla voidaan myös tehostaa väistämisvelvollisuutta, korostaa muuttunutta nopeusrajoitusta tai liikenneympäristön mahdollisista yllättävistä vaaratekijöistä, esimerkiksi lapsista. Heräteraitojen vaikutusta voidaan tehostaa ääntä ja tärinää aiheuttavan jysinnän avulla. Kuviossa 9 on esitetty heräteraidan ja eri jysintätehostuksien toteuttamisen periaatteet.



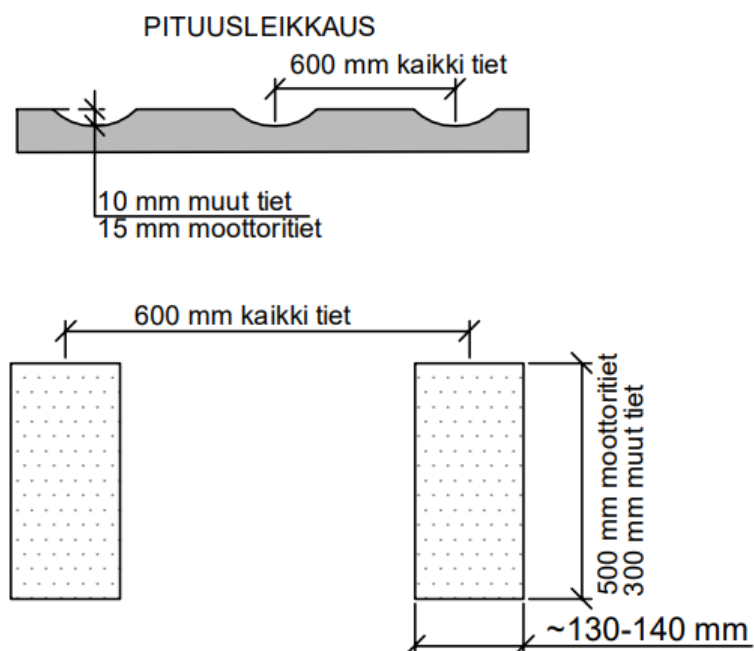
KUVIO 9. Heräteraidan ja kahden tehostejysinnän toteuttamisen periaate (Väylävirasto 2020c, 41)

Keski- tai tiekaiteiden toteuttaminen maanteille ei välttämättä ole mahdollista korkeiden kustannuksien takia tai jos tien poikkileikkaukselle ei voida tehdä muutoksia. Liikenneturvallisuutta voidaan parantaa kohtaamis- ja suistumisonnettomuuksien osalta kaiteita edullisemmilla täristävillä jysinnöillä keski- ja reunavii-van yhteyteen. Täristävällä jysinnällä voidaan vähentää kohtaamis- ja suistumisonnettomuuksia 10 % vain murto-osalla kaiteiden toteuttamisen kustannuksista

(Väylävirasto 2021a, 63). Täristävän jysynnän käyttöä voi kuitenkin rajoittaa pien-narta käyttävien pyöräilijöiden määrä, koska jysynnat vaikuttavat pyöräilijöiden ajomukavuuteen ja turvalliseen. Täristävä jysyntä toteutetaan joko siniaaltojysyntänä (kuvio 10) tai sylinterijysyntänä (kuvio 11).



KUVIO 10. Siniaaltojysynnän toteuttamisen pituus- ja poikkileikkaus (Väylävirasto 2020c, LIITE 5)



KUVIO 11. Sylinterijysynnän toteuttamisen pituusleikkaus, välimitta sekä leveys (Väylävirasto 2020c, LIITE 5)

Täristävän jyrinnän toteuttaminen liikenneturvallisuutta parantavana toimenpiteenä on kannattavaa silloin, kun maantien liikennemäärä on kasvanut merkittävästi. Keskiviivan yhteyteen tulee toteuttaa jyrintä, kun tien liikennemäärä ylittää 2 000 ajon/vrk. Ehtona keskiviivan yhteyteen toteutettavalle jyrinnälle on päällysteen 7,5 metrin vähimmäisleveys. Tien reunaviivan yhteyteen tulee toteuttaa jyrintä, kun tien liikennemäärä ylittää 4 000 ajon/vrk. Reunaviivan yhteyteen toteutettavaa jyrintää kuitenkin rajoittaa päällystetylle pientareelle jätettävän, vähintään 0,75 metrin levyisen kaistan jääminen pyöräilijöille. Jyrintä voidaan tarvittaessa toteuttaa kapeampana, jotta edellä mainittu ehto täyttyy. (Väylävirasto 2020c, LIITE 5.)

4.7.5 Riista- ja suoja-aita

Liikenneturvallisuuden parantamisen osa-alueena on eläinonnettomuuksien ennaltaehkäiseminen riista-aitojen avulla. Eläinonnettomuuksista eniten onnettomuuksia aiheuttaa hirvieläimet ja henkilövahinkoihin johtaneiden hirvieläinonnettomuuksien perusteella arvioidaan riista-aidan toteuttamisen tarve. Suunniteltaessa riista-aidan toteuttamista, priorisoidaan ne tieosuudet, joilla on tapahtunut normaalia enemmän henkilövahinkoihin johtaneita onnettomuuksia. Priorisoinnissa painotetaan onnettomuuksien määrää ja vakavuutta. (Väylävirasto 2022, 10–11.)

Riista-aitojen tehokkuuden arvioinnissa huomioidaan tieosuuden liittymien määrä, koska liittymäkohtien aukot vähentävät aidan tehokkuutta. Alle 2 kilometrin pituisella riista-aidalla on vain 10—30 % alentava vaikutus eläinonnettomuuksiin, kun yli 5 kilometrin pituisella yhtenäisellä aidalla vaikutus on 70—80 %. Riista-aitojen tehokkuutta voidaankin parantaa tilanteen mahdollistaessa katkaisemalla yksityistie- ja maatalousliittymiä, jolloin saadaan pidempiä yhtenäisiä aitaosuuksia. (Väylävirasto 2022, 10–11.)

Tien ylittämisen tai alittamisen mahdollistavien rakenteiden puuttuminen laskee riista-aitojen tehokkuutta, kun eläimet etsivät aidasta aukkoja kulkunsa mahdollistamiseksi. Maantien ylittämisen tai alittamisen mahdollistamiseksi voidaan to-

teuttaa vihersiltoja tai tien alittavia kuivapolkuja. Vihersiltojen ongelmana kuitenkin on niiden suuret kustannukset, koska niiden tulee olla riittävän leveitä että eläimet uskaltavat käyttää niitä. Myös olemassa olevia siltoja ja alikulkuja voidaan hyödyntää eläinten kulkureittien luomisessa. (Väylävirasto 2022, 10–11.)

Putoamista estävien suoja-aitojen toteuttaminen maantien yhteyteen voi tulla kyseeseen silloin, kun maantien geometriaa tai poikkileikkausta on muutettu ja sen reuna-alueille on muodostunut vaarallisia luiskia tai jyrkänteitä. Suoja-aidan toteuttamiselle voi tulla tarve myös silloin, jos koulun tai asutuksen läheisyyteen kaivetaan uusi oja, josta seuraa ilmeistä vaaraa lapsille (Väylävirasto 2020, 34).

4.7.6 Reunaympäristön pehmentäminen

Maanteiden liikenneturvallisuutta voidaan parantaa myös siten, että pehmentään tien reunaympäristöä. Reunaympäristön pehmentämisellä pyritään vaikuttamaan tieosuudella tapahtuvien onnettomuuksien vakavuuteen. Oikein toteutulla reunaympäristön pehmentämisellä voidaan tehokkaasti ennaltaehkäistä henkilövahinkoihin johtavia liikenneonnettomuuksia.

Reunaympäristön pehmentämisen yhtenä menetelmänä on nykyisten tiekaiteiden parantaminen. Vanhat, nykyisten ohjeiden ja standardien vastaiset kaiteet vaihdetaan uusiin nykyisen vaatimustason kaiteisiin. Muuten vaatimusten mukaisissa kaiteissa voi myös olla puutteita niiden pituudessa tai alkuviisteissä, jolloin kaidetta tulee jatkaa ja lisätä ohjeiden mukainen alkuviiste. Kaiteiden alkuviiste voidaan myös vilkasliikenteisillä teillä korvata kokoon painuvalla kaiteen päällä. (Tiehallinto 2001, 20.)

Tiealueeseen kuuluvien esteiden pehmentäminen on olennainen osa reunaympäristön parantamista. Näitä tiealueeseen kuuluvia esteitä ovat muun muassa

- liikennemerkkit
- opastustaulut
- valaisin-, puhelin- ja sähköpylväät
- siltapilarit

- portaalit
- sähkökaapit ynnä muut laitteet

Liikennemerkeille, opastustauluille ja pylväille tehtävät toimenpiteet voivat olla vaihtamalla niiden teräs- tai puupylväät törmäysturvallisiin ratkaisuihin, siirtämällä ne riittävän etäälle tien reunasta tai rakentamalla kaide niiden kohdalle. Sillan pilareiden ja törmäyssuojaamattomien portaalien kohdalla käytetään lähtökohtaisesti pehmentämistoimenpiteenä kaidetta, mutta ellei riittävän pitkän kaitteen toteuttaminen ole mahdollista, voidaan pilarin tai portaalin eteen asettaa törmäysvaimennin. (Tiehallinto 2001, 20–21.)

Maantien turvaetäisyyden kasvaminen nopeustason tai liikennemäärien suurenemisen seurauksena, tiealueella on uusia esteitä, joihin tulee puuttua liikenneturvallisuuden parantamiseksi. Toimenpiteisiin johtavia esteitä ovat puusto, kannot ja kivet, ja ensisijaisesti nämä esteet pyritään poistamaan. Jos poistaminen ei ole mahdollista tai kannattavaa, voidaan niiden kohdalle toteuttaa kaide.

Reunaympäristön pehmentämistä voidaan myös toteuttaa tien poikkileikkausta muuttavilla toimenpiteillä. Maantien leventämisen yhteydessä toteutettavia pehmentämistoimenpiteitä on ojien sekä leikkaus- ja pengerosuuksien muotoilu vastaamaan nykyisten ohjeiden vaatimuksia. Tieosuuksille, joille ei tehdä tien reunan leventämistä, voi tulla tarpeelliseksi selvittää tiealueen leventämisen tarve reunaympäristön pehmentämisen mahdollistamiseksi. Pehmentäminen toteutettaisiin kuten tien reunan leventämisessä, tai leventämällä ojan pohjaa 1 metrin levyiseksi ja loiventamalla ulkoluiskaa 1:3 kaltevuuteen. Tällä menetelmällä saavutetaan yhtä turvallinen lopputulos kuin ojien sekä leikkaus- ja pengerosuuksien parantamisella, mutta edullisemmin. Maantien sisä- ja ulkoluiskien parantamisella voidaan saavuttaa tilanne, jolloin vanhoja kaiteita ei enää tarvita ja ne voidaan poistaa. (Väylävirasto 2021a, 75—76.)

Liittymäalueiden reunaympäristön pehmentäminen voidaan toteuttaa katkaisemalla yksityistie- ja maatalousliittymiä. Liittyvien teiden pengerluiskaan törmäminen suistumistilanteessa lisää riskiä vakaville onnettomuuksille, joten liittymien vähentämisellä ja pehmentämisellä saadaan parannettua liikenneturvallisuutta.

Jäljelle jäävien liittymien luiskat tulee muotoilla tarvittaessa loivemmiksi sekä siirtää liittymärummut kauemmaksi päätiestä. (Väylävirasto 2021a, 75—76.)

Kallioleikkauksissa reunaympäristön pehmentäminen toteutetaan avartamalla kallioleikkausta, rakentamalla 1 metrin korkuinen ulkoluiska tai asettamalla tiekaide (Tiehallinto 2001, 20–22). Vaihtoehtoista ulkoluiskan tai tiekaiteen toteuttaminen on edullisempia, nopeampia sekä liikenteen häiriön suhteen edukkaampia vaihtoehtoja, mutta niitä rajoittaa kallioleikkauksen tila. Kallioleikkauksen avartamisen etuna on kuitenkin leikkauksen leventämä tila siten, että tulevaisuudessa luiskan tai kaiteen toteuttaminen on mahdollista.

4.8 Kuivatuksen parantaminen

Kuivatuksella on merkittävä vaikutus maanteiden kunnon säilymiseen hyvänä sekä sen tavoitellun käyttöiän ylläpitämisessä. Epäonnistuneen kuivatuksen seurauksena maantien kantavuus heikkenee, mikä näkyy varsinkin tien urautumisena, painumisena, epätasaisuutena sekä päällysteen vaurioitumisena. Kuivatuksen parantaminen on kustannuksiltaan suhteellisen edullinen toimenpide, kun sitä verrataan tierakenteen saneerauksen kustannuksiin epäonnistuneen kuivatuksen takia. Kuivatuksen parantamisella saadaan pitkitettyä maantien tierakenteiden sekä päällysteiden korjaustarvetta. Pelkästään kuivatuksen parantaminen ei ratkaise maanteiden kuivatuksen ongelmia, vaan sen ylläpitämisellä on yhtä merkittävä rooli.

4.8.1 Maantien luiskat

Maanteillä luiskien kaltevuus voi aiheuttaa kuivatukselle ongelmia, varsinkin jyrkkien luiskien osalta. Loivaluiskaisilla teillä kuivatuksen ongelmat johtuvat pääasiassa kuivatuksen kunnossapidon laiminlyönnistä. Jyrkkäluiskaisien teiden yleisimpiä tyyppiongelmia kuivatukselle ovat

- Jyrkkyyden seurauksena maa-aines valuu ojaan tai pehmeiköillä maa nousee tien painosta.

- Rakenne levenee roudan ja liikenteen vaikutuksesta kaventaen oja.
- Luiskille ei voi tehdä niittoa, jolloin kasvillisuus pääsee kasvamaan ojassa ja luiskissa.
- Tukipientareelle muodostuu reunapalle tai tien reunaan reunapainuma, jolloin huleveden pääsy tieltä sivuojaan estyy.

(Väylävirasto 2019, 21–22.)

Jyrkkäluiskaisien teiden parantamisena selvitetään mahdolliset toimenpiteet, millä luiskia voitaisiin loiventaa. Loiventamisen toimenpiteen valintaan vaikuttaa, onko tiealuetta mahdollista leventää vai ei.

Jos tiealueen leventäminen ei ole mahdollista, luiskien loiventamisen toimenpiteenä voi olla tien kaventaminen, sivuojan siirto tai sivuojan salaojitus (Väylävirasto 2019, 22). Tien kaventaminen voidaan toteuttaa vain vähäliikenteisille teille, joilla on vähän raskasta liikennettä ja jos tien tyyppi mahdollistaa vähimmäislevyyden käytön. Tien kaventaminen laskee tien liikenneturvallisuutta sekä sujuvuutta kuivatuksen parantumisen kustannuksella. Sivuojen siirrolla kauemmaksi saadaan loivennettua sisäluiskaa, mutta siirron seurauksena ulkoluiska taas jyrkkenee. Jotta sivuojia voidaan siirtää kauemmaksi, vaatii se tiealueen leventämistä mitä varten tulee saada maanomistajalta suostumus tai laatia tiesuunnitelma. Ulkoluiskan jyrkkeneminen voi aiheuttaa pitkässä juoksussa ongelmia kuivatukselle ja suistumistilanteessa lisätä riskiä vakaville onnettomuuksille. Sivuojan salaojittamista käsitellään tarkemmin kappaleessa 4.8.3 Salaojat.

Jos maantien tiealueen leventäminen on mahdollista, muotoillaan tien luiskat sekä oja vastaamaan nykyisien ohjeiden arvoja, tai leventämällä sivuojaa ja loiventamalla ulkoluiskaa. Sivuojan leventämisen ja ulkoluiskan loiventamisella parannetaan ojan kapasiteettia, jolloin jyrkästä sisäluiskasta valuvalla maa-aineksella ei ole niin suurta vaikutusta ojan toimivuuteen. Ojan leventämisellä ja ulkoluiskan loiventamisella on myös parantava vaikutus suistumistilanteiden onnettomuuksien vakavuuksille (Väylävirasto 2021a, 76).

4.8.2 Rummut

Rumpujen tehtävänä on joko päätierumpuina mahdollistaa huleveden virtaaminen maantien ali tai liittymärumpuina liittymäalueilla. Jos rummulla ei saavuteta sille suunniteltua välityskykyä, voi se johtaa veden virtaamiseen tierakenteen läpi tai jopa tulvimiseen. Rumpujen parantamisen tarve voi johtua seuraavista tekijöistä:

- rumpuputken pituus, halkaisija ja materiaali
- rummun huono kunto
- asento ja korkeustaso
- siirtymäkiilojen puute

Rumpuputken jatkamisen tarve voi tulla kyseeseen silloin, jos tien jyrkän sisäluis-kan takia putken suuaukko tukkeutuu luiskalta valuvasta maa-aineksesta. Yleisin syy jatkamiselle on kuitenkin tien parantamisesta johtuva tierakenteen leventäminen. Rumpuputken jatkaminen voidaan toteuttaa joko putken päihin lisättävillä jatko-osilla, tai sujuttamalla putkeen halkaisijaltaan pienempi putki. Pienemmän putken sujuttaminen kuitenkin edellyttää, että pienempi putki vastaa vaadittua välityskykyä. (Väylävirasto 2019, 28.)

Rumpuputken halkaisijan ollessa liian pieni vastatakseen välityskyvyn tarvetta, voidaan vanha putki joko vaihtaa uuteen kaivamalla tai toteuttaa uusi rumpuputki vanhan viereen tunkkaamalla tai poraamalla. Tunkkaaminen ja poraaminen on edukas vaihtoehto yli 3 000 ajon/vrk liikennemäärällisillä teillä sekä silloin, kun tierakenne ja rummun haluttu sijainti mahdollistaa toimenpiteen ja se on taloudellista. Kaivamalla vaihtaminen voidaan toteuttaa vähäliikenteisillä teillä, putken peitesyvyyden ollessa matala tai kun liikenne voidaan ohjata kiertoreitille. (Liikennevirasto 2013, 80.)

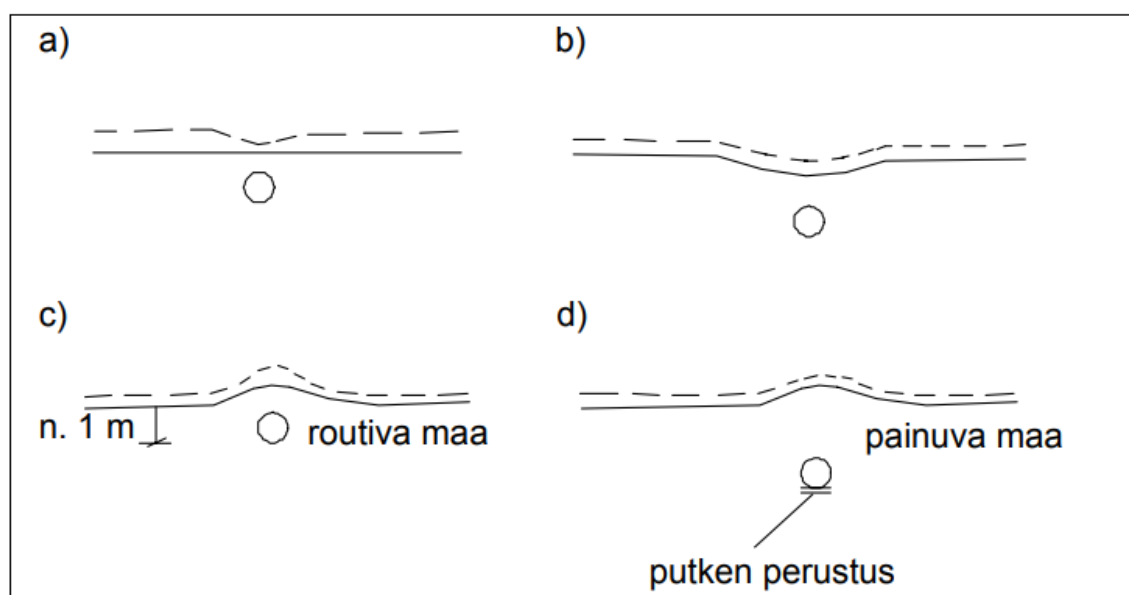
Nykyisien rumpujen toimivuuteen voi vaikuttaa myös putkessa käytetty materiaali, millä voi olla alentava vaikutus rummun toimivuuteen. Tällainen voi olla esimerkiksi teräsputkien syöpyminen puhki tai muoviputkien litistyminen. Rumpuputken materiaalista johtuvat puutteet korjataan vaihtamalla vanha putki uuteen kestävämpään putkeen tai sujuttamalla vanhan putken sisälle pienempi putki.

Pienemmän putken sujuttaminen ei kuitenkaan saa haitata rummun välityskykyä. (Väylävirasto 2019, 28.)

Routa on yleisin tekijä rumpuputken asennon tai korkeustason muuttumiselle. Rumpuputken asennon muuttumisesta voi seurata putken välityskyvyn merkittävä heikkeneminen, veden virtaamisen estyminen kokonaan tai virtaamiseen väärään suuntaan. Roudan nostaessa rumpua, voi sen vertikaalinen liikkuminen aiheuttaa tien pinnalle epätasaisuuksia. Kuviossa 12 on näytetty, miten eri olosuhteet vaikuttavat epätasaisuuden muodostumiselle. Kuviossa esiintyvien vaihtoehtojen olosuhteet ovat

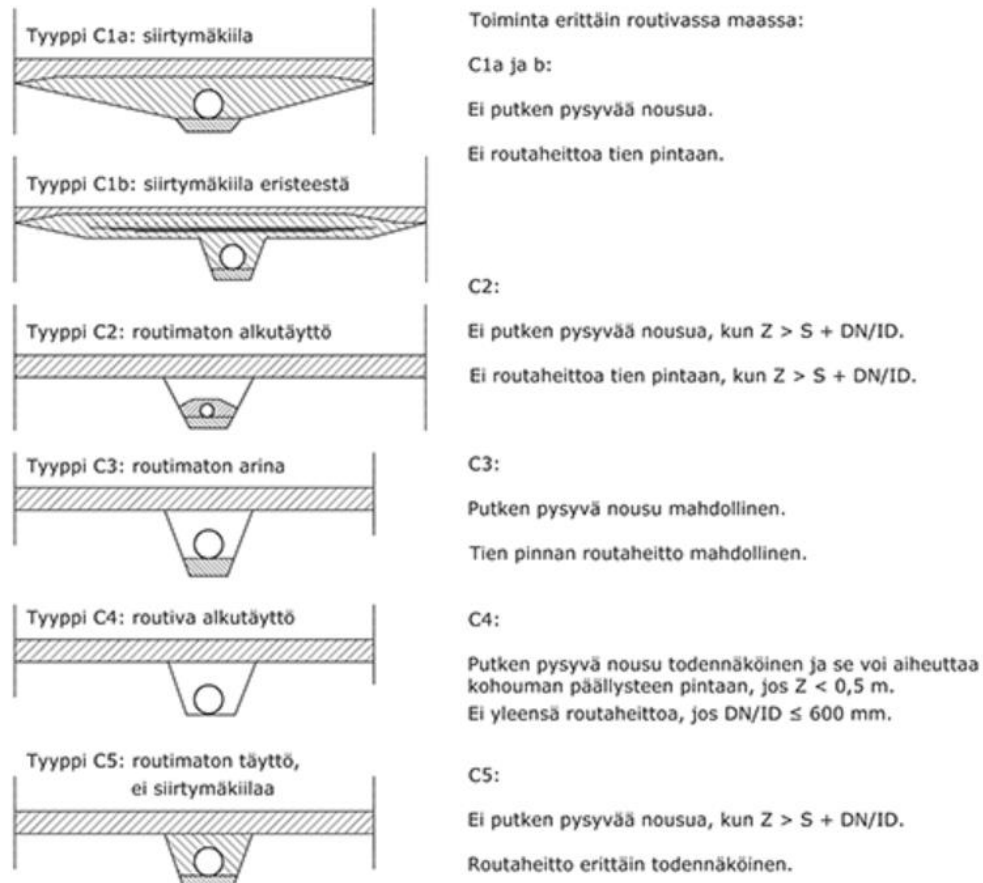
- a) Rumpukaivanto toteutettu routimattomalla materiaalilla, mutta siirtymäkiila puuttuu. Painanne tasoittuu kesällä roudan sulettua.
- b) Rummun kohdalla muodostunut pysyvä painumaa. Korjataan täyttämällä painanne.
- c) Rumpu on perustettu routivaan pohjamaahan. Kohouma tasoittuu kesällä roudan sulettua.
- d) Rummun kohdalle muodostunut pysyvä kohouma painuvan pohjamaan seurauksena. Korjataan tasaamalla tienpinta.

(Tiehallinto 2005, 68.)



KUVIO 12. Routimisesta johtuvan epätasaisuuden esiintyminen rummun kohdalla. Katkoviiva kuvastaa tien pintaa talvella (Tiehallinto 2005, 68)

Routimisesta johtuvien ongelmien torjumiseksi vanha rumpuputki kaivetaan pois ja siirretään oikeaan asentoon ja tasoon. Rummulle rakennetaan paksu routimaton arina ja ympärystäyttö, jotta routiminen saadaan estettyä. Päätierummuille tehtävänä parannuksena voidaan toteuttaa joko siirtymäkiila tai joku muu kuvion 13 mukainen routanousemisen ehkäisevä rakenne. (Väylävirasto 2019, 22.)



KUVIO 13. Routivalle maalle perustettavan rummun rakennevaihtoehtoja. Kuviossa S on siirtymäkiilasyvyys, Z putken peitesyvyys ja DN/ID putken sisähalkaisija. (INFRARYL 14350: K2.)

4.8.3 Salaojat

Maantien osuuksilla, joissa ojien välityskyky tai reuna-alueen imeytys eivät riitä tierakenteen kuivatukselle, voidaan kuivatusta parantaa salaojilla. Lisäksi sivu- kaltevassa maastossa sijaitsevan maantien kuivatusta voidaan parantaa salaojilla. Sivuojien heikko välityskyky johtuu yleensä kunnossapidon laiminlyön-

neistä, luiskien jyrkkyydestä tai tien sijainnista tasaisessa maastossa. Reuna-alueen imeytyksen ongelmia esiintyy varsinkin sellaisilla tieosuuksilla, jos tien reunaan ei ole toteutettu sivuojaa vaan ruohoreunus (Roadex 2006, 15—19).

Sivuojen heikon välityskyvyn parantamisena voidaan ojan yhteyteen toteuttaa salaoja. Heikko välityskyky voi johtua ojan tukkeutumisesta, kasvillisuudesta tai ojan riittämättömästä koosta. Kuivatuksen parantamisena sivuoja muokataan matalaksi avo-ojaksi, jonka yhteydessä salaoja on. Vedenjakaja paikkojen läheisyydessä parannus on mahdollista toteuttaa pelkällä salaojalla. (Väylävirasto 2019, 41.)

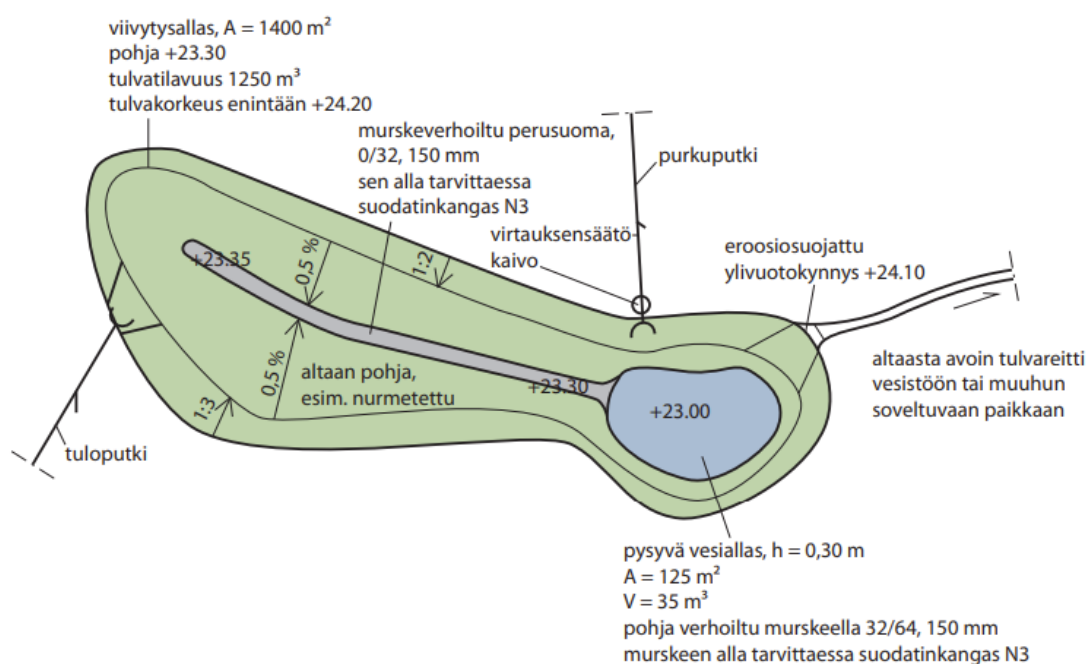
Tasaisessa maastossa sijaitsevien maanteiden ongelmana on hulevesien purkamisen mahdollisuus luonnollisiin kuivatusuomiin. Tien kuivatusta voidaankin parantaa salaojittamalla sivuojat, jolloin ojen kapasiteettia saadaan nostettua ja tehostettua huleveden imeytystä pohjamaahan. (Roadex 2006, 19.)

Olemattomat sivuojat tai tien reunan toteutus ruohoreunaisena johtaa huleveden kertymiseen tierakenteeseen. Sivuojen puute tai ruohoreuna ei mahdollista huleveden johtumista pois tieltä, jolloin veden poistuminen tien pinnalta on heikkoa ja se imeytyy tierakenteeseen. Ensisijaisena parannustoimenpiteenä on ojen toteuttaminen, mutta kuivatusta voidaan parantaa rakentamalla sen yhteyteen salaoja. (Roadex 2006, 16.)

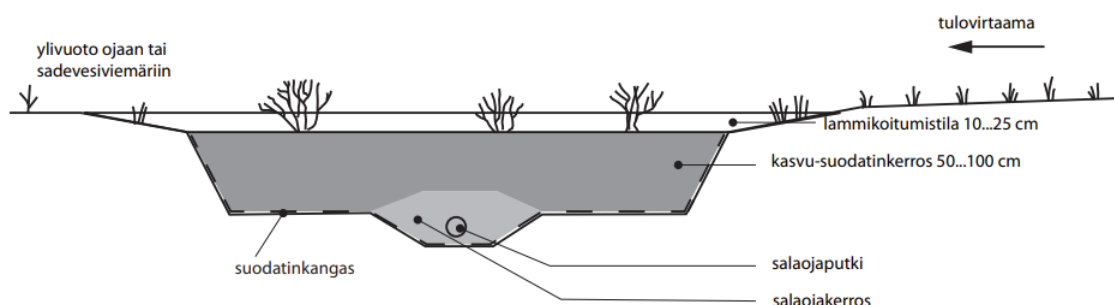
Sivukaltevassa maastossa sijaitsevien maanteiden ongelmia aiheuttavat pohjavedenpinnan läheisyys tienpintaan ja huleveden valuminen tierakenteen läpi. Veden pääsemistä tierakenteeseen estetään rakentamalla salaoja ylärinteessä olevan tien reunan puolelle. (Roadex 2006, 17—18.)

4.8.4 Viivytys- ja imeytysrakenteet

Rankkojen vesisateiden ja sulamiskauden aikana maanteiden kuivatusrakenteiden välityskyky ei välttämättä riitä suurien hulevesimäärien siirtämiseen pois tiealueelta, jolloin vesi pääsee imeytymään tierakenteeseen tai aiheuttaa tulvimista.



Maantien hulevesien suolapitoisuuksien ja säiliöauto-onnettomuuksien riskin ollessa pieniä, voidaan hulevesien hallinnan toimenpiteenä käyttää imeytysrakenteita. ImeyttämISRakenteiden tehtävä on siirtää hulevesiä maantien kuivatusrakenteilta imeytysalueelle, josta se suodattamisen jälkeen imeytyy pohjaveteen tai vesistöön. Huleveden suodattamisessa voidaan käyttää biosuodatusta, eli kasvillisuuden hyödyntämistä suodatinkerroksien kanssa tai täysin rakennettuja suodatinkerroksia. Imeytysrakenteiden tarve voi tulla etenkin silloin kyseeseen, kun maantielle toteutetaan lisäkaistoja ja hulevettä imeyttävä luonnollinen pinta-ala pienenee vesitiiviiden päällysteiden seurauksena. ImeyttämISRakenteiden toteuttamisen edellytyksenä kuitenkin on, että tiealueen maaperä on hyvin vettä läpäisevää, kuten hiekkamoreenia. Kohtalaisesti vettä läpäisevillä alueilla imeytysrakennetta parannetaan varustamalla se salaojalla. Kuviossa 15 on esitetty esimerkki poikkileikkauksesta, kuinka biosuodatuksellinen imeytysalue voitaisiin toteuttaa.



KUVIO 15. Biosuodatuksellisen imeytysrakenteen poikkileikkaus kohtalaisesti vettä läpäisevällä maaperällä. Hyvin vettä läpäisevällä maaperällä ei tarvittaisi salaojaputkea ja -kerrosta (Rakennustieto 2018, 17.)

4.9 Meluolosuhteiden parantaminen

Liikennemäärien kasvamisen seurauksena myös liikenteestä syntyvän melun määrä kasvaa. Erityisesti raskaan liikenteen osuuden kasvulla on huomattava vaikutus liikennemelun määrään. Asutuksen ja yleisten ajanviettopaikkojen läheisyydessä liikenteen meluhaitat aiheuttavat ihmisille epämukavuutta tai pahimmassa tapauksessa terveyshaittoja. Liikenteen melu voi nousta varsinkin liitymäalueilla huomattavasti jarrutuksien ja kiihdytyksien seurauksena sekä vilkasliikenteisien useamman ajoradan teiden läheisyydessä. Liikennemelulla on myös

ympäristöä häiritsevä vaikutus, vaikka tieto melun vaikutuksista luonnoneliöihin on vielä vähäistä. Jos liikennemelun vähentäminen ei ole mahdollista esimerkiksi siirtämällä osan liikenteestä toiselle reitille tai laskemalla nopeustasoa, voidaan melua vähentää rakentamalla meluntorjuntarakenteita. Meluntorjuntarakenteina voidaan käyttää meluvallia, -seinää, -kaidetta tai näiden yhdistelmäratkaisuja.

Meluolosuhteiden parantaminen on kustannuksiltaan merkittävä toimenpide maantien perusparannushankkeissa. Meluseinät ovat rakenteiltaan korkeita ja niiden perustamiseksi voi olla tarpeen tehdä pohjavahvistuksia. Meluseinille ja -kaiteille kustannuksiin vaikuttaa niille suunniteltu arkkitehtuuri ja muotoilu sekä niiden korkeat ilkeivaltakustannukset. (Väylävirasto 2022, 37, 68–71.)

4.9.1 Meluvalli

Meluvallilla on useita etuja muihin melusteisiin nähden. Maaperäolosuhteiden ollessa suotuisat, on meluvallin toteuttaminen edukasta toisiin menetelmiin nähden. Jos meluvallin toteuttamiseen on valmiiksi ylijäämämaita tarjolla, tai maantien muun parantamisen yhteydessä niitä kertyy, voidaan meluvalli toteuttaa täysin niillä. Meluvallin etuna on myös sen ominaisuus absorboida ääntä, sovitettavuus maisemaan sekä sen turvallisuus suistumisonnettomuuksissa. Lisäksi meluvalliin kohdistuva ilkeivalt on lähes olematonta. (Väylävirasto 2022, 20.)

Keskeisin ongelma meluvallien toteuttamiselle on niiden suuri tilantarve, jota varsinkin rakennetun ympäristön läheisyydessä on vähän. Tilanpuuteen seurauksena matalana toteutettavat tai nykyiset parannettavat meluvallit voidaan tarvittaessa varustaa meluseinällä, jotta saavutetaan riittävä melunvaimennus. Rajoittavana tekijänä meluvallissa käytettäville maamassoille on niiden laatu sekä puhtaus, joiden tulee olla ohjearvojen mukaiset. Lisäksi meluvallia ei saa toteuttaa pohjavesialueille. (Väylävirasto 2022, 20, 30.)

4.9.2 Meluseinä

Meluntorjunnan toteuttamiselle käytettävän tilan ollessa liian pieni meluvallille, mutta melun vaimentamisen tarpeen ollessa merkittävä, voidaan meluesteenä käyttää meluseinää. Meluseinät ovat suhteellisen ohuita, tavallisesti vähintään 2 metriä korkeita rakenteita, jotka voidaan olosuhteiden mukaan suunnitella ääntä heijastavaksi tai absorboivaksi.

Etuja meluseinän valinnalle meluesteenä on sen tehokkuus torjua ääntä, pieni tilan tarve ja perustamisen mahdollisuus myös pehmeille maille. Meluseinä voidaan myös suunnitella ympäristöön sopivaksi, kuten myös osittain läpinäkyväksi. (Väylävirasto 2022, 31, 42.)

Meluseinä voi kuitenkin olla rakennuskustannuksiltaan kallis toteuttaa. Meluseinän toteuttaminen tien reunan läheisyyteen edellyttää, että seinä itsessään on törmäysturvallinen tai törmäysturvallisuus toteutetaan tiekaiteella. Jyrkkäluiskaisien teiden turvaetäisyyden ulkopuolelle toteuttaessa voi meluseinän korkeus riittävän vaimenemisen saavuttamiseksi nousta huomattavan korkeaksi, mikä nostaa rakennuskustannuksia. Ylläpitokustannuksiltaankin meluseinä voi tulla kalliiksi, varsinkin asutuksien läheisyydessä ilkvallan seurauksena. (Väylävirasto 2022, 31, 42.)

4.9.3 Melukaide

Melukaiteen käyttö meluesteenä on edukasta silloin, kun tiealueen tila ei riitä meluseinälle, tai meluseinän toteuttaminen ei ole kustannuksiltaan kannattavaa. Tällainen tilanne voi olla kyseessä esimerkiksi silloin, kun aivan maantien läheisyydessä on rakennuksia tai tie on rakennettu korkealle penkereelle. Melukaiteen tärkeimpänä etuna muihin meluesteisiin nähden on sen, että se toimii sekä meluesteenä että tiekaiteena. Melukaiteet voidaan meluseinien tavoin varustaa läpinäkyvillä osuuksilla, joilla saadaan parannettua tiealueen näkymiä ja pehmenettyä melukaiteen vaikutelmaa. (Väylävirasto 2022, 31–32, 42.)

Melukaiteiden äänen vaimentavuus on kuitenkin heikompaa kuin meluvallilla ja -seinällä, mistä syystä se ei sovellu tehokasta meluntorjuntaa vaativalle alueelle. Kaiteiden korkeutta rajoittaa muun muassa riittävien näkemien mahdollistaminen liikenteelle sekä lumenaurauksen ja linkouksen mahdollistaminen, joka vähentää melukaiteen melusuojauksen tasoa. Kuten meluseinilläkin melukaiteiden kunnossapidon kustannukset voivat olla korkeita ilkeivallan takia, varsinkin läpinäkyvien kaiteiden osalta. (Väylävirasto 2022, 31–32, 42.)

4.10 Pohjavesisuojauksen parantaminen tai rakentaminen

Pohjavesialueilla sijaitsevia maanteitä löytyy Suomesta paljon, koska tiestö on perinteisesti rakennettu kulkemaan hyvin vettä läpäiseviä harjuja pitkin. Suuret liikennemäärät ja liukkauden torjunnan suolat aiheuttavat merkittävää pohjaveden pilaantumisen riskiä, mikä voi pahimmillaan johtaa tien läheisyydessä asuvien juomaveden pilaantumiseen. Maantiehankkeiden rahoituksen niukkuuden takia pohjavedensuojaus on voinut jäädä vajanaiseksi, ja pohjavedensuojausta tulee parantaa omina erillishankkeina tai maantien muun parantamisen yhteydessä. (Väylävirasto 2023.)

Pohjavedensuojauksen parantamisen tarpeeseen on voinut vaikuttaa myös muuttunut lainsäädäntä. Vuonna 2014 uudistetun lain Laki vesienhoidon ja merenhoidon järjestämisestä (2004/1299) ja sen täsmennys Asetus vesienhoidon järjestämisestä (929/2016) muutti pohjavesialueiden luokituksia. Uusissa luokituksissa huomioidaan paremmin pohjavedestä riippuvaiset pintavesi- ja maa-ekosysteemit. (Väylävirasto 2020a, 12.) Uusien luokituksien perusteella vanhat suojausta tarvitsemattomat pohjavesialueet voivat uudistetun lain ja asetuksen perusteella olla nyt suojauksen tarpeessa ja maantielle on suunniteltava pohjavedensuojaus.

Pohjavedensuojauksen parantaminen on kustannuksiltaan merkittävä toimenpide maantien perusparannushankkeissa. Pohjavedensuojauksen parantamisessa syntyy suuria määriä leikkausmassoja ja bentoniittimaton ja muovikalvon asentaminen hidasta ja tarkkaa, ettei ne vaurioidu työaikana. Työnaikaiset rajoitukset, kuten työkoneista valuvien myrkkyjen valumisen estäminen maaperään

asettaa riskejä kustannuksille, jos maaperään pääsee varotoimenpiteistä huolimatta myrkkyjä ja ne täytyy puhdistaa.

Maantien pohjavedensuojauksen perusparantamisen menetelmänä käytetään luiskasuojauksen parantamista. Luiskasuojauksen parantaminen voidaan toteuttaa onnettomuussuojauksena eli bentoniittimatolla tai kloridisuojauksena eli bentoniittimaton ja muovikalvon yhdistelmä rakenteena.

4.10.1 Bentoniittimatto

Bentoniittimattoa käytetään pohjavedensuojauksena silloin, kun tie ei kuulu talvisuolauksen piiriin, käytettävän suolan määrä on selvästi alle raja-arvojen tai kun raskasta liikennettä on paljon. Bentoniittimaton huonon läpäisevyyden ansiosta se estää ajoneuvoista vuotavien tai onnettomuuden seurauksena valuvien haitallisten aineiden imeytymisen maaperän kautta pohjaveteen. Bentoniittimattoa käytettäessä ei tieosuuden yhteyteen tule toteuttaa kuivatusrakenteita, jotta haitalliset aineet eivät pääse niitä pitkin leviämään suojauksen ulkopuolelle. (Väylävirasto 2020a, 16–17, 60, 76.)

4.10.2 Bentoniittimaton ja muovikalvon yhdistelmä rakenne (Kloridisuojaus)

Bentoniittimatto ei itsessään estä riittävästi tiesuolauksessa käytettävien kloridien imeytymistä pohjaveteen, jolloin kloridien kulkeutuminen maaperän kautta pohjaveteen estetään asettamalla bentoniittimaton päälle muovikalvo. Kloridien imeytymisen estämisen lisäksi muovimatto suojaa bentoniittimattoa kasvien juurilta sekä vähentää mattoon kohdistuvaa vedenpainetta. Muovikalvoa käytettäessä tulee toteuttaa myös salaoja, jotta mahdollistetaan yhdistelmä rakenteen toimivuus poistamalla pysyvästi kuormittava vedenpaine. (Väylävirasto 2020a, 60, 70.)

5 MAANTIEN PERUSPARANTAMISEN HANKEOSAN LASKENTAMALLIN TUOTTAMINEN

Tuotettavassa maantien perusparantamisen hankeosan laskentamallissa keskitytään luomaan mallia, joka sisältää parantamistoimenpiteinä ajoradan leventämisen, keskialueen parantamisen, tiekaiteiden toteuttamisen, luiskien parantamisen sekä päällysteen parantamisen uudella laaatalla, sekoitusjyrsinnällä tai stabi-loinnilla. Tässä kappaleessa esitetään, miten laskentamalli teoriassa rakentuu, mitä lähtötietoja laskentamalli tarvitsee, mitä yleisiä mitoittavia tekijöitä se käyttää sekä miten laskentamallin levennysosalle toteutetaan määrälaskenta. Hankeosa-mallille mahdollistetaan toiminto, missä maantien levennyksen toteuttaminen voi-daan laskettaa yksi- tai kaksipuoleisesti tarkentaen laskennasta saatavaa tulosta.

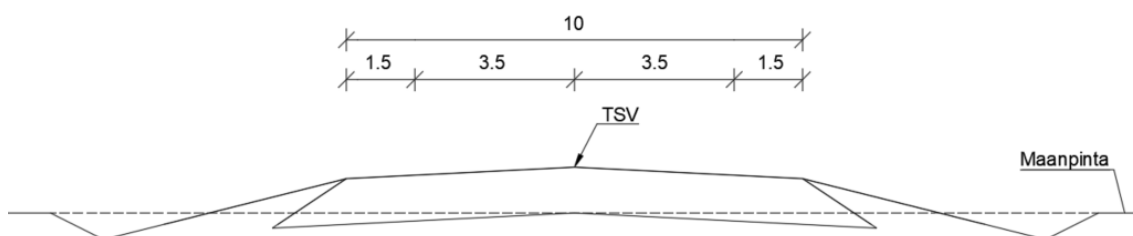
Joillekin teoriaosassa käsitellyille perusparantamisen menetelmille on jo luotu omat hankeosamallit, joita voidaan käyttää perusparantamisen hankeosalasken-nassa tämän hankeosamallin kanssa. Eräät tällaiset hankeosamallit ovat esimer-kiksi meluntorjuntarakenteet. Lisäksi tätä hankeosamallia on mahdollista jatko-kehittää ja mahdollistaa enemmän parantamisen menetelmiä, kuten pohjaveden-suojaus. Perusparantamisen menetelmiä, joita tässä hankeosamallissa ei käsi-tellä ja joilla ei ole valmiita hankeosia, voivat olla tulevaisuudessa tämän mallin kehitystyökohteita tai niille luodaan omat mallit.

5.1 Laskentamallin rakentuminen

Ihkun maanteiden perusparantamishankkeiden hankeosalaskenta toteutetaan rakentamalla laskentamalli, mikä kustannuslaskijan syöttämien tietojen pohjalta asettaa mallin tarvitsemat muuttujien arvot teoreettisten määrien laskentaa var-ten. Laskentamalli on periaatteessa teoreettinen kuvaus poikkileikkauksesta ja poikkileikkaukseen liittyvistä rakenteista. Kustannukset lasketaan Ihkussa mallin tuottamien teoreettisten rakennusosamäärien rakennusosakohtaisien hintojen pohjalta

Laskentamallin teoreettinen poikkileikkaus muodostuu poikkileikkauksen osista, joita voidaan lisätä tai vaihtaa laskijan määrittelemien ehtojen mukaan. Eräs tällainen osa on esimerkiksi uuden tiekaiteen toteuttamisen osa, mihin kuuluu tiekaide, kaidetila, päällystetty- ja tukipiennar, luiskat sekä sivuoja.

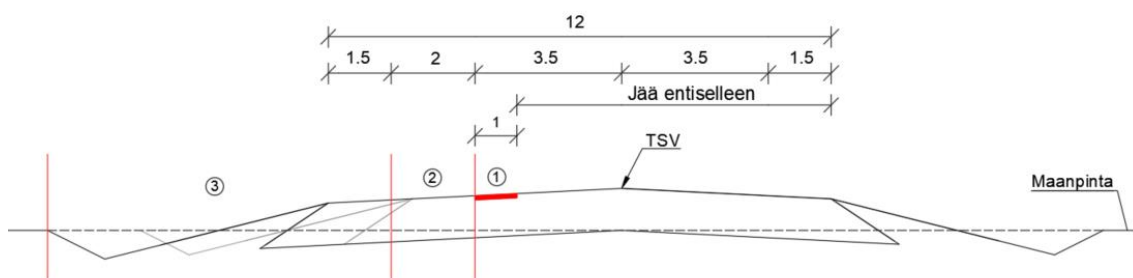
Hankeosalaskennan toteuttamisessa tulee kustannuslaskijalla olla tiedossa parannettavan maantien mitoitusliittymiä tietoja, joilla malli muodostaa rakennekerrokset ja luiskat määritettyjen vaatimuksien mukaisesti. Näitä on esimerkiksi maantien luokka, nopeustaso, liikennemäärä sekä tasausviivan korkeus maanpinnasta. Kuviossa 16 on esitetty esimerkki kuvitteellisesta parannettavasta maantiestä, jonka tasausviiva sijaitsee 1 m korkeudessa maanpinnasta.



KUVIO 16. Esimerkki parannettavasta maantiestä lähtötilanteessa

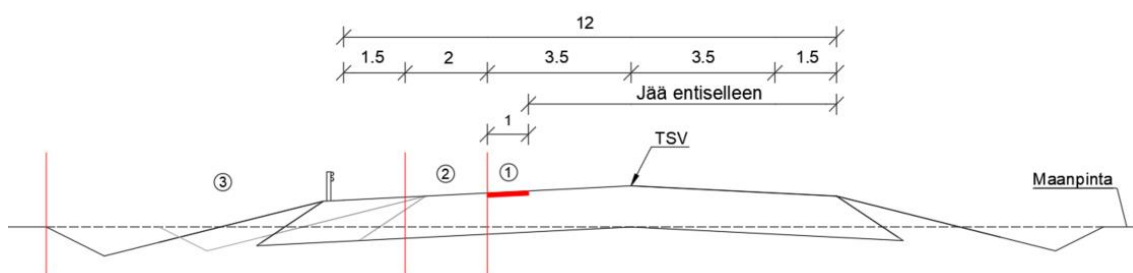
Esimerkki maantietä parannetaan leventämällä sitä kahdella metrillä, jolloin sen laskenta muodostuu kolmesta osasta. Osat on erotettu kuviossa 17 punaisella värillä ja ne on numeroitu. Osat sisältävät seuraavaa:

1. Liitososa, sisältäen levennettävän osan päällysteen liittämisen ja limittämisen vanhan päällysteen kanssa.
2. Levennysosa, sisältäen ehtojen mukaiset päällystekerrokset ja tierakenteen.
3. Luiskaosa, sisältäen ehtojen mukaiset päällystetyn- ja tukipientareen, sisä- ja ulkoluiskan sekä sivuojan.



KUVIO 17. Esimerkki maantien leventämisessä käytettävät osat

Kustannuslaskijan asettamien ehtojen perusteella laskentasovellus vaihtaa laskennassa käytettäviä osia, joilla se laskee määrät ja kustannukset. Kuviossa 18 kustannuslaskija on määrittänyt, että levennettävälle puolelle toteutetaan myös tiekaide. Laskentasovellus vaihtaa määrittäksen perusteella kuvion 17 luiskaosan tiekaideosaksi, ja laskee uudet määrät ja kustannukset.



KUVIO 18. Esimerkki maantien leventämisessä käytettävät osat, kun luiskaosa on vaihdettu tiekaideosaksi

Laskentaan voidaan määritellä myös ehtoja, joita ei käsitellä yllä olevien osien tavoin. Näitä ehtoja voi olla esimerkiksi uuden päällystelaatan rakentaminen koko tien leveydelle tai vanhan päällysteen sekoitusjyrsintä ja uudelleen päällystäminen.

5.2 Laskentamallin lähtötiedot

Ensimmäisenä osana laskentamallin tuottamista on määrittää laskennan vaatimat lähtötiedot. Lähtötietojen perusteella laskentamalli määrittää mitoittavia tekijöitä, kuten liikennemäärän perusteella päällystekerroksien paksuuden. Peruslähtötietoina laskennalle on määritettävä

- parannettavan väylän pituus
- tieluokka
- liikennemäärä KVL
- mitoitusnopeus
- tasauksen korkeus maanpinnasta
- alusrakenneluokka
- kalliopinta suhteessa maanpintaan
- ajoratojen lukumäärä
- hankkeen sijainti

Lisäksi lähtötiedoissa määritetään ositeltavat parannusmenetelmät. Parannusmenetelmissä määritettävät ehdot voivat olla joko vapaasti määritettäviä arvoja tai valikosta valittavia vaihtoehtoja. Laskentamallissa valittavia parannusmenetelmiä on

- ajoradan 1 ja 2 levennyksen leveys (vasen ja oikea puoli)
- keskialueen parannus ja sen leveys
- keskialueen uudet rakennekerrokset tarvittaessa
- ajoradan 1 ja 2 luiskan parannus (vasen ja oikea puoli)
- päällysteen sekoitus- ja stabilointijyrsintä
- tielle uusi päällystelaatta

Parannettaessa ajoratoja tai keskialuetta muuttamalla niiden leveyttä, syötetään toteutettava levennyksen arvo yhden tai kahden desimaalin tarkkuudella. Keskialueen parannustoimenpiteinä käyttäjä voi valita vaihtoehtoista

- uusi keskikaide
- vanhan keskikaiteen siirto
- korotettu betonikivisaareke
- korotettu luonnonkivisaareke
- korotettu nurmisaareke

Jos hankkeelle suunnitellaan pelkän luiskan parantamista tai kun luiska pitää rakentaa uudestaan leventämisen yhteydessä, luiskalle valittavia parantamisen toimenpiteinä ovat

- luiskan loiventaminen
- ojan pohjan leventäminen
- rakennetaan tiekaide teräksestä tai betonista

Jos olemassa olevaa päällystettä halutaan parantaa sekoitusjyrsinnällä, stabiointijyrsinnällä tai uudella päällystelaatalla, tulee käyttäjän valita toiminnot aktiiviseksi ja syöttää jyrsinnöille toteutettava leveys ja syvyys ja uudelle laatalle sen leveys.

Parannustoimenpiteet lasketaan ositteluina, eli kullekin parannukselle pystytään määrittämään paaluvälit, joille kyseinen parannus halutaan toteuttaa. Ositteluiden pituudet ovat käyttäjien vapaasti valittavia arvoja kuten Ihkun tämänhetkessä uudisrakentamisen hankeosalaskennassa. (Liite 1.)

5.3 Yleiset mitoittavat tekijät

Laskennan toteuttamiseksi laskentamalli tarvitsee mitoittavia tekijöitä, joilla se laskee haluttujen parannuksien määriä ja kustannuksia. Mitoittavat tekijät voivat olla joko lähtötietojen perusteella muodostuneita arvoja, laskentamalliin määritettyjä vakioita tai käyttäjän itse määrittämiä arvoja. Taulukossa 3 on esitetty laskentamallin lähtötietojen perusteella saatavia perustietoja sekä määritettyjä vakioita. (Liite 2.)

TAULUKKO 3. Laskentamallin mitoittavia perustietoja

Mitoittava tekijä	Mallinnuksen arvo	Tekijän arvon valinta
Vaatusluokka		Lähtötiedot: tieluokka, mitoitussnopeus, KVL (ajon/vrk)
Päällystekerroksien yhteenlaskettu paksuus		Lähtötieto: KVL (ajon/vrk)
Kantavan kerroksen paksuus	0.2 m	Vakio
Jakavan kerroksen paksuus		Lähtötiedot: alusrakenne-luokka, vaatusluokka, sijainti
Rakenteen kokonais-paksuus		Laskenta: rakennekerroksien paksuudet
Suodatinkankaan mukanoottoehto		Lähtötieto: alusrakenne-luokka
Ojan syvyys	0.3 m	Vakio
Ojan pohjan leveys	1 m	Vakio
Ulkoluiskan kaltevuus	1:2	Vakio
Leikkaussyvyys		Lähtötiedot: tasaus, rakenteen paksuus
Pengerpaksuus		Lähtötiedot: tasaus, rakenteen paksuus
Olemassa olevan tien leikkaus kaltevuus	2:1	Vakio

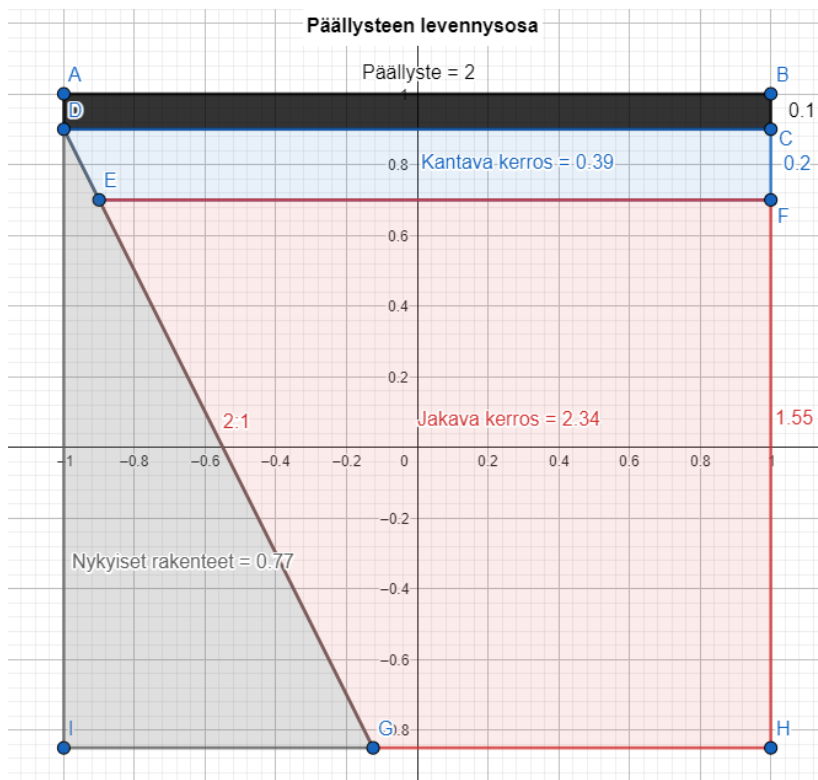
5.4 Levennysosan laskenta

Esimerkkinä, kuinka laskentamallin osien laskenta toteutetaan, käsitellään maantien levennysosaa. Lähtötietojen perusteella on saatu levennysosalle mitoittavat tekijät ja käyttäjän tulee syöttää haluttu päällysteen levennyksen leveys. Käsiteltävässä levennysosassa on saatu lähtötietojen perusteella ja käyttäjältä seuraavia mitoittavia tekijöitä taulukon 4 mukaisesti

TAULUKKO 4. Levennysosan mitoittavia tekijöitä

Mitoittava tekijä	Arvo
Päällystekerroksien yhteenlaskettu paksuus	0,1 m
Kantavan kerroksen paksuus	0,2 m
Jakavan kerroksen paksuus	1,55 m
Suodatinkankaan mukaanottoehto	Kyllä
Leikkaussyvyys	0,85 m
Ajoradan päällysteen levennyksen leveys	2.0 m
Ositteluun pituus	1000 m
Olemassa olevan tien leikkauskaltevuus	2:1

Laskentamallin toimivuuden varmistamiseksi voidaan mitoittavien tekijöiden perusteella tehdä erityyppisillä geometrian laskentatyökaluilla levennysosan poikkileikkaus. Laskentatyökalulla tehdyllä poikkileikkauksella saadaan sekä havainnollistettua haluttua osaa sekä verrattua kuvion arvoja laskentamallin antamiin arvoihin. Kuviossa 19 on esitetty käsiteltävän levennysosan poikkileikkaus.



KUVIO 19. Geometrian laskentatyökalulla tuotettu poikkileikkaus levennysosalle

Vaadittujen mitoittavien tekijöiden perusteella luodaan funktiot, joilla laskentamalli laskee levennysosan osien pinta-alat ja tilavuudet mitoittavilla tekijöillä. Laskentamalliin on määritetty levennysosalle laskettavaksi taulukon 5 mukaiset kohdat ja niille on saatu taulukon mukaiset arvot. (Liite 3)

TAULUKKO 5. Levennysosan laskettavat kohteet ja niiden arvot

Laskennan kohde	Arvo	Yksikkö
Päällystekerrokset	2 000	m ² tr
Kantava kerros	390	m ³ rtr
Jakava kerros	2 344	m ³ rtr
Maaleikkaus	1 700	m ³ ktr
Pengertäyttö	-	m ³ ktr
Suodatinkangas	2 000	m ² tr

Taulukossa 5 oleva maaleikkaus viittaa levennysosan kohdalta pohjamaan leikkaukseen. Tämänhetkisenä ongelmana laskentamallissa on määrittää tien vanhojen rakenteiden sekä luiskien maaleikkauksien laskenta, koska nykyisen tien poikkileikkausta on haastava määrittää riittävällä tarkkuudella, sen poikkileikkausta ei välttämättä tiedetä sekä laskennan menettely on erilaista leikkaus- ja pengerrakenteissa. Vanhan tierakenteen sekä luiskien maaleikkauksen määrittäminen laskentamalliin on tämän opinnäytetyön yksi jatkokehityksen kohteista.

Laskentafunktioiden ollessa valmiit, kaikille laskentamallin osille on määritettävä ehto-kaavat sekä sidonta-ID, jotta oikeat lähtötiedot ja mitoittavat tekijät saadaan niitä käyttäville funktiolle. Ehto-kaavojen sekä sidonta-ID:en määrittäminen eivät ole pakollisia laskentamallin Excel-laskennassa, mutta niitä tarvitaan laskentamallin sovelluskehityksessä.

6 TULOKSET

Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää maanteiden perusparantamisen kustannusvaikutuksiltaan merkittävimpiä toimenpiteitä ja millaisilla menetelmillä maanteiden perusparantamista tehdään. Lisäksi työn tavoitteena oli tuottaa Ihku-laskentapalveluun maanteiden perusparantamisen hankeosien kustannuslaskentaa palveleva malli. Työssä saatiin selvitettyä maanteiden perusparantamisen kustannusvaikutuksiltaan merkittävimpiä toimenpiteitä sekä menetelmiä, kuinka maanteiden perusparannusta toteutetaan. Maanteiden perusparantamisen hankeosien kustannuslaskentaa palveleva laskentamalli saatiin opinnäytetyössä valmiiksi, mutta mallin yksittäisten laskentojen haasteiden takia ei täysin tavoiteltuun lopputulokseen päästy. Mallin kehitystyö jatkuu opinnäytetyön julkaisun jälkeen.

Maanteiden perusparantamishankkeiden kustannusvaikutuksiltaan merkittävimmät toimenpiteet saatiin selvitettyä tässä työssä. Kustannusvaikutuksiltaan merkittävimmiksi toimenpiteiksi todettiin työssä maantien geometrian ja poikkileikkauksen parantaminen, liittymäalueiden parantaminen, uusien keski- ja tiekaiteiden rakentaminen, reunaympäristön pehmentäminen, meluseinien ja -kaiteiden rakentaminen sekä pohjavedensuojauksen parantaminen tai rakentaminen.

Opinnäytetyössä saatiin selvitettyä hyvinkin laajasti maanteiden perusparantamisen menetelmiä ja syitä miksi kyseisiä parantamisia tulee toteuttaa. Menetelmät saatiin työhön esille kattavasti ja vain tierakenteen perusparantamisen käsitteilyssä täytyi tehdä rajauksia. Tällä hetkellä ei ole tarjolla samanlaista listausta maantien perusparantamisen menetelmille, joten tämän työn teoriasta on hyötyä monille eri osapuolille. Perusparantamisen listausta voidaan hyödyntää Ihku-laskentapalvelun maanteiden perusparantamisen hankeosalaskennan jatkokehittämisessä, kun ryhdytään selvittämään, mitä uusia menetelmiä laskentapalveluun halutaan lisätä. Lisäksi listausta voidaan hyödyntää katujen perusparantamisen hankeosalaskentaa luodessa.

Tavoiteltu maanteiden perusparantamisen hankeosan laskentamalli saatiin tuotettua opinnäytetyön aikana. Tuotettuun malliin saatiin mukaan halutut peruspa-

rantamisen menetelmät ja niiden laskentafunktiot saatiin toimimaan. Laskentamallin kehitykselle osoittautui erityisen haastavaksi vanhan tien rakenteen sekä luiskien leikkauksien laskenta ja tämän takia ei päästy täysin tavoiteltuun lopputulokseen. Vanhan tierakenteen sekä luiskien maaleikkauksien laskennan toteuttaminen laskentamallissa tulee olemaan jatkokehityskohde opinnäytetyön julkaisun jälkeen. Lisäksi päällysteen parantamisen laskenta stabilointi- tai sekoitusjyrsinnällä ei ole tällä hetkellä mahdollista toteuttaa laskentamallissa, koska niille ei ole vielä luotu omia rakennusosia Ihku-laskentapalveluun. Stabilointi- ja sekoitusjyrsintä tulevat olemaan osa perusparantamisen laskentamallia, kun niiden rakennusosat ovat Ihkun rakennusosakirjastossa. Kun leikkauksen laskenta saadaan valmiiksi laskentamallissa, voidaan laskentamalli viedä sovelluskehitykselle ja alkaa rakentamaan maanteiden perusparantamisen hankeosalaskennan demoversiota.

Kun maanteiden perusparantamisen laskentamalli saadaan valmiiksi, se viedään sovelluskehitykseen. Sovelluskehityksessä mallista tehdään demoversio, jonka toimivuutta testataan pilottihankkeilla. Pilottihankkeissa mallilla lasketaan kustannuksia hankkeille, joilla on suunnitelmat, ympäristövaikutusten arviointi tai yleissuunnitelma valmiita tai valmistumassa ja verrataan hankkeiden alkuperäisten kustannusarvioiden kanssa. Vertailutuloksien perusteella demoversiota korjataan ja jatkokehitetään, kunnes se on valmis laskentapalveluun vietäväksi. Tavoite maanteiden perusparantamisen hankeosalaskennan julkaisulle Ihku-laskentapalveluun on vuoden 2023 aikana.

LÄHTEET

ELY-keskus. 2018. Ylöjärvelle uusi kevyen liikenteen väylä. Verkkosivu. Käyty 27.3.2023. https://www.ely-keskus.fi/uutiset-2018/-/asset_publisher/zLV23p6BEOJa/content/ylojarvelle-uusi-kevyen-liikenteen-vayla-pirkan-maa-

Fore. 2016. Rola-käyttöohje. Yleistä. Viitattu 20.2.2023. Vaatii käyttöoikeuden. <https://docs.fore.fi/pages/viewpage.action?pageId=655375>

Fore. 2017. Hola-käyttöohje. Yleistä. Viitattu 20.2.2023. Vaatii käyttöoikeuden. <https://docs.fore.fi/pages/viewpage.action?pageId=655417>

Ihku-allianssi. 2023. Verkkosivu. Käyty 21.2.2023. <https://ihkuallianssi.fi/>

Ihku-allianssi. 2022. IHKU INFO. Käyttökokemuksia ja hankeosalaskentaa. Viitattu 23.3.2023. https://ihkuallianssi.fi/wp-content/uploads/2021/10/IhkuInfo_esitys_jaettava.pdf

Kaukinen, H. 2021. Hankeosalaskenta infrahankkeissa. Edellytyksiä hankeosalaskentasovelluksen toteuttamiseen. Geotekniikan maisteriohjelma. Aalto-yliopisto. Diplomityö. https://aaltdoc.aalto.fi/bitstream/handle/123456789/107620/master_Kaukinen_Heidi_2021.pdf

Lehtonen, K. asiantuntija. 2023. Tie- ja Geotekniikka. Sähköpostiviesti 6.4.2023.

Liikennevirasto. 2013. Tien suuntauksen suunnittelu. Viitattu 8.3.2023. https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Liikennevirasto/lo_2013-30_tien_suuntauksen_suunnittelu.pdf

Liikennevirasto. 2013. Teiden ja ratojen kuivatuksen suunnittelu. Viitattu 3.4.2023. https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Liikennevirasto/lo_2013-05_teiden_ja_ratojen_web.pdf

Liikennevirasto. 2015. Maantie- ja rautatiealueiden valaistuksen suunnittelu. Viitattu 29.3.2023. https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Liikennevirasto/lo_2015-16_maantie_rautatiealueiden_web.pdf

Rajava, S. asiantuntija. 2023. Infra ja liikenne. Sähköpostiviesti 20.2.2023.

Rakennustieto Oy. 2018. Hulevesirakenteet. Viitattu 4.4.2023. Vaatii käyttöoikeuden. <https://kortistot.rakennustieto.fi/resource/juha/content/2182#page=1>

Rakennustieto Oy. InfraRYL 2022/2. 14350 Rummut. Viitattu 2.4.2023. Vaatii käyttöoikeuden. https://ryl-rakennustieto-fi.libproxy.tuni.fi/ryl/InfraRYL/2022_2/

Rakli. 2022. Suurten rakennushankkeiden kustannusarvioinnin luotettavuus. Tulosraportti. Viitattu 21.2.2023. <https://view.taiqa.com/rakli/suurten-rakennushankkeiden-kustannusarvioinnin-luotettavuus-tulosraportti-2022#/page=6>

Rapal Oy. 2011. Infrarakentamisen kustannushallinnan ohje Helsingin kaupungille. 11/2011. tiivistelmä konsulttien käyttöön aluesuunnitelmien laadinnassa. Viitattu 15.2.2023. https://www.hel.fi/hel2/hkr/julkaisut/ohjeet/aluesuunnitelman_lahtoaineisto/raportti_%20kustannushallintaohje_tiivis%20.pdf

Rapal Oy. 2023. Fore-ohjelmistokokonaisuus. Käyty 15.2.2023. <https://www.rapal.com/fi/fore-ohjelmistokokonaisuus>

RIL 231-1-2006. 2006. Infrarakentamisen kustannushallinta. Tekstiosa. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.

RIL 231-2-2007. 2007. Infrarakentamisen kustannushallinta. Hanke- ja rakennusosahinnasto. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.

RIL. 2023. Rakennetun omaisuuden tila 2023. ROTI-raportti. Viitattu 17.4.2023. <https://www.ril.fi/media/2023/roti-2023/roti-2023.pdf>

Roadex. 2006. Kuivatusratkaisut vähäliikenteisillä teillä. Tiivistelmä. Viitattu 2.4.2023. https://www.roadex.org/wp-content/uploads/2014/01/Drainage_Finnish.pdf

Tiehallinto. 2001. Reunaympäristön pehmentäminen. Suunnittelun vaiheistus ja sisältö. Viitattu 30.3.2023. <https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Tiehallinto/pdf/2100004-01i.pdf>

Tiehallinto. 2003. Ohituskaistojen suunnittelu. Viitattu 28.3.2023. https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Tiehallinto/pdf/2100021-03ohituskaistojen_suunnittelu.pdf

Tiehallinto. 2004. Tievalaistuksen vaikutus liikenneturvallisuuteen ja ajonopeuksiin. Viitattu 29.3.2023. <https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/139191/4395tie.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Tiehallinto. 2005. Rakenteen parantamisen suunnittelu. Viitattu 3.4.2023. <https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Tiehallinto/pdf/2100035-v-05rakentparant-suun.pdf>

Väylävirasto. 2019. Maanteiden kuivatuksen kunnossapidon hallinta. Viitattu 1.4.2023. https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Vaylavirasto/vo_2019-06_maanteiden_kuivatuksen_web.pdf

Väylävirasto. 2020a. Pohjaveden suojele maantiellä. Viitattu 11.4.2023. https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Vaylavirasto/vo_2020-19_pohjaveden_suojele_web.pdf

Väylävirasto. 2020b. Pyöräliikenteen suunnittelu. Viitattu 12.4.2023. https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Vaylavirasto/vo_2020-18_pyoraliikenteen_suunnittelu_web.pdf

Väylävirasto. 2020c. Tiemerkitöjen suunnittelu. Viitattu 29.3.2023. https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Vaylavirasto/vo_2020-30_tiemerkintojen_suunnittelu_web.pdf

Väylävirasto. 2021a. Tien poikkileikkauksen suunnittelu. Viitattu 27.3.2023. https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Vaylavirasto/vo_2021-16_tien_poikkileikkauksen_web.pdf

Väylävirasto. 2021b. Väylähankkeiden kustannustenhallinta. Viitattu 21.2.2023. https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Vaylavirasto/vo_2021-39_vaylahankkeiden_kustannushallinta_web.pdf

Väylävirasto. 2022. Teiden ja ratojen melusteiden suunnittelu. Viitattu 5.4.2023. https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Vaylavirasto/vo_2022-27_melusteet_1.5.2022_web.pdf

Väylävirasto. 2023. Pohjavedet ja maaperä. Verkkosivu. Käyty 11.4.2023. <https://vayla.fi/ymparisto/pohjavedet-maapera>

Väylävisio 2025–2050. 2022. Modernit pääväylät - kilpailukykyinen Suomi. Viitattu 18.4.2023. https://kauppakamari.fi/wp-content/uploads/2022/10/Modernit_pa%CC%88a%CC%88va%CC%88yla%CC%88t_kilpailukykyinen_Suomi_loppuraportti_09_2022.pdf

LIITTEET

Liite 1. Laskentamallin lähtötiedot

1 (2)

Vaihe 1 - Lähtötiedot	Käyttäjän syöttämät tiedot. Voi olla oletusarvoja, joita käyttäjä pystyy muokkaamaan				
Alkuvalinta	Valinta				
Hankeosa	Maantie				
Hankeosatyyppi	Teiden perusparannukset				
Lähtötiedot	Muuttuja	Mallinnuksen arvo	Oletusarvo	Arvon valinta	Yksikkö
Parannettavan väylän pituus	osittelin_kokonaispituus	100		Käyttäjä syöttää	m
Tieliuokka	tieliuokka	Kantatie		Käyttäjän valinta	-
Liikennemäärä KVL	liikennemäärä_kvl	1500		Käyttäjä syöttää	ajoneuvoa / vrk
Mitoitusnopeus	mitoitusnopeus	100		Käyttäjän valinta	km / h
KORKEUSASEMAT					
Tasauksen korkeus maanpinnasta (ositeltava)	tasaus	1		Käyttäjä syöttää	m
ALUSRAKENNELUOKKA					
Alusrakenneluokka (ositeltava)	alusrakenneluokka	F	F	Käyttäjä syöttää	-
Kallio pinta suhteessa maanpintaan (ositeltava)	kallio_asema	0	-1	Käyttäjä syöttää	m

PARANNUSMENETELMÄ (ositeltava)				Tieluokan mukaan (Moottorttella ainut valinta 2kpl)		
Ajoratojen lukumäärä	ajoratojen_lukumaara		2		Käyttäjän valinta	kpl
Ajoradan 1 päällysteen levennyksen leveys (vasen)	ajoradan_1_päällysteen_levennyksen_lev_eys_vasen		2		Käyttäjä syöttää, 2 desimaalia	m
Ajoradan 1 päällysteen levennyksen leveys (oikea)	ajoradan_1_päällysteen_levennyksen_lev_eys_oikea		0		Käyttäjä syöttää, 2 desimaalia	m
Ajoradan 2 päällysteen levennyksen leveys (vasen)	ajoradan_2_päällysteen_levennyksen_lev_eys_vasen		0		JOS ajoratojen_lukumäärä '2', Käyttäjä syöttää, 2 desimaalia	m
Ajoradan 2 päällysteen levennyksen leveys (oikea)	ajoradan_2_päällysteen_levennyksen_lev_eys_oikea		0		JOS ajoratojen_lukumäärä '2', Käyttäjä syöttää, 2 desimaalia	m
Keskialueen parannus	keskialueen_parannus		Saareke, nurmi		Käyttäjän valinta	-
Keskialueen leveys	keskialueen_leveys		2,5	2,5	Käyttäjä syöttää, 1 desimaali	m
Keskialueelle uudet rakennekerrokset?	keskialueelle_uudet_rakennekerrokset?		☐			
Ajoradan 1 luiskan parannus (vasen)	ajoradan_1_luiskan_parannus_vasen		Luiskan loiventaminen		Käyttäjän valinta	-
Ajoradan 1 luiskan parannus (oikea)	ajoradan_1_luiskan_parannus_oikea		Luiskan loiventaminen		Käyttäjän valinta	-
Ajoradan 2 luiskan parannus (vasen)	ajoradan_2_luiskan_parannus_vasen		Luiskan loiventaminen		Käyttäjän valinta	-
Ajoradan 2 luiskan parannus (oikea)	ajoradan_2_luiskan_parannus_vasen		Luiskan loiventaminen		Käyttäjän valinta	-
Stabilointiyrysintä	stabilointi?		☐			
Sekoitusyrysintä	sekoitusyrysintä?		☐			
Jyrsinnän syvyys						
Jyrsinnän leveys (kysytään jos jompikumpi yllä olevista ON)					Käyttäjä syöttää	m
Uusi päällystelaatta?	uusi_päällystelaatta?		☒			
Uuden päällystelaatan leveys	uuden_päällystelaatan_leveys		10		JOS uusi_päällystelaatta?, Käyttäjä syöttä	m
Ositellun osuuden pituus	osuuden_pituus		1			

Liite 2. Yleiset mitoittavat tekijät

Muuttuvia muuttujia tai vakioita. Jos laskentakaavassa tietty arvo --> vakio					
Mitoittava tekijä	Muuttuja	Mallinnuksen arvo	Mallinnuksen laskentakaava	Yksikkö	Mitoittavan tekijän arvon valinta
[Mitoittavat tekijät, joita laskennassa tarvitaan. Nämä määräytyvät lähtötietojen perusteella]	[Laskennassa käytettävä lyhenne]	[mitoitettavan tekijän arvo]		[mitoitettavan tekijän yksikkö]	[tieto siitä, millä perustein mitoittavan tekijän arvo on valittu. Esim. tietty lähtötieto määrittää tai jokin taulukko]
APUMUUTTUJA: Hankkeen sijainti	sijainti	Keski-Suomi		-	
Vaativuusluokka	vaativuusluokka	V2	=V&'Arvot, valinnat"!B266	-	Tietoluokka, Mitoitusnopeus, KVL
Päälystekerroksien yhteenlaskettu paksuus	päälystete_paksuus	0,1	=SUM('Arvot, valinnat"!K139:	m	KVL
Kantavan kerroksen paksuus	kk_paksuus	0,2	0,2	m	Vakio
Jakavan kerroksen paksuus	jk_paksuus	1,55	=ARRAY_CONSTRAIN(ARR	m	Alusrakenneluokka, Vaativuusluokka, Sijainti
Rakenteen kokonaispaksuus	rakenne_paksuus	1,85	=päälystete_paksuus + kk_pa	m	
Suodatinkankaan mukanaottoehto	suodatinkangas?	Kyllä	=ARRAY_CONSTRAIN(ARR	-	Alusrakenneluokka
Ojan syvyys	oja_syvyys	0,3	0,3	m	Vakio
Ojan pohjan leveys	oja_pohja_leveys	1	1	m	Vakio
Ulkoluiskan kaltevuus (käänteisluku)	ulkoluiska_kaltevuus	2	2	-	Vakio, 1:2 käänteisluku
Leikkaussyvyys	leikkaus_syvyys	0,85	=ARRAY_CONSTRAIN(ARRAYFC	m	Tasaus, Rakenteen kokonaispaksuus
Pengerpaksuus	penger_paksuus	-0,85	=ARRAY_CONSTRAIN(ARRAYFC	m	Tasaus, Rakenteen kokonaispaksuus
Olemassa olevan tien leikkaus kaltevuus (käänteisluku)	nykyisen_leikkattavan_rakenteen_kaltevuus	0,5	0,5		Vakio, 2:1 käänteisluku

Liite 3. Levennysosan laskentafunktio

Vaihe 3 - Funktiot		Määrälaskennat laskentapalikkoiden rakennusosille. Laskentafunktioiden käyttöön 1. ja 2. vaiheiden muuttujia						
Laskentapalikka	Laskentapalikan ehto-kaava	Rakennusosa	Määrälaskentafunktion osa / muuttuja	Sidonta-Id	Ehto-kaava	Arvon valinta	Arvo	Yksikkö
[Laskentapalikan nimi] [Tieto jos palikka on laskinakohtainen]	[Laskentapalikan mukanoitoehto]	[Jaotellaan funktion osien ja muuttujien laskenta rakennusosittain]	[Laskettava osa tai muuttuja]	[Laskettavan osan sidonta-Id]	[Ehto, jolloin kyseisen rakennusosan kaava lasketaan]	Laskentafunktio	[Mallinnuksen arvo, joka saadaan rakennusosan laskenta-kaavalla]	[Rakennusosan yksikkö]
Ajorata 1 levennyspalikka, vasen		Päälystekerrokset Kantava kerros Jakava kerros Maaleikkaus Pengertäytty Suodatinkangas	ajoradan 1 levennyksen asfaltti vasen ajoradan 1 levennyksen kantava kerros vasen ajoradan 1 levennyksen jakava kerros vasen ajoradan 1 levennyksen maaleikkaus vasen ajoradan 1 levennyksen pengertäytty vasen ajoradan 1 levennyksen suodatinkangas vasen	asfaltti_levennys_ajorat_kts. kantava_kerros_levennys_ajorata_1 jakava_kerros_levennys_jakava_kerros? leikkaus_levennys_ajorat_kts. pengertäytty_levennys_ajorat_kts. suodatinkangas_levennys_ajorat_kts.	"Arvat" välilehti ajorata_1 ajorata_1 ajorata_1 ajorata_1 ajorata_1 ajorata_1	ajoradan_1_päälysteen_levennyksen_leveys_vase ajoradan_1_päälysteen_levennyksen_leveys_vas ajoradan_1_päälysteen_levennyksen_leveys_vas ajoradan_1_päälysteen_levennyksen_leveys_vas ajoradan_1_päälysteen_levennyksen_leveys_vas ajoradan_1_päälysteen_levennyksen_leveys_vas ajoradan_1_päälysteen_levennyksen_leveys_vas	2,00 m2tr 0,39 m3tr 2,34 m3tr 1,70 m3tr -1,70 m3tr 2,00 m2tr	