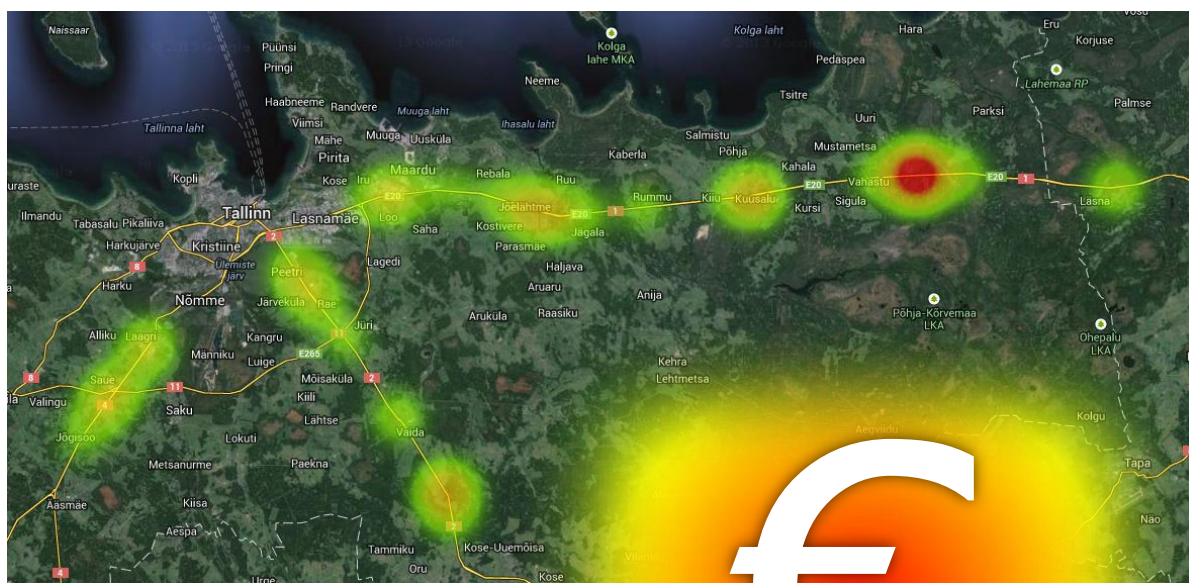


Teadus- ja arendustöö

„Tasuvusarvutuse rahvusvahelised praktikad ning erinevate teekatte remondiliikide tasuvusarvutused koos teaduslike analüüsidega.“

LÕPPARUANNE

2014-06



MAANTEEAMET

Tallinn 2014

Koostajad:

Marek Truu (AS Teede Tehnokeskus)

Tiit Metsvahi (Tallinna Tehnikaülikool)

Teadus- ja arendustöö
„Tasuvusarvutuse rahvusvahelised praktikad
ning erinevate teekatte remondiliikide tasuvus-
arvutused koos teaduslike analüüsidega.“

Koostajad:

Marek Truu
Tiit Metsvahi (TTÜ)

SISUKORD

SISUKORD	1
SISSEJUHATUS	4
TASUVUSARVUTUSTEST	5
Metoodika	9
USA Minnesota juhised	14
Soome juhised	16
Iirimaa juhised	19
Tasuvusanalüüsi näide	20
Praegune olukord	20
Maantee seisund	22
Tasasus	23
Defektid	24
Kandevõime	26
Roopad	29
Liiklusõnnetused	29
Praeguse olukorra analüüs	30
Liikluse prognoos	31
Alternatiivid ja nende mõjude kirjeldamine	33
Liiklusõnnetused	36
Alternatiivide kulude kirjeldamine	39
Teevaldajakulud	39
Teekasutaja kulud	41
Ajakulu	42
Tasuvusanalüüs	46
Tundlikkusanalüüs	50
Finantsanalüüs	51
Finantsilised kulu- ja tulukomponendid	52

Teadus- ja arendustöö „Tasuvusarvutuse rahvusvahelised praktikad ning erinevate teekatte remondiliikide tasuvusarvutused koos teaduslike analüüsidega.“

Investeeringukulud	53
Hoolde- ja remondikulud.....	54
Hinnang projektile kaasfinantseerimise väärimise seisukohast	54
Finantsanalüüsi tulemused.....	55
Toetused ÜF fondidelt.....	56
Ühenduse osaluse iga-aastane rahastamiskava	56
Kaasfinantseerimise allikad	56
Projekti finantsiline jätkusuutlikkus	57
Tasuvusanalüüsi kokkuvõte (vajadusel)	57
TASUVUSANALÜÜSI JUHEND	59
TASUVUSARVUTUSE JUHENDI KAVA	61
Tasuvusarvutuste üldised järeldused	66
TEETÖÖDEAEGSED MÕJUD TASUVUSARVUTUSTES	68
Ameerika Ühendriigid.....	68
Soome	70
Sõiduraja sulgemine	70
Liikluse ümbersuunamine.....	72
4-rajalise maantee ühe sõidusuuna sulgemine	73
Ehitusaegsete liikluskulude näidisarvutused	75
Remondimeetodite lühikirjeldus	76
LIIKLUSOHUTUSE HINDAMINE	82
Sissejuhatas.....	82
TARVA programm ristmike ohutuse hindamiseks	85
Üldist	85
Hindamise kulg ja etapid	86
Kasutatavad mõisted ja tähistused	88
Praeguse ristmiku liiklusõnnetused	89
Õnnetuste arvu “enne” prognoos.....	93
Õnnetuste arvu “pärast” prognoos.....	94
Õnnetuste arvu vähenemine	94

Teadus- ja arendustöö „Tasuvusarvutuse rahvusvahelised praktikad ning erinevate teekatte remondiliikide tasuvusarvutused koos teaduslike analüüsidega.“

Surmajuhtumite (hukkumiste) vähenemine	95
Taani liiklusõnnetuste prognoosimudel	113
Meetmete mõjutegurid	117
Analüüsiks sobivate ristmike valik	137
Esmavalik	137
Lõplik valik	147
Näited	148
Ettepanekud Tarva kasutuselevõtuks	158
JÄRELDUSED JA ETTEPANEKUD	162
KOKKUVÕTE	166
KASUTATUD KIRJANDUS	167

SISSEJUHATUS

Käesolev teadustöö aruanne on valminud Maanteeameti tellimusel AS'is Teede Tehnokeskus koostöös Tallinna Tehnikaülikooliga. Teadus- ja arendustöö eesmärk on konkreetsete objektide varal analüüsida ja tuua välja võimalikud kitsaskohad täna Eestis kasutatavas metoodikas teetööde tasuvuse hindamisel, tuues paralleele teiste riikide praktikatega ja teha vajadusel ettepanekud nende rakendamiseks Eestis. Käesolevas töös on põhitähelepanu tasuvusarvutustel üldiselt ning spetsiifiline tähelepanu erinevate remondimeetodite mõjus ehitusaegsetele liikluskuludele ja liiklusõnnetuste vähendamiseks rakendatavate (remondimeetmete tasuvuse hindamisel ristmikel.

TASUVUSARVUTUSTEST

Käesolevas töös peamine eesmärk oli tasuvusarvutuse kui otsustusprotsessi meetodi lahtimõtestamine ja sobitamine teehoiutööde konteksti riigimaanteedel. Analüüsi eesmärk oli seetõttu näidata seoseid tasuvusarvutuse ja põhiprotsesside vahel, mille otsuste tegemist esimene toetama peab. Seetõttu ei ole kuigi mõttekas vaadelda ja analüüsida tasuvusarvutuse rahvusvahelisi praktikaid eraldiseisvana vaid üksnes koos teehoiutööde valiku- ja otsustusprotsessidega. Etteruttavalt võib öelda, et rahvusvahelistest praktikate võrdlemine kujunes lihtsaks selles mõttes, et nii Soome, Saksamaa, Austraalia, Hispaania, Iirimaa, Ühendkuningriikide, Ameerika Ühendriikide kui teiste riikide tasuvusarvutused tuginevad sisuliselt samal meetodikal. Teisalt loob ajalooline raamistik meetodikate täpsustamisel sedavõrd suured erinevused, et erinevate riikide meetodikate võrdlemine kaotab objektiivselt mõtte. Need erinevused võivad olla seotud sotsiaalsete väärtustega, seadusandlusega, keskkonnatingimustega, teede rahastamise põhimõtetega või poliitiliste mõjudega, milliseid arusaadavalt ei ole mõeldav ega ka mõttekas lahti harutada. Seetõttu on käesolevas töös näitena tuginetud eelkõige lähinaabri – Soome – teemakohaste paralleelidega kuivõrd just Soome on olnud Eestile teedehhitusega seotud põhiprotsesside arendamisel suurimaks eeskujuks. Võib öelda, et Soome sobiks põhiosas eeskujuks ka tasuvusarvutustega seonduvas kuid isegi Soome puhul on otsustusprotsesside tehniline, ajalooline ja juriidiline aga ka nõ kultuuriline ja sotsiaalmajanduslik taust väga erinev Eesti omast. Seetõttu, olgugi heal tasemel, pole ei ole Soomes rakendatav Eestis sageli kasutatav ega toimiv. Tuleb arvestada, et ka teede ehituse ja eriti hoolduse ajalooline kvalitatiivne tase on siiski väga erinev. Küll aga saab üle võtta erinevaid põhimõtteid ja seda on soovitude kujundamisel käesolevas töös ka tehtud.

Kuigi erinevad levinumad tasuvusarvutuste tööriistad ja meetodikad kasutavad valdavalt sama aluspõhimõtet, seonduvad erinevused eelkõige kasutuse eesmärgis ja kohalike oludega arvestamises. Seejuures võivad paljud sisendparameetrid olla meetodikasse sissekirjutatud selliselt, mis ei võimalda neid väga lihtsalt muuta. Sellisel olukorral on nii plusse kui miinuseid. Ühelt poolt tagab see, et kasutaja ei saa oluliste sisendparameetritega väga lihtsalt manipuleerida ja erinevate ekspertide arvutused on hästi võrreldavad. Teisalt on võivad sellised süsteemid olla raskesti üleviidavad teistesse keskkondadesse. Nii ei pruugi soojemate riikide

Teadus- ja arendustöö „Tasuvusarvutuse rahvusvahelised praktikad ning erinevate teekatte remondiliikide tasuvusarvutused koos teaduslike analüüsidega.“

modelid arvestada kuigi hästi talve mõju tee omaduste muutumisele ajas ja rikkamate riikide modelid madalamate sissetulekutega riikide palgakulu. Ja need erinevused võivad olla õige suured. Samas on neil meetoditel paljudel juhtudel oma aja- ja arenduslugu, mis arvestab kohalikke traditsioone ja vajadusi.

Iga ühiskonna käsutuses on teedevõrgu arendamiseks ja säilitamiseks (ehitamiseks, remondiks ja korrashoiuks) vahendeid alati piiratud hulk. Tasuvuse hindamise üldine eesmärk on toetada vahendite suunamise otsustusprotsessi. Teehoiu juhtimistasemetelt eristatakse kolme põhilist, algelisemast kaasaegsemani: [HDM-4 Introduction]

- Kriisijuhtimine - Teede hoolduseks ja jooksvaks remondiks vahendeid ei eraldata ja teed kasutatakse kuni täieliku lagunemiseni, mil ollakse sunnitud tegema kapitaalne remont tee rekonstrueerimiseks.
- Normatiividest ja finantsidest lähtuv juhtimine - Teede hooldust ja -remonti reguleerivad: a) tehnilised parameetrid b) teenindustasemed and c) eelarve
- Tehnilis-majanduslikust efektiivsusest lähtuv juhtimine - Teede hooldus ja remont on määratletud funktsionaalsete ja tehniliste standardite kaudu eesmärgiga minimeerida ühiskonna kulusid teetranspordis.

Tüüpiliselt on valikute taga väga erinevad kriteeriumid, millest tasuvusarvutused tegelevad - tehnilis-majanduslikega (kaks esimest allpool). [HDM-4 Introduction]

- Majanduslikud
- Tehnilised
- Institutsionaalsed
- Finantsilised
- Sotsiaalsed
- Keskkondlikud
- Poliitilised

Maailma üks suurimaid rahvusvaheliste tee-ehitusprojektide projekti kaasrahastajaid riikidele antavate laenude kaudu, Maailmapank, alustas koos partneritega tasuvusarvutuste metoodika standardiseerimisega 1960-ndatel aastatel, mis võimaldaks riikide vajadusi teede rekonstrueerimise ja selleks võetava laenu järele usaldusväärset hinnata. Aastatel 1969-1995 arendati sellist metoodikat

Teadus- ja arendustöö „Tasuvusarvutuse rahvusvahelised praktikad ning erinevate teekatte remondiliikide tasuvusarvutused koos teaduslike analüüsidega.“

erinevate nimede all – HCM, HDM-II ja HDM-III, kus lisaks Maailmapangale osalised uuringutes ja arendustöodes erinevad partnerid - MIT, LCPC, TRRL, UNDP ning Keenia, Brasiilia ja India ning Kariibi mere riikide valitsused. Kuigi need mudelid loodi lõunamaa kliimas tehtud uuringutest lähtuvalt, tehti küllaltki palju kohandusi selleks, et metoodika oleks kasutatav võimalikult erinevates tingimustes, sh Põhjamaades. Arvutustehnika arenguga jäi HDM-III oma DOS-keskkonnas siiski kohmakaks ega hõlmanud muuhulgas liiklusummikuid, jäiksid katendeid, paljused elastse katendi tüüpe, katte tekstuuri ja haardetegurit, külmumis-sulamistsüklite mõju, liiklusohutust ega keskkonnamõjusid. 1995 alustati HDM-4 arendamist juba PIARCI poolt, kes kaasas arendustöösse senisest palju rohkem partnereid, sh. Rootsi Maanteeamet, SweRoad ja VTI. HDM-4 esimene versioon tuli välja aastal 2000 ning versioon 2 aastal 2006. [HDM-4 Introduction]

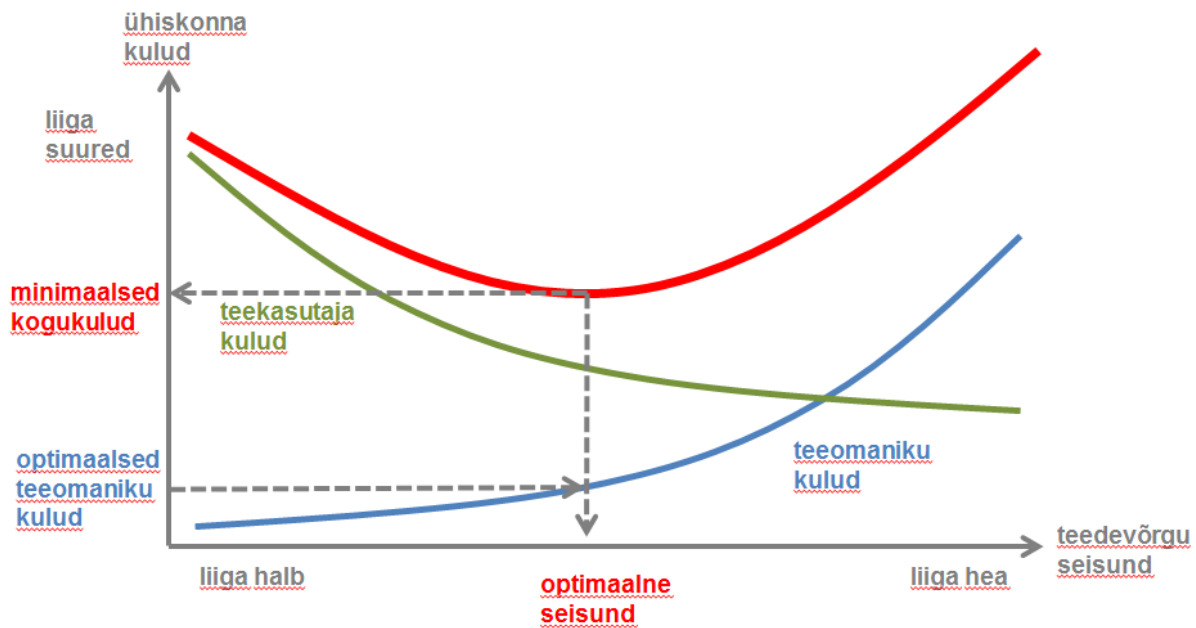
Sõltumata kasutatavast metoodikast (eeldusel, et seda kasutatakse sihipäraselt ja õigesti) määrab tasuvuse hindamise kvaliteedi peaaesjalikult lähteandmete kvaliteet. Üldjuhul on riigid, kes endale ise metoodikad koostanud, läbi mõelnud ka lähteandmete saadavuse vastavas riigis, paraku ei pruugi olla samad andmed saadavad ega kogemusi nende hindamiseks teistes riikides.

Ühiskonna kogukulud = Teevaldajakulud+ Teekasutajakulud

kus

Teevaldajakulud = Ehituskulud + Hooldekulud (sh remont)

Teekasutajakulud = Sõidukikulud + Ajakadude kulud + Liiklusõnnetuste kulud



Erinevate remondimeetmete valikuga kaasnevad erinevad mõjud tulevikus nii teevaldajale endale kui teekasutajatele. Eriti aga just viimasele. Tüüpiliselt on summaarsed teekasutajakulud teevaldajakuludest paari suurusjärgu võrra suuremad, mistõttu ka väikese muutuse esilekutsumine teekasutajakuludes võib olla väärt teevaldajapoolset lisafinantseeringut mõne remondimeetme näol. Tasuvuse hindamise meetodid annavad ka remondimeetmete valikuks (remondiplaani optimeerimiseks) head tööriistad.

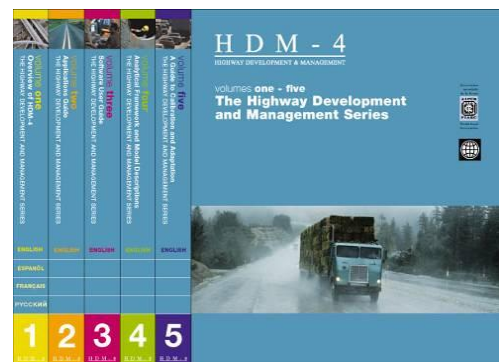
Sageli esitab investor projektide tasuvusele omad nõuded, veendumaks, et tegemist on jätkusuutlikku ja vajaliku projektiga, mis täidab oma funktsiooni. Reeglina on infrastruktuuri investeringute puhul eesmärgiks majanduse konkurentsivõime tõstmine. Nii on paljud riigid kehtestanud vastavad nõuded riigi poolt rahastatavate projektide jaoks, samuti on omad nõuete raamistiku tasuvusanalüüsidesidele kehtestanud Euroopa Liit ühiskassast finantseeritavate projektide suhtes. Selle eesmärk on näidata, et projekt on majanduslikult aspektist soovitatav ning teenib ELi regionaalpoliitika eesmäärke ning, et projekti rahalise teostatavuse tagamiseks vajab see fondide toetust. Selle põhjal määratakse kindlaks asjakohane toetuse tase [38].

Metoodika

Tasuvusarvutuste teostamisel kasutatakse pea eranditult ühiskonna tulude ja kulude hindamisel ja võrdlusel põhinevat majandusliku tasuvuse hindamise metoodikat (*method: economic cost-benefit analysis, CBA*) ning Rahvusvahelise Teede Assotsiatsiooni (*PIARC e. World Road Association*) initsiatiivil koostatud ja maailmas tunnustatud laialdaselt kasutatavat tarkvara HDM-4.

Investeeringute tasuvuse majanduslikul hindamisel simuleeritakse nn. elutsükli (*life-cycle*) kulusid projektita variandil (ka baasalternatiiv, nullvariant, *do nothing, do minimum*) ja ühel või mitmel hinnataval projektivariandil, milleks võib olla olemasoleva infrastruktuuri parandus, ümberehitus või ka täiesti uue infrastruktuuri rajamine. Tasuvuse hindamiseks tehakse kindlaks ja arvutatakse ühiskonna kulud, sh. tee valdaja kulud (ehituskulud, tee hoolde- ja remondikulud), teekasutaja kulud (ajakulud ja sõidukikulud) ning liiklusõnnetuste kulud erinevatele võrdluse objektiks olevatele etteantud projektivariantidele. Kõigi projektivariantide realiseerimisega kaasnevaid ühiskonna kulusid (ja tulusid) võrreldakse diskonteerituna valitud perioodil (võrdlusperiood) ning selgitatakse, kas ja millises ulatuses vähenevad ühiskonna kogukulud projektivariantide realiseerimisega. Ühiskonna kulude vähenemist iseloomustatakse erinevate tasuvusnäitajatega. Võrdlusarvutuste tulemusena arvutatakse majanduslikud tasuvusnäitajad nagu nüüdisväärtus (kasum/kahjum, *NPV*), kasumlikkus (tulude-kulude suhe, *BCR*) ja piirdiskontomäär (*EIRR*).

Tasuvusarvutuse tegemisel on maailmas levinumana kasutatud HDM-4 (Highway Development and Management Tool) tarkvara. Antud tarkvara on kasutusel üle maailma investeerimisalternatiivide hindamisel ja teede haldusfunktsioonide täitmiseks laiemalt. Üha enam on tarkvara leidnud kasutust nn. strateegiliste analüüside tegemiseks, kus erinevaid



teehoiuumudeleid testitakse kas kogu teedevõrgu või selle peal. PIARC'i, IBRD (ja teiste poolt, juhendi ISO-HDM järgi) poolt arendatud HDM-4 mudel põhineb HDM 1995. paketil ja HDM III mudelil ja avaldati 2000. aastal. Peale mõnda parandatud versiooni (viimane versioon on 2.08, uuendus 2010) on see saanud maailmas enim kasutatavaks teostatavusuuringute tarkvaraks. HDM-4 mudel sisaldab võrreldes HDM III mudeliga olulisi uuendusi ja hästituntud HDM III mudeli piirangute ja puuduste parendusi (nagu mittesobivus suurte kiirustega kiirteedel, liiklusummikute modelleerimises, teede käitumine külmas kliimas, betoonkatted jne.).

Eestis ulatub tasuvusarvutuste spetsiaaltarkvara kasutuse kogemus aastasse 2000, kui Maailmapanga laenuprojekti käivitamiseks teostatavusuuringu tasuvusarvutused (Tallinn-Tartu maantee taastusremont aastatel 2000-2004) viidi tarkvara HDM-III abil läbi Maailmapanga poolt aktsepteeritud eksperdi juhendamisel (Rodrigo-Archando Callao), kes oli ka HDM-III üks autoritest. Hiljem on HDM-III olnud muuhulgas kasutusel ISPA vahendite kasutamiseks Via-Baltica projekti käivitamiseks (E67 ja E20 taastusremont aastatel 2001-2004) ja mõnedes teistes projektides. HDM-4 kasutamine tasuvusarvutustes hoogustus pärast programmi liikluskulude arvutamise lähteandmete panga koostamist ning HDM-4 mudeli kalibreerimist 2003. HDM-4 on olnud Eestis kasutusel mitmete investeerimisprojektide variantide majandusliku tasuvuse hindamisel, mitmeaastaste tööprogrammide optimeerimisel kui ka strateegiliste, kogu riigimaanteede võrku puudutavate otsuste tegemiseks vajalike analüüside teostamisel. Viimane riigimaanteede strateegiline analüüs hõlmas lisaks kattega teedele ka sildu ja katteta teid ning valmis 2011.

HDM-4 analüütilise raamistiku kontseptsioon põhineb teekatete elutsükli analüüsimisel. Seda rakendatakse teekatete lagunemise, remonditööde mõjude, teekasutajate kulude ja ühiskonna ning keskkonna mõjude ennustamisel teekatete elutsükli jooksul, mille kestvus on üldjuhul 15-40, sagedamini 20-30 aastat. Pärast teekatete ehitamist hakkavad need erinevate faktorite mõjutusel lagunema. Eelkõige mõjutavad teekatete lagunemist liikluskoormused, ilmastik ning puudused veeviimarites. Teekatete lagunemise kiirust mõjutab otseselt tekkinud pragude, aukude, jne parandamiseks ning teekatte struktuurse ühtsuse säilitamiseks läbi viidud remonditööde tase. Teekatete üldine seisukord sõltub pikas plaanis otseselt rakendatud hooldus- ja remondimeetoditest. Ennustatavat teekatte seisukorra

muutumist on võimalik kirjeldada sõidukvaliteedina, mida reeglina väljendatakse rahvusvahelise tasasuse indeksina (IRI). Hooldustaseme kindlaks määramisega seatakse ka teekatte lagunemise lubatud piir. Selle tulemusena sõltuvad teehaldaja kogukulud lisaks tee-ehituse invertteerimiskuludele ka teelõigul ette nähtud hooldus- ja remonditööde tasemest. Teekatete seisukorra ja teede projekteerimistaseme mõju teekasutajatele mõõdetakse teekasutaja kuludega ning muude mõjudega ühiskonnale ja keskkonnale. Teekasutaja kulud sisaldavad sõiduki ülalpidamiskulusid (kütus, rehvid, määrdeained, varuosad, amortisatsioon jne), sõiduaja kulusid nii reisijatele kui kaubale ning liiklusõnnetuste kulusid ühiskonnale (s.o. inimelu kaotus, inimvigastused, sõidukite ja teeäärsete objektide vigastused jne). Mõjusid ühiskonnale ja keskkonnale on võimalik väljendada sõiduki heitgaaside, energiakulu, liiklusrüüa ja hüvede kaudu, mida tee kasutamine ühiskonnale toob. Kuigi mõjusid ühiskonnale ja keskkonnale on kohati raske rahaliselt väljendada, võimaldab HDM-4 neid kasutada nn. väliste teguritena. Teedehitusse tehtud investeeringutelt saadav majanduslik tulu leitakse remonditööde kulude võrdlemisel nn. nullvariandiga (olukord, kui projekti ei viida ellu või tehakse nii vähe kui võimalik), mis reeglina sisaldab ainult hädavajalikke korrashoiutöid. HDM-4 on välja töötatud erinevate investeerimisvõimaluste kulude võrdlemiseks ning majandusanalüüsi teostamiseks. Selle abil saab hinnata erinevate alternatiivide kulusid aastate lõikes programmi kasutaja poolt kindlaks määratud perioodi jooksul. Kõik arvestusperioodil tehtavad kulutused diskonteeritakse määratletud lähteaastale. Alternatiivide võrdlemiseks on vaja investeerimisprogrammide, projekteerimismõõnide ja erinevate hooldusvõimaluste üksikasjalisi kirjeldusi ning teada ühikhindasid, eeldatavat liiklusmahtu ja keskkonnatingimusi.

Tasuvusanalüüsi detailsuse tase sõltub suuresti projekti etapist, milles seda sooritatakse. Tüüpiliselt tuleneb tasuvusanalüüsi nõue Euroopa Komisjoni poolt, Struktuurifondidest rahastatavate projektide jaoks. Nimelt tuleb tasuvusarvutustega teha kindlaks, kas kavandatu on majanduslikult tasuv ja seega väärib kaasrahastamist ning kas kaasrahastus on vajalik põhjusel, et tasuva projekti kulud on suuremad kui projekti tulud. Selle nõude täitmiseks on minimaalselt vajalik teostada tasuvusanalüüs tehnilise projekti lõppfaasis kui on teada projektilahendus ja hinnatud projekti mõjud ja nende mõjudega kaasnevad kulud.

Selline praktika ei ole siiski soovitatav. Nimelt võib tasuvusanalüüsi käigus selguda, et projekt polegi tasuv, mis tähendab aga sisuliselt seda, et projekt ei vääri kaasrahastamist. Õigupoolest tähendab see üldjuhul seda, et projekt ei vääri üldse rahastamist. Kuigi mõningatel keerulisematel juhtudel võib tehnilise projekteerimise käigus selguda lähteülesande muutmise vajadus, on projekteerimistöö efektiivsuse huvides teostada eeltasuvusanalüüs projekti võimalikult varases staadiumis. Sisuliselt on tegemist projekti staadiumiga, kus on oluliste parameetrita tasemel kirjeldatud ja seega on võimalik üsna täpselt hinnata ka selleks vajaliku investeeringu suurust, projekt on lahendatud eskiisi tasemel, eesmärgiga visualiseerida lahenduse ideed. Taastusremondiprojektide puhul, kus peamine eesmärk on amortiseerunud tarindi uuendamine, on vajalik tähelepanu suunamine tarindile, liiklusohlikes kohtades ohutuse meetmetele ja uue tee puhul muudatustele teedevõrgus, sh. liikluse jagunemisele. Tasuvusanalüüs on sellisel juhul, mitte pelgalt kontrollimehhanism selgitamiseks, kas projekt on tasuv või mitte vaid tööriist optimaalsema lahenduse otsimise protsessis.

Üks võimalus selleks on jagada tehnilise projekteerimise etapp kaheks eraldi etapiks (võib olla sama hanke sees) kus projekti esimeses etapis viiakse läbi kõik vajalikud mõõtmised ja uuringud (geodeesia, geoloogia, tee seisund, rajatiste seisund, liiklusohutuse hindamine jms) ning kalkuleeritakse tööde ligikaudne maksumus tellija poolt etteantud alternatiivsetele katendilahendustele. Selles etapis võib olla vajadus mõningate skemaatiliste jooniste järele kuid ei hõlma üldjuhul projektijooniste koostamist. Sisuliselt võib seda nimetada ka teostatavus- ja tasuvusanalüüsiks ja selleks etapiks tuleks planeerida minimaalselt 6 kuud. Etapi tulemusena esitatakse tellijale ettepanekud tasuvusarvutustele ja tehnilistele analüüsile tuginedes lõpliku variandi valikuks, sh. juhul kui ükski alternatiiv ei osutunud tasuvaks. Analüüsi peaks üle vaatama ka tellijapoolne ekspertiisi teostaja. Ekspertiis peaks selgitama, kas uuringud on olnud piisavad ja vastavuses lähteülesandega ning annavad vajaliku sisendi projekteerimiseks. Eesmärgiks on saavutada konsensus lõpliku lahenduse osas. Juhul kui ekspertiisist ei tule olulisi märkusi, võiks protsess olla läbitav 1 kuuga ning võib jätkata tehnilise projekti koostamisega, minimaalse kestusega 3 kuud. 1 täiendav kuu kulub liiklusohutuse auditi tegemiseks ja tasuvusanalüüsi täpsustamiseks (sh. finantsanalüüsi koostamiseks). Lisaks veel 1 kuu kuluks ekspertiisi jaoks. Kogu projekteerimise protsess võtaks seega aega ca 12 kuud. Sisuliselt tähendaks see lihtsamate

projekteerimishangete kontsentreerimist aasta algusesse (jaanuar-veebruar), uuringud kevad- ja suvekuudel (märts-august), uuringute ekspertiis august-september, tehniline projekteerimine september-detsember, liiklusohutuse audit ja tasuvuse kontroll ja rahastustaotlus (vajadusel) detsember-jaanuar. Ekspertiis jaanuar-veebruar.

Keerulisemate projektide korral peaks tsüklil olema pikem, nt 18 kuu korral algus juunis-juulis ja lõpp järgneva aasta novembris-detsembris. See on vajalik, et ehitusööd saaks käivitada aprillis-juunis ning kattetööd lõpetada septembris.

Pikem aeg projekteerimise protsessis on vajalik eelkõige uuringute ja muude, projekteerimise mõistes ettevalmistavate tööde kvaliteedi tagamiseks. Kui pikemat perioodi on otstarbekas ühitada tellija suurema nõudlikkusega uuringute suhtes ning planeerida projekti sisse ekspertiisiga seotud tähtajad. Ühtlasi on selle etapi järel nii projekteerijal kui tellijal kindlus, et pooled on lõpptulemuse osas ühel meelel.

Sisuliselt kogu tasuvusanalüüs on võimalik teostada nn. uuringute staadiumis kuna selles staadiumis on hinnatud kõik mõjud ja riskid, mis on ka kulude hindamise aluseks erinevate alternatiivide korral. Tasuvusanalüüs aitab infot süstematiseerida ja võrrelda. Veel parem oleks väljendada teistpidi - **tasuvusanalüüs on protsess, mille käigus täpsustatakse investeeringu vajadus probleemide, erinevate lahendusalternatiivide ja nende mõjude ning kulude kaudu ja see võetakse kokku tasuvusanalüüsi aruandes.**

Eeltoodust pole raske näha, et osaliselt katab tasuvusanalüüsi aruande teemad ära projekti seletuskiri. Tasuvusanalüüsi aruandes on otstarbekas selgitada probleeme ja tehtud valikuid, seletuskiri võiks sellisel juhul piirduda tehnilise informatsiooniga, mis on vajalik ehitustööde läbiviimiseks ja kontrollimiseks – nt. ülevaade projektdokumentatsioonist, täiendavad nõuded, eritingimused või muu oluline teave, mis vajab rõhutamist või aitab oluliselt kaasa ehitustöö keerukuse mõistmisele. See dokument on osaks tehnilise projekti dokumentatsioonist kuhu tüüpiliselt kuuluvad:

- Seletuskiri
- Tehnilised tingimused (tehnovõrkude osas) ja kooskõlastused
- Mahuloendid

Joonised

Alljärgnevalt on tasuvusanalüüsi mõningaid aspekte käsitletud konkreetsete näidete varal, milleks on valitud Kudasoo-Läsna objekt, riigimaantee nr 1 (Tallinn-Narva) vasak niit e. sõidusuund 2 ning mõningaid aspekte näidetes on kajastatud riigimaantee 11 Kanama – Keila ja riigimaantee 8 Keila – Valkse teelõikude baasil. Alltoodu on mõeldud üksnes tasuvusanalüüsi aruande formaadi illustreerimiseks, mitte iseseisvalt kasutamiseks. Seetõttu puudub ka valitud teelõigul otsene tähtsus/tähendus.

USA Minnesota juhised

Klassikalises tasuvusanalüüsis võetakse erinevate variantide võrdlemisel arvesse kõik kulud ja tulud, mis erinevatel variantidel erinevad. Mõningatel juhtudel on otstarbekas standardiseerida teetööd selliselt, et nende mõju mitmetele tasuvuse komponentidele oleks erinevate alternatiivide korral lähedane. Sellistel juhtudel saab võrrandist elimineerida sarnase mõju (ja seega kuluga) komponendid ja võrdluse teha lihtsustatult. Üheks selliseks meetodiks on elukaarekulude analüüs, kus lahendused valitakse selliselt, et nende mõju liiclusele oleks sarnane.

Siinkohal on Tellija soovil analüüsitud USA Minnesota Transpordiametil kasutusel praktilist juhist „Life Cycle Cost Analysis (LCCA) of Pavement Preservation Projects” [55] katendi elukaare kulude hindamiseks ja valikuks. Elukaare kulude analüüs e. tasuvusanalüüs on nõutud alates 2 miili pikkustele projektidele (1+1 maantee). Süsteem on välja töötatud selliselt, et teda oleks lihtne kasutada, lisatud on täidetavad vormid. Võimaldab variante võrrelda ja leida soodsama kuid võimaldab valida ka kulukama lahenduse. Kõrgema kogukulu alternatiivi valik vaja eraldi põhjendada. On tõusetunud küsimus, kas sama juhist annaks kasutada ka meil nii, et projektijuht teeb kalkulatsiooni, regiooni ehitusvaldkonna juht kinnitab.

Tegemist on tasuvusanalüüsi juhiseiga katte taastusremonditöödeks (katte remont, taastamine, ülekate, renoveerimine, rehabiliteerimine, rekonstrueerimine). Katte taastusremonditöödeks ei loeta nn. ennetavaid remonditöid ega väiksemahulisi töid. Ennetavateks loetakse töid, mille käigus paigaldatava kattekihi paksus ei ületa 2" (3,1 cm) ja väikesteks loetakse remonditööd mahuga:

 2-rajalised teed: alla 2 miili (ca 3,2 km)

Teadus- ja arendustöö „Tasuvusarvutuse rahvusvahelised praktikad ning erinevate teekatte remondiliikide tasuvusarvutused koos teaduslike analüüsidega.”

➤ 3- ja enamarajalised teed: alla 30 000 ruutjardi (ca 25 000 m²)

Tasuvusarvutused peavad lähtuma võrdse eluea ja võrdse võrdlusperioodi põhimõttest. Juhul kui ei valita parima tasuvusega alternatiivi, tuleb valikut täiendavalt põhjendada. Tasuvusanalüüs tuleb esitada kord aastas ka Senatile ja Esindajatekojale. Elukaarekuluanalüüs koosneb järgmistest osadest:

- Katte eluea ja alternatiivide valimine
- Hooldetegevuste kavandamine
- Kulude hindamine ja arvutamine
- Elukaarekulude arvutamine
- Tulemuste analüüs

Katte eluea ja alternatiivide määratlemisel lähtutakse Minnesota katete projekteerimise nõuetest

<http://www.dot.state.mn.us/materials/pvmtdesign/manual.html>)

ning peavad sobima projekti valitud võrdlusajaga. Alternatiivide määratlemisel lähtutakse põhimõttest, et kaalutakse vähemalt kate alternatiivi:

- HMA (Hot Mastics Asphalt) – bituumensegust kate
- PCC (Portland Cement Concrete, ka „whitetopping”) – betoonisegust kate

Viimaste hulgas omakorda eristatakse sidumata (klassikaline) ja seotud (komposiit) meetodit [62]. Juhul kui projekteerimishormides sobib soovitud elueaga ainult üks alternatiiv, tuleb täiendavalt võrrelda valitule lähima elueaga HMA ja PCC tasuvust.

Hooldetegevuste kavandamisel (ajalisel määratlemisel) lähtutakse distrikti kogemustest

Kulude hindamine viiakse samuti läbi distrikti kogemuste põhjal. Seejuures võetakse arvesse üksnes need kulud, mis on võrdlusvariantide vahel erinevad. Liikluskulusid ei arvestata.

Elukaarekulude arvutamine viiakse läbi erinevate alternatiivide kulude nüüdispuhasväärtuste arvutustega. Kulud diskonteeritakse 30 aastaste võlakirjade reaaltressimääradele vastava diskontomääraga. Leitakse jääkväärtused. Inflatsiooni ei arvestata.

Tulemuste analüüs tähendab üldjuhul seda, et elukaarekulude võrdluse tulemusena valitakse vähimate elukaarekuludega lahendus. Võimalik on otsustada ka muu

variandi kasuks, millist tuleb sellisel juhul täiendavalt põhjendada (LCCA Exception Form

http://www.dot.state.mn.us/materials/pvmt/design/docs/LCCA_Exception_Form.pdf).

Kokkuvõtvalt võib öelda, et Minnesota juhised võib täita oma rolli kui võrreldakse sarnase elueaga remondimeetmeid. Minnesota kontekstis on vajadus selleks ilmselt ajendatud PCC-meetodi laiema kasutamise võimaldamiseks kuna traditsiooniliselt ei nähta HMA-katete puhul ette nt. 35-aastast eluiga ja 50-aastast võrdlusperioodi. Arvestada tasub sedagi, et Minnesotas on keelatud naastrehvid. Meetodi suureks puuduseks on liikluskulude ja katte seisundi mitteametamine, mistõttu ei võimalda meetod võrrelda erinevaid projekte omavahel vaid üksnes konkreetse projekti erinevaid variante piiratud tingimustel, millised peavad olema heas kooskõlas projekteerimisjuhendite loogikaga.

Sisuliselt on elukaarekuluanalüüsi näol tegemist tasuvusanalüüsi ühe olulise osaga, mistõttu selle juhise kohase meetodi arendamine (eelkõige erinevate remondimeetmete kaardistamine, süstematiseerimine, eluea hindamine ja kulude määratlemine) Eesti jaoks võimaldab samu elemente kasutada ka tasuvusanalüüsis (muidugi juhul kui tasuvusanalüüsi vajadusi seejuures silmas peetud). Iseseisvana kasutamiseks Minnesota meetod tervikuna Eesti oludesse kindlasti ei sobi kuid selle elementide kasutamine on võimalik.

Soome juhised

Tellijal sooviti uuriti Soome teeprojektide hindamise juhise [2] ning Iiri teeprojektide eelarvestamise ja kulujuhtimise põhimõtteid [19] ja nendes toodu kasutatavust Eestis tasuvusarvutustes. Soome juhise põhimõtteid on käesolevas töös kasutatud läbivalt kuna oma kontseptuaalse ülesehituse poolest sobib ka Eestis lähtumiseks.

Teiste riikide eeskujul tuleb põhitähelepanu pöörata otsustusprotsessile projekteerimise eri etappides. Näitena toodud Soomes käsitlevad teedeinvesteeringute planeerimist käsitlevad mitmed seadused ja dokumendid ja teeprojektide hindamine on seotud otseselt nendega. Kuigi liiklusprojektide jaoks on töötatud välja üldised juhised [3], lähtutakse teeprojektide puhul peamiselt teeprojektide hindamise juhise [2], milline eelnevat täiendab, täpsustab kuid ka kordab.



Joonis 1. Ehitusprojektide käsitus Soome teeprojektide hindamise juhises [2]

Soome tasuvusarvutuste mudeli eripäraks on kitsas kasutusvaldkond ehitusprojektide erinevate variantide tasuvusanalüüsi teostamiseks peamiselt eelprojekti staadiumis, mistõttu puudub selles sisuliselt sõidukikulude osa, mis arvestab sisendina tasasusmudelit ja tugineb üksnes ajakadude mudelil. Soome Liiklusametis (Liikennevirasto) on nõutav tasuvusarvutuste teostamine IVAR-programmiga, mille kasutamiseks on olemas detailne juhend [8]. Teede hindamise

Teadus- ja arendustöö „Tasuvusarvutuse rahvusvahelised praktikad ning erinevate teekatte remondiliikide tasuvusarvutused koos teaduslike analüüsidesega.“

ja tasuvusarvutuste vahelised seosed on käsitletud erinevates dokumentides. Kokkuvõtvalt viiakse tasuvusarvutused läbi järgmiste etappide kaupa [2]:

- Hanke kõikide rahas kajastatavate mõjude kindlaksmääramine.
- Mõjude suuruse kvantitatiivne kindlaks-määramine ja mõjude hindamine fikseeritud ühikuväärtuste alusel.
- Kalkulatsioonides kasutatava investeeringu-kulude ja muude kalkulatsioonis sisalduvate kulude kindlaksmääramine.
- Kasude, kahjude ja investeeringukulude teisendamine baasaasta hetkeväärtuseks, selleks kinnitatud kalkulatsiooniväärtusi järgides. Tasuvuse põhinäitaja välja-arvutamine.
- Kalkulatsiooni dokumenteerimine kalkulatsiooni täiendamist võimaldava täpsusega.

Tasuvusarvutuses sisalduvad hanke rahaks teisendatud kasu- ja kahjuread. Kalkulatsioon ei pea olema tehtud kindla meetoodika alusel, kuid enamuste teehitushangete korral sisaldab kalkulatsioon järgmisi elemente [2]:

- Investeeringu maksumus
 - planeerimiskulud
 - hanke ehituskulud
 - ehitusaegsed intressid
 - ehitamise ajal tekkivad kulud
- Teehooldaja kulud
 - hoolduskulud
- Kaudsed investeeringud
 - välditud ja kaudsed investeeringud
- Liikleja kulud
 - ajakulu
 - sõiduvahendiga seotud kulud
 - maksud ja muud lõivud
- Ohutusmõjud
 - õnnetuskahjud
- Keskkonnamõjud
 - heitmekulud
 - mürakulud

Teadus- ja arendustöö „Tasuvusarvutuse rahvusvahelised praktikad ning erinevate teekatte remondiliikide tasuvusarvutused koos teaduslike analüüsidega.“

- Mõjud üldisele majandusele
- maksud, aktsiisid ja muud tulud
- Investeeringu jääkväärtus.

Samas ei tohi tee-ehitushanke tasuvusarvutustes sisalduda selliseid mõjusid, mille mõõtmiseks ja kalkuleerimiseks puuduvad kindlalt määratletavad kalkulatsioonimeetodid ega teatavaid majanduslikke peegelduvaid või mitmekordseid mõjusid nagu näiteks mõjud tööhõivele, sisemajanduse koguproduktile, teatud piirkondade kasvutingimustele, majanduse struktuurile või muutustele maa väärtuses, sest sellega kaasneb ilmne tulude mitmekordse arvestamise oht.

Iirimaa juhised

Iiri Maanteeameti dokumendi uurimisel selgus, et viimane ei käsitle tasuvusarvutusi ega ole mõeldud kasutamiseks sel eesmärgil vaid keskendub üksnes kulude kokkuhoiule (mitte tasuvusele). See ei tähenda, et Iiri Maanteeametil (National Roads Authority) puuduksid tasuvusarvutusi käsitlevad juhendid. Tasuvusanalüüsi juhend „Project Appraisal Guidelines“ (2011), on kättesaadav veebi vahendusel: <http://www.nra.ie/policy-publications/project-appraisal-guideli/> tuginedes omakorda raamdokumentidel “Guidelines on the Appraisal and Management of Capital Expenditure Proposals in the Public Sector” ning “Guidelines on a Common Appraisal Framework for Transport Projects and Programmes”. Iirimaal on levinuimad COBA ja TUBA-programmid. Kõige detailsemad juhendid on Põhimõtteliselt käsitletakse Iiri tasuvusarvutuste juhendis järgmisi rahaliselt arvestatavaid mõjusid:

- Muutused ajakulus
- Muutused sõidukikuludes
- Muutused teetasudes
- Muutused ehitus- ja hooldekuludes
- Ehitusaegsed seisakud ja heitmed
- Muutused liiklusõnnetuste kuludes
- Muutused heitmete osas

Neile lisanduvad rahaliselt mittearvestatavad mõjud.

Tasuvusanalüüsi näide

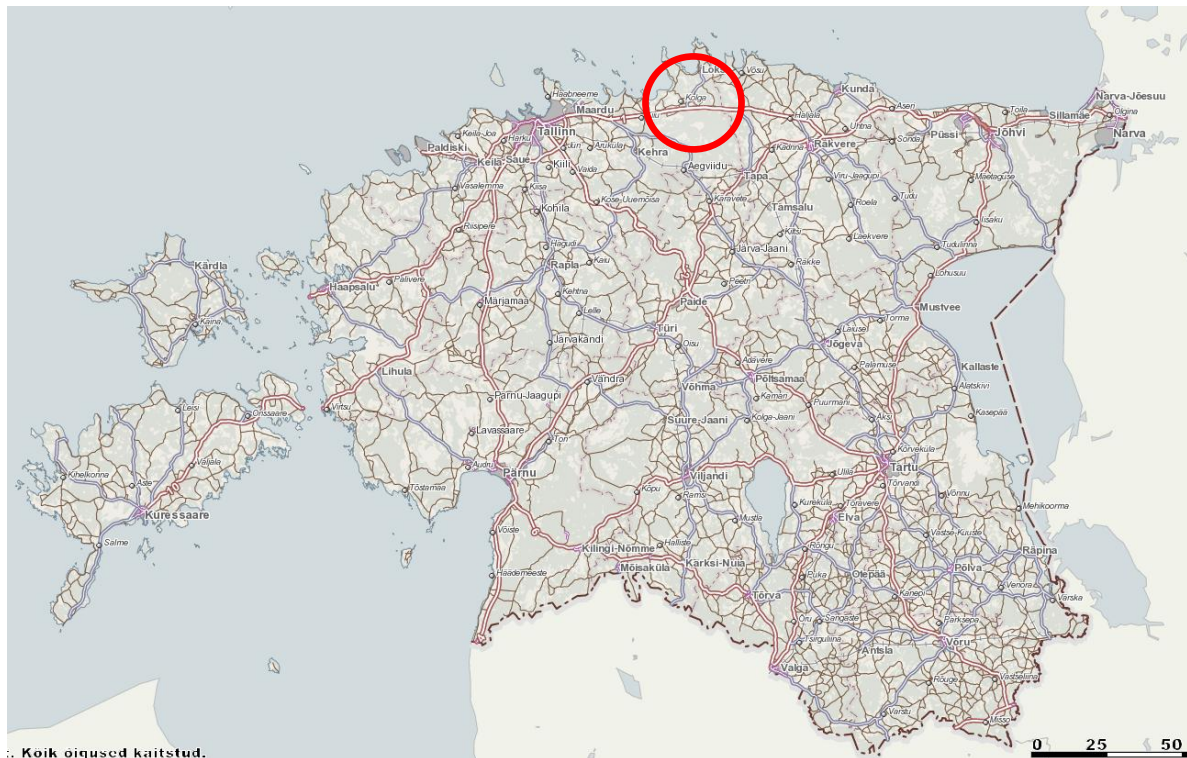
Alltoodu on ühe rekonstrueerimisena käsitletud hanke, Eesti ühe põhimaantee 4-rajalise tee ühe sõidusuuna projekteerimisaegse tasuvusarvutuse näide, mis pärast mõjude selgitamist muutus lahenduselt peaasjalikult liiklusohutliku lõigu taastusremondiks. Alljärgnevalt on analüüs jaotatud loogilisteks etappideks ning igas etapis on töö sisu ja probleeme ning vastuolusid kommenteeritud.

Praegune olukord

Praeguse olukorra kirjelduse eesmärk on kirjeldada ammendavalt projekti ala – paiknemine teedevõrgus, ühendused teiste piirkondadega ning koguda kokku ja süstematiseerida erinevatest andmebaasidest saadav teave. Info esitatakse järgnevates etappides kasutamiseks sobival, ülevaatlikul kujul. Need andmed annavad võimaluse hinnata ja täpsustada uuringute vajadust ja piisavust. Võiks olla projekteerimise nõ lähteetapi osa, ca 1-2 kuud pärast lepingu sõlmimist ja esitatakse ka tellijale eelinfoks.

- tee asukoht, paiknemine, geomeetria
- projektialaga seotud planeeringud
- „teenuste“ kirjeldus – ristmikud, bussipeatused jms
- tee seisund – tasasus, kandevõime, defektid, roopad jms
- liiklusohutus, liiklusohutuse hindamine (soovitavalt eelnevalt läbi viidud)
- läbilaskevõime, liiklussagedused, kiirused
- rajatised, nende seisund

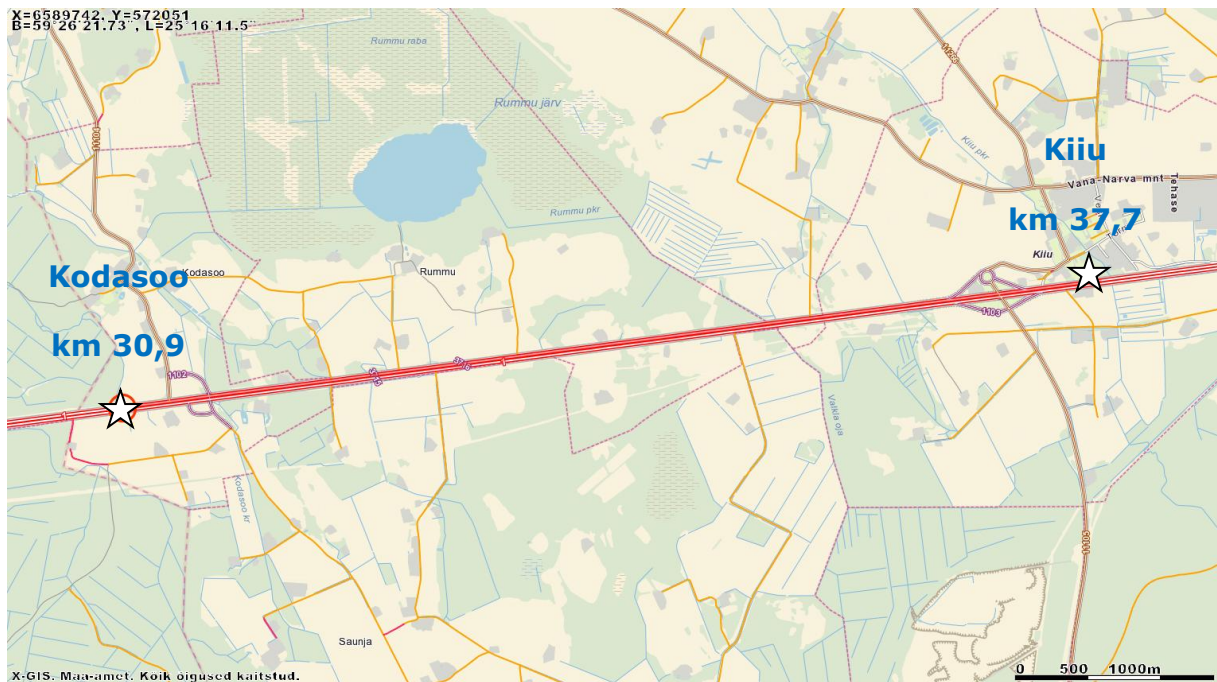
Näiteks: Käsitletaval lõigul on siiski kaks samatasandilist ristmikku (Liapeksi ja Kemba), kus vasakpöördeid sooritatakse tagasipöörete kaudu. Samuti on vaadeldavatel teelõikudel hulganisti mahasõite ja mitmed tagasipöördekohad paiknevad ka väljaspool eelnimetatud ristmikke. Mahasõitudel ja kahe suurema samatasandilise ristmikuga mitteseotud tagasipöördekohtades on liiklussagedus siiski tagasihoidlik.



Joonis 2. Objekti asukoht

Tagasipöördekohad suurematel ristmikel võivad tippaegadel osutada probleemseteks, kuid veelgi enam mõjutavad sellised lahendused liiklusohutuse taset ja seda enam, mida suuremad on liiklusvood ning mida suurem on suurim lubatud kiirus.

Kate on ehitatud tihedast asfaltbetoonist. Lõigul km 37,032-37,698 on kate aastast 1990 aastal ja lõigul km 30,915-37,032 aastast 1998. Kogu lõigu ulatuses on teostatud pindamine. Sõidutee mulde laius on 13,5-18 m, kate laius 10,5-19 m, sõidutee laius 7,5 m, vasak peenar 1,5 m ja parem peenar 0,5 m. Aasta keskmine liiklussagedus 2012 aasta loenduse andmetel teelõigul oli 4624 (sõidutee 2) autot ööpäevas. Sõidu- ja pakiautode osakaal moodustab sellest 87%, veoautod ja autobussid 5% ning autorongid 8%. Kiiu ristmikust edasi on liiklussagedus väiksem – 3059 autot ööpäevas, millest sõidu- ja pakiautode osakaal on 85%, veoautodel ja autobussidel 5% ning autorongidel 10%.



Joonis 3. Kudasoo-Kiiu teelõik

Teelõigul asuvad mitmed mahasõidud valla – ja erateedele. Riigimaanteel asuvad järgmised ristmikud:

- Km 31,257 asub tavaline kolmesuunaline Kudasoo 2 ristmik – lõikumine maanteega 11104 Kuusalu (2009 a – 115 autot ööpäevas);
- Km 31,541 asub eritasapinnaline neljasuunaline Kudasoo 3 ristmik – lõikumine rambiga 1102 Kudasoo (2000 a – 100 autot ööpäevas);

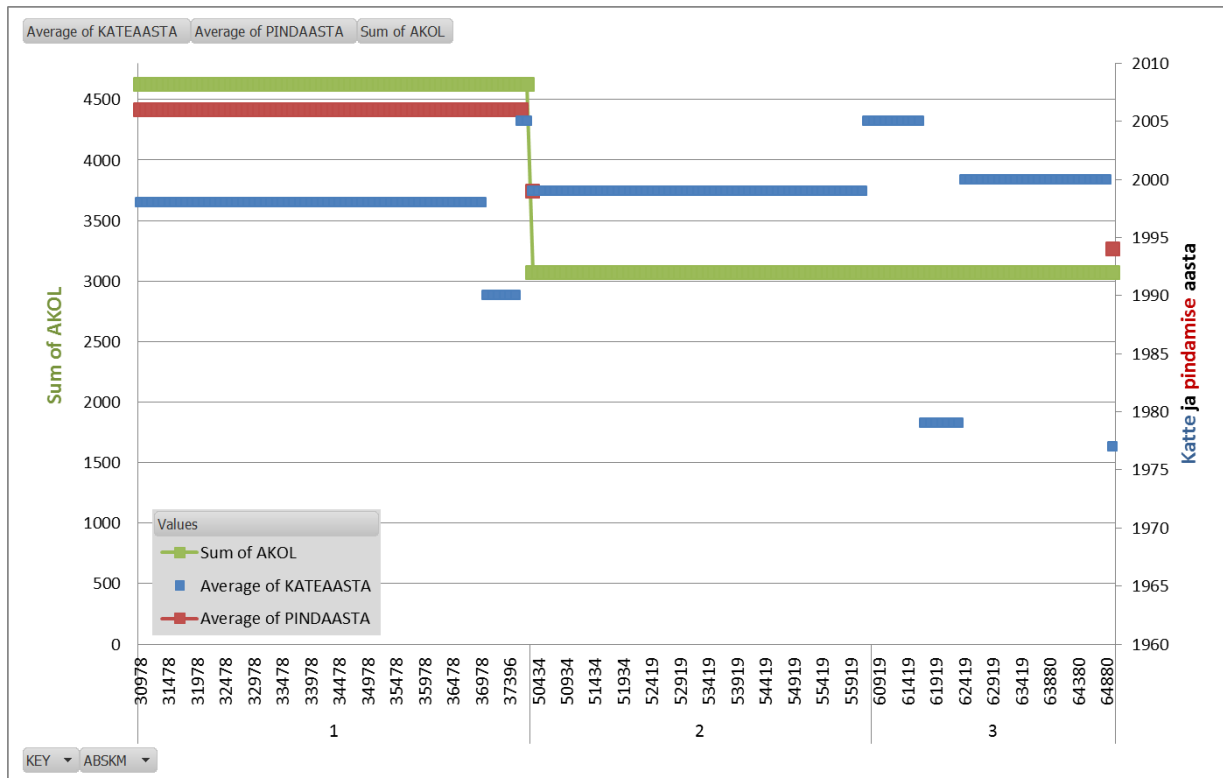
Teelõigul paiknevad järgmised rajatised:

- Kudasoo I ja II viadukt 31,537 km;
- Kiiu I ja II viadukt 37,032 km.

Km 36,404-37,541 on mõlemal pool teed välja ehitatud teevalgustus.

Maantee seisund

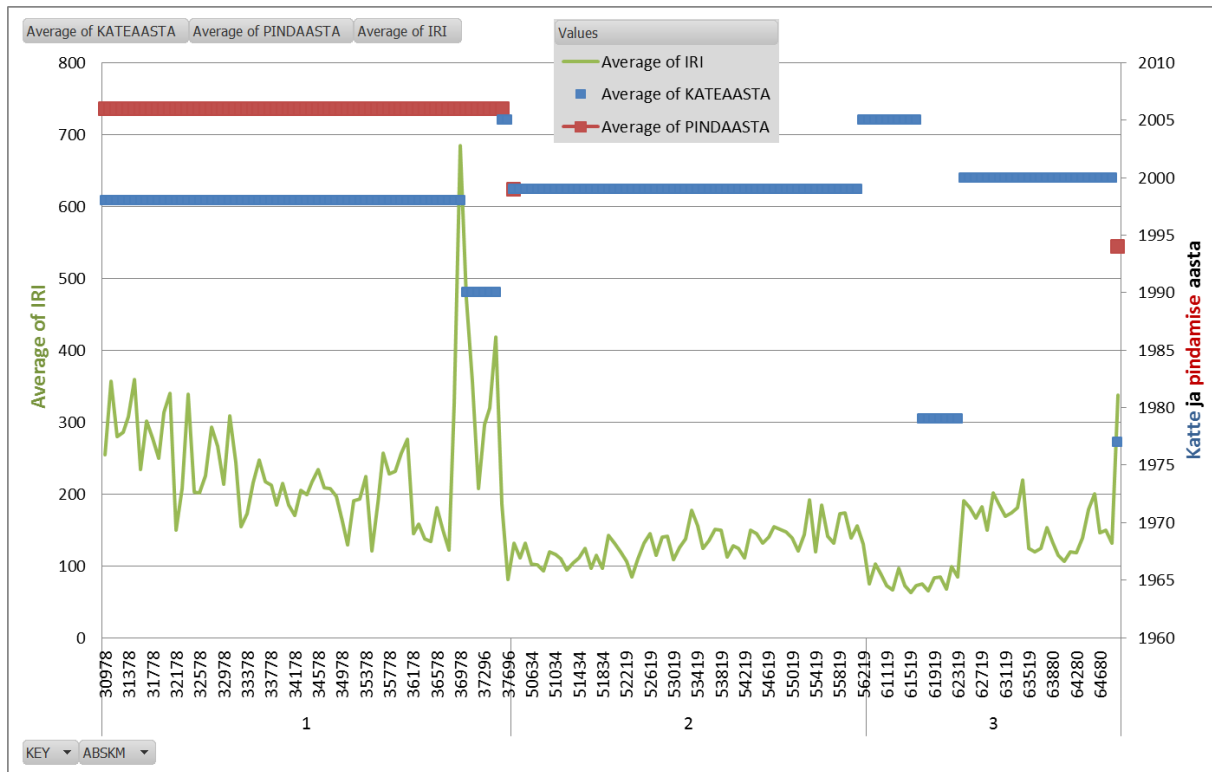
Teekatte seisukorra andmetest on allpool esitatud teekatte tasasus, roopa sügavus, defektisumma ja teekonstruktsiooni kandevõime, millised on esitatud 100 m lõikudena. Maantee seisundiparameetrite muutus ajas on seotud ühelt poolt tarindi tugevusega, teisalt aga liikluse ja katte parenduste ajaga.



Joonis 4. Liiklussagedus 2012 (sõidusuund 2)

Tasasus

Olulisim sõidumugavust ja ka sõidukikulused mõjutavaks parameetriks on teekatte tasasus. Vahetult pärast ehitust on katte tasasus üldjuhul alla 100 cm/km kuid liikluse, ilmastikumõjude ja tee tugevuse funktsioonina hakkab see ajas halvenema. Teekatte tasasust iseloomustavad andmed aastast 2012 on näha alloleval joonisel.



Joonis 5. Teekatte tasasuse kirjeldamine (cm/km, 2012) vs katte ja pindamise aeg

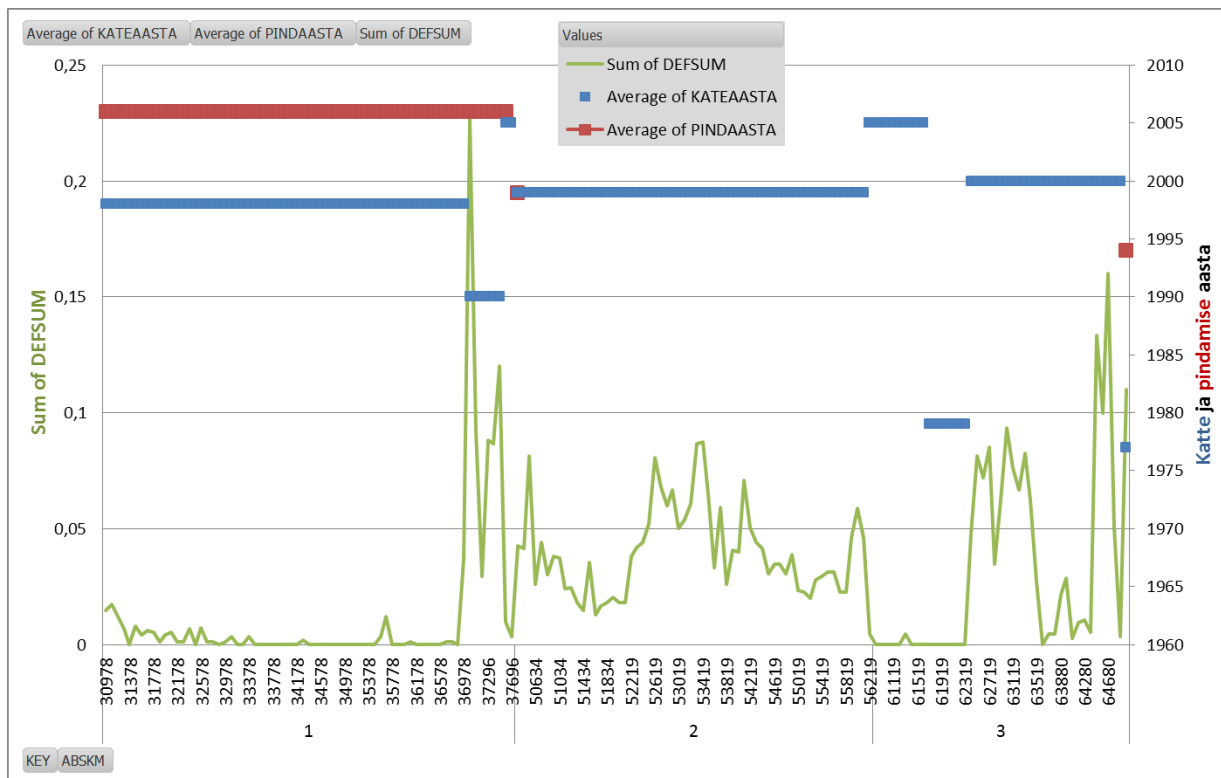
Jooniselt on näha, et tasasus on halvim lõigul 1 (eriti selle lõpuosa) jäädes valdavalt vahemikku 2...3 m/km. Teistel lõikudel on tasasus parem, jäädes valdavalt vahemikku 1...2 m/km.

Defektid

Defektide osas on teekatte rahuldavas seisus. Lõigul 1 on märkimisväärsete defektidega lõigu vana kattega lõpuosa. Keskmiselt on halvemas seisus lõigud 2 ja 3. Seejuures on lõigul 2 palju põikpragusid, seda nähtavasti jäiga stabiliseeritud aluse tõttu, palju esineb vuugipragu. Lõigul 3 on ulatuslikult võrkpragu ning esineb ka pikipragu ja vuugipragu.

Tabel 1. Vaadeldava lõigu defektide kirjeldamine (2012)

Lõigu nr	1	2	3	Kokku
Lõigu pikkus, m	6818	5985	4261	17064
Defektisumma, %	1,2%	4,0%	3,4%	2,7%
Põikpragu, tk/100m	0,78	2,78	0,28	1,35
Kitsas pikipragu, m/100m	1,10	0,80	2,67	1,39
Lai pikipragu, m/100m	0,00	0,00	0,00	0,00
Kitsas vuuk, m/100m	0,29	34,92	20,47	17,41
Lai vuuk, m/100m	0,00	0,00	0,00	0,00
Võrkpragu, m²/100m	2,86	1,77	11,70	4,69
Auk, tk/100m	0,25	0,32	0,05	0,22
Murenemine, m²/100m	2,90	2,78	0,93	2,37
Servapragu, m/100m	0,00	0,00	0,00	0,00

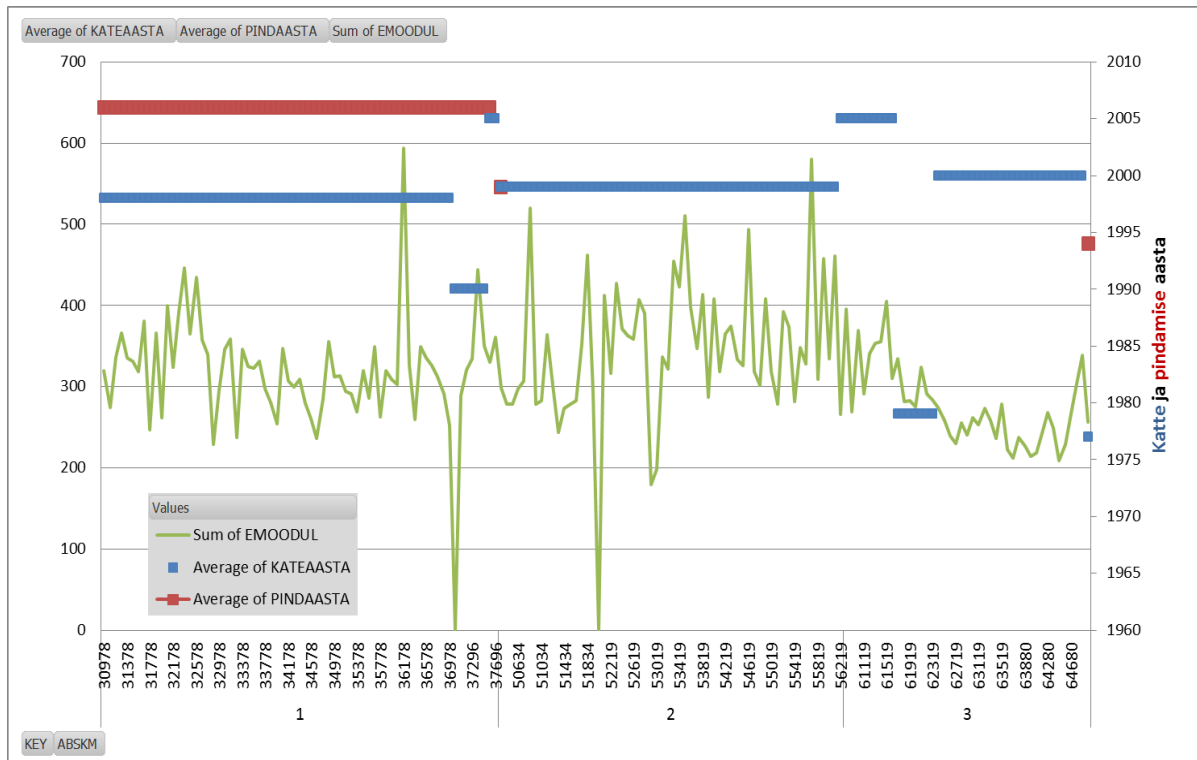


Joonis 6. Defektisumma (% , 2012) vs katte ja pindamise aeg

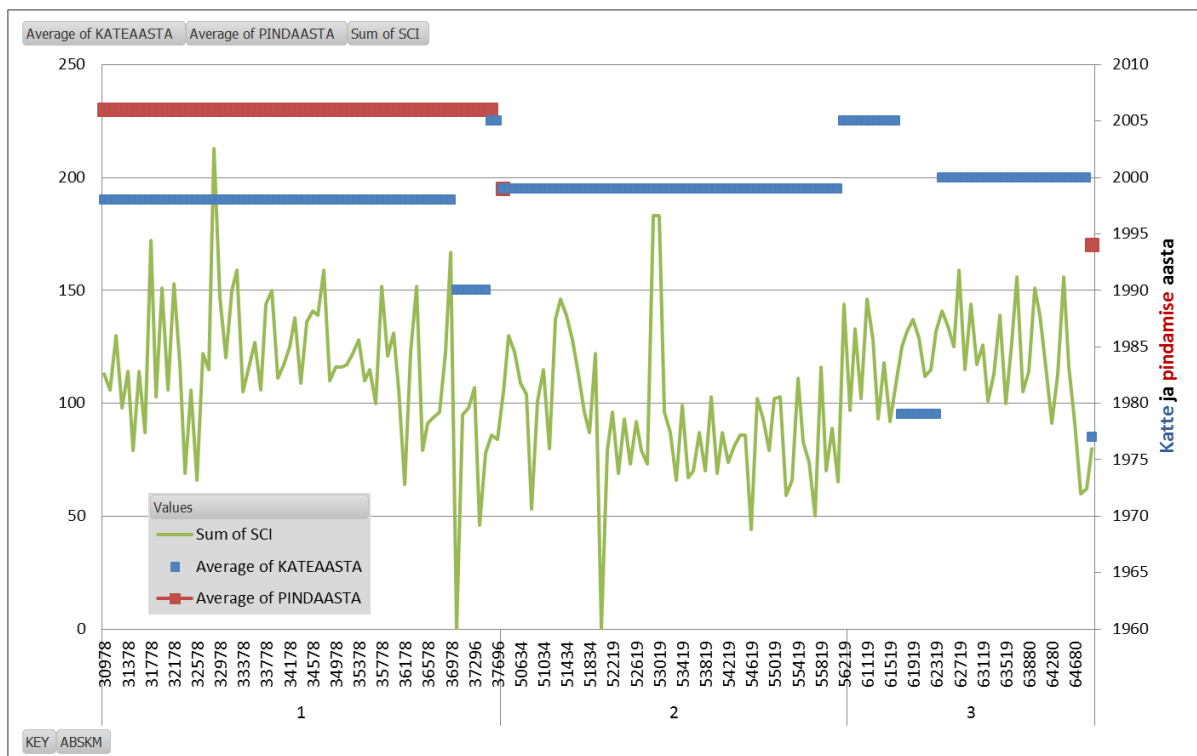
Kandevõime

Teekonstruktsiooni kandevõime on suurim teisel lõigul (keskmiselt 345 MPa) kus on stabiliseeritud alus. Lõikudes 1 ja 3 on tee kandevõime vastavalt 319 ja 277 MPa. Kandevõime parameetri SCI põhjal võib kõikide lõikude seisundit pidada rahuldavaks ehk katte kandevõime näitajad ei ületa üldjuhul kriitilist taset. Seevastu aluse näitaja BDI ületab kriitilise piiri sagedasti nii lõigul 1 kui lõigul 3. Lõigul 2 on aluse kandevõime näitajad mõnevõrra paremad, ilmselt tänu stabiliseerunud kihile. Aluspinnase kandevõimenäitaja BCI on kriitilisel piiril sagedasti lõigul 3.

Teadus- ja arendustöö „Tasuvusarvutuse rahvusvahelised praktikad ning erinevate teekatte remondiliikide tasuvusarvutused koos teaduslike analüüsidesidega.“

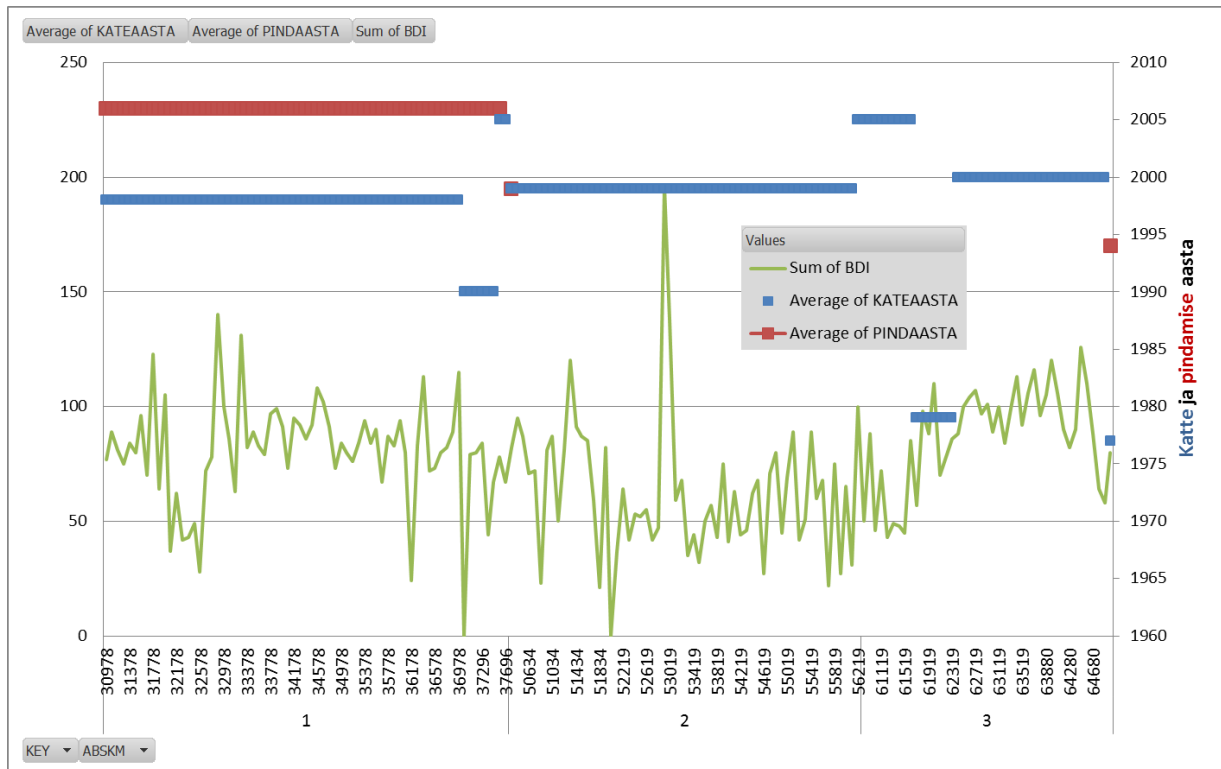


Joonis 7. Teekonstruktsiooni kandevõime väärtused

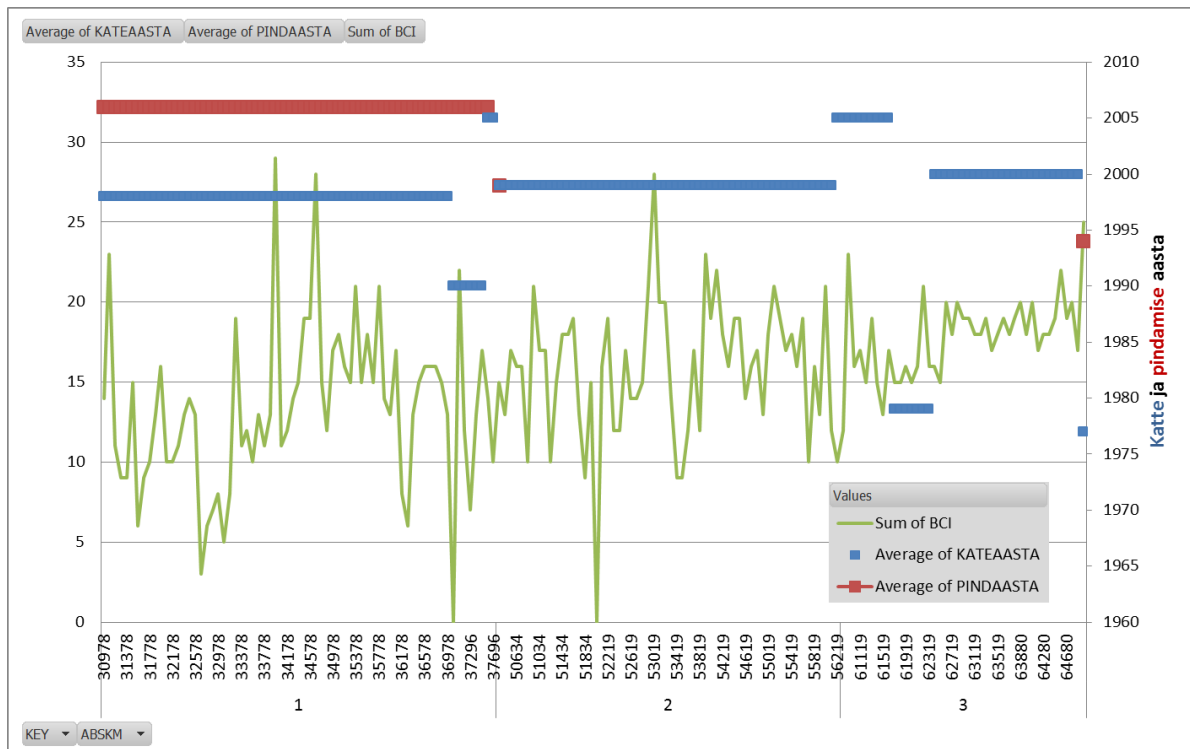


Joonis 8. Kandevõime parameeter SCI

Teadus- ja arendustöö „Tasuvusarvutuse rahvusvahelised praktikad ning erinevate teekatte remondiliikide tasuvusarvutused koos teaduslike analüüsidesidega.“



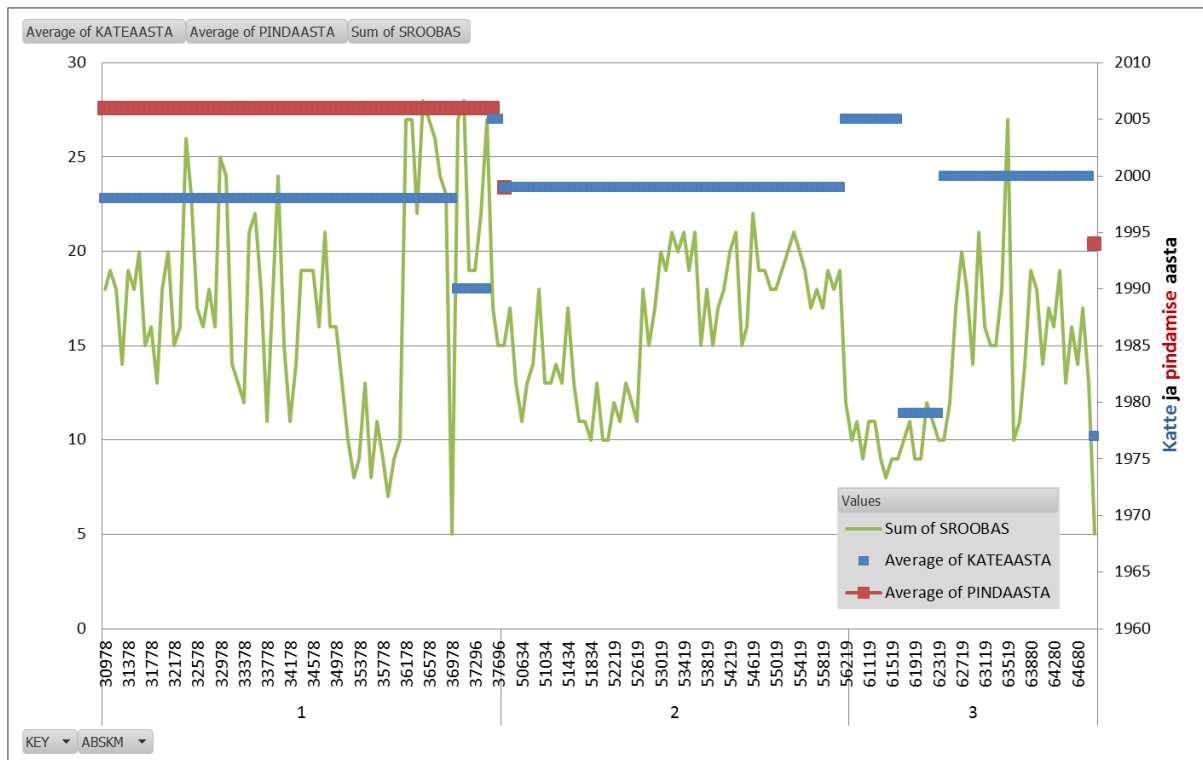
Joonis 9. Kandevõime parameeter BDI



Joonis 10. Kandevõime parameeter BCI

Roopad

Teekatte roopa sügavus on suurel osal lõikudest kriitilise piiri 20 mm lähedal või ületab seda. Roopa suurimaks sügavuseks on mõõdetud 27 mm.



Joonis 11. Teekatte roopa sügavus 2012

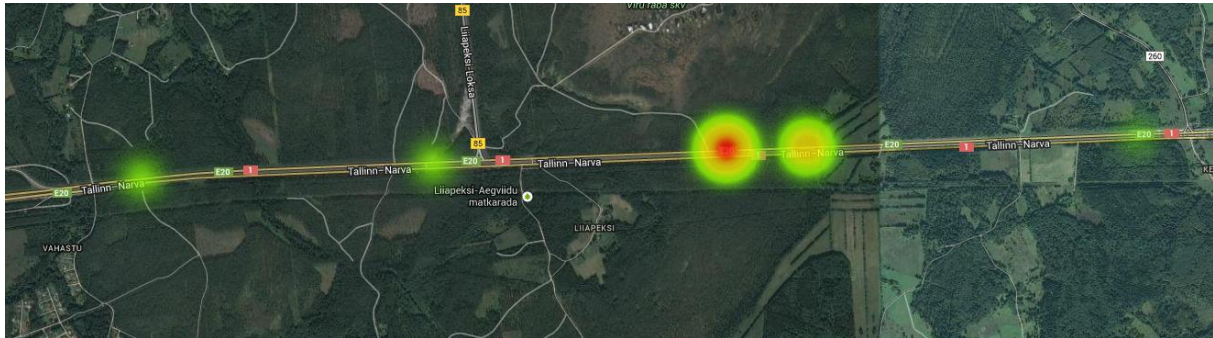
Liiklusõnnetused

Liiklusõnnetustega seotud määratluste aluseks on võetud teeregistris 2010-2012 kajastatud inimkahjudega liiklusõnnetused. Võttes arvesse asjaolu, et teeregister tugineb üksnes politseis registreeritud liiklusõnnetustele ja need moodustavad vaid väikese osa inimvigastusteta liiklusõnnetustest, on Maanteeameti andmebaasile tuginedes usaldusväärne lähtuda üksnes inimkannatanutega liiklusõnnetuste statistikast. Muude, ainult materiaalse kahjuga liiklusõnnetuste osas ei ole täna head ühtset andmebaasi, mistõttu tuleb kombineerida andmeid Maanteeameti ja Liikluskindlustuse Fondi andmetest.

Liiklusõnnetuste kontsentratsioon objekti piirkonnas on suurim lõigul 50,3 – 56,3 (all olev kuumkaart) kus aastatel 2010-2012 toimus Teeregistri põhjal 6 inimkahjuga liiklusõnnetust, milles hukkus 3 ja vigastada sai 8 inimest. Lisaks on

Teadus- ja arendustöö „Tasuvusarvutuse rahvusvahelised praktikad ning erinevate teekatte remondiliikide tasuvusarvutused koos teaduslike analüüsidega.“

Maanteeameti andmebaasis 7 inimkahjudeta liiklusõnnetust (Politseis registreeritud liiklusõnnetused).



Joonis 12. Inimvigastustega liiklusõnnetuste koondumiskohad km 50,3...56,3 2010-2012

Tabel 2. Inimvigastustega liiklusõnnetused objektil 2010-2012

Asukoht, km	Kuupäev	Kella- aeg	Tüüp	Hukku- nuid	Vigasta- tuid
32,164	4.01.2010	23:53	kokkupõrge loomaga	0	2
50,234	3.01.2011	18:18	kokkupõrge vastutuleva sõidukiga	0	2
51,794	18.03.2011	19:00	kokkupõrge sõidukiga küljelt	0	2
53,344	23.11.2010	22:38	kokkupõrge vastutuleva sõidukiga	2	1
53,764	9.12.2010	21:36	Kokkupõrge jalakäijaga	1	0
55,524	16.10.2010	16:38	kokkupõrge ees liikuva sõidukiga	0	1
Kokku:				3	8

Praeguse olukorra analüüs

Selles osas on vajalik käsitleda probleeme analüütiliselt – analüüsida tuleb praegust olukorda ja võrrelda praeguse olukorra andmeid erinevate uuringute andmetega ning selgitada, milliseid on kitsaskohad ja probleemid ja tuua välja muudatuste

Teadus- ja arendustöö „Tasuvusarvutuse rahvusvahelised praktikad ning erinevate teekatte remondiliikide tasuvusarvutused koos teaduslike analüüsidega.“

vajadused. Vajadusel tuua välja erinevate omadustega teelõigud ning kirjeldada lühidalt peamised võimalused e. alternatiivid nende probleemide lahendamiseks.

- liikluse baasprognoos
- liiklusõnnetuste prognoos
- muud uuringud (geoloogia, geodeesia)
- kitsaskohtade selgitamine (läbilaskevõime, kandevõime, ohutus, tasasus jms)
- arendusvajaduse väljendamine
- homogeensed lõigud
- alternatiivide vajaduse põhjendamine

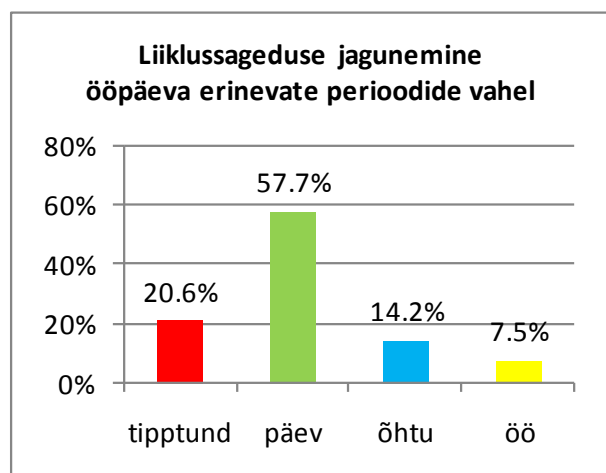
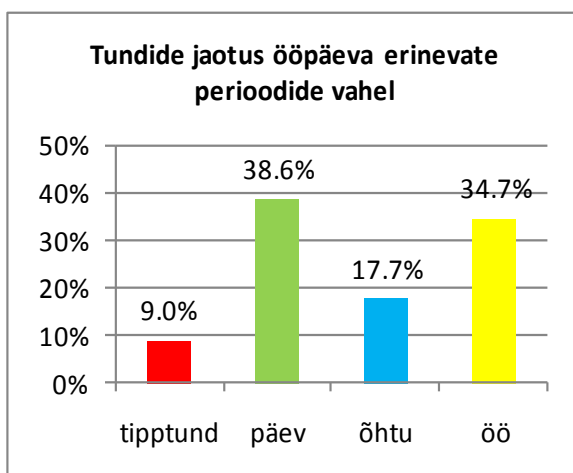
Liikluse prognoos

Teelõigule tehnilise projekti käigus tehtud liiklusprognoosi kohaselt kasvab sõiduautode liiklus keskmiselt 3,0%, veoautode ja autobusside oma 2,2% ja autorongide liiklus 2,8% aastas aastani 2020, vastavalt 1,8%, 1,3% ja 1,5% aastani 2030 ning 1,2%, 0,8% ja 0,8% aastani 2035 ning 0,6%, 0,3% ja 0,3% aastani 2040. Liiklusprognoosi koostamisel on projekti autor aluseks võtnud 2007.aastal Tallinna Tehnikaülikooli Teedeinstituudi poolt koostatud töö „Liikluse baasprognoos Eesti riigimaanteedele aastaks 2040“ ja seda korrigeerinud.

Andmed liikluse jagunemise kohta erinevate liiklussageduse perioodide vahel ning erinevate liiklussageduse perioodide osa ööpäevast põhinevad 2011. aastal Teede Tehnokeskus AS'i poolt teostatud uurimistöö „Riigimaanteed strateegiline analüüs“ arvutustel põhimaanteedega jaoks.

Tabel 3. Baasproгноosi ja liiklussageduse korrigeeritud kasvutegurid Harjumaal [Liiklusuuring]

Näitaja ja sõiduki liik	Periood	Põhimaantee	Tugimaantee	Uus liigitus	Põhimaantee
Keskmine muutus perioodil					
Sõidu- ja pakiautod ning väikebussid	2013...2020	1,344	1,234	Sõidu- ja pakiautod ning väikebussid	1,267
	2020...2030	1,218	1,127		1,195
	2030...2035	1,064	1,029		1,064
	2035...2040	1,030	1,008		1,030
Veoautod, auto- ja sadulrongid	2013...2020	1,300	1,167	Veoautod ja bussid	1,190
	2020...2030	1,171	1,088		1,138
	2030...2035	1,042	1,009		1,042
	2035...2040	1,017	0,995		1,016
Bussid	2013...2020	1,227	1,131	Auto- ja sadulrong	1,247
	2020...2030	1,155	1,069		1,161
	2030...2035	1,042	1,008		1,042
	2035...2040	1,016	0,994		1,017
Aasta keskmine muutus perioodil					
Sõidu- ja pakiautod ning väikebussid	2013...2020	1,038	1,027	Sõidu- ja pakiautod ning väikebussid	1,030
	2020...2030	1,020	1,012		1,018
	2030...2035	1,012	1,006		1,012
	2035...2040	1,006	1,002		1,006
Veoautod, auto- ja sadulrongid	2013...2020	1,033	1,015	Veoautod ja bussid	1,022
	2020...2030	1,016	1,007		1,013
	2030...2035	1,008	1,002		1,008
	2035...2040	1,003	0,999		1,003
Bussid	2013...2020	1,026	1,019	Auto- ja sadulrong	1,028
	2020...2030	1,014	1,008		1,015
	2030...2035	1,008	1,002		1,008
	2035...2040	1,003	0,999		1,003



Joonis 13. Tundide jagunemine ööpäeva erinevate perioodide vahel ja liiklussageduse jagunemine ööpäeva erinevate perioodide vahel

Alternatiivid ja nende mõjude kirjeldamine

Selles osas tuleb kirjeldada põhjalikumalt erinevaid alternatiive, mille vahel kaalutakse. Alternatiivide valik peaks tulenema tellija strateegilistest kaalutlustest ja saama sisendi tehtud uuringutest ja leitud probleemidest. Näiteks võivad taastusremondi puhul olla alternatiiviks erinevad tarindilahendused (freesimine+ülekate vs stabiliseeritud alus + 2-kihiline ülekate). Tarindite tüüplahendused ja nende mõjud tuleb mingil määral siiski katalogiseerida, projekteerija ülesanne on valikut täpsustada ja teha nt. katendiarvutus). Riskianalüüs võib olla aga vajalik nt. juhul kui otsustatakse kasutatakse mingit uut lahendust, mille toimivuse kohta pole head ülevaadet.

Seni on paljude mõjude kirjeldamine olnud üsna problemaatiline vastavate uuringute puudumise ja vähesese standardiseerituse tõttu. Üldisem juhend peaks kirjeldama tüüplahendusi nii ehituse kui hoolde mõttes, nt. millist tarindilahendust kasutada vaikumisi ja milliseid remondimeetmeid 25 järgneva aasta jooksul ja milliste maksumustega. Vähesel määral on seda käsitletud kattega riigimaanteede objektide valikumetoodikates [43], [44] ja [45]. Näiteks defineeritakse neis mõisted ehitus, rekonstrueerimine, taastusremont ja säilitusremont. Samuti tuuakse neis ära põhimõtted, millal üht või teist remonditehnoloogiat kasutada ning milline on nende arvestuslik maksumus:

- ROOPAREMIX – liiklussagedus > 3000 autot/ööpäevas; roopa sügavus kuni 15 mm; töömeetodiks pindamata teedel olemasoleva katte uuendamise remix tehnoloogiaga; Uue katte laius= roobaste arv * 1 m, maksumus 8 €/m²;
- REMIX - liiklussagedus > 3000 autot/ööpäevas ;töömeetodiks pindamata teedel sõiduraja olemasoleva katte uuendamise remix tehnoloogiaga; Uue katte laius ≤7 m, maksumus 10 €/m²;
- NOVAFLEX – liiklussagedus > 3000 autot/ööpäevas; töömeetodiks pindamata teedel katte uuendamine koos väikese kandevõime puudujäägi likvideerimisega; Uue katte laius = olemasolev põhitee katte laius ilma laiendusteta, maksumus 12 €/m²;
- ÜLEKATE – liiklussagedus > 1500 autot/ööpäevas; töömeetodiks pinnatud teedel uue katte ülemise kihi paigaldamine koos tasandusfreesimise ja

Teadus- ja arendustöö „Tasuvusarvutuse rahvusvahelised praktikad ning erinevate teekatte remondiliikide tasuvusarvutused koos teaduslike analüüsidega.“

profiiliparandusega; Uue katte laius = olemasolev põhitee katte laius ilma laiendusteta, maksumus 15 €/m²;

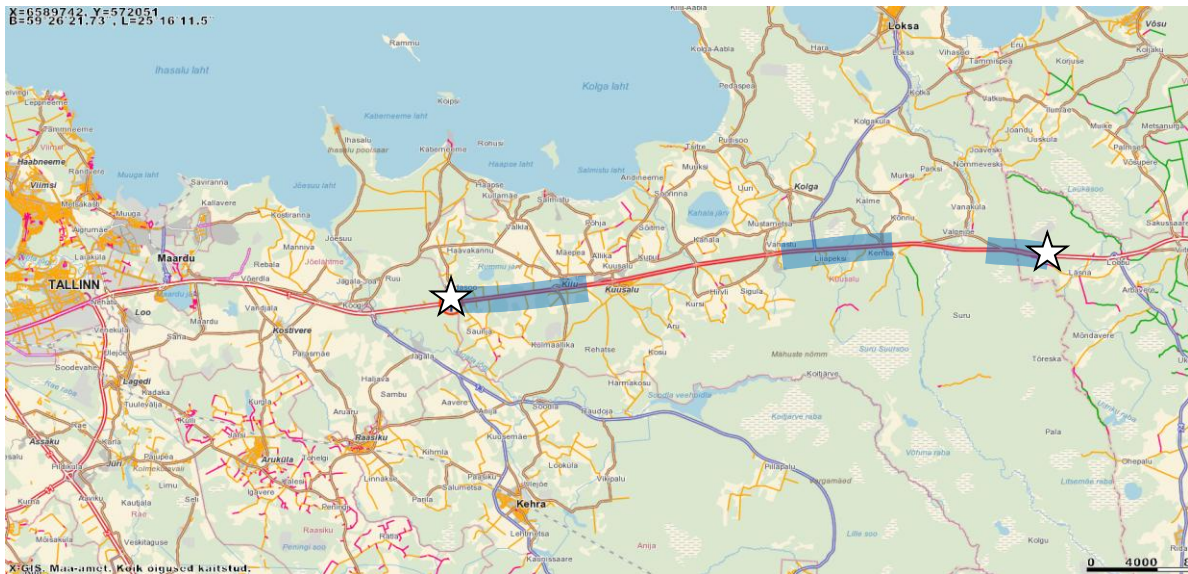
- KATE – liiklussagedus > 1000 autot/ööpäevas; töömeetodiks uue 2 kihilise katte paigaldamine koos tasandusfreesimise ja profiiliparandusega; olemasoleva tee IRI≤3 ; Uue katte laius = olemasolev põhitee katte laius ilma laiendusteta, maksumus 25 €/m²;
- PINDAMINE- väiksema liiklussagedusega teede objekte käsitletakse edasi reeglina katete säilitusremondi (pindamise) all, maksumus 2 €/m².

Muuhulgas on oluline juhendis täpsustada baasalternatiivi sisu. Tõsisem probleem on seotud liiklusohutuse temaatikaga, nimelt puudub metoodika liiklusõnnetuste taseme hindamiseks erinevate meetmete korral. Seda on käsitletud pikemalt eraldi peatükis.

- arendusalternatiivide tehniline kirjeldamine
- olulisemate parameetrite eeldatavate muutuste üldine kirjeldamine, sh. mõjud teekasutajale (teepikkus, kiirusrežiim, ajakulud), teevaldajale (tarindilahendus, geomeetriline lahendus, liikluskorralduslik lahendus, sh ITS lahendused), keskkonnameetmed ja -mõjud, liiklusohutusmeetmed ka – mõjud
- riskide hindamine (nt. geoloogiline uuritus, rajatised)

Projektlahendusega on kavandatud põhimaantee Tallinn - Narva II sõidutee (Narva-Tallinn suunaline sõidutee e. vasak niit) Kudasoo II ja Kiiu II viaduktide remont ning alljärgneva kolme teelõigu teekatte remont eesmärgiga parandada tee seisukorda, sõidumugavust ja liiklusohutust.

Tegemist on olulise tähtsusega põhimaantee ja rahvusvahelise trassi E20 rekonstrueerimisega, milline ühendab Tallinna Ida-Harjumaaga ning Lääne- ja Ida-Virumaaga. Objekt algus on Tallinn-Narva maanteel km 30,9 ja lõpp km 65,0. Objektid paiknevad seega 34,1 km pikkusel teelõigul, remondiprojektiga on sellest hõlmatud ühtekokku 16,0 km.



Joonis 14. Objekti teelõikude paiknemine teedevõrgus

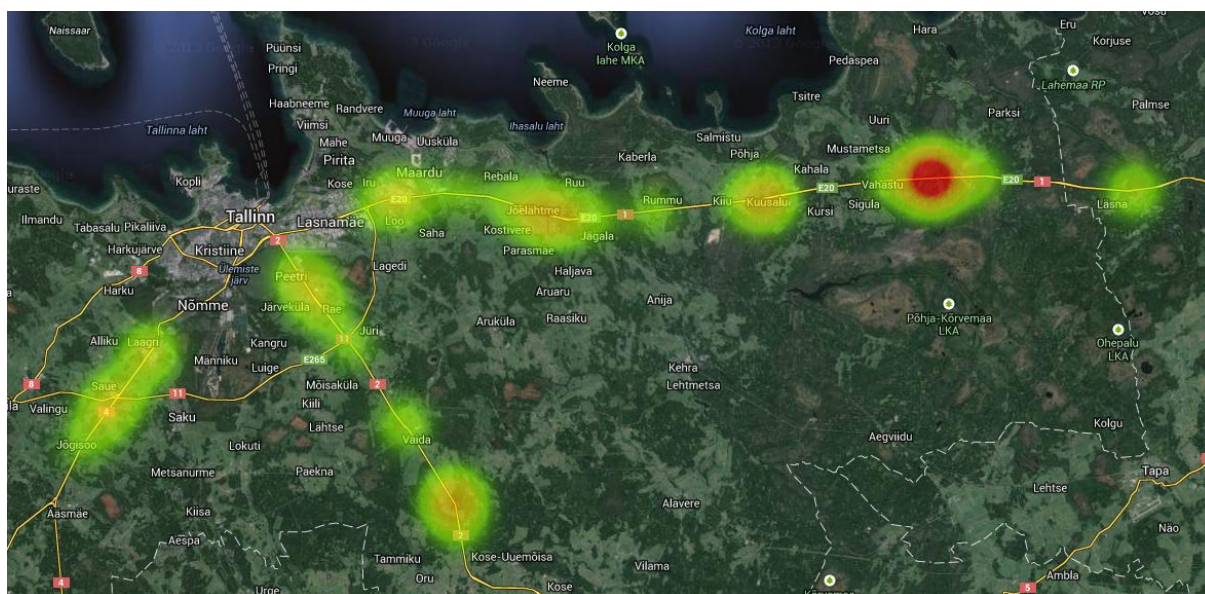
Täiendavalt on koostatud Liipeksi-Loksa teeristmiku valgustuse ehitusprojekt.

Antud töös ei käsitletud alternatiive. Kuid selles osas tuleks kindlasti kirjeldada ootused uuele olukorrale, mida peetakse silmas parema sõidumugavuse, seisundi ja liiklusohutuse all (nt. tasasus, nähtavus, roopad, konfliktkohad, bussipeatused) jms. Need näitajad, mis alternatiividel ühised, käsitleda koos. Ilmselt on erinevate projektide jaoks (taastusremont, liiklusohutlikud kohad, ehitus) jaoks otstarbekas töötada välja ka mõned standard tabelid-vormid, nt. tasasus täna ja pärast remonti, liiklusõnnetuste ja hukkunute tase täna ja pärast remonti, keskmine kiirus või lõigu läbimise aeg täna ja pärast remonti jms. Võib vajad selgitusi kuidas leitud (arvutusmeetod).

Liiklusõnnetused

Tabel 4. Inimkahjudega liiklusõnnetused 4-rajalistel teedel ja objektil 2010-2012

Maantee (teeosad)	Pikkus, km	Hukkunuid	Vigastatuid
1 (teeosad 2...10)	62,5 x 2	4	47
2 (teeosad 2...4)	21,4 x 2	0	15
4 (teeosad 2...4)	14,1 x 2	0	19
4-sõidurajaga kokku	98,0 x 2	4	81
Kodasoo-Läsna	16,0 x 1	3	8



Joonis 15. Inimvigastustega liiklusõnnetuste koondumiskohad 4 sõidurajaga maanteedel 2010-2012

Allolevas tabelis on toodud ülevaade inimkahjudega liiklusõnnetuste tasemetest erinevatel Tallinnast lähtuvatel 4-rajalistel maanteedel. 9,9 inimkahjudega liiklusõnnetusega ületavad teelõigud analoogiliste lõikude keskmist taset üle 2 korra. Samas ületab hukkunute tase keskmist üle 20 korra! Neljast hukkunuga liiklusõnnetustest sellistel teedel koguni 3 leidsid aset projekti lõikudel. Viimane asjaolu viitab ka teatavale tõenäosusele, et vigastustega lõppenud liiklusõnnetuste

taga võib peituda vigastuste keskmisest suurem raskusaste, mis tõstaks vigastuse ja sealtkaudu ka liiklusõnnetuste maksumust.

Tabel 5. Liiklusõnnetuste tase valitud 4-rajalistel põhimaanteedel 2010-2012

Maantee	LÕ/100makm	H/100makm	V/100makm
1 (teeosad 2...10)	4,8	0,6	7,1
2 (teeosad 2...4)	4,2	0,0	5,2
4 (teeosad 2...4)	5,4	0,0	7,8
4-sõidurajaga kokku	4,8	0,3	6,8
Sama, va. Objekti lõik	4,3	0,1	6,9
Objekti lõik	9,9	2,3	6,1
Projekt (eeldus)	4,3	0,1	6,9

Inimkahjudega liiklusõnnetuse keskmist raskusastet väljendab alljärgnev tabel, mille kohaselt ühe sellise liiklusõnnetuste kohta oli objekti lõikudel 0,23 hukkunut ja 0,62 vigastatu.

Liiklusohutuse tasemete võrdluse saamiseks uurisime liiklusohutuse statistilisi näitajaid teistel Tallinnast lähtuvatel 4-rajalistel maanteedel aastatel 2010-2012. Nendest järeldub, et objekti liiklusõnnetuste raskusaste on analoogsete 4-rajaliste teede keskmisega võrreldes märkimisväärselt suurem, samuti liiklusõnnetuste koguarv. Siinkohal tuleb siiski tähele panna, et hetkel ei peeta riigis eraldi statistikat kergete ja raskete vigastuste osas, mille majanduslikud maksumused erinevad aga üle 50 korra.

Allolev kuumkaart kujutab liiklusõnnetuste koondumiskohti aastatel 2010-2012 Tallinnast lähtuvatel 4-rajalistel maanteedel, kus koondumise intensiivsust on kujutatud majanduslikus skaalas (läbi maksumuse). Objekti piirkonda võib lugeda 4-rajaliste teede hulgas üheks liiklusohutlikumaks. Kokku toimus seal aastatel 2010-2012 (3 aastat) 13 liiklusõnnetust, milles hukkus 3 ja vigastada sai 8 inimest.

Kokku hukkus samal perioodil Tallinna-lähedastel 4-rajalistel maanteelõikudel (vt. allolev tabel) 57 inimkahjuga liiklusõnnetuses 4 inimest ja vigastada sai 81.

Tabel 6. Inimvigastustega liiklusõnnetuste keskmised näitajad peamistel põhimaanteedel 2010-2012

Maantee	H/LÕ	V/LÕ	€/LÕ
1 (teeosad 2...10)	0,13	1,47	168 375 €
2 (teeosad 2...4)	0,00	1,25	76 203 €
4 (teeosad 2...4)	0,00	1,46	89 098 €
4-sõidurajaga keskmine	0,07	1,42	130 890 €
Sama, va. Objekti lõik	0,02	1,66	115 476 €
Objekti lõik	0,23	0,62	183 016 €
Projekt (eeldus)	0,02	1,66	115 479 €

Projektlahendusega muudetakse mõningal määral tee füüsilisi parameetreid ja liikluskorralduse selgust. Vaatamata asjaolule, et projekti tulemusena jäävad alles liiklusohutust negatiivselt mõjutav tagasipööretega Loxsa ristmik suuresti tänasel kujul, peaks liiklusohutuse üldine tase tänu muus osas selgemale liikluskorraldusele maanteel siiski parenema. Käesolevas töös on eeldatud, et nii liiklusõnnetuste tase kui raskusaste projekti realiseerumisel saavutab taseme, mis on võrreldav 4-rajaliste maanteede keskmisega. Projekti realiseerumisel eeldame, et liiklusõnnetuste määr langeb tasemele 4,3 LÕ / 100 mln auto-km kohta, hukkunute määr tasemele 0,1 hukkunut / 100 mln auto-km kohta ning vigastatute määr mõnevõrra tõuseb (liiklusõnnetuste raskusastme muutumise arvelt) tasemele 6,9 / 100 mln auto-km kohta.

Alternatiivide kulude kirjeldamine

Selles osas tuleb eelnevalt kirjeldatud tegevused ja nende tulemusel saavutatavad kvantifitseeritud mõjud süstematiseerida kuludeks arvutada. Ühtlasi selgitada kulude arvutamise põhimõtteid nendes osades, mis ei ole kaetud tasuvusarvutuse juhisega (kui see koostatakse).

- mõjude väljendamine rahalises vääringus koos selgitustega
- teevaldajakulud, sh rajatised
- teekasutajakulud
- jääkväärtus
- muud kulud (vajadusel, nt. keskkond, müra)

Projekti kulude ja tulude all mõeldakse eksploatatsiooniegeid otseseid ja kulusid ning tulusid, sh. teevaldajakulusid (ehitustööde maksumus, remondi- ja hooldetööde maksumus) ning teekasutajakulusid (sõidukikulud, teekasutajate ajakulud ning liiklusõnnetuste kulud). Kuna analüüsitaval projektiga ei rakendata teemaksu ega saada muid otseseid ega kaudseid makse, saab tuludena käsitleda üksnes projekti realiseerimisega kaasnevast eelnimetatud kulude vähenemisest saadavat kaudset tulu ehk säästu. Nimetatud säästu suurust mõjutavad ennekõike projektiga ja projektita variandi erinevad sisendnäitajad nagu liiklussagedus, tasasus, teekatte defektid, remondiplaan, liiklusõnnetuste arv, sõidukiirus jms.

Teevaldajakulud

Maantee rekonstrueerimise maksumus

Projekti mahtudele tugineva projekteerija hinnangu kohaselt kujunes projekti majanduslikuks kogumaksumuseks 9 184 189 eurot, e. keskmiselt 574 012 €/km. Lõiguti on 1 kilomeetri majanduslik ehitusmaksumus järgmine:

Tabel 7. Projekti sotsiaalmajanduslik maksumus

Element	Projekti kulud, €
1. Projekteerimistasud	89 167
2. Maa ost	0
3.-6. Ehitamine	8 916 689
3. sh. teed ja rajatised	7 400 851
4. sh. eeltööd	445 834
5. sh. abitööd ja teenused, ajutised lahendused	713 335
6. sh. teede märgistus, haljastus	356 668
7. Ehituse järelevalve	178 334
Maksumus kokku	9 184 189

Tee hoolde- ja remondikulud

Tee hoolde- ja remondikulud on arvestatud Maanteeameti vastava statistika alusel ning tuginedes tee seisundinäitajatele ja nende muutumise modelleerimise tulemustele HDM-4 kalibreeritud mudelite baasil. Nullvariandi (*do minimum*) puhul olulisi investeeringuid teedele ei tehta kuid minimaalsete kuludega tagatakse tee säilimine ja liigeldavus. Sellised tegevused hõlmavad eelkõige rutiinse hoolduse käigus tehtavat iga-aastast aukude lappimist ja pragude täitmist ning perioodilise hooldusena teostatavat pindamist ja roobaste tasandamist juhul kui määratletud teekatte seisukorra andmete piirid ületatakse. Nullvariandi defineerimisse tuleb suhtuda tõsiselt, kuna see mõjutab olulisel määral investeeringualternatiivide tasuvusnäitajaid. Teekatte pindamine nähakse baasvariandi puhul ette juhul kui defektide kogusumma saavutab taseme 15%.

Tabel 8. Hooldus- ja remonttööde standardid investeeringu alternatiivi korral

Töö nimetus	Töö teostamise tingimus	Töö maj. maksumus, €/m²	Lisatööd
Pindamine	Defektide summaarne ala > 15%	3,00	Eelnev aukude lappimine ja pragude täitmine
Aukude lappimine	Perioodiline hooldus	20,00	-
Pragude täitmine	Perioodiline hooldus	7,00	-
Rooparemix	Roobaste sügavus >20mm	8,00	-
Katte rekonstrueerimine (vajadusel)	Tasasus >2 mm/m ja defektide summaarne ala > 5%	37	Eelnev aukude lappimine ja pragude täitmine

Tuleb arvestada, et need valikud ei pruugi olla optimaalsed ja mõjutavad tasuvust. Seetõttu on oluline, et erinevates tasuvusarvutustes kasutataks samu standardeid, nii on erinevad arvutused omavahel võrreldavad.

Ka rekonstrueerimise korral nähakse ette teatud teehooldustööd, et säilitada teekatte seisukord teekasutajatele optimaalsena. Erinevad teehooldustööd ja nende rakendamise kriteeriumid, millega on analüüsis arvestatud on toodud allolevas tabelis. Käesolevas analüüsis nähakse rekonstrueeritud maanteel ette (lähtudes teekatte seisukorra muutumisest) analüüsi perioodil pindamise teostamine kui defektide summaarne ala saavutab 15% taseme ning teekatte taastamine kui katte tasasus halveneb tasemele 2,0 mm/m.

Teekasutaja kulud

Teekasutaja kulud on määratletud HDM-4 mudelite abil, mis põhinevad programmi kasutaja poolt sisestatud andmetel liikluskoosseisu, liiklusvahendite kasutamise ja ühikhindade kohta. Teekasutajate kulude määratlemisel ning HDM-4 vastavate mudelite kalibreerimisel on kasutatud varasemates uuringutes toodud seoseid ning

erinevate andmebaaside (sh. teeregister, liiklusõnnetuste andmebaas, statistikaameti andmebaas jms) andmeid.

Sõidukikulud

Investeeringud hõlmavad teelõikude rekonstrueerimist, mis toob endaga kaasa keskmise tasasuse paranemise. Uute teede ehitamine vähendab investeeringualternatiivis võrrelduna baasalternatiiviga ka ümbersuunatud reisijate läbitavaid teepikkusi, vähendades seeläbi sõidukite kasutuskulusid.

Vastavad andmed, nagu sõidukite maksumus, kütuse maksumus ja põhilised tehnilised karakteristikud tüüpsete sõidukite kohta tuletati ja kaasajastati eelnevatest uuringutest. Neis osades, kus ei olnud saadaval konkreetseid andmeid, kasutati HDM-4 standardväärtusi. Kütuseaktsiisi määr on 2014 aastal 422,77€/1000l kohta pliivabal bensiinil ja 392,92€/100l kohta diislikütusel. Teekasutajate kulude arvutamisel kasutatud põhilised majanduslikud sisendparameetrid sõidukiliigiti on toodud allolevas tabelis.

Tabel 9. Teekasutajakulude põhilised sisendparameetrid sõidukiliigiti (majanduslik kulu)

Sõiduki liik ¹	Sõiduki maksumus, €	Rehvi maksumus, €	Kütuse maksumus, €/l	Määrdeainete maksumus, €/l
SAPA	20 576	124,6	0,766	5,41
VAAB	78 064	297,1	0,836	3,44
AR	94 695	292,9	0,836	3,20

Ka ülaltoodud arvud vajaksid kontrollimist ja nõ. kinnitamist. Needki peaks olema erinevates arvutustes võrreldavuse huvides ühetaoliselt kajastatud.

Ajakulu

Keskmiseks brutokuupalgaks aastal 2013 oli Statistikaameti andmetel 948 €.

¹ SAPA – sõidu- ja pakiauto, VAAB – veoauto ja autobuss, AR - autorong

Tabel 10. Keskmine brutopalk Eestis 2008...2013 [Statistikaamet]

Aasta	I kvartal	II kv	III kv	IV kv	Keskmine
2013	900 €	976 €	930 €	986 €	948 €
2012	847 €	900 €	855 €	916 €	880 €
2011	792 €	857 €	809 €	865 €	831 €
2010	761 €	825 €	761 €	814 €	790 €
2009	776 €	813 €	752 €	783 €	781 €

Teekatte tasasus mõjutava ajakulusid positiivselt kuid selline mõju on siiski väike. Teekonna läbimise pikkuses muudatusi ei ole.

Teekasutajate ajakulude arvutuse aluseks on keskmine brutokuupalk Eestis 2013. aastal, mis Statistikaameti andmeil oli 948 €/kuus. Töötunni keskmiseks hinnaks (arvestades 160 h/kuus) tuleb seega 5,93 €/h. Arvutustes on bussi- ja veoauto kasutajate korral arvestatud Eesti keskmise palgakuluga (vastavalt tööaja kulu 5,93 €/h ning mittetööajakulu 1,19 €/h), sõiduauto kasutajatel aga 20% kõrgema sissetulekuga aja väärtuse arvutamisel (vastavalt tööaja kulu 7,11 €/h ning mittetööajakulu 1,42 €/h). Otstarbekas oleks tasuvusarvutuste tarvis ajakulu väärtused sõidukiliikide kaupa välja arvutada ja kehtestada juhendi kaudu.

Liiklusõnnetuste kulud

Käesolevas töös eeldatakse investeeringute tegemisel õnnetuste arvu olulist vähenemist tuginedes riigi 4-rajaliste põhimaanteed viimaste aastate liiklusõnnetuste statistikale.

Surmajuhtumite ja vigastuste ühikhinnad, mis on saadud Maanteeametilt, on kooskõlas teistes maades kasutatavate ühikhindadega, baseerudes Tallinna Tehnikaülikooli Teedeinstituudi poolt 2005 aastal teostatud uurimistööl „Liiklusõnnetuste majandusliku kahju määramine. Lõpparuanne“, Tallinn 2005. Uurimistöös kasutatud metoodika võtab liiklusõnnetuse kahjude hindamisel arvesse

nii meditsiinilisi kulusid (kiirabi, haiglapäevad, arsti juuresolek jne – erinev linna- ja maatingimustes), saamata jäänud toodangut (sõltuvalt prognoositud SKP kasvust ning arvestades ohvri vanust) kui ka inimväärtusest (baseerub saamata jäänud palgal). Värskema prognoosi puudumisel võib majanduse üldist olukorda arvestades ligikaudselt lähtuda nimetatud prognoosi 2007 aasta tasemest. Nimetatud töös toodud prognoosi kohaselt on liiklusõnnetuste kulud 2007 aastal järgmised:

- hukkunu 825 000 euro/hukkunu;
- invaliidistunu 950 000 euro/invaliid;
- kergelt vigastatu 3 500 euro/vigastatu;
- varakahju 3 225 euro/õnnetus.

Eestis ei tehta liiklusõnnetuste statistikas vahet invaliidistunu e. raskelt vigastatu ja kergelt vigastatu vahel. Varasemate uuringute põhjal võib invaliidistunute ligikaudseks osakaaluks võtta 10% vigastatute üldarvust:

- vigastatu keskmiselt (90% kerge, 10% raske) – 98 150 eurot/vigastatu

Ka ei ole võimalik liiklusõnnetuste andmebaasist saada kätte infot liiklusõnnetuse toimumise sõidutee (sõidusuuna) kohta.

Varakahjude suurust on hinnatud muuhulgas ka liikluskindlustuse fondi 2012 aasta andmete põhjal, mil antud lõikudel toimus 9 materiaalse kahjuga liiklusõnnetust hinnangulise keskmise maksumusega ca 3000...3500€, milline vastab ka eeltoodud uuringus näidatud summale.

Uuemates uuringutest, nt [51] on liiklusõnnetuste ühikhinnad mõnevõrra erinevad, samuti on teoreetiliselt kasutatavad muudest uuringutest tuletatud ühikhinnad. See aga toob kaasa taas erinevused tasuvusarvutustes, mistõttu need pole omavahel võrreldavad.

Muud majanduslikud kasud ja kahjud

Lisaks eelnevates lõikudes analüüsitud majanduslikele kasudele lähenetakse järgmistele majanduslikele kasudele või kuludele kvalitatiivselt:

- muutused õhusaastes ja müratasemes,
- transporditavate kaupade veo aja sääst
- genereeritud liiklus

Teadus- ja arendustöö „Tasuvusarvutuse rahvusvahelised praktikad ning erinevate teekatte remondiliikide tasuvusarvutused koos teaduslike analüüsidega.“

➤ loodud töökohtade kaudu tekitatud lisaväärtus.

Muutused õhusaastes ja müratasemes (keskkonnavalasid kasud ja kahjud)

Investeeringud parendavad teekatte üldist seisundit, millel on positiivne mõju õhusaastele ja mürale. Neid muutusi ei ole majandusanalüüsis kvantitatiivselt kajastatud, kvalitatiivses mõttes olukord paraneb.

Transporditavate kaupade veo aja sääst

Tavaliselt loetakse aja väärtust kaupade puhul suhteliselt madalaks ja selle vastavat majanduslikku kasu teede parendamise kogukasudes proportsionaalselt väikeseks. Ainult vähestes riikides arvestatakse transporditavate kaupade veo aja ühikuväärtusi. Käesolevas analüüsis ei teostata kvantitatiivuurimist, kuid vastavat mõju hinnatakse positiivseks.

Genereeritud liiklus

Investeeringud vähendavad eeldatavasti transpordikuluseid ja pikemas perspektiivis genereerib tõenäoliselt ka lisaliiklust (piirkond säilitab atraktiivsuse). Genereeritud liikluse mahu prognoosimine on äärmiselt ebakindel, sest see eeldaks informatsiooni omamist maksevalmiduse kohta. Selleks, et vältida genereeritud liiklusest tulenevate kasude ülehindamist, ei ole neid majandusanalüüsi kvantitatiivsete kasudena kaasatud. Siiski hinnatakse nende mõju positiivseks.

Loodud töökohtade kaudu tekitatud lisaväärtus

Tõenäoliselt ei muuda investeeringud pikas perspektiivis töökohtade arvu projekti lõikude lähikümbruses ega kaugemal. Lähemas perspektiivis loovad teetööd (rekonstrueerimine ja ehitus) juurde mõned töökohad, ent ei pruugi, kuna ehitushanke järel teostavad tööd valdavalt professionaalsed teedehitajad. Majanduslik lisaväärtus saavutatakse peamiselt asjaoluga, et projektlahendusega likvideeritakse Tallinn-Narva maantee trassi halvimas seisukorras teelõigud, viies need vastavusse I klassi maantee parameetritega ja tagades sellega head ühendused Tallinna ja idapoolsete regioonide vahel.

Tasuvusanalüüs

Projekti tulude ja kulude kirjeldamist alustati osas alternatiivide ja nende mõjude kirjeldamisega ning nende kulud täpsustati eelmises lõigus. Aruande viimane osa kujutab endast eelnevalt määratletud tulude ja kulude võrdlemist ehk sisuliselt arvutamist, mistõttu seda osa tasuvusanalüüsis võiks nimetada ka tasuvusarvutuseks. Seejuures on oluline, et eelnevates osades käsitletaks mõjusid ja nende kulusid süstematiseeritult ja tasuvuse hindamise põhimõtetest lähtuvalt. Siinkohal oleks kindlasti abi asjakohasest juhendist. Tasuvusarvutustega koos on mõistlik teostada ka finantsanalüüs, mille eesmärk on käsitleda projekti tulusid ja kulusid rahavoogudena teeomaniku kui investori seisukohalt ja tuua välja projekti finantsnäitajad, sh. laenude ja fondide toega kui tellija on seda ette näinud.

- projekti majanduslikud näitajad – NPV, EIRR, BCR
- tundlikkusanalüüs
- riskianalüüs (vajadusel)
- hinnang projekti tasuvusele
- finantsanalüüs (ainult valitud variandile), finantsnäitajad
- EL rahastusmäär

Tasuvusanalüüs viiakse läbi üldiste juhiste „Guide to cost-benefit analysis of investment projects“ [] ja „Töödokument nr. 4 - Kulude- tulude analüüsi metoodika suunised“ [57] kohaselt, Rahandusministeeriumi poolt kehtestatud diskontomääraga 6%, võrdlusperioodiga 25 aastat. Analüüsi tulemused on väljendatud nüüdispuhasväärtusega (*NPV, net present value, ajaldatud puhastulu*), tulu-kulu suhtega (*BCR, benefit-cost ratio, kasumlikkus*) ja piirdiskontomääraga (*EIRR, economic internal rate of return, tasuvusmäär, rentaablus, sisemine tasuvusläävi*). Tasuvuse hindamisel võrreldakse tehtud projekti realiseerumise tulemusena ühiskonna poolt kogetava kulude vähenemise e. säästu suurust projekti realiseerimiseks tehtavate kulutustega. Tasuvuskriteeriumiteks loetakse järgmisi tingimusi:

- nüüdispuhasväärtus, $NPV > 0$;
- tulu-kulu suhe, $BCR > 1$;
- piirdiskontomäär, $EIRR > 6\%$.

Euroopa Komisjoni esitatud „Töödokumendid nr. 4 Kulude-tulude analüüsi meetodika suunised“ on öeldud, et sotsiaalne diskonteerimismäär peaks olema 5%, MKM suunistele (august 2008) tuginedes kasutatakse käesolevas analüüsis diskonteerimismäära 6%. Majandusanalüüsi arvestusperioodiks on 25 aastat. Investeeringute jääkväärtused sisalduvad analüüsis. Vastavalt hinnangule moodustab aastal arvestusperioodi lõpus rajatise ehitamiseks tehtud investeeringute jääkväärtus 50% investeerimiskulust, maa kui mitte amortiseeritava põhivara jääkväärtus on üldjuhul 100% ostuhinnast kuid antud projektis maad ei osteta ja muud seonduvad kulud jääkväärtust ei oma. Jääkväärtus oleks olnud kaasatud arvutustesse arvestusperioodi viimasel aastal positiivse väärtuse lisamise teel. Analüüs on teostatud 2014 aasta fikseeritud hindadega, mis tähendab seda, et kulusid pole vaja algusaasta suhtes korrigeerida. Järgnevas tabelis on ära toodud kokkuvõtte peamistest meetoodilistest eeldustest.

Tabel 11. Peamised meetoodilised eeldused

Parameeter	Eeldus
Arvestusperiood	2+25 aastat, 2014 - 2040 aasta
Jääkväärtus	Investeeringu jääkväärtust käesolevas projektis ei arvestata (ET-1 0113-0189)
Majanduslik diskontomäär	6%, vastavalt MKM määrusele nr 39, 29.mai 2007
Reaalne diskonteerimismäär	Kuna analüüs on püsivhindades, siis sisuliselt kasutatakse reaalsel diskontomäära.
Liikluse intensiivsuse kasv	Andmed tehnilisest projektist
Aegväärtused	Andmed: „Tasuvus- ja finantsanalüüs, HDM-4“
Sõidukite kasutuskulud	Andmed: „Tasuvus- ja finantsanalüüs, HDM-4“
Hinnatase	2014. aasta fikseeritud hinnad
Vahetuskurss	1 EUR = 15.6466 EEK
Praegused väärtused	Prognoositud aastaks 2014

Investeeringisperiood	2014-2015
Teelõigu avamise aasta	2015 lõpp. Kasutajaeeliste saamise esimene aasta on 2016.
Projekti tulud	Omatulu puudub.

Investeeringu alla kuuluvad nii teekatte kui kohati aluse ja mulde remont aga ka Kudasoo II ja Kiiu II rajatised. Viimased on küll lõigu osa kuid tasuvusarvutuse seisukohast vaadelduna on tegemist pelgalt kulukomponendiga, mille tulusid ei hinnata sama arvutuse raames. Eeldades, et nimetatud sildade remont on otstarbekas sillatehnilistest aspektidest lähtuvalt (püsivuskindlus, mida hinnatakse rajatise tervise ja seisundi indeksite järgi), näitavad käesolevad arvutused tasuvust mõnevõrra tegelikust väiksemana ehk konservatiivsemalt. Käesolevas töös on analüüsi perioodiks valitud 25+2 aastat (2014...2040) ja diskontomääraks 6%. Kuna tegu on valdavalt teede remontimisega, on investeeringu jääkväärtuseks võetud 0%. Baasaastaks on võetud 2014.

Tasuvusanalüüsi tegemisel võrreldakse ümberehitusejärgset uuenenud olukorda ilma projektita olukorraga (nullvariant). Kulude ja tulude arvutamisel HDM-4-ga tuleb nii projektita kui projektiga olukorra jaoks tee infrastruktuur kindlaks määrata ja defineerida homogeensete teelõikudena. Homogeensed teelõigud on sellised, mille ulatuses peamised karakteristikud nagu liiklussagedus, geomeetrilised andmed, tee seisundiandmed jms, on ühetaolised.

Baasalternatiivi ehk nn. nullvariandi jaoks vajalikud andmed on kirjeldatud eelnevalt - geomeetria ja katte andmed, nagu sõidutee laius, tõus ja langus, kõversus, katte seisukord (tasasus jne.), liiklusõnnetused jms.

Projektiga variandi jaoks saadi andmed Kudasoo-Läsna teelõigu tehnilisest projektist.

Majanduslike kulude saamisel lähtutakse finantskuludest nagu ehitusmaksumus, tee hoolde kulud, sõiduki maksumus, kütuse hind jne. Majanduslike kulude saamiseks sellised kulud teisendatakse vastavalt kuluühikutelt maksude ja impordilõivude maha arvamisega. Ehituskuludest vastavate maksude ja impordilõivude arvutamine on üsna keerukas tulenevalt erinevate kuluartiklite,

millest ehituskulu moodustub (tarnijatest ja materjalidest, palkadest, kütusest, mehhanismid jne.), väga suurest erinevusest. Praktikas lähtutakse seetõttu reeglina lihtsustatud eeldusest, et peamiseks maksukomponendiks on käibemaks ning majanduslikud ehitus- ja remondikulud on finantskuludega võrreldes käibemaksu võrra väiksemad. Kütuse ja määrdeainete puhul, on arvutustes kasutatud ühikhinda, millest on vähendatud aktsiisi- ja käibemaks. Palgakulud on arvestatud 2013 aasta keskmisel tasemel. Teostatud tasuvusanalüüsi tulemustest on näha, et Kodasoo-Läsna maanteelõigu rekonstrueerimiseks tehtavad investeeringud ja sellega kaasnevad infrastruktuuri valdaja muud kulud on summaarselt väiksemad kui projekti realiseerimise tulemusel saavutatav teekasutajakulude vähenemine võrdlusperioodil. Projekti realiseerumisest saavutatakse põhilised tulud liiklusõnnetuste ja sõidukikulude vähenemise arvelt (vastavalt 6,22 ja 3,88 miljonit eurot diskonteerituna), muud tulud jäävad marginaalseks. Teekasutajakulude vähenemises mängib rolli rekonstrueeritud maantee teekatte parem seisukord (tasasus) arvutusperioodil. Projekti nüüdispuhasväärtus NPV on 1,89 (> 0) miljonit eurot, tulude-kulude suhe BCR on 1,2 (> 1) ja piirdiskontomäär EIRR 7,7 (> 6) %. Arvestades projekti tasuvuse kriteeriume, võib ülaltoodud näitajate põhjal öelda, et Kodasoo-Läsna teelõigu rekonstrueerimine on osutunud majanduslikus mõttes tasuvaks.

Allpool toodud tabelites on esitatud kokkuvõtte tasuvusanalüüsi tulemustest.

Tabel 12. Tasuvusanalüüsi tulemused, mln €

Tasuvuse hindamise komponent	Diskonteerimata	Diskonteeritud (6%)
Teevaldajakulude suurenemine, C:	8,27	8,34
Ehituskulud	8,27	8,34
Remondi- ja hooldekulud	~0	~0
Püsihooldekulud	~0	~0
Teekasutajakulude vähenemine, B:	24,37	10,21
Sõidukikulud	10,59	3,88
Ajakulud	0,28	0,11
Liiklusõnnetuste kulud	13,50	6,22
Nüüdispuhasväärtus, NPV	16,12	1,89

Tasuvusanalüüs tervikuna ja ka ülalolev tabel näitavad tegelikult, et kuigi objekt oli klassifitseeritud kui rekonstrueerimise projekt, on sisuliselt tegemist liiklusohtliku lõigu taastusremondiga. 2/3 tulust sünnib liiklusõnnetuste vähenemistest ning 1/3 katte tasetuse parandamisest. Selline dissonants tekitab projekteerimise ajal päris suure segaduse ning projekteerimises läheb suur osa auru arusaamiseni, et objekti pole suures osas mõistlik ega vajalik rekonstrueerida ning, et esmatähtis on tagada liikluskeskonna ohutuse parandamine. Nende lahenduste kaalumiseks puudub täna meetoodika.

Tundlikkusanalüüs

Arvestades võimalust, et kõik prognoositud väärtused ei osutu tegelikkuses tõeseks, on viidud läbi tundlikkusanalüüs, tulemusnäitajate tundlikkuse kontrollimiseks peamiste kulukomponentide muutumise suhtes. Allpool tabelis on toodud välja tundlikkusanalüüs 4 sellise komponendi $\pm 20\%$ muutumisele. Sellisteks komponentideks on investeeringukulud, sõidukikulud ja ajakulud ning

liiklusõnnetuste kulud. Tundlikkusanalüüs näitab, et enim mõjutab tasuvusnäitajaid investeeringukulude 20% muutumine, kõige vähem aga ajakulude muutumine.

Tabel 13. Teelõigu rekonstrueerimise peamised tasuvusnäitajad ja tundlikkusanalüüs

Stsenaarium	NPV	IRR	BCR
Baasvariant	1 887 183 €	7,7	1,2
Investeering + 20%	219 010 €	6,2	1,0
Investeering - 20%	3 555 354 €	9,8	1,4
Sõidukikulud + 20%	2 663 267 €	8,3	1,3
Sõidukikulud - 20%	1 111 098 €	7,0	1,1
Ajakulud + 20%	1 909 181 €	7,7	1,2
Ajakulud - 20%	1 865 185 €	7,7	1,2
Liiklusõnnetuste kulud + 20%	3 130 309 €	8,8	1,3
Liiklusõnnetuste kulud - 20%	644 056 €	6,6	1,1

Tundlikkusanalüüs näitab, et tasuvusnäitajad küll muutuvad sisendite 20%-lise muutuse korral, üksi selline muutus eraldi vaadelduna ei vii projekti mittetasuvaks.

Finantsanalüüs

Finantsanalüüsi käigus vaadeldakse projekti rekonstrueerimise alternatiivi (kirjeldatud eespool) finantskulusid ja tulusid (kaasa arvatud maksud ja ümberkanded) projekti omaniku, st. Maanteeameti seisukohast. Finantsanalüüs on läbi viidud diskonteeritud rahavoogude meetodil (DCF) inkrementaalsena, st. rekonstrueerimise variandi finantsiliste tulemusnäitajate hindamisel on arvestatud rahavoogude muutust baasalternatiivi suhtes. Investeeringu objektiks on avalikult kasutatav mittetasuline maantee, mistõttu projektil puuduvad aktiivsed tulud rahavoogude mõistes. Projekti omaniku jaoks tähendab projekti elluviimine kulusid

ehituse, maa omandamise ja teehoolde- ning remonditöödega seoses. Kaudsete tuluna käsitletakse maa ja rajatise jääkväärtust (juhul kui on). Arvesse võetakse baasalternatiivi remondi- ja hooldekulud. Analüüsi eesmärk on investeeringu finantsilise jätkusuutlikkuse ja finantstulemi hindamine ja maksimaalse EL fondide panuse määramine.

Finantsanalüüsi teostamisel on järgitud Euroopa Komisjoni dokumendis „Töödokument 4- Tulude-kulude analüüsi metoodika “ ja “Guide to cost-benefit analysis of investment project”, mis on Euroopa Komisjoni poolt ette valmistatud Ühtekuuluvusfondi programmide rahastuse taotlemise suunistena.

Finantsilised kulu- ja tulukomponendid

Kavandatavad investeeringud tehakse ainult kasutusmaksuvabadesse rajatistesse (teedesse), käsitletakse projekti nn. mittetulutoova projektina. See tähendab seda, et arvestatud maksimaalne Ühtekuuluvusfondi panus rajaneb abikõlblike investeeringukulude kogusummal ja toetuse määr on 85%. Finantsanalüüsis on EL fondide poolse kaasfinantseerimise lõplikuks määraks arvestatud 85% (abikõlblikkuse tingimusest lähtuv maksimaalne määr). Tegelik määr sätestab projektipõhiselt juhtministeerium (Majandus- ja Kommunikatsiooniministeerium), hinnates projekti kriteeriumeid prioriteetsuse leidmise eesmärgil. Sellest tulenevalt võib tegelik määr jääda alla 85%. Finantsanalüüsi põhieeldused on valdavalt identsed tasuvusanalüüsi eeldustega, erinevusi ja lisaeldusi on kirjeldatud allpool.

Seega hõlmab finantsanalüüs ainsate kulu- ja tulukomponentidena alljärgnevad:

- Investeeringukulud: baasalternatiivis ei ole investeeringukulusid. Investeeringualternatiiv sisaldab olulisi investeeringukulusid investeeringuperioodi alguses.
- Muutused hoolduskuludes: olemasolevate teede rekonstrueerimine toob endaga kaasa kokkuhoiu hoolduskulude arvelt tulevikus.
- Toetused Ühtekuuluvusfondilt: käesoleva analüüsi tegemisel on eeldatud ühtekuuluvuse rahastamisvahendite kaasfinantseerimist, mille abil kaetakse 85% abikõlblikest investeeringukuludest.
- Jääkväärtus: teedehituslikele investeeringutele jääkväärtust ei rakendata, analüüsiperioodi viimasel aastal arvestatakse jääkväärtust rajatistele (50%

Teadus- ja arendustöö „Tasuvusarvutuse rahvusvahelised praktikad ning erinevate teekatte remondiliikide tasuvusarvutused koos teaduslike analüüsidega.”

ehitusmaksumusest) ning maale (100% soetusmaksumusest) eeldusel, et need on projektis esindatud.

Investeeringukulud

Investeeringukulud tuleb jagada abikõlblikeks ja mitteabikõlblikeks kulukomponentideks, sest EL fondide, nt. Ühtekuuluvusfondi abil on võimalik kaasfinantseerimisele allutada ainult abikõlblikke komponente.

Alljärgnevas tabelis on näidatud investeeringukulud investeeringualternatiivi kohta.

Tabel 14. Investeeringukulud ja nende abikõlblikkus

Eesti kroonides	Projekti kogukulud (A)	Abikõlbmatud kulud (B)	Abikõlblikud kulud (C)=(A)-(B)
1. Projekteerimistasud	89 167	89 167	0
2. Maa ost	0		0
3. Ehitamine	7 400 851		7 400 851
4. Eeltööd	445 834		445 834
5. Abitööd ja teenused, ajutised lahendused	713 335		713 335
6. Teede märgistus, haljastus	356 668		356 668
7. Ehituse järelevalve	178 334		178 334
8. Vahesumma	9 184 189	89 167	9 095 022
9. (käibemaks)	1 836 838	17 833	1 819 004
10. Kokku	11 021 027	107 000	10 914 027

Vastavalt dokumendile „Investeeringuprojektide tasuvusanalüüsi juhend”, on järgmised investeeringukomponendid mitteabikõlblikud:

Teadus- ja arendustöö „Tasuvusarvutuse rahvusvahelised praktikad ning erinevate teekatte remondiliikide tasuvusarvutused koos teaduslike analüüsidega.“

- Maaostukulud juhul, kui need moodustavad enam kui 10% kõigist investeeringukuludest;
- Käibemaksu maksmine juhul, kui maksumaksja võib käibemaksu Eesti Maksu- ja Tolliametilt tagasi saada;
- Enne taotluse esitamist tehtud kulutused;
- Seonduv töö ja seonduvad kulud, mis pole otseselt investeeringuga seotud.

Hoolde- ja remondikulud

Nii investeeringu- kui baasalternatiivi remondi- ja hooldekulusid on käsitletud peatükis „tasuvusanalüüs“.

Maanteeameti poolt projektiga rekonstrueerimise alternatiiviga seoses kantavad finantskulud (diskonteerimata, mitteinkremetaalne, 2014 püsihindades) on kokkuvõtlikult järgmised (miljon €).

Kululiik	Kulud 2014-2039, €
Ehituskulud	11 021 027 €
Remondi- ja hooldekulud	1 836 000 €

Hinnang projektile kaasfinantseerimise väärimise seisukohast

Projektide abikõlblikkuse määramisel on oluline, et projekt on sotsiaalmajanduslikult tasuv (NPV on positiivne). Seega kvalifitseerub projekt EU abile. Projekti investeeringu kogumaksumusest 11 021 027 € moodustab abikõlblik osa 99% (10 914 027 €), projekt on sotsiaalmajanduslikult tasuv. Projekti finantseerimisvajak on reaalselt 100%, kuna omatulusid projekt kaasa ei too, seega on võimalik ÜF-st taotleda maksimaalset toetusmäära, ehk siis 85%. Arvestuslik rahastamise puudujäägi määr on ca 100% kuna investeeringul puudub ka jääkväärtus.

Projekti teadaolevad abikõlblikud kulud moodustavad kokku 10 914 027 € tänases vääringus. Arvestades ehitusperioodi eeldatavat algust juba 2014, puudub vajadus maksumust korrigeerida ning saame prognoosida kogu finantseerimisvajaduse (11 021 027 €) jagunemise alljärgnevalt:

Teadus- ja arendustöö „Tasuvusarvutuse rahvusvahelised praktikad ning erinevate teekatte remondiliikide tasuvusarvutused koos teaduslike analüüsidega.“

- Finantseerimine riigieelarvest (2014) – 1 744 104 €
- Finantseerimine EU (2014 – 9 276 923 €

Finantsanalüüsi tulemused

Finantsanalüüsi algnäitajatena on kasutatud järgnevates kahes tabelis koondatud andmeid, millest suur osa on leitud tasuvusanalüüsi käigus.

Tabel 15. Finantsanalüüsi tegemiseks kasutatud peamised elemendid ja parameetrid

Peamised elemendid ja parameetrid		Diskonteerimata väärtus	Diskonteeritud väärtus
Vaatlusperiood (aastad)	25		
Diskontomäär (%)	6%		
Investeeringu kogumaksumus		11 021 027	10 709 111
Jääkväärtus		0	0
Tulud (eurodes, diskonteeritud)			0
Tegevuskulud (eurodes, diskonteeritud)			- 726 474
Rahastamise puudujäägi määr		100%	

Tabel 16. Finantsanalüüsi peamised tulemused

Ühenduse abita			Ühenduse abiga	
	A		B	
Majanduslik tasuvuslävi	-13,68%	FRR(C)	-4,79%	FRR(K)
Puhas nüüdisväärtus	- 10 294 554 €	FNPV(C)	- 1 017 631 €	FNPV(K)

Teadus- ja arendustöö „Tasuvusarvutuse rahvusvahelised praktikad ning erinevate teekatte remondiliikide tasuvusarvutused koos teaduslike analüüsidega.“

Investeeringu finantsiline tulumäär (financial rate of return, FRR) jääb mõlemal juhul (nii abiga kui abita) negatiivseks. Samuti on mõlema variandi korral negatiivne investeeringu finantsiline nüüdispuhasväärtus.

Toetused ÜF fondidelt

ÜF fondidelt eeldatakse toetuste eraldamist ja käesoleva analüüsi tegemisel on arvestatud kaasfinantseerimisega, millega kaetakse 85% kõigist abikõlblikest kuludest. See vastab allpoolkirjeldatud summadele:

Tabel 17. Ühenduse toetuse arvutamine

Abikõlblik kulu (eurodes, diskonteerimata)	10 914 027 €
Rahastamise puudujäägi määr (%)	100%
Otsuse summa, st summa, mille suhtes kohaldatakse prioriteetse suuna toetuse määra	10 914 027 €
Toetuse määr (%)	85%
Ühenduse osalus (eurodes)	9 276 923 €

Ühenduse osaluse iga-aastane rahastamiskava

Ühenduse osalus on finantsanalüüsis arvestatud aastatesse 2014 ja 2015.

Tabel 18. Ühenduse osaluse iga-aastane rahastamiskava

	2014	2015	2016
Ühtekuuluvusfond 85%	4 638 461 €	4 638 461 €	

Kaasfinantseerimise allikad

Kaasfinantseerimise allikatena on käesolevas töös arvestatud EL fondide osaga (85% abikõlblikest kuludest) ning riigieelarve vahenditega (mitteabikõlblikud kulud ning 15% abikõlblikest kuludest)

Tabel 19. Kaasfinantseerimise allikad

Investeeringu kogumaksumus	Ühenduse toetus	Siseriiklik avalik sektor (või samaväärne)	Siseriiklik erasektor	Muud allikad (täpsustada)
a)= b)+c)+d)+e)	b)	c)	d)	e)
10 914 027 €	9 276 923 €	1 637 104 €	0	0

Projekti finantsiline jätkusuutlikkus

Sotsiaalmajanduslikke hüvesid arvestav tasuvusanalüüs näitas, et projekt on ühiskonnale vajalik ja tasuv. Finantsmajanduslikult kvalifitseerub projekt mittetulutoovate projektide hulka, kuna kasusaajad maksavad saadavate hüvede eest ainult kaudselt - läbi kaudsete maksude riigieelarve kaudu. Töös on analüüsitud finantsiliste tulemusnäitajate arvutamiseks vajalikke projekti rahavooge, prognoositud väärtused tuginevad tasuvusanalüüsiga analoogilistele eeldustele ja andmetele. Vastavate näitajatena on välja toodud finantsiline sisemine majandusliku tasuvuse tulumäär investeeringult FRR(C) ja omakapitalilt FRR(K) ning vastavalt finantsiliselt puhtalt nüüdisväärtuselt investeeringu ning omakapitali suhtes – vastavalt FNPV(C) ja FNPV(K). Finantsilise jätkusuutlikkuse tagamiseks on vajalik kindlus rahastamise jätkuvuse osas. Käesolevas töös on analüüsitud kui suure osa projekti rahastusvajadusest on võimalik katta EL vahenditest kuid ei ole täpsemalt analüüsitud, kas ja milliseid täiendavaid rahastusallikaid ja millistel tingimustel oleks otstarbekas kasutada riigipoolse eelarvelise rahastamise kõrval vaid on eeldatud. Käesolevas töös on eeldatud, et finantskulud, mida ei kaeta EL fondidest, kaetakse riigieelarve vahenditest. Finantsanalüüside rahavood on näidatud aruande lisas.

Tasuvusanalüüsi kokkuvõte (vajadusel)

Teelõigu kate on amortiseerunud ja lõigul on toimunud palju raskete tagajärgedega liiklusõnnetusi, mida võib lugeda suuresti amortiseerunud katte ja liikluskorraldusliku lahendusega maantee-tüüpi teelõigu probleemiks. Uus projektlahendus pöörab põhitähelepanu just katte remondile ja liikluskorralduslikule

Teadus- ja arendustöö „Tasuvusarvutuse rahvusvahelised praktikad ning erinevate teekatte remondiliikide tasuvusarvutused koos teaduslike analüüsidega.”

kaasajastamisele. Eeldatavalt saavutatakse sellise lahendusega märkimisväärne sõidukikulude ja ka liiklusõnnetuste ja sellega kaasnevate sotsiaalmajanduslike kulude vähenemise.

Kodasoo-Läsna maanteelõigu rekonstrueerimise kontrollarvutused näitavad, et projekt on majanduslikult tasuv. Projekti tasuvusnäitajad on: NPV 1,89 (> 0) miljonit eurot, BCR 1,2 (> 1) ja EIRR 7,7 (> 6)%.

Tabel 20. Tasuvusanalüüsi peamised näitajad

Nüüdispuhasväärtus (NPV)	Sisemine majanduslik tasuvus (IRR)	Tulude/kulude suhtarv (BCR)
1,89 m €	7,7%	1,2

Teelõigu rekonstrueerimise kulud on põhiosas EL abikõlblikud.

Kokkuvõtvalt saab öelda, et teelõigu rekonstrueerimine on ühiskonnale vajalik ning majanduslikult tasuv ning seda on võimalik ja otstarbekas rahastada EL vahenditest (85%).

Vaatamata positiivsele tulemile tasub meeles pidada, et arvutuse sisendite vähese standardiseerituse tõttu on need suuresti sõltuvad tasuvusarvutuste tegija kompetentsist ja valikutest, mistõttu erinevad arvutused võivad olla üsna erinevad.

TASUVUSANALÜÜSI JUHEND

Tasuvusanalüüsi juhendi eesmärk on ühtlustada tasuvusanalüüside praktikad, pakkudes standardiseeritud sisendeid ja väljundeid ning ühtlustades investeringuid vajavate objektide eelvaliku ning projekteerimise faasi otsustusprotsesse ja raamistikku. Arvestades kaardistatud kitsaskohti tasuvusanalüüsi protsessis, on otstarbekas täpsustada tasuvusanalüüsi protsessi tervikuna, alustades eelvalikust.

Siinkohal pakume välja tasuvusanalüüsi juhendi põhiraamistiku, mis toetab ka tasuvusarvutuste juhendit. Sama raamistikku oli kasutatud ka eelmise peatüki tasuvusanalüüsi näites. Tasuvusanalüüs kajastatakse aruandena, milles käsitletakse reeglina järgmist:

➤ praegune olukord

- tee asukoht, paiknemine
- „teenuste“ kirjeldus – ristmikud, bussipeatused jms
- tee seisund – tasasus, kandevõime, defektid, roopad jms
- liiklusohutus, liiklusohutuse hindamine
- läbilaskevõime, liiklussagedused, kiirused
- rajatised, nende seisund

➤ praeguse olukorra analüüs

- liikluse prognoos
- liiklusõnnetuste prognoos
- muud uuringud (geoloogia, geodeesia)
- kitsaskohtade selgitamine
- arendusvajaduse väljendamine
- alternatiivide vajaduse põhjendamine

➤ alternatiivid ja nende mõjude kirjeldamine

- arendusalternatiivide tehniline kirjeldamine
- olulisemate parameetrite eeldatavate muutuste üldine kirjeldamine, sh. mõjud teekasutajale (teepikkus, kiirusrežiim, ajakulud), teevaldajale (tarindilahendus, katendarvutus, geomeetriline lahendus, liikluskorralduslik lahendus, sh ITS lahendused), keskkonnameetmed ja -mõjud, liiklusohutusmeetmed ja -mõjud
- riskide hindamine
- projekti realiseerimise ajakava

Teadus- ja arendustöö „Tasuvusarvutuse rahvusvahelised praktikad ning erinevate teekatte remondiliikide tasuvusarvutused koos teaduslike analüüsidega.“

➤ alternatiivide kulude kirjeldamine

- mõjude väljendamine rahalises vääringus koos selgitustega
- teevaldajakulud, sh rajatised
- teekasutajakulud
- jääkväärtus
- muud kulud (vajadusel, nt. keskkond, müra)

➤ tasuvusanalüüs

- projekti majanduslikud näitajad – NPV, EIRR, BCR
- tundlikkusanalüüs
- riskianalüüs (vajadusel)
- hinnang projekti tasuvusele
- finantsanalüüs (ainult valitud variandile)
- EL rahastusmäär

TASUVUSARVUTUSE JUHENDI KAVA

Tasuvusanalüüsi juhendiga saab reguleerida kogu vajaliku raamistiku kui d lähemas perspektiivis on otstarbekas alustada minimaalsest ja liikuda edasi järk-järgult. Tasuvusarvutuste eesmärk on tuua välja investeeringu kulud ja tulud rahalises vääringus ja neid omavahel võrreldes anda hinnang investeeringu tasuvusele e. põhjendatusele (siit ka nimetus kulu-tulu analüüs). Seetõttu pole tasuvusarvutused päris üksi, eraldiseisvana, käsitletavad kuigi detailselt. Tasuvusarvutuste peamine roll on toetada jätkusuutlikku planeerimisprotsessi ning tasuvusarvutuste juhiste roll ühe komponendina planeerimist toetavate dokumentide hulgas on tagada erinevate projektide ühetaoline käsitlemine ja sellega tagada kulude ja tulude käsitlemine ühetaoliselt planeeringute protsessis (st. erinevate projektide tasuvusnäitajad on ka omavahel võrreldavad). Seetõttu on aga esmaoluline, et protsessid, milles projektide tasuvust hinnatakse on ise piisavalt ühetaolised. Seda on hea kirjeldada Soome näitel, mille planeerimisprotsess sarnaneb paljude teiste arenenud riikide omaga.

Tasuvusarvutuste jaoks otseselt kasutatakse Soomes väljatöötatud programmi IVAR, mis on istutatud sisuliselt teeregistri külge, saades viimasest suure osa olemasoleva teedevõrgu andmetest. Programmi kasutusjuhendit [8] koos teekasutajakulude arvutusmetoodikaga [7] võibki sisuliselt pidada Soomes kasutatavaks tasuvusarvutuste metoodikaks. IVAR'iga kaudselt seotud on ka liiklusohutuse hindamise programm TARVA, mida on põhjalikumealt käsitletud käesolevas töös eraldi peatükis. IVAR'iga in lähedalt seotud teekasutajakulude ühikhindade määratlemise metoodika [5], täpsustades meetodid sõidukikulude, ajakulude, liiklusõnnetuste ja keskkonnakulude (heitmed ja müra) ühikhindade määramiseks. Viimane ühikhindade täpsustamine tehti 2010 ja ühikhinnad avaldati aruandes [6].

Eestis on laialt levinud HDM-4 kasutamine teeprojektide tasuvusarvutusteks. HDM-4'ga kaasas mahukas dokumentatsioon programmi kasutamiseks ja kalibreerimiseks. Seetõttu on otstarbekas seda metoodikat üle kirjutada (tegemist on mitmetuhandeleheküljelise dokumentatsiooniga) vaid keskenduda olulisemate ühikhindade ja koefitsientide määramise metoodikale Eesti tingimustes ning iga-aastaselt uuendada vaid ühikhinnad kujul, mida saab HDM-4's otsekohaldada. Üldiselt on oluline, et tasuvusanalüüside tegijad (sh. HDM-4 kasutajad) omaks

lisaks teedealastele teadmistele (teedevõrk, teede seisundinäitajad, teede planeerimine ja projekteerimine) ka majandusalaseid teadmisi. Viimased ei ole enam alati hädavajalikud kui tasuvusarvutuste juhendiga ja elementide standardiseerimisega õnnestub programmi kasutamine viia uuele tasemele, sellisele kus võimalikult suur osa programmi parameetritest ja kasutamisloogikast on ühtlustatud ja erinevad arvutused seega võrreldavad. Juhend peab andma projekteerijale selged suunised tasuvusarvutuste parameetrite väärtustamiseks. Juhendi kava peaks olema võimalikult sarnane HDM-4 ülesehitusele. Alljärgnevalt on esitatud juhendi kava koos selgitustega. Sellise juhendi puuduseks on keskendumine HDM-4'le kuid, arvestades HDM'4 universaalsust, ei tohiks juhendist ka teiste programmide jaoks sobivate parameetrite leidmine probleemiks osutuda. Juhendi kava võiks olla selline:

SISSEJUHATUS

Siin kirjeldatakse üldised nõuded, antakse metoodika tutvustus.

SÕIDUKITE PARAMEETRID

Sõidukite parameetrite all vajavad kirjeldamist nii tehnilised kui majanduslikud parameetrid ja nende tuletamise põhimõtted. Kuigi liiklusloenduses kasutatakse väga detailset sõidukite liigitamist on tasuvusarvutuste jaoks osutunud praktikas piisavaks jagamine sõidu- ja pakiautodeks, veoautodeks ja bussideks ning autorongideks. Seejuures vajavad täpsustamist seosed avalike algandmete ja HDM-4 parameetrite vahel. Muuhulgas on otstarbekas kokku leppida sellised parameetrid nagu telgede arv, ruumikasutus, aastane läbisõit, keskmine eluiga, erasõitude osakaal, sõitjate arv, ESAL faktor, uue sõiduki maksumus, juhi, meeskonna, reisija kauba ajaväärtus, intressikulud jms.

LIIKLUSKASVU MUDELID

Liikluskasvu mudelid peaksid tuginema üldistel baasprognoosidel (hetkel teostatud aastani 2040) ning pakkuma liikluse iga-aastased kasvukoefitsiendid selliselt, et igale homogeensele teelõigule oleks registri tasemel määratud ka aastane kasvuprotsent eraldi sõidukiliikide lõikes. Otstarbekas oleks kujundada kogu Eesti jaoks lihtsad liikluse kasvumudelid, mida kasutada tasuvuse eelanalüüsides. Projektikohases liiklusmudelid ja liiklusprognoosis peavad olema liikluse aastased kasvukordajad välja toodud.

TEELÕIKUDE ANDMED

Need andmed tulevad valdavalt teeregistris, mistõttu on mõistlik vajalikud parameetrid genereerida juba teeregistris, ehk igal teeregistri lõigul on automaatselt küljes ka HDM-4 parameetrid. Väga palju mehaanilist tööd on võimalik ära teha registri tasemel ja genereerida vajalikud HDM-4 sisendfailid. Kõiki andmeid ei saa siiski teeregistris ja nendel juhtudel on otstarbekas andmete saamise ja valikupõhimõtted kirjeldada võimalikult üheselt, võimaluse korral konkreetse väärtusena. Muuhulgas tuleb siin kajastada selliseid näitajaid nagu sõidutee laius, katte tüüp, tõusude ja langude arv ja summa, põikkalle, kiiruspiirang ja kiiruskordaja, tee kurvilisus, tee külghäiretegur (RSF), viimane rekonstrueerimine taastusremont ja säilitusremont, tee kandevõime, seisundiparameetrid (tekstuur, roopad, murenemine, augud, praod ...), tihendustegur, liiklussagedus jms.

HOOLDESTANDARDID

Ka need on otstarbekas ära kirjeldada – st. milliseid töömeetode kokkuleppeliselt kasutatakse pärast rekonstrueerimist ja millise normatiivse sagedusega. Alternatiiv oleks lasta tööde intervall lasta hinnata HDM-4'l kuid praktikas ei ole see iga objekti puhul ilmselt mõistlik. HDM-4 tuleks siinkohal kasutada pigem uurimusliku abivahendina intervallide määramisel ning konkreetse tee puhul arvestada standardsete intervallidega. Leida tuleb valitud hooldestandardite ruutmeetrimaksumuste määramise valemid erinevate paksuste jaoks (kõiki kaasnevaid töid hõlmavad komplekshinnad koos selgitustega). Standardiseeritult tuleb kirjeldada, milliseid remondi- ja hooldemeetmeid kasutatakse ning kuidas need mõjutavad tee tarindit. Näiteks tuleb kirjeldada, kas ja millal kasutatakse pindamist, kas ja millal remix'i, millise intervalliga tehakse aukude lappimist ja pragude täitmist ja millest need valikud sõltuvad (tee klass, katte liik ja vanus vms). Iga hooldemeetme puhul tuleb omakorda määratleda meetme olulised näitajad, muuhulgas nt. tugevusomadused ja uue kihi paksus, maksumus ja milline saavutatav mõju tee seisundinäitajatele.

REKONSTRUEERIMISSTANDARDID

Ka siin on otstarbekas põhilahendused koos vajalike parameetritega ühekordselt ära kirjeldada, tasuvusarvutuse käigus täpsustataks peamiselt kihtide paksused,

Teadus- ja arendustöö „Tasuvusarvutuse rahvusvahelised praktikad ning erinevate teekatte remondiliikide tasuvusarvutused koos teaduslike analüüsidega.”

millised tulenevad katendiarvutustest. Rekonstrueerimisstandard võib olla näiteks „olemasoleva katte kompleksstabiliseerimine aluseks ja kolmekihilise katte ehitus.” Või „sama koos uue drenkihi rajamisega” ja selliste standardsete meetmete hinnastamine.

UUSEHITUSSTANDARDID

Analoogne eelmisega. Tõenäolistelt on siin rekonstrueerimisega võrreldes laialdasemalt kasutusel killustikalused ja tuleb selliselt ka HDM-4's kirjeldada.

KALIBREERIMISKOEFIITSIENDID

Vajab defineerimist nii elastsetele katenditele kui katteta teedele. Need mõjutava erinevate defektide arengukiirusi, sh arengu algust ning progressiooniparameetreid. Muuhulgas tuleb need välja tuua roobaste tasasuse ja defektide arengu iseloomustamiseks. Neid tasub kõrvutada reaalsete andmetega teedel kuid veel olulisem on, et nende fikseerimisega muutuvad tasuvusarvutused võrreldavamaks.

LIIKLUSÕNNETUSTE KLASSID

Siin tuleks analüüsida, kas on võimalik siduda mõne tuntud metoodikaga, nt. TARVA või võtta seisukoht, et kõikidel projektilõikudel tehakse nõuetekohane liiklusohutuse hindamine kusjuures ühe osana leitakse potentsiaalsed meetmed ja nende mõju liiklusõnnetuste ja hukkunute vähenemisele.

KLIIMATSOON

Kirjeldada Eesti kliimatsooni parameetrid. Muuhulgas tuleb kirjeldada niiskusedeks, temperatuur, kuiva perioodi pikkus, keskmine temperatuur, sademete hulk, külmaindeks, lumikatte indeks jms.

LIIKLUSVOO PARAMEETRID

Liiklusloenduse aruandluse koosseisus on mõistlik selgitada ka liiklusvoo parameetrid igale homogeensele lõigule, sisuliselt on tegemist liiklussageduste aastakõveraga, kus igale tunnile vastab mingi hulk liiklust. Leitakse tüüpilised liiklusvoo parameetrid ja jagatakse teedele. Need iseloomustavad kui suur on erinevat tüüpi teedel tipptunni mõju ja sellega mõju läbilaskevõimele ja ajakulule. Need näitajad tuleb leida liikluse modelleerimise käigus kuid eeltasuvusarvutuste jaoks tüüpilisemad tuleks teedevõrgule arvutada. Tüüpiliselt jagatakse teed sõiduradade arvu ja liikluse iseloomu järgi (pendel-liikumine, vaba liiklusvoog, vms).

Teadus- ja arendustöö „Tasuvusarvutuse rahvusvahelised praktikad ning erinevate teekatte remondiliikide tasuvusarvutused koos teaduslike analüüsidega.“

Seda osa koos kiirusparameetritega võiks eraldi püüda uurida ristmike arvutamise võimaluste hindamiseks.

KIIRUSPARAMEETRID

Kiirusparameetrid arvestavad tee geomeetrilisi parameetreid ja määravad tee vaba kiiruse sõltuvalt liiklussagedusest. Eriti oluline läbilaskevõime amendumise hindamiseks. Ka seda mudeli osa võiks püüda uurida lähemalt ristmike arvutamise eesmärgil. Tüüpiliselt sõltub Highway Capacity Manual kohaselt sõidutee laiuselt.

KESKKONNAKULUD

Kaaluda keskkonnakulude arvestamiseotstarbekust tasuvusarvutustes.

MÜRAKULUD

Kaaluda müraikulude arvestamise otstarbekust tasuvusarvutustes.

ALTERNATIIVID

Alternatiivide osas tuleks defineerida, millised variandid minimaalselt kirjeldatakse, ja milliste parameetritega. Kuidas kirjeldatakse baasalternatiiv (ja kuidas nimetatakse) – st millist hooldestandardit rakendatakse, kuidas kirjeldatakse investeeringualternatiiv ning millist hooldestandardit rakendatakse, samuti tuleb määratleda, kas ja kuidas kirjeldatakse nn 0+ ja/või 0++ alternatiivid.

INVESTEERING

Siin tuleks kajastada investeeringu kirjeldamist sisendandmete osas ning jääkväärtusega seonduvat.

TUNDLIKKUSANALÜÜS

Siin kirjeldatakse, millised tegurid arvestatakse tundlikkusanalüüsis igal juhul kui tellija pole sätestanud teisiti.

ARUANDLUS

Siin kirjeldatakse, millistest aruannetest koosneb tasuvusarvutuste aruandlus. lähteandmed, tasuvusnäitajad, liikluse info, teekasutajakulud, teevaldajakulud, tee seisundiparameetrite muutumine. HDM-4 pakub terve rea standardseid aruandeid, millest osa on otstarbekas näidata tasuvusanalüüsi aruande lisana. Standardiseeritud sisendite korral lihtsustub ka tasuvusarvutuse dokumentatsioon/aruanne.

Lisaks kuuluvad tasuvusarvutuste juurde (ja ka tasuvusanalüüsi juurde) riski- ja finantsanalüüs kuid need ei kuulu HDM-4 aruandluse koosseisu.

RISKIANALÜÜS

See komponent ei sisaldu otse HDM-4-s kuid vajaks sätestamist, kas ja millistel juhtudel on riskianalüüs otstarbekas ning milliseid riske tuleb sellisel juhul kindlasti hinnata ja millistel juhtudel võib piirduda lihtsustatud käsitlemisega.

FINANTSANALÜÜS

Tulu-kulu-analüüsi osana viiakse läbi finantsanalüüs. Ka siin on otstarbekas defineerida kriteeriumi, millele standardsetl finantsanalüüs tehakse. Üldjuhul peab see olema vastavuses Euroopa Liidu Struktuurifondide rahastustootluse nõuetega.

Tasuvusarvutuste üldised järeldused

Eeltoodud kava kohaselt koostatav juhend aitab ühtlustatud moel teostada siiski üksnes tasuvusarvutused esimese sammuna aitaks just see luua baasi, mis võimaldab tasuvusarvutustele läheneda ühetaoliselt ja aitab luua selgema sideme tasuvusarvutuste ja muude regulatsioonide vahele. Ühtlasi on selge, et suur osa arvutuse sisenditest, näiteks erinevate mõjude või kulude hindamine tuleb viia läbi varasemas etapis. Liiklusvoogusid muutvate lahenduste puhul (nt. kiiruste või seisakuaegade muutus) tuleb modelleerida liiklus, teatud juhtudel selgitada keskkonnamõjud, aluspinnaste kandevõime, hüdrokeoloogilised tingimused ja palju muud. Tasuvusarvutus on lõpuks ikkagi vaid see, mis need mõjud rahastulude ja kulude kaudu väljendab ja on ühtlasi planeerimis-projekteerimistöö viimaseks tegevuseks andes sisuliselt hinnangu ka lahenduse elujõulisusele. Ehk selline juhend kirjeldab siiski vaid tasuvusarvutustega seonduvad ega suuda üksi pakkuda aga piisavat üldist raamistikku planeerimisprotsessi osapooltele, mille sees tasuvusarvutus oma rolli täidab. Seetõttu on soovitatav koostada ka vähemalt teeprojektide hindamise juhend kuid multimodaalse keskkonna arendamiseks tasub kaaluda tasub ka üldisema, transpordiprojektide hindamise juhendi koostamise peale. Siin tasuks kindlasti eeskujuks võtta Soome vastava dokumendi, milline on ka Eesti keelde tõlgitud [2]. Nagu neist ettepanekutest selgub, on vajadus laiem kui pelgalt tasuvusarvutuste juhend ja protsessi on soovitatud täiendada „alt üles” põhimõttel ehk detailselt üldisemale. Tühjalt kohalt alustades on selline lähenemine

Teadus- ja arendustöö „Tasuvusarvutuse rahvusvahelised praktikad ning erinevate teekatte remondiliikide tasuvusarvutused koos teaduslike analüüsidega.”

otstarbekas kuna see võimaldab HDM-4 senisest efektiivsemalt kasutada mitte üksnes projektide tasuvuse hindamiseks vaid juba projekti enda raames selle kasutamist projekti varajasest staadiumist alates on võimalik kontrollida erinevate alternatiivide mõju tulemustele erinevates projektistaadiumites. Ehitus- ja rekonstrueerimise projektide korral omab tasuvusarvutus meetodina suurimat väärtust objektide eelvalikul ja enne tehnilise projekti koostama asumist (lahendusvariantide võrdlemisel) kuid muude projektide - taastus- ja säilitusremondiprojektide korral on eelkõige tegemist abivahendiga objektide üldisel reastamisel. HDM-4, kui selle parameetrid on hästi kirjeldatud pakub head tuge kogu teedehoiu kavandamise protsessis, sh. teehoiukava koostamisel ja strateegilistes „what-if“ analüüsides kasutatavate meetodite optimeerimiseks ehk on oluline komponent tugeva PMS-süsteemi ülesehitamisel. Teadmiste ja kogemuste arenemisel on võimalik HDM-4 jaoks tehtud töö baasil luua kasutajatele lihtsamad tööriistad valikute tegemise lihtsustamiseks.

TEETÖÖDEAEGSED MÕJUD TASUVUSARVUTUSTES

Analüüsida ja koondülevaade koos ettepanekutega Eesti tingimustes kasutamiseks tuleb muuhulgas anda USA remondi aegseid liiklusseisakuid käsitlevatele aruannetele.

Ameerika Ühendriigid

Teatud juhtudel on otstarbekas minna tee täielikule sulgemisele. Selliseid juhtumeid käsitlevad muuhulgas järgmised uuringud: „Full road closure for work zone operations: A case study“ [64], mis käsitles ühte objekti (I-84 AKÖL 180.000) ja „Full road closure for work zone operations: A cross-cutting study“ [65], milles uuriti kokku 6 objekti, liiklussagedusega AKÖL 30 000 – 180 000. Peamise efektina toodi kõigil juhtudel välja ehitus-remonttööde koguaja lühenemine, samuti avalikkuse positiivse reaktsiooni. Samas olgu öeldud, et kõikidel juhtudel pöörati väga palju tähelepanu avalikkuse teavitamisele. Samas vaid kahel juhul toodi välja projekti kulude vähenemine ja kolmel juhul parem kvaliteet. Kõikidel juhtudel toodi ka välja ehituse mõju vähenemine teekasutajatele kuigi neid mõjusid kvantitatiivselt ei hinnatud. Näiteks I-84 puhul hinnati ajasäästuks (time savings) 85%, kuid tegemist ei ole siiski otsese teekasutajate ajasäästuga vaid teevaldaja ajasäästuga kuna töö tehti algselt plaanitud 32 öö asemel kahe nädalavahetusega. Suur osa saadavast efektist on kirjeldatud siiski töövõtja poolt tajutavatena nagu töö efektiivsuse kasv ja liikluskorralduse kulude vähenemine. Nimetatud uuringutes ei olnud esitatud arvutusi. Antud juhul ei arvutatud teekasutaja ajasääste kuid eeldada võib, et needki on märkimisväärsed.

Kokkuvõtlikult võib öelda, et täielik sulgemine võib osutuda otstarbekaks juhul kui on täidetud mitmed tingimused – suletaval teelõigu asemel on võimalik alternatiivseid marsruute ja nendel on võimalik tagada minimaalsed täiendavad häiringud, töövõtjale on sulgemise võimalus aegsasti teada (hiljemalt pakkumise ajal kuid võimalikult varakult enne eeldatavat sulgemist), sulgemiseks on valitud selleks sobilik aega, maandatud on riskid, mis võivad põhjustada sulgemise aja pikenemise, põhjalik liikluskorralduskava (Traffic Management Plan), mis omakorda eeldab liiklusmodelite olemasolu ning võimalik, et kõige tähtsam - teekasutajaid on

Teadus- ja arendustöö „Tasuvusarvutuse rahvusvahelised praktikad ning erinevate teekatte remondiliikide tasuvusarvutused koos teaduslike analüüsidesidega.“

teesulgemise kavatsusest tõhusalt teavitatud (sh alternatiivsete marsruutide kasutajaid).

Tabel 21. USA teesulgemiste hindamise uuringus käsitletud teelõikude parameetrid [65]

Location	Portland, Oregon I-84	Louisville, Kentucky I-65	Detroit, Michigan M-10	Columbus, Ohio I-670	Kennewick, Washington SR 395	Wilmington, Delaware I-95
Closure Duration	Two weekends	Two weekends	Two months	18 months	One weekend	Seven months
Facility Type	Interstate	Interstate	State Highway	Interstate	Arterial	Interstate
Work Activity	Paving	Joint replacement and repair; Guardrail repair; Patching	Pavement/bridge reconstruction	Pavement reconstruction and widening; Bridge repair	Replace asphalt with concrete	Reconstruction
Lane Miles	33	6-mile section	7.6	8	3 (Intersections)	24.4
ADT	97,900	130,000	180,000	62,000	30,000	100,000
Percent Commercial Vehicle	1%	50%	7%	2%	30%	11%
Traffic Modeling During Planning	Yes	No	No	Yes	No	Yes
Cost	\$5 m	\$4.15 m	\$12.5 m	\$36.7 m	\$0.5 to 1 m	\$23.5 m

Ühes uuemas uuringus "TH-36 Full Closure Construction Evaluation of Traffic Operations Alternatives" [63] võeti vaatluse alla ka teekasutaja kulude kvatifikitseerimine kasutades selleks erinevaid liikluse modelleerimise mudeleid (Aimsun, QuickZone, Cube Voyager).

Aruannetes on positiivse asjaoluna toodud esile ka liiklusohutuse suurenemist, seda põhjustel, et liiklus on viidud eemale töötsoonist ning teisalt häiringute lühema kogukestuse tõttu.

Ameerika Ühendriides kasutatakse läbilaskevõime arvutamiseks HCM 1985 mudelit. Ehitusaegsete liikluskulude arvutamiseks mõeldud programmidest enimkasutatavad on QUEWZ (Queue and User Cost Evaluation at Work Zone) ja HERS (Highway Economic Requirements System). Neist esimene on ainult kiirteede jaoks. HERS võtab arvesse nii aja kui sõidukikulud ja ka liiklusõnnetuste kulud. Eelkõige on tegemist ehitusettevõtetele suunatud programmidega liikluskorralduse planeerimiseks.

Sageli on selliste pilootprojektide tulemusena täpsustatud administratiivseid meetmeid ehitusaegse töökorralduse mõjutamiseks suunas, milline aitab kaasa liiklusele põhjustatavate häiringute minimeerimiseks.

Ühendkuningriikides, aga ka mujal on teetööde aegsete liikluskulude vähendamiseks kasutusel meetod, mida tuntakse „Lane rental“ e. sõiduraja rent

(tuntud ka sõiduraja sulgemise tasu all) töid teostavale ehitusettevõttele. Rendi suurus on püütud viia vastavusse sulgemisega kaasnevate kahjudega teeliiklejale, sõltudes sulgemise pikkusest ja kestusest aga ka sulgemise ajast, olles väiksem väiksema liikluse ajal (nt. öötunnid) ja suurim tipptunnil. Tegemist ei ole mõjude hindamise meetodiga vaid administratiivse meetmega töökorralduse mõjutamiseks.

Soome

Soomes toodi juhendi tasemel ehitusaegsete liikluskulude hindamise vajadus esmakordselt välja projektide hindamise üldjuhendis [3] aastal 2008, mil leiti, et kuigi ehitusaegsete kulude erinevused võivad osutuda erinevate alternatiivide korral väga suurteks, ei ole nende arvestamine tasuvusanalüüsis põhjendatud, kuna nende määramise usaldusväärsusega seondub liiga suur hulk teadmatust. Samas sätestati võimalus arvestada neid kulusid tundlikkusanalüüsi raames. Miinimumnõuded selle ehitusaegsete kulude käsitlemiseks võeti kasutusele alles maanteeprojektide hindamise üldjuhendis [2] 2011. Põhjalikumalt võeti juhised ehitusaegsete liikluskulude hindamiseks vaatluse alla 2012 ja avaldati vastavas juhendis [9]. Viimases tõdeti, et ehitusaegsete häiringute kulud liiklejale võivad osutuda suureks kui teelõiku ehitatakse olemasoleva tee kohale.

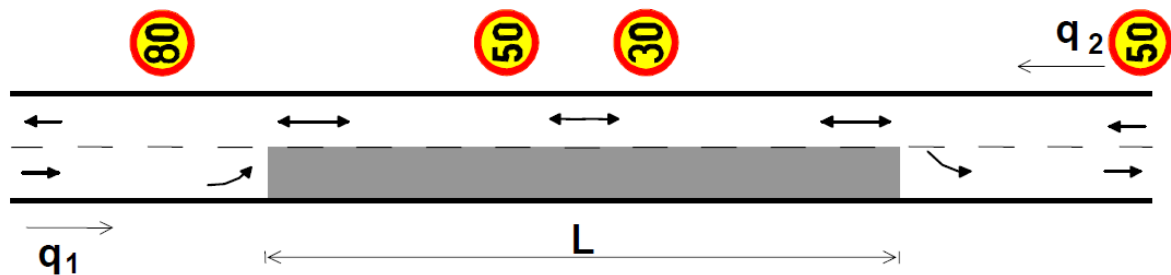
Maanteeprojektide ehitusaegsete mõjude all mõeldakse põhimõtteliselt samu mõjusid, mida arvestatakse ka hilisemal ekspluatatsiooniperioodil. Seejuures võetakse mõjude hindamisel alati arvesse täiendavad ajakulud. Muud mõjud nagu sõidumugavus ja keskkonnamõjud, võetakse arvesse vaid juhul kui need omavad kulude profiilis suurt osakaalu (ehitusaegseid keskkonnamõjusid käsitletakse sellisel juhul vastaval täpsustasemel ka KMH-s).

Ehitusaegseid liikluskulusid oli Soomes püütud hinnata varemgi. Tiehallinto 2000 aasta uuringus [12] käsitleti 3 eri tüüpi teesulgemise ehitusaegseid liikluskulusid: 4-rajalise maantee ühe sõidusuuna sulgemine, asfalteerimistöö ja ümbersõit. Kõikide variantide puhul selgitati liikluse mikrosimulatsiooniga (HUTSIM) ehitusaegsed täiendavad kulud. Neist variantidest on lähemalt räägitud allpool.

Sõiduraja sulgemine

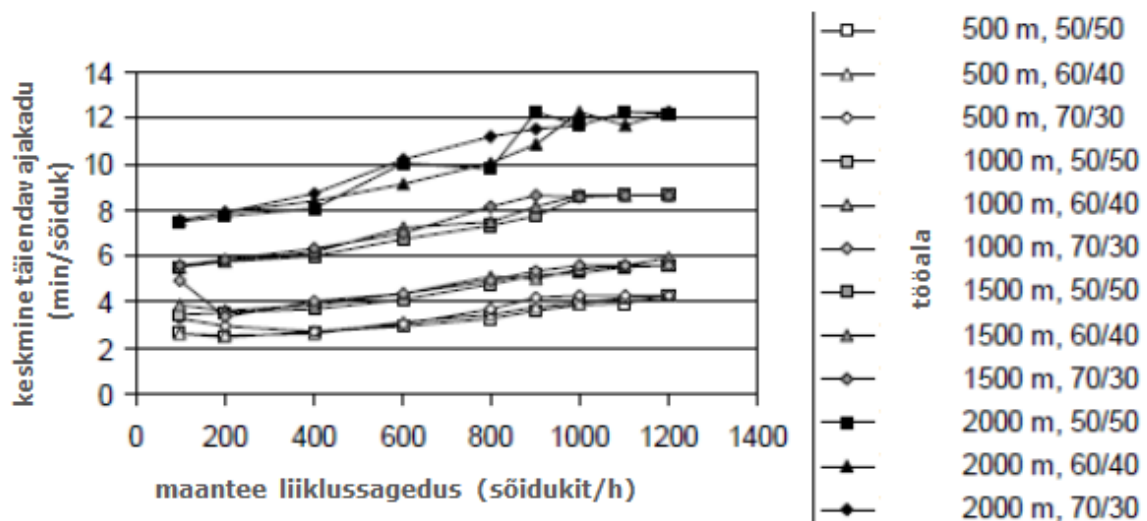
Kattetööde puhul (nt 2-rajalise maantee asfalteerimine) on tavaline, et tööde ajaks suletakse üks sõidurada reguleeriija või fooridega. Sellisel juhul sõltub täiendava

ajakulu suurus kolmest põhitegurist: tööala pikkusest, kiiruspiirangute ala pikkusest, liiklussagedusest ja liikluskorraldusest.



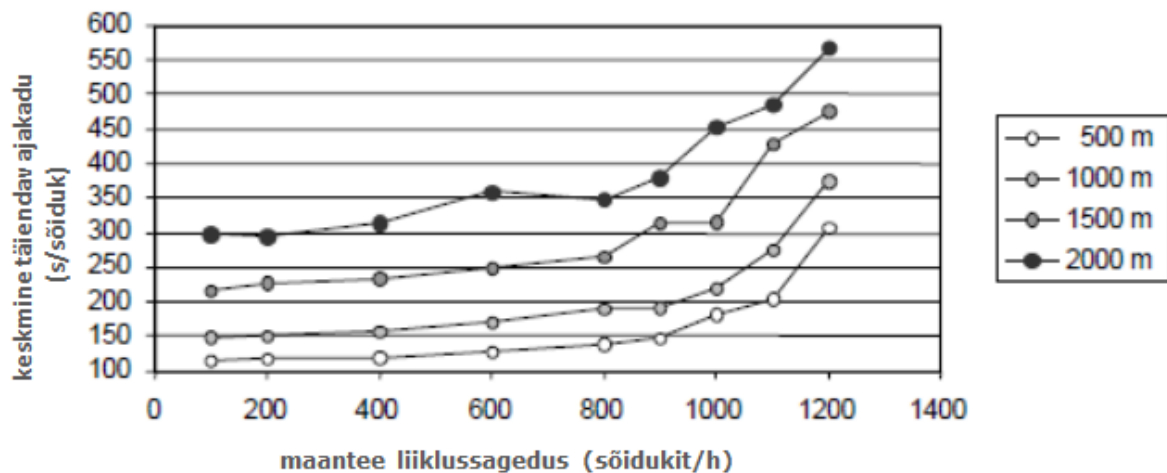
Joonis 16. Sõiduraja sulgemine (nt. asfalteerimine)

Ootejärjekorras saavad suurima täiendava ajakulu osaliseks järjekorda varem jõudnud. Antud juhul on arvutustes lähtutud reguleerijaga lahendusest (st. kogu tekkinud järjekord lastakse läbi) ning on leitud keskmine täiendav ajakulu.



Joonis 17. Ooteaja keskmine kestus sõiduraja sulgemisel

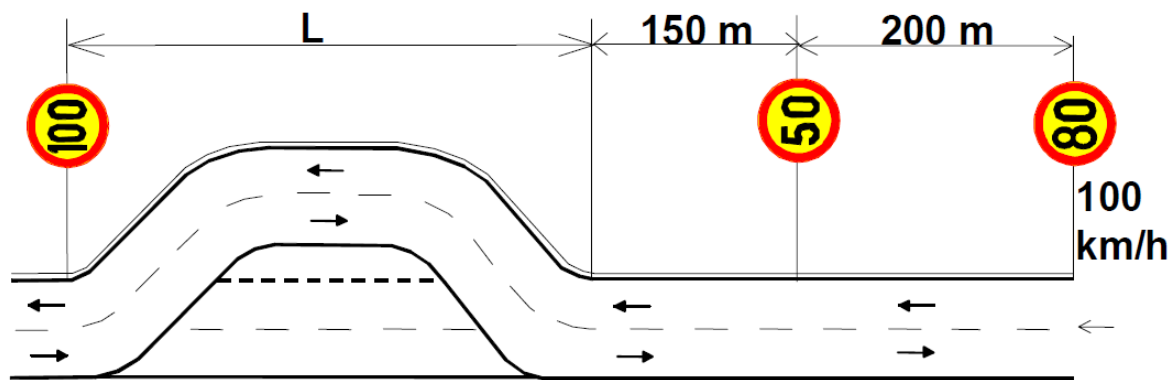
Eelnevalt jooniselt on näha, et keskmine ooteaeg ei sõltu liikluse jaotusest suundade vahel. Samuti on näha, et ooteajad hakkavad järsult suurenema sõidukite liiklussagedusel 900 sõidukit tunnis.



Joonis 18. Täiendav ajakulu sõiduraja sulgemisel

Jooniselt on näha, et sõltuvalt oludest, võib keskmine täiendav ajakulu olla antud meetodi korral tüüpiliselt vahemikus 100...500 s/sõiduki kohta.

Liikluse ümbersuunamine



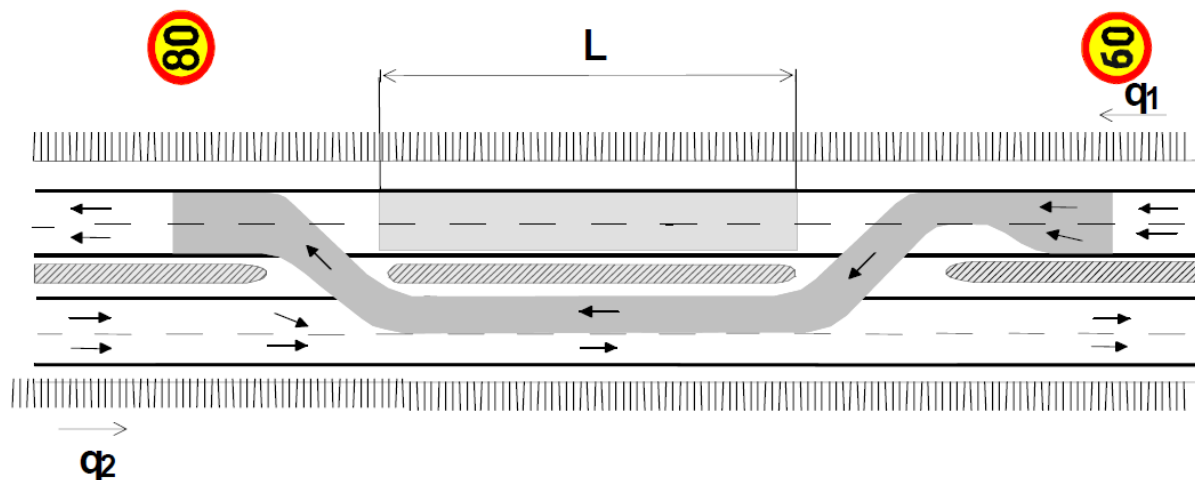
Joonis 19. Liikluse ümbersuunamine

Ümbersuunatud liikluse puhul on olulised nii ümbersõidutee pikkus kui ka seisund ja need võivad muutuda väga suures ulatuses ja põhjustada seega ka väga erinevaid kulusid. Suuremate ümbersõitude korral tuleb arvestada nii täiendavate aja- kui sõidukikuludega ümbersõidu perioodil aga kaaluda tasuks ka täiendavate liiklusõnnetuste kulude (riski) arvestamist. Nii toob 7 km võrra teekonda pikendav

ümbersuunamine keskmise kiiruse 70 km/h korral endaga kaasa 360 sekundi e. 10 min pikkuse täiendava ajakulu aga ka täiendavad sõidukikulud (7 km).

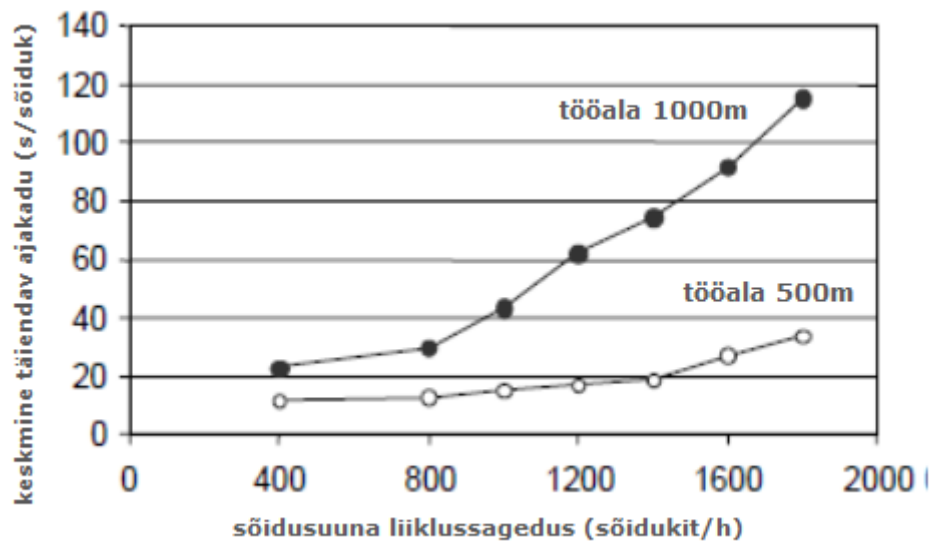
4-rajalise maantee ühe sõidusuuna sulgemine

4-rajalise maantee ühe sõidusuuna sulgemise vajadus on sellistel maanteedel üsna tüüpiline kui ühel suunal teostatakse teetöid. Näitena võib tuua kergliiklustunneli rajamist. Sellise lahenduse juures tuleb muuhulgas arvestada liikluse põimumisalade ja sellest tulenevate liiklushäiringutega.



Joonis 20. 4-rajalise maantee ühe sõidusuuna sulgemine

Võib öelda, et antud juhul on täiendav ajakadu sõiduki kohta üsna üheselt sõltuv maantee sõidusuuna liiklussagedusest ja tööala pikkusest. Allolevalt jooniselt on näha, et suuremate liiklussageduste korral mõjutab ajakulu suurst oluliselt töömaa pikkus.



Joonis 21. Teetöö keskmine täiendav ajakadu suuna sulgemisel

Jooniselt on näha, et sõltuvalt oludest, võib keskmine täiendav ajakulu olla antud meetodi korral tüüpiliselt vahemikus 10...100 s/sõiduki kohta.

Rahvusvahelises praktikas tasuvuse hindamiste jaoks levinuimad programmid Quadro ja HDM-4, kuid neid ei peetud Soome oludesse just nende programmide tööks vajalike algandmete puudulikkuse/puudumise tõttu projekti varajases staadiumis. Siiski võib öelda, et rahvusvahelises praktikas, vaatamata püüdlustele ehitusaegseid kulusid hinnata, pole jõutud hindamise põhimõtete ühtlustamiseni. Pigem on need püüdlused piirdunud pilootprojektidega. Saksamaal on 90-ndatel tehtud mitmeid uuringuid kiirteedel. Muuhulgas tehti järgmised tähelepanekud:

- kaheajalise sõidutee kitsenemise üherajaliseks, on läbilaskevõime 1300 sõidukit tunnis (sh 25% raskeliiklus)
- liiklusõnnetuste tase teetööde objektidel on 20 korda suurem tavalise maantee omast
- Liiklussagedusel AKÖL alla 30 000 märkimisväärseid häiringuid ei tekkinud

Üldjuhul püütakse kiirteel vältida sõiduraja sulgemist ja tekitada liiklusele vajalik ruum peenarde ja kitsendatud sõiduradade näol.

Teetööde mõjud erinevate teetööde puhul erineva liikluskorraldusega on koondatud tabelitesse ja neid mõjusid päevas võrreldaks päevaste ehituskuludega. Töövõtja peab liikluskorraldusega tagama, et see suhe oleks teatud piirides.

Ehitusaegsete liikluskulude näidisarvutused

Alljärgnevalt on näitlikult võrreldud erinevate remondimeetmete võrdlevad tasuvusarvutused, võttes lisaks traditsioonilistele kuludele uudse komponendina arvesse ka ehitusaegsed liikluskulud. Siinkohal tuleb märkida, et tegemist on teoreetilise käsitlemisega, mis arvestab, et ehitatakse seisakuteta, normaaltempoga, kasutades ka nädalavahetusi, ühes vahetuses, üksteise järel. Võrdlusperioodiks on võetud tinglikult 25 aastat ja diskontomääraks 6%. Etteantud teelõiguks on E265 Tallinna ringtee Kanama-Keila lõik (km 30,7-37,8) ilma viaduktita, milline jääb objekti keskele, km 33,4-33,5. Objekti pikkuseks jääb arvutustes seega 7,0 km. Objekti tavapäraseks kiiruspiirangu valikul on tehtud teadlik mööndus jättes arvestamata olemasolevaid 70-alasid, seda põhjustel, et näidata piirangute mõju keskmises olukorras.

Objektil on ette kavandatud rekonstrueerimine kuid ehitusaegsete kulude võrdlemiseks tehakse analüüs erinevate remondimeetmete korral:

- a. Rekonstrueerimine
- b. Kuumtaastus (Remix või Novaflex)
- c. Ülekate (tasandusfreesimisega)
- d. Pindamine

Kuigi raskemate remondimeetmetega tehakse reeglina ka kaasnevaid töid suuremas mahus, on siinkohal arvestatud ikkagi üksnes katte taastamiseks vajalike töödega ning muid võimalikke töid, millised ei mõjuta katendi püsivust, käsitletakse objektiivse võrdluse huvides identsetena.

Keskmine liiklussagedus lõigul on AKÖL 8392, raskeliikluse osakaal on 8 %, millest veoautosid ja busse 3% ning autoronge 5%. Ehitusaegsete liikluskulude testimiseks ja tasuvuse tundlikkuse hindamiseks liiklussageduse suhtes on täiendavad arvutused tehtud liiklussagedustel AKÖL 1000; 5000; 10000; 15000 ja 20000.

Remondimeetodite lühikirjeldus

Üldine kiiruspiirang kogu tööde perioodil on 70 km/h. Vahetuse tööalas on kiiruspiirang 50 km/h ning vahetus töötsoonis üldjuhul 30 km/h. Pindamise korral on kiiruspiirang 30 km/h ka pärast tööde lõppu kihi formeerumiseks. Ehitusaegsete liikluskulude hindamisel on lähtutud alljärgnevast käsitlusest.

Rekonstrueerimine

Katte rekonstrueerimise all on peetud silmas lahendust, kus olemasolev kate freesitakse ja eemaldatakse freespuru osa, mida ei vajata stabiliseerimiseks. Freesitud kiht profileeritakse, laotatakse killustik ja stabiliseeritakse (kompleksstabiliseerimine). Süvafreesimise (arvestuslikult ca 15-20 cm) jõudluseks on arvestatud 500m vahetuses. Killustiku laotamise ja stabiliseerimistööde (arvestusliku paksusega 15-20cm) jõudluseks on 800m vahetuses. Killustik veetakse välja vahetult enne stabiliseerimist ainult stabiliseerimiseks vahetuses vajalikus ulatuses. Stabiliseeritud kiht jääb 7 päevaks liikluse alla enne asfalteerimist. Stabiliseeritud kihi peale laotatakse 2 kihti asfalti arvestusliku jõudlusega 1000 m kihti päevas.

Ülekate (tasandusfreesimisega)

Ülekatte all on peetud silmas lahendust kus olemasolevale kattele antakse vajalik profiil tasandusfreesimisega (0...5 cm), ning rajatakse ühekihiline ülekate. Freespuru viiakse ära jooksvalt. Tasandusfreesimise jõudluseks on võetud 800 m vahetuses ning asfalteerimistöö jõudluseks on võetud 1000 m vahetuses.

Kuumtaastus

Kuumtaastuse all on peetud silmas tehnoloogiat kus ühe läbikuga olemasolev kate kobestatakse kuumalt, vääristatakse segamise või pindpaigalduse teel värске seguga (vastavalt nn. Remix ja Novaflex) ning paigaldatakse koheselt. Kuumtaastuse jõudluseks on arvestatud 2000 m vahetuses.

Roobaste kuumtaastus

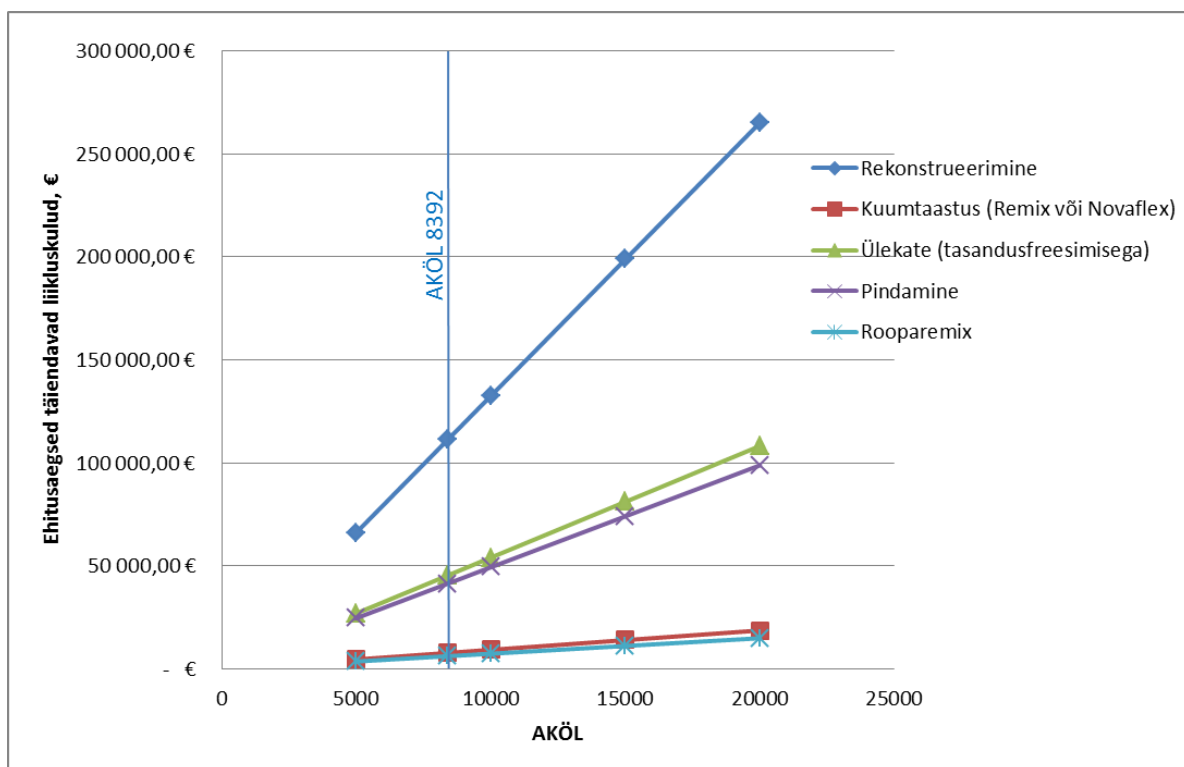
Roobaste kuumtaastuse all on peetud silmas tehnoloogiat kus ühe läbikuga olemasolev roobastesse jääv kate kobestatakse kuumalt, vääristatakse segamise teel värске seguga (nn. Rooparemix) ning paigaldatakse koheselt. Kuumtaastuse jõudluseks on arvestatud 2500 m vahetuses.

Pindamine

Pindamise all on peetud silmas tüüpilist ühekordset pindamist kogu katte laiuses. Pindamise jõudluseks on arvestatud 2500 m päevas.

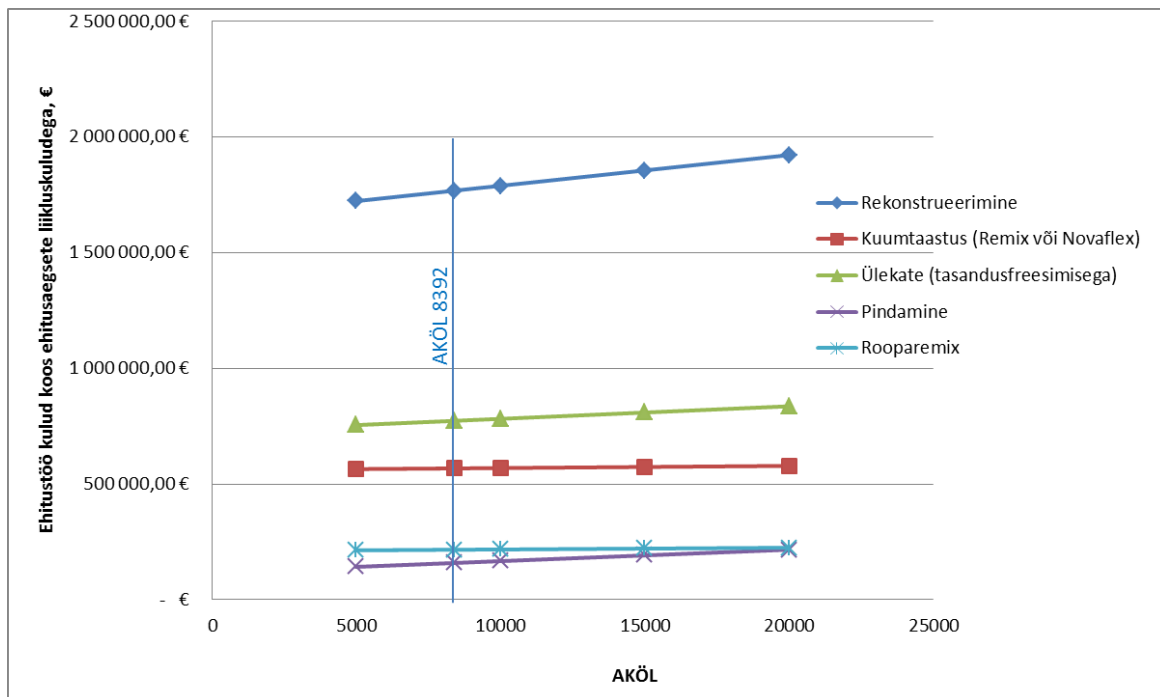
Analüüsi tulemused

Ehitusaegsete kulude lihtsustatud analüüs, mis ei arvesta, et teetööde ala pikkust ja ootejärjekorra pikenemisest tekkivaid täiendavaid ajakadusid suurematel liikluskormustel (üle 900 sõiduki tunnis) näitab, et ehitusaegsed liikluskulud on märkimisväärsed, jäädes vaadeldava objekti liiklussageduste (lõigu keskmine AKÖL 8392) juures pindamise ja roopa kuumtaastamise korral ca 1000€/km (ca 7000€/objekt), kuumtaastamise ja ülekatte (freesimisega) korral veidi üle 6000€/km (ca 40000€/objekt) ning rekonstrueerimise korral 16 000€/km (ca 110000€/objekt).

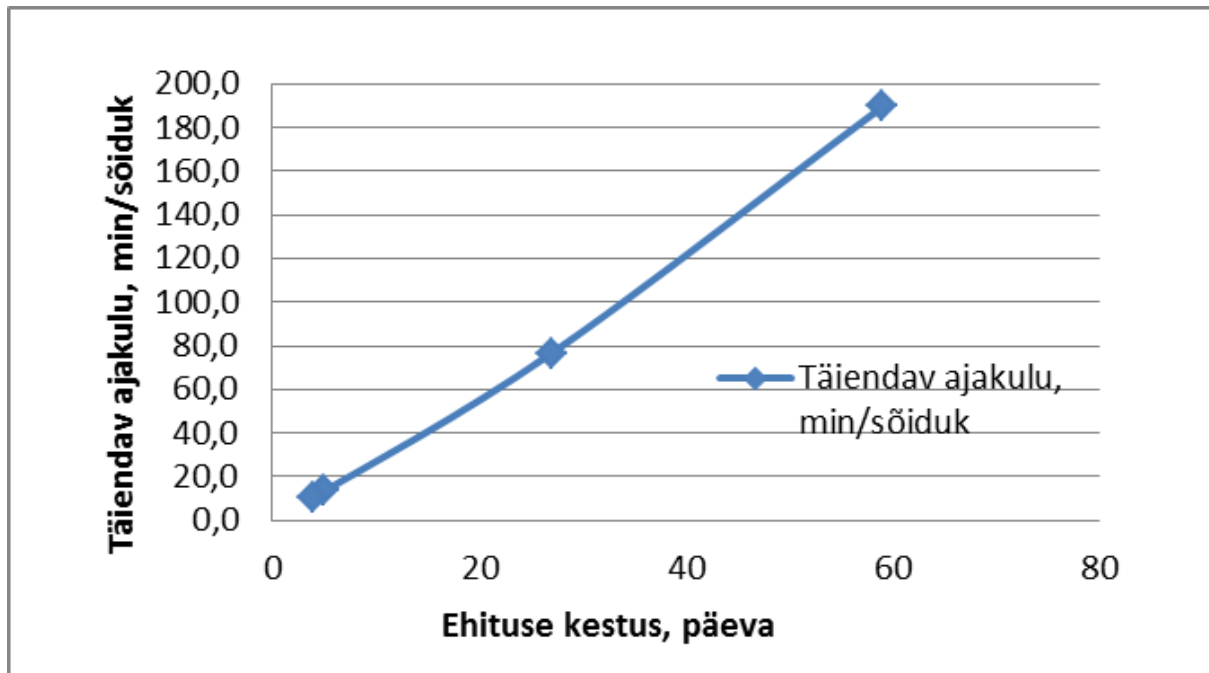


Alloleval graafikul on kujutatud objektide täiendavad liikluskulud koos ehitusmaksumusega, näidates, et ehitusaegsed liikluskulud ei saa kuigivõrd siiski mõjutada remondimeetme valikut. Ehitusmaksumuste ja liikluskulude kalkulatsioon sisaldab üksnes katte remondiga otseselt seotud töid. Ühikhinnad on võetud TTÜ aruandest [56]. Väga suure osakaalu moodustavad täiendavad liikluskulud aga pindamise korral, antud objekti liikluse juures koguni 26%. Muudel juhtudel

tõstavad ehitusaegsed täiendavad liikluskulud esitatud eeldustel ehituse näilist maksumust (ei kajastu ehituse maksumuses, vaid selle kannavad teekasutajad) 1...6%, olles vähimad kuumtaastamise ja suurimad ülekatte ja rekonstrueerimise korral. Üldjuhul on suuremate remondikulude taga ka kallima ja põhjalikum remonditöö koos remondiaegsete liikluskuludega ning tasakaaluolukorda kus ehitusaegsed liikluskulud saaksid määravaks remondimeetodi valikul, ei teki. Sisuliselt tähendab see seda, et remondimeetodi valiku kontekstis ei ole ehitustööde aegsete liikluskulude arvestamine põhjendatud vaid lähtuda tuleb ikkagi kattetehnilistest aspektidest nagu erinevate remondimeetme võimalused lahendada olemasoleva tarindi probleemid. Eestis ei ole viimastel aastatel tehtud mõõtmisandmetel põhinevaid uuringuid erinevate remonditehnoloogiate vastupidavuse hindamiseks. Kuigi väärtuslikku alginfot pakuks selleks teeregister, ei ole paku viimane siiski väga head baasi selliste uuringute läbiviimiseks. Nimelt ei kajastu teeregistris suur hulk töid, mis tee seisundinäitajaid muudavad. Seetõttu pole võimalik registri tasemel usaldusväärselt saada teavet, milliseid meetmeid on remontide järgselt teedel rakendatud ja kui palju kulusid on tegelikult tehtud ega hinnata remontide ja valitud meetmete tõhusust ega neid arendada. Olukord on viimasel ajal küll mõnevõrra parenenud, näiteks on registrisse lisandunud infot roobaste parandusmeetmete kasutamise kohta kuid jätkuvalt ei kanta teeregistrisse infot aukude lappimise, pragude täitmise ja pätserdamise kohta. Samuti puudub info nende töödega kaasnevate kiiruspiirangute kohta sellisena, mis võimaldaks hinnata nende mõju teekasutajakuludele.



Ehitusaegsete liikluskulude analüüs näitab, et teetööd põhjustavad liiklejale märkimisväärset lisakulu. Samuti pole raske näha, et tööde kiirendamise või venimisega saab neid kulusid oluliselt ehituse korraldamisega mõjutada. Näiteks rekonstrueerimise korral kestavad kattega otseselt seotud tööd käesolevas analüüsis tood eeldustel kokku 59 päeva ja sellega kaasnesid kulud liiklejale suurusjärgus 110 tuhat eurot. Kuna kõikide tööde puhul on kiiruspiirangute ja ajakulude rakendamisel kasutatud üsna sarnaseid eeldusi (va. pindamine), on ka lihtsustatud analüüsi puhul seos ehitustööde kestuse ning täiendavate ajakulude vahel üsna lineaarne.



Vaadeldava objektiga võrreldav objekti puhul (pikkus, liiklussagedus) võib teha üldistuse, et katteehitustööde ajal kaotavad liiklejad iga päev keskmiselt 3 minutit sõiduki kohta ning muul ajal üldise kiiruspiirangu tõttu 1,33 minutit. Sellele lisanduvad kohalikud piirangud tööde tsoonis. Ligikaudu võib öelda, et üldise kiiruspiirangu kehtimisel kaotavad liiklejad kokku 24 tuh eurot ja kattetööde ajal 54 tuh eurot. Näiteks juhul kui antud teelõigu rekonstrueerimiseks kulub kokku 5 kuud, millest kattetööd kestavad 59 päeva (2 kuud) ning kattetöödega sarnaseid piiranguid muudel töödel on veel ca 1 kuu ulatuses, on summaarseteks kuludeks ligikaudu $54 \times 2 + 54 \times 1 + 24 \times 2 = 210$ tuh eurot. Siinkohal tuleb arvestada et tegu on sotsiaalmajandusliku kuluga. Liikleja jaoks on tegemist aga finantskuludega, millised on veel suuremad.

Ehitustööd toovad liiklejale kaasa märkimisväärsed lisakulud ja nende ohjeldamine on seetõttu vägagi vajalik. Praktikas on erinevate töökorralduslike võtetega võimalik enamus ehitusaegseid liikluskulusid minimeerida. Selleks on mitmeid meetmeid, mis valdavalt põhinevad suure liiklusega tundidel liikluse häiringute vältimises ja tööde intensiivistamisel muudel tundidel ning üldise piirangute aja e. teetööde aja lühendamisel. Sageli aitab nendele eesmärkidele kaasa töötamine mitmes vahetuses, nädalavahetustel, tööde planeerimise kvaliteet ja riskide maandamine (nt. laoturi või freesi rikke kiire kõrvaldamine, materjalide piisav

Teadus- ja arendustöö „Tasuvusarvutuse rahvusvahelised praktikad ning erinevate teekatte remondiliikide tasuvusarvutused koos teaduslike analüüsidega.“

laovaru jms.). Erineva töökorraldusega on reaalne saavutada eeltoodutega võrreldes nii 2 x väiksem kui 2x suurem täiendav liikluskulu.

Liikleja jaoks pole siiski oluline pelgalt täiendav ajakulu ja selle rahaline väärtus vaid ka see kui efektiivselt on eelinfo sellest liiklejani viidud. Iseenesest mõistetavalt on oluline, et selline teave kajastaks võimalikult täpselt reaalseid olusid ehk sisendiks on vajalik reaalne täiendav ajakulu objekti lõigul. Info kogumiseks on parim liiklusloenduse lahendus, millega on võimalik määrata sõidukite ajakulu lõigul e. keskmist kiirust. Teabe edastamisel on suurematel teedel kindlasti otstarbekas kasutada ka töödeaegseid VMS-tehnoloogial põhinevaid teabetahvleid.

Kõik, mis puudutab liikluse ja teetööde kooseksisteerimist ja sõidukite kiirusi, on väga tugevalt seotud liiklusohutusega. Liiklusohutuse komponent on olulise teetööaegse mõjuna esile tõstetud ka teiste riikide teetöödega kaasnevaid mõjusid käsitlevates uuringutes ja juhistes. Kiiruste mõõtmine omakorda annab võimaluse anda hinnangut täiendava liiklusohutusliku riski suurusele ning juhtida tähelepanu ning võtta tarvitusele abinõud selle vähendamiseks.

LIIKLUSOHUTUSE HINDAMINE

Eesmärgiga saada kulu-tulu analüüsiks vajalikud sisendid, on analüüsitud mõne ristmiku baasil teedevõrgu ohutuse taseme määramise võimalusi ja probleeme kooskõlas määrusega „Tee ohutuse määramise tingimused ja nõuded tee ohutuse määramisele“. Tuginedes sellele analüüsile anda konkreetset suunised metoodilise juhendi „Teedevõrgu ohutustamine – kord ja metoodiline juhend“ kaasajastamiseks. Muuhulgas püüda käsitleda tee ohutuse määramise aspekte, millega tuleb arvestada ristmikevaheliste teelõikude puhul. Kulu-tulu analüüsi sisendite analüüsil on käsitletud kolme riigi vastavaid meetodeid (Soome, Norra, Taani).

Sissejuhatus

Käesolevat aruannet koostades on silmas peetud põhimõtteid, mis lähtuvad 0-visioonist liikluses ja sellest kõige laiemas mõistes. 0-visioon liikluse tarbeks võeti tegevuse aluseks Rootsi parlamendis 1997. aastal ja selle peamiseks ideeks oli aegunud mõtlemisviisi muutmine. Sama uus mõtteviisi on oma tegevuse aluseks võtnud ka ÜRO ja Euroopa Liit. Lähtudes globaalsete liiklussurmade kahjust rahvatervisele ja sedakaudu säästvat arengut pärssivale mõjule võttis ÜRO Peaassamblee vastu resolutsiooni: „ÜRO dekaad 2011 – 2020 Liiklusohutusalased tegevused“. Selle resolutsiooniga on ühinenud üle 100 riigi ja Euroopas on resolutsiooni tugev toetus Euroopas toimub EURORAP (European Road Assessment Programme) kaudu. Eesti riik ega ükski Eesti ettevõtte selles programmis aktiivselt ei tegutse.

0-visioon saab olema ka Eesti uue praegu koostamisel oleva liiklusohutuse strateegia 2016 - 2025 kõige olulisemaks tugisambaks.

0-visioon on uus käsitus ja mõtteviis, mis erineb traditsioonilisest radikaalselt õige mitmest erinevast aspektist ja ka erinevatel tasanditel. Hästi ja ülevaatlikult on neid erinevusi õnnestunud käsitleda Matts-Åke Belinil, mis on üldistatud kujul esitatud alljärgnevas tabelis.

Traditsiooniline käsitus

0-visiooni kohane käsitus

Liiklusõnnetused	Liiklussurmad ja rasked vigastused
Teekasutaja personaalne käitumine	Süsteem ei ole kavandatud lähtuvalt sellest, et kõik inimlik peab olema allutatud.
Esmaseks vastutajaks on teekasutaja	Esmane vastutus lasub süsteemi kavandajatel.
Inimesi ei huvita ohutus	Inimestel on nõudlus ohutuse suhtes
Teekasutaja peab oma käitumist muutma	Muutuma peab keskkond (liikluskeskkond, sõiduk, toetus sotsiaalsema käitumisnormi kaudu)
Inimesi ei huvita ohutus	Inimestel on nõudlus ohutuse suhtes
Riski kahandamine	Hoida ära surmajuhtumid ja rasked vigastused

Uue lähenemise puhul on oluline rõhutada jagatud vastutuse põhimõtte rakendumist, kus küll liikleja vastutus ei elimineerita, kuid temast kõrgemale jäävad süsteemi kavandajate vastutus. Süsteemi kavandajatena aga lasub vastutus alates valitsusest, riigiasutustest kuni konkreetse teeprojekti koostajani ja projekti realiseerijani. Neil tasanditel peaks arusaam personaalsest vastutusest jõudma iga ametnikuni ja kaasliiklejani.

Käesoleva aruandega püütakse analüüsida, kuidas võiks toimuda liiklusõnnetuste arvu modelleerimine ja kuidas hinnata erinevate meetmete mõju liiklusohutuse arvu vähenemisele. Seega on vaatlemisel kaks aspekti, millistest üks käsitleb liiklusõnnetuste arvu modelleerimise mudeleid ja teine liiklusohutust parandavate meetmete mõju hindamist. On olemas mitmeid keerukaid liiklusõnnetuste arvu prognoosi mudeleid, kuid antud juhul on huvi suunatud võimalikult lihtsate mudelite

leidmisele. Põhjamaades on kasutusel olnud Taani ap-parametritele tuginev mudel ja Soomes koostatud TARVA mudel, praeguses töös ongi neile keskendutud. Mõlema mudeli puhul käsitletakse ristmike ja ristmikevahelisi teelõike eraldi.

Meetmete efektiivsuse hindamiseks on sobivad mõlemad mudelid. Kui Taani mudeli puhul saab arvestada meetmena ainult ristmiku tüübi muutmist, siis TARVA meetmete arsenal on oluliselt laiem, kusjuures on olemas võimalused meetmete hulka veelgi laiendada. Antud töös vaadeldaksegi kaht allikat, millele tuginevalt oleks võimalik valida hulga rohkem meetmeid ja nende mõju hinnata. Mõlemad nendest allikatest on seotud Norra liiklusohutuse korüfee Rune Elviku töödega. Nimetatud allikateks on „The Handbook of Road Safety Measures. Second edition. 2004.“ ja ka eesti keelde tõlgitud Maailmapanga tellimusel Hollandi firma DHV poolt koostatud praktiline käsiraamat, mille veidi ebaõnnestunud pealkirjaks eesti keeles on „Maanteede jätkusuutlik ja ohutu projekteerimine. 2005“ (originaalpealkiri „Sustainable Safe Road Design“).

Viimatinimetatud käsiraamatus väidetakse, et ristmikel rakendatavad meetmed on sageli oluliselt efektiivsemad teelõikudel rakendatavatest meetmetest. See seisukoht toetab aruande koostaja arusaama liiklusohutusega seonduvast ja ka konkreetselt käesoleva aruande piirjoonte kavandamist .

Samast allikast pärinevad ka nõuded, millest peab lähtuma ristmiku projekteerimisel:

- **äratuntavus:** juhul, kui kasutatakse ühtsete peamiste tunnustega ristmikuvariante, tunneb liikleja olukorra kiiremini ära ning olukord vastab tema ootustele;
- **nähtavus:** ristmik peab olema igal ajal nähtav, kaugelt märgatav ja selgesti äratuntav;
- **ülevaadet võimaldav:** ristmikule lähenev liikleja peab saama piisava üheselt mõistetava ülevaate ristmikust ja sellele lähenevatest teedest ning neil paiknevast teistest liiklusest;
- **arusaadavus:** ristmik on liikleja jaoks arusaadav siis, kui selle kuju, suurus, märgistus, tähistus ja neist tulenevaid liiklusreegleid on võimalik ristmikule lähenedes kiiresti, õigesti ja ühemõtteliselt tõlgendada;
- **üheselt mõistetavus:** ristmik on üheselt mõistetav siis, kui erinevad teelemendid (teised ristmikule suunduvad harud kaasa arvatud) on omavahel piisavalt sujuvalt ühendatud.
- **tasakaal:** tasakaalustatud ülesehitusega ristmiku all peetakse silmas erinevatest teelementidest ja liikluskorraldusvahenditest moodustatud ühtset tervikut;

➤ **terviklikkus:** rismikku võib terviklikuks lugeda siis, kui liiklus saab rismikul kõigis liikluseks lubatud suundades kulgeda probleemideta.

Liiklusohutuse parandamise meetmete valikul tulebki esmalt aru saada, kas olemasoleval rismikul on mõni eelloetletud nõuetest jäänud täitmata või see on täidetud puudulikult ja siis rakendada meetet, mis seda viga parandaks. Kindlasti ei ole õigustatud meetmete formaalne rakendamine – muuta asju, mis vastab igati nõuetele ja ei loo eeldusi ka liiklusohutliku olukorra tekkeks, kuid meetmete nimistu võimaldaks uut lahendust.

TARVA programm rismike ohutuse hindamiseks

Üldist

TARVA-programm (Liiklusohutuse mõjude hindamine mõjukoefitsientidega) on 1990.a. koostatud tarkvara arendus, mis on mõeldud liiklusohutuse parandusmeetmete mõjude hindamiseks maanteedel.

Enne TARVA esimese versiooni koostamist 1990 aastate alguses võrreldi soomlaste poolt erinevaid õnnetusmudeleid selle järgi, kuidas erinevad mudelid suutsid prognoosida õnnetusi tulevikuks. Võrdlustes nenditi, et üsna lihtsad õnnetustemudelid – keskmised õnnetustasemed erinevate teetüüpide puhul – suutsid prognoosida õnnetuste arvu tulevikuks pea sama hästi kui keerulised õnnetusmudelid, mille uuendamine oli eriti töömahukas ja mida kasutajad ei suutnud mõista samaväärselt kui lihtsaid mudeleid. Nii on TARVA puhul olnud juba alguselt kasutaja jaoks suhteliselt lihtne.

Tarkvaraprogrammi TARVA kasutatakse Soomes liiklusohutust käsitlevate otsuste tasuvusanalüüsil sageli. TARVA sisaldab andmeid kõikide Soome teedel toimunud õnnetuste kohta. Selle programmi abil hinnatakse infrastruktuurimeetmete tulemusena toimunud vigastuste ja surmaga lõppevate liiklusõnnetuste arvu ja selle muutusi. Programm võimaldab hinnata ka rahalisi tulusid ja kulusid. TARVAt kasutatakse alates 1994. aastast. Programm on paindlik ja seda on suhteliselt kerge kasutada. Hindamine ja andmebaasi uuendamine toimub regulaarselt.

TARVA tõhustab ressursside kasutamist, aidates rakendada kõige tulemuslikumaid meetmeid neil maanteedel, kus need on kõige kasulikumad. Kulude hulka kuuluvad

andmehalduskulud, uurimis- ja arendustegevuse kulud (liiklusõnnetuste mudelite hindamine ja valideerimine) ning halduskulud.

Programm baseerub eri meetmete mõjutegurite ja igal aastal täiendatava teeregistri andmebaasi kasutamisele, kust on leitavad nii andmed teedevõrgu ja selle üksikosade parameetrite kohta aga ka detailsed andmed politsei andmebaasis registreeritud inimkahjudega liiklusõnnetustest.

Programmi kasutamisel prognoositakse esmalt hetke inimkahjudega liiklusõnnetuste arv. Selle arvu leidmiseks ühendatakse konkreetse teelõigu või ristmiku liiklusõnnetuste statistilised andmed ja sarnastel teedel või samatüübilistel ristmikel toimunud liiklusõnnetuste keskmised tasemed. Toimunud liiklusõnnetuste arvu all mõeldakse viimase viie aasta jooksul toimunud liiklusõnnetusi.

Igat liiki liiklusõnnetuste arvud peaksid andmebaasi jaoks olema piisavalt suured. Seetõttu ei otstarbekas neid liialt detailselt liigitada, kuigi see võib endaga kaasa tuua teatud ebamäärasust. Õnnetused on Soomes jagatud kolme klassi:

- õnnetused loomaga (vähemalt üks loom osaleb),
- õnnetus kergliiklejaga (vähemalt üks jalakäija, rattur või mopeedijuht osaleb);
- autoõnnetused (kõik muud va eelnevalt kirjeldatud).

Selline õnnetuste liigitus on osutunud sobivaks kuna meetmed mõjuvad väga erinevalt nende kolme õnnetusteklassi õnnetustele.

Inimkahjustustega õnnetuste vähenemisele lisaks leitakse mõju ka surmaga lõppenud liiklusõnnetuste arvu muutusele.

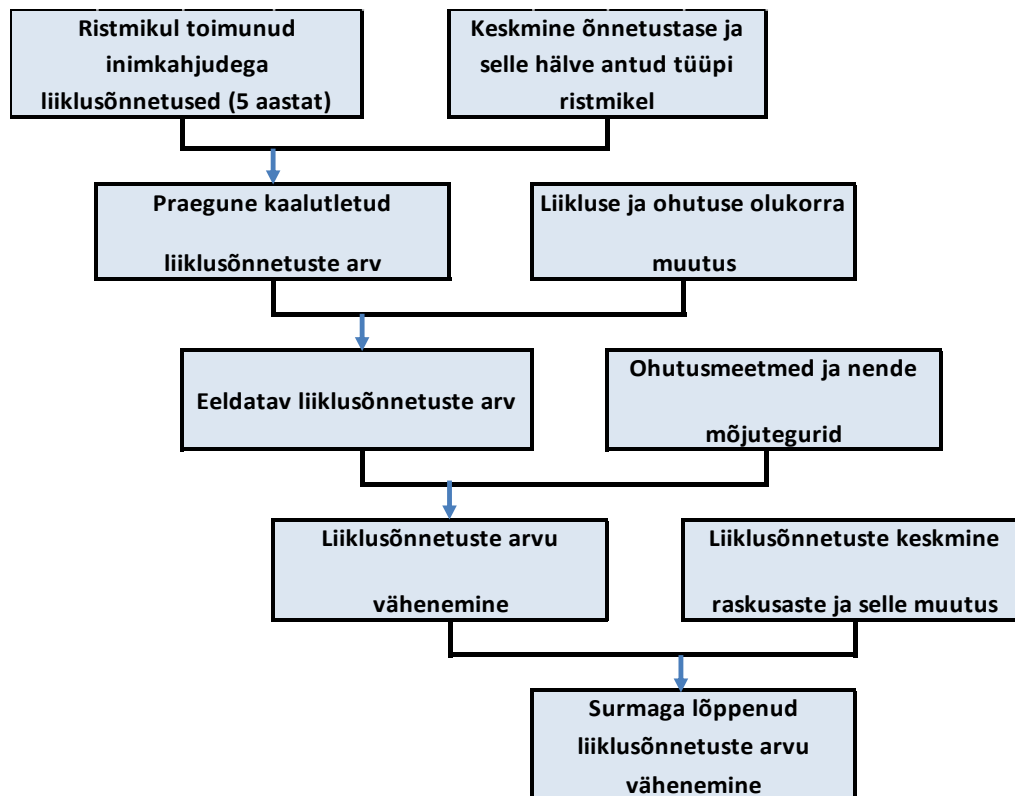
Alljärgnevalt keskendutakse valdavalt ristmikuõnnetustele. Võimalik, et TARVA hetkel kasutatavas versioonis on tehtud ka mingeid muudatusi, kuid ilmselt ei ole need põhimõttelist laadi.

Hindamise kulg ja etapid

TARVA-programmis meetmete mõjude hindamine toimub etapiviisiliselt (**joonis 1.1**) nii, et esiteks üritatakse koostada võimalikult usaldusväärne hetkeolukorra

liiklusohhtlikkuse hinnang ja seejärel uuritakse eraldi planeeritavaid meetmeid ja nende mõjusid liiklusohutusele.

Edaspidi mõeldakse õnnetuse alla alati inimkahjuga lõppenud liiklusõnnetust.



Joonis 1.1 Analüüsi kulg TARVA – programmis

Hetkeolukorra liiklusõnnetuste arv leitakse vaadeldaval ristmikul toimunud õnnetuste ja sama tüüpi ristmikel keskmise õnnetustaseme informatsiooni ühendamise teel. Õnnetusmodelina kasutatakse õnnetustaset kindlate tunnustega ristmikel. Tunnusteks on ühelt poolt see kas tegemist on sama- või eritasandilise ristmikuga. Täiendavateks tunnusteks on samatasandilistel ristmikel ristmiku harude arv ja eritasandilisel täpsem ristmiku tüüp, mida senine mudel siiski tegelikkuses ei arvesta.

Selline käsitus on mõistlik ühelt poolt selleks, et vähendada konkreetses kohas toimunud õnnetuste juhuslikkuse mõju, aga teiselt poolt siiski arvestada ka just selle koha ohtlikkuse taset. Samatüübiliste ristmike keskmise taseme arvesevõtmine, aga loob võimaluse hinnata parandusmeetmete mõju ka juhtudel, kui inimvigastustega õnnetusi pole seni veel esinenudki, kuid ristmiku lahendus ei ole spetsialistide hinnangul ohutu. Kuna meil puudub seni info sellise keskmise õnnetustaseme kohta ristmikutüüpide lõikes, siis meil selliseid olukordi hinnata veel ei saa.

Õnnetustaseme jaoks on arvutatud mudeli headust iseloomustav k-väärtus (**tabel 1.1 ja 1.2**). Õnnetuste ajaloo ja mudeli informatsiooni ühendamist k-väärtuse abil on käsitletud jaotises 1.4.

Tulevikuks eeldatavate liiklusõnnetuste arvu prognoosina kasutatakse üldiselt praeguse hetke õnnetuste arvu, mida parandatakse liikluse kasvuteguriga. Ka selle koha pealt oleme mõnevõrra ebamäärases olukorras, sest nii kehtivas kui ka eelnõu tasemel olevas maanteede projekteerimismõõtkorras on liiklusprognoosi kohta kehtestatud reeglid, mis on äärmiselt tundlikud prognoosi tegemise konkreetse aasta suhtes.

Kui uurimise all oleva ristmiku ohutusolukord on näiteks maakasutuse toimunud või eeldatavatest muutustest tingituna oluliselt teistsugune võrreldes ajaga kui teave õnnetuste kohta on kogutud, võib muutused võtta arvesse analüüsides nende mõju õnnetuste arvule.

Lisaks õnnetuste arvu vähenemisele arvestatakse meetme mõju surmaga lõppevate liiklusõnnetuste arvu vähenemisele. Surmaga lõppevate liiklusõnnetuste arvu vähenemine leitakse õnnetuse arvu vähenemise ja võrreldavates tingimustes õnnetuste keskmise raskusastme ja meetmete rakendamise tulemusel raskusastme muutuse abil.

Õnnetuste arvu prognoosi ja meetmete mõjutegurite abil hinnatakse meetmete efektiivsust.

Kasutatavad mõisted ja tähistused

Liiklusõnnetuste aastakeskmise arv $L\tilde{O}_{aasta}$ - viimase viie aasta jooksul politseis registreeritud inimkahjudega liiklusõnnetuste keskmine arv 1 aasta kohta;

Liiklusõnnetuste aastakeskmise prognoositud arv $L\ddot{O}_{a-prog}$ – ristmikutüübi alusel määratud keskmine inimkahjudega liiklusõnnetuste arv.

Hetke õnnetuste arv $L\ddot{O}_{hetke}$ – Viie aasta keskmise ja ristmikutüübi alusel leitud õnnetuste arvu võimalikult usaldusväärne hinnang või ristmiku inimvigastustega liiklusõnnetuste arvu kohta uuritava aastal.

Õnnetuste arvu “enne” prognoos $L\ddot{O}_{enne}$ – Liikluse, maakasutuse jms. muutuste alusel tehtav inimkahjudega liiklusõnnetuste arvu prognoos uuritava aasta kohta enne parandusmeetmete rakendamist.

Õnnetuste arvu “pärast” prognoos $L\ddot{O}_{pärast}$ – Prognoositava aasta inimkahjudega liiklusõnnetuste arv pärast parandusmeetmete rakendamist.

Liiklusõnnetuste raskusaste – Hukkunute arv 100 inimkahjudega liiklusõnnetuse kohta, kas kõigi inimvigastustega õnnetuste või teatud näitajate alusel valitud rühma kohta (tee klass, kiiruspiirangu mõju jne).

Raskusastme muutus – Mitu protsenti teatud meede vähendab hukkunute arvu 100 inimkahjudega liiklusõnnetuse kohta (juhul kui raskusaste kasvab, on muutuse protsent **tabelis 1.2.** miinusmärgiga).

Praeguse ristmiku liiklusõnnetused

Tulenevalt liiklusõnnetuste vähesest hulgast on liiklusõnnetuste aastakeskmise arv väga tundlik juhuslikele muutustele. Teiselt poolt ei saa liiklusõnnetuste aastakeskmise arvu prognoosimisel kunagi võtta arvesse kõiki õnnetuste arvu mõjutavaid tegureid. Ühendades erineva informatsiooni õnnetuste kohta saadakse parim võimalik prognoos ristmiku hetke õnnetuste arvu kohta.

Kui käsitletakse teelõiku, kus esineb nii ristmikke kui ka ristmikevahelisi lõike (lülid) siis määratakse toimunud liiklusõnnetuste arvud määratakse eraldi nii ristmikele kui ka lülidele. Teatud etapil need küll ühendatakse, aga käesoleval juhul kuna keskendumine ainult ristmikele, siis siin mee seda ja ka lülide õnnetustega seonduvat ei käsitle.

Ristmiku liiklusõnnetuste arv taandatakse aastas ristmikulesaabunud autode arvule ehk ristmiku aasta summaarsele liiklussagedusele. Ristmiku ööpäevane summaarne

liiklussagedus on ristmiku harude keskmise ööpäevase liiklussageduse summa jagatud kahele ehk teisisõnu kas ristmikule saabuvate sõidukite ööpäevane arv või ristmikult lahkuvate sõidukite ööpäevane arv.

Näide: Ristmikul lõikuvad kaks üldkasutatavat teed mille keskmised ööpäevased liiklussagedused on vastavalt 3000 ja 2000 autot/ööpäevas (4-külgne ehk X-ristmik). Ristmikule saabuvate autode hulk on selljuhul $(3000 + 3000 + 2000 + 2000) / 2 = 5000$ autot/ööpäevas ehk 1,83 miljonit autot/aastas. Kui suurema liiklussagedusega tee lõpeb ristmikul (3-külgne ehk T-kujuline ristmik) on ristmikule saabuvate autode hulk $(3000 + 3000 + 2000)/2 = 4000$ ehk 1,46 miljonit autot/aastas.

Ristmikul toimuvad liiklusõnnetused kodeeritakse teeregistris vastavalt juhendile meetri täpsusega ristmiku peatee keskpunkti. Meil sellist reeglit ei ole ja nüüd muutub probleemiks, see, et iga persoon võib olukorda tõlgendada erinevalt, sest ristmikuõnnetused võivad meil jääda ristmikust sageli päris kaugele ja osa neist võivad olla kodeeritud hoopis lõikuvale teele.

Ristmiku keskmiseid liiklusõnnetustetasemeid leitakse Soomes ainult ristmikeõnnetustena kodeeritud liiklusõnnetuste alusel. Kui mõnel ristmikul on õnnetusi kodeeritud kõrvalteele, on need TARVA andmebaasis loetud ikkagi peatee õnnetustena. Seega loeb TARVA kõik ristmikul toimunud liiklusõnnetused peateel toimunuks.

Liikluse jagunemist ristmikel iseloomustatakse kõrvaltee liikluse osakaaluga. Kõrvaltee osakaalu all mõeldakse siinkohal kõrvalharudelt ristmikule saabuvate sõidukite osatähtsust ristmiku summaarsest liiklussagedusest.

Näide: 4-külgne ristmik, kust algavad teed milliste liiklussagedused on vastavalt 609 a/ööp ja 312 a/ööp. Peatee enda keskmine ööpäevane liiklussagedus on 1848 autot/ööpäevas ja sinna oli viimase viie aastaga kodeeritud 1 inimkahjuga liiklusõnnetus. Kõrvalteedest ühelt oli ristmikule kodeeritud 1 inimkahjuga liiklusõnnetus ja teiselt ei olnud ühtegi. Kõrvalteede liikluse osakaal olin 20% $(=(312/2+609/2) / (312/2+609/2+1848/2+1848/2)*100)$. Nimetatud neljajaharulisel ristmikul on toimunud 0,4 inimkahjudega liiklusõnnetust aastas $(=(1+1)/5)$. TARVA programmis olid need õnnetused kajastuvad peatee liiklusõnnetustena.

Edasi arvutatakse ka ristmikele liiklusõnnetuste aastakeskmise prognoositud arv:

$$\tilde{L\ddot{O}}_{a-prog, ristm} = \tilde{L\ddot{O}}_{ristm} * \Sigma N_{aasta} \quad (1)$$

kus:

$\tilde{L\ddot{O}}_{ristm}$ – **tabelist 1.1** ristmikutüübi ja kõrvaltee liikluse osakaalu alusel saadav õnnetustetase (inimkahjustusega liiklusõnnetusi/ 100 milj. saabuva auto kohta)

ΣN_{aasta} – ristmikule aastas saabuvate autode hulk (100 milj. autot/aastas) ehk $(N_1 + N_2 + N_3 \dots) / 2 * 365 * 1,01 / 100\,000\,000$, kus N_1 , N_2 jne on vastava ristmikuharu N-väärtused.

Liiklusõnnetuste aastakeskmise arvu ja liiklusõnnetuste aastakeskmise prognoositud arvu siduv abimuutuja A:

$$A = K / (K + \tilde{L\ddot{O}}_{a-prog, ristm}) \quad (2)$$

kus:

$\tilde{L\ddot{O}}_{a-prog, ristm}$ – valemi (1) abil arvutatud inimkahjustustega liiklusõnnetuste arv;

K – **tabelist 1.2** saadav K-väärtus, mis iseloomustab nimetatud ristmikurühma keskmise õnnetuste taseme usaldatavust (mida suurem on K väärtus, seda usaldusväärsemalt iseloomustab vaadeldav keskmine ristmiku õnnetuste arvu).

Järgmiseks arvutatakse võimalikult usaldatav **hetke õnnetuste arv** aastas :

$$\tilde{L\ddot{O}}_{hetke, ristm} = A * \tilde{L\ddot{O}}_{a-prog, ristm} + (1-A) * (\tilde{L\ddot{O}}_{aasta, ristm}) \quad (3)$$

kus:

$\tilde{L\ddot{O}}_{hetke, ristm}$ – parim võimalik prognoos hetke ristmiku inimkahjustudega liiklusõnnetuste arvu kohta aastas;

$\tilde{L\ddot{O}}_{a-prog, ristm}$ – valemi (1) abil arvutatud inimkahjustustega liiklusõnnetuste arv aastas;

$\tilde{L\ddot{O}}_{aasta, ristm}$ – toimunud inimkahjustustega liiklusõnnetuste arv 5 aasta keskmisena

A – valemi 2 abi arvutatud abimuutuja;

Näide: Uurime 4-külgse ristmiku liiklusõnnetusi. Ristmikuharude liiklussagedused on vastavalt 6500, 7800, 2400 ja 1100 a/ööp. Ristmikule on kodeeritud 4 autodega toimunud inimkahjustudega liiklusõnnetust 5 aasta jooksul. Ristmikule saabuvate autode arv on $(6500 + 7800 + 2400 + 1100) / 2 = 8900$ autot/ööpäevas ehk 3,2

milj autot/aastas ja kõrvaltee osakaal $(2400 + 1100)/2/8900 = 20\%$. **Tabelist 1.1** on näha, et autoliikluse inimkahjustustega liiklusõnnetuste tase = 13,4/100 milj. saabuva auto kohta ja $K=2,2$. Ristmiku keskmiseks liiklusõnnetuste arvuks saame seega valemi 1 kohaselt: $L\tilde{O}_{a-prog, ristm} = 13,4 * 0,032 * 1,01 = 0,43$ inimkahjustusega liiklusõnnetust/aastas. Valemi (2) abil leitav abimuutuja A saab väärtuse $A = 2,2/(2,2 + 0,43) = 0,84$. Hetke õnnetuste arv $L\tilde{O}_{hetke, ristm}$ saadakse valemi (3) abil: $0,84 * 0,43 + (1 - 0,84) * 0,8 = 0,49$. Seega kui X-kujulisel ristmikul on aastaga toimunud 0,8 autoliikluse õnnetust, kuid tingimusi ja liiklussagedusi arvestav prognoos annab tulemuseks 0,49 õnnetust/aastas.

Näitest selgub, et üldine õnnetustase seda tüüpi ristmikel mõjutab arvutuste tulemusi märgatavalt rohkem kui vaadeldaval ristmikul toimunud liiklusõnnetuste arv. Seega üldise teabe usaldusväärsusel on väga suur tähtsus.

Praktilistes arvutustes saab õnnetuste ajalugu seda suurema kaalu, mida väiksem on mudeli headust iseloomustav k-väärtus ja mida suurem on mudeli alusel ristmikule arvutatud õnnetuste hulga prognoos. Viimane tuleneb sellest tõsiasiast, et õnnetusajalugu võib usaldada seda vähem, mida väiksemad ja juhuslikule häälbimisele altimad on ajalooandmed. Paraku selles osas on Eesti teeregistril väga palju puudusi.

On päris kindel, et meie ei tohiks arvutustes kasutada Soome K väärtusi. Kasutada võiks **tabelis 1.2** leiduvat kõige vähimat väärtust $K=0,2$. Kuigi K väärtused võivad üksteisest erineda Soome andmetel 100 korda on tegelikult selle mõju tulemustele kaunis tagasihoidlik. Seega usaldusväärse teabe puudumisel ongi vast mõistlik teha lihtsustus ja kasutada lihtsalt näitajate aritmeetilist keskmist. Kui ma ei eksi, siis on ka mudeli autorid teatud juhtudel olukorda selliselt käsitleda. Seega puudub vajadus abimuutja A kasutamiseks, mis sõltub meie jaoks kahest tegurist, millised meil hetkel reaalselt puuduvad.

Kui mõnel ristmikul puudub informatsioon liiklusõnnetuste aastakeskmise arvu kohta, peavad hetkeolukorra arvutused baseeruma keskmisele õnnetuste arvule.

$$(L\tilde{O}_{hetke, ristm} = L\tilde{O}_{a-prog, ristm})$$

Samuti tuleks toimida ka juhul kui teatud ristmiku tingimused on oluliselt muutunud selle ajaperioodi jooksul, mille jooksul õnnetuste ajalugu on kogutud. Siis prognoositakse õnnetuste arv ainult mudeli alusel, kuna neis tingimustes õnnetuste

ajalugu ei saa pidada usaldusväärseks. Juhul kui tingimused õnnetusajaloo aastatel on muutunud näiteks maakasutuse või liikluse erakorralise muutumise tõttu, siis võib seda võtta arvesse kasutades nõ muutuse koefitsienti.

Õnnetuste arvu “enne” prognoos

Ristmiku tüübile on määratud hetke õnnetuste arv 5 aasta andmete põhjal, kuid need aastad ei pruugi olla just kõige viimased aastad, seega tekib vajadus nende alusel prognoosida liiklusõnnetuste arvu ka aastaks, mille kohta on meil olemas liiklussageduse andmed. Neis arvutustes võetakse arvesse lisaks liiklussageduse muutusele ka ja muud olulised ohutust mõjutavad muutused. Selline täiendav oluline muutus võib olla näiteks teeäärne maakasutuse funktsiooni ja intensiivsuse muutus. Liikluse ja muude oluliste muutuste mõju arvutatakse muutusteguri abil:

$$L\ddot{O}_{\text{enne}} = L\ddot{O}_{\text{hetke}} * K_{\text{muut}} \quad (4)$$

kus:

$L\ddot{O}_{\text{enne}}$ – õnnetuste arvu prognoos ilma parandusmeetmete rakendamist

$L\ddot{O}_{\text{hetke}}$ – ristmiku liiklusõnnetuste hetke parim võimalik prognoos

K_{muut} = liikluse ja maakasutuse muutust iseloomustav ühine õnnetuste-muutustegur.

Olgu liiklusprognoosi kasvutegur on 1,0133. Kui muid muutusi ei identifitseerita, siis ongi liiklusõnnetuste muutusteguriks 1,0133 ja liiklusõnnetuste prognoositud arvuks “enne” on 1,0133 $L\ddot{O}_{\text{hetke}}$.

Oluliste muutuste, nagu näiteks maakasutuse muutumine, mõju eri liiklusõnnetuste liigile on vaja analüüsida igal konkreetsel juhul eraldi.

Näide: asulatee kõrvale ehitatakse ärikeskus, mille mõju tõttu liiklusõnnetuste arv kasvab. Praegune asulatee õnnetuste arv on 1,3 inimkahjustusega liiklusõnnetust aastas. **Õnnetuste arvu “enne” prognoosina** kasutatakse hetke õnnetuste arvu korrutatuna teguritega $L\ddot{O}_{\text{enne}} = 1,3 (1,0133 * 0,40/0,22) = 1,6$ liiklusõnnetust/aastas, kus 1,0133 on liikluse kasv ja 0,40 inimkahjudega liiklusõnnetuste tase asulateedel, mille äärde jääb teenindusasutusi ja 0,22 inimkahjudega liiklusõnnetuste tase asulateedel, kuhu äärde ei jää teenindusasutus.

Õnnetuste arvu "pärast" prognoos

Meetmete mõju liiklusohutusele saab uurida peale seda kui võimalikult usaldusväärne hetkeolukord on arvutatud ülalpool esitatud viisil.

Parandusmeetmete rakendamise järgne inimkahjudega liiklusõnnetuste hulk saadakse prognoositud õnnetuste arvu ja meetmete mõjutegurite korrutamise tulemusena:

$$L\ddot{O}_{\text{pärast}} = K_{\text{mõju}} * L\ddot{O}_{\text{enne}} \quad (5)$$

kus:

$K_{\text{mõju}}$ – tabelist 1.2. saadav meetmete mõjukoefitsient;

$L\ddot{O}_{\text{enne}}$ – meetme mõjupiirkonnas oleva ristmiku inimkahjudega liiklusõnnetuste arvu prognoos jaotis 1.5 kohaselt leituna.

Kui rohkem kui üks meede mõjutab samu õnnetusi, meetmete ühendatud mõju arvestatakse mõjutegurite korrutisena. Seega näiteks kaks 10% õnnetusi vähendavat meetet (mõjukoefitsient = 0,9) tee samas punktis rakendatuna vähendavad õnnetuste hulka 19% ($0,9 * 0,9 = 0,81$). Samu õnnetusi mõjutavate kattuvate meetmete mõju arvutatakse nii, et kattuvuse põhjustatud vähenemine (näiteks 20-19 ehk 1%- ühiku kohta) tasandatakse nende kahe meetme vahel (mõlema mõju loetakse 9,5% suuruseks).

Õnnetuste arvu vähenemine

Meetme või meetmete kombinatsiooni mõju inimkahjustustega liiklusõnnetustele esitatakse õnnetuste arvu "enne" ja õnnetuste arvu "pärast" prognoosi vahe kaudu.

$$L\ddot{O}_{\text{vähenemine}} = L\ddot{O}_{\text{enne}} - L\ddot{O}_{\text{pärast}} \quad (6)$$

kus:

$L\ddot{O}_{\text{vähenemine}}$ – meetmete rakendamise tulemusena olemata jäänud inimkahjustustega liiklusõnnetuste arv aastas

$L\ddot{O}_{\text{enne}}$ – ilma meetmete rakendamiseta prognoositud inimkahjustustega liiklusõnnetuste arv jaotis 1.2.5 kohaselt

$L\ddot{O}_{\text{pärast}}$ – peale meetmete rakendamist inimkahjustustega õnnetuste arv valemist (5)

Õnnetuste arvu vähenemine arvutatakse mõjutegurite ja lahutamise abil mitte otse vähenemisprotsendi abil. Nii tehakse, et mitme samale teesale tehtava meetme mõju ühendamine oleks lihtsam. Ühe kindla ristmiku puhul selline käsitus ei ole oluline.

Surmajuhtumite (hukkumiste) vähenemine

Liiklusohutuse alase töö peamiseks eemärgiks on liiklusõnnetustest põhjustatud surmajuhtumite ja eluohtlike vigastuste arvu vähendamine. Surmade jaoks ei kasutata eraldi mudeleid, vaid meetmete mõju liiklusõnnetustest põhjustatud surmajuhtumite arvule aastas võib määratleda õnnetuste arvu ja selle vähenemise, liiklusõnnetuste keskmise raskusastme ning raskusastme muutuse abil.

Igale meetmele on määratletud raskusaste ja selle muutmisinfo ehk info selle kohta, kuidas meede mõjub peale meetme rakendamist toimuvate õnnetuste raskusastmele (hukkunud/100 LÕ). Surmade arv võib siis põhimõtteliselt muutuda kolme eri mehhanismi kaudu ja sellel on ilmselt otsene seos konkreetselt rakendatava meetmega: surmade arv väheneb üheskoos liiklusõnnetuste arvu vähenemisega, lisaks võib meede mõjutada peale õnnetuste vähenemise alles jäävate õnnetuste raskusastet ja põhimõtteliselt on võimalikud ka meetmed, mille rakendamisel liiklusõnnetuste arv ei pruugigi väheneda, kuid väheneb nende raskusaste.

Liiklusõnnetustes hukkunute arv koosneb meetmete abil välditud liiklusõnnetuste keskmisest hukkunute arvust ning järele jäävate liiklusõnnetuste raskusastme muutusest järgmiselt:

$$H_{\text{väh}} = L\tilde{O}_{\text{enne}} * (1 - K_{\text{mõju}}) * R / 100 + (L\tilde{O}_{\text{enne}} * K_{\text{mõju}}) * (R / 100 * \Delta R / 100) \quad (7)$$

kus:

$H_{\text{väh}}$ – aastas surmaga lõppevate liiklusõnnetuste vähenemise prognoos

$L\tilde{O}_{\text{enne}}$ – liiklusõnnetuste arvu prognoos ilma parandusmeetmete rakendamiseta

$K_{\text{mõju}}$ **tabelist 1.2** saadav meetmete mõjutegur

$L\tilde{O}_{\text{väh}}$ – valemiga (6) arvutatud inimkahjustustega liiklusõnnetuste vähenemine

R – **tabelist 1.4** saadav keskmine raskusaste enne meetme rakendamist

ΔR – raskusastme (hukkunud/100 inimesekahjudega liiklusõnnetuse kohta) muutus %-des (**tabelist 1.2**)

Lüli- ja ristmikuliiklusõnnetuste raskusaste ei erine omavahel oluliselt, seega lüli ja ristmikupiirkonna õnnetusi võib käsitleda koos.

Näide: Laiade sõiduradadega kaherajalisel maapiirkonna peateel (kiirusepiirang 100 km/h) toimub hetkeolukorras 20 autoliikluse inimesekahjustusega liiklusõnnetust aastas. **Tabeli 1.4** kohaselt autoliikluse õnnetuste raskusaste on 18 hukkunut 100 inimesekahjustusega liiklusõnnetuse kohta. Kui kiirusepiirangut alandada 80 km/h, inimesekahjustustega liiklusõnnetused vähenevad 30% ($K_{mõju} = 0,7$) ja õnnetuste raskusaste väheneb 40%. Valemi (7) alguse kohaselt hukkunute arv väheneb ärahoitud inimesekahjustustega liiklusõnnetuste tulemusena:

$20 * (1 - 0,7) * 0,18 = 1,08$ hukkunut/ aastas.

Valemi lõpuosa kohaselt järele jäävate liiklusõnnetuste raskusastme vähenemise tõttu hukkunute arv väheneb $20 * 0,7 * (0,18 * 0,4) = 1,008$ hukkunut/aastas.

Kokku välditakse seega 2,09 surmajuhtumit/aastas ehk 58% algsest hukkunute arvust, mis oli $20 * 0,18 = 3,6$

Liiklusõnnetuste arv 1000 elaniku kohta oli aastatel 2008 – 2012 Soomes isegi õige natuke kõrgem kui Eestis, samas liiklusõnnetuste arv miljoni sõiduauto kohta oli Eestis 24% võrra kõrgem. Liiklusõnnetustes hukkunute arvu osas on aga erinevused veelgi suuremad. Elanike arvule taandatud hukkunute arv oli sel perioodil Eestis 40% võrra suurem kui Soomes ja sõiduautode arvule taandatuna koguni 76% võrra suurem. Kui aga hukkunute arv taandada läbisõidetud kilomeetritele, siis on Eesti olukord üle kahe korra halvem – täpsemalt 2,18 korda. Liiklusõnnetuste suhtenäitaja aga erineb 1,52 korda. Kuigi me ei tea liiklusõnnetuste detailsemat jaotust, siis saamaks mingilgi määral kasutamiskõlblike andmeid oleks ilmselt otstarbekas rakendada just seda tegurit Soome ristmike õnnetustasemete korrigeerimisel Eesti tarbeks. Eesti tarbeks kohaldatud õnnetustasemed on esitatud **tabelis 1.1**.

Tabel 1.1 Ristmiketüüpide õnnetustasemed ja nende usaldatavus

RISTMIKU TÜÜP	KÕRVALTEE	RISTMIKU ÕNNETUSTASE				K- VÄÄRTUS			
	LIIKLUSE OSAKAAL, % ¹⁾	LÕ _i /100 milj. saabunud autot ²⁾				(keskmise liiklusõnnetustaseme usaldatavus) ³⁾			
		Kõik	Auto	Kergliiklus	Loom	Kõik	Auto	kergliiklus	Loom
3- haruline samatasandiline ristmik, (T)	0-5%	2,4	2	0,5	0	0,9	0,9	0,2	2,2
	6-15%	4	3,3	0,7	0	0,6	0,8	0,6	0
	16 - %	4,9	4,1	0,8	0	1,1	1,6	1,8	0
4- haruline samatasandiline ristmik, (X)	0-5%	5,3	4,9	0,4	0	7,3	20	1,2	0
	6-15%	7,9	6,8	1	0	1,8	3	1,2	0
	16 - %	10,6	9,3	1,4	0	2	2,4	0,7	0
Eritasandiline ristmik	kõik	1,2	1,1	0,1	0	1,2	1,2	0,2	1,5
Eesti tingimusteks kohaldatud väärtused									
3- haruline samatasandiline ristmik, (T)	0-5%	3,6	3,0	0,8	0,0	0,2	0,2	0,2	0,2
	6-15%	6,1	5,0	1,1	0,0	0,2	0,2	0,2	0,2
	16 - %	7,4	6,2	1,2	0,0	0,2	0,2	0,2	0,2
4- haruline samatasandiline ristmik, (X)	0-5%	8,1	7,4	0,6	0,0	0,2	0,2	0,2	0,2
	6-15%	12,0	10,3	1,5	0,0	0,2	0,2	0,2	0,2
	16 - %	16,1	14,1	2,1	0,0	0,2	0,2	0,2	0,2
Eritasandiline ristmik	kõik	1,8	1,7	0,2	0,0	0,2	0,2	0,2	0,2

¹⁾ Kõrvalteeharudelt saabuva liikluse osakaal kogu ristmikule saabuvast liiklusest.

²⁾ Saabuvate autode arv = ristmikule saabuvate sõidukite arv aastas ristmiku harude liiklussageduse alusel arvutatuna.

³⁾ Tegur K, mida kasutatakse keskmise õnnetustaseme ja pikaajalise analooginfo ühendamisel. Suur K- väärtus tähendab, et keskmise õnnetustase iseloomustab hästi ristmiku õnnetuste arvu muutusi.

Tabel 1.2 TARVA mudeli meetmed ja nende mõjutegurid

MEEDE	ÕNNETUSE KLASSE			RASKUSASTME VÄHENEMINE %-des		
	Auto	Kerg- liiklus	Loom	Auto	Kerg- liiklus	Loom
100 KERGLIIKLUSE KORRALDUS						
101. Kergliiklustee	1	0,7	1	0	0	0
102. Kergliikluse eritasandiline tee	1	0,5	1	0	0	0
103. Tõstetud ülekäigurada peateel	1	0,8	1	0	10	0
104. Foorjuhtimisega ülekäigurada	0,95	0,75	1	0	0	0
105. Märgistatud ülekäigurada	0,95	0,9	1	0	0	0
106. Kergliiklustee parandamine	1	0,85	1	0	0	0
107. Kergliiklustee paralleelteele	1	0,8	1	0	0	0
200 TEE EHITUS						
201. I klassi tee rekonstrueerimine kiirteeks	0,85	0,85	0,85	75	50	0
202. Trassi ja pikiprofiili muutmine	0,85	0,85	0,85	0	0	0
203. Kitsa tee laiendamine	0,9	0,9	0,9	0	0	0
204. Möödasõidurada	0,9	1	1	0	0	0
206. Laia sõidutee rekonstrueerimine I-klassi teeks	0,9	1	1	0	0	0
207. Laia sõidutee rekonstrueerimine segaliiklusega	1,1	1,1	1,1	0	0	0

teele						
208. Kruusatee pindamine	1,1	1,1	1,1	-5	-5	-5
209. Eraldusriba ehitamine	0,8	0,9	1	20	10	0
210. Autobussipeatuse väljaehitamine	0,95	0,8	1	0	0	0
300 TEEKESKKONNA PARANDAMINE						
301. Uus teevalgustus jäikade postidega	0,9	0,9	0,9	0	0	0
302. Uus teevalgustus lahknevate postidega	0,85	0,9	0,9	15	0	0
303. Jäigad postide asendamine lahknevatega	0,95	1	1	15	0	0
304. Nõlvakalde vähendamine või pörkepiirded	0,95	1	1	10	0	5
305. Vaatevälja tagamine	1	1	0,9	0	0	0
306. Metsloomade liikumist tõkestav piirdeaed, pikk	1	1	0,6	0	0	0
307. Metsloomade liikumist tõkestav piirdeaed, lühike	1	1	0,85	0	0	0
400 MEETMED RISTMIKEL						
401. Ringristmiku ehitamine	0,7	0,85	1	20	20	0
402. Eritasandilise ristmiku ehitamine	0,6	0,6	1	15	15	0
403. Eritasandilise ristmiku täiustamine	0,85	1	1	0	0	0
404. Sõiduauto & kergliikluse	0,7	0,6	1	10	10	0

altläbisõit						
405. Nihutatud harudega ristmiku ehitamine	0,8	0,9	1	10	0	0
406. Ristmiku siirdamine sobivamale kohale	0,9	0,9	1	0	0	0
407. Neljaharulise ristmiku täielik kanaliseerimine	0,9	0,9	1	0	0	0
408. Neljaharulise ristmiku kanaliseerimise täiendamine	0,95	0,95	1	0	0	0
409. Kolmeharulise ristmiku kanaliseerimine	0,95	0,95	1	0	0	0
410. Lisaraja ehitamine	0,85	1	1	0	0	0
411. Kiirendusrada eritasandilisel ristmikul	0,9	1	1	5	0	0
412. Uus valgus- ja juhtimissüsteem, 4-haruline ristmik	0,7	0,7	1	10	10	0
413. Uus valgus- ja juhtimissüsteem, 3-haruline ristmik	0,9	0,9	1	5	5	0
414. Liiklusinfo- juhtimine, valmis valgus??	0,95	0,95	1	5	5	0
500 KIIRUSPIIRANGU MUUTUSED ¹⁾	Auto	Kergliiklus	Loom	Auto	Kergliiklus	Loom
501. Kiiruspiirang 40 → 50 km/h	1,11	1,11	1,11	-35	-160	-100
502. Kiiruspiirang 50 → 40 km/h	0,9	0,9	0,9	20	60	50
503. Kiiruspiirang 50 → 60 km/h	1,1	1,1	1,1	-25	-80	-100

504. Kiiruspiirang 60 → 50 km/h	0,91	0,91	0,91	20	45	50
505. Kiiruspiirang 60 → 70 km/h	1,09	1,09	1,09	-25	-35	-100
506. Kiiruspiirang 70 → 60 km/h	0,92	0,92	0,92	20	25	50
507. Kiiruspiirang 70 → 80 km/h	1,08	1,08	1,08	-20	-25	-100
508. Kiiruspiirang 80 → 70 km/h	0,93	0,93	0,93	20	20	50
509. Kiiruspiirang 80 → 100 km/h	1,43	1,43	1,43	-70	-85	-355
510. Kiiruspiirang 100 → 80 km/h	0,7	0,7	0,7	40	45	80
511. Kiirusepiirang Suvi 100 → 120 km/h	1,2	1,2	1,2	-50	-70	-200
512. Kiirusepiirang Suvi 120 → 100 km/h	0,85	0,85	0,85	30	40	60
513. Kiirusepiirang Suvi 100 → 80 km/h	0,78	0,78	0,78	40	45	80
514. Kiirusepiirang Suvi 80 → 100 km/h	1,29	1,29	1,29	-70	-85	-355
515. Kiirusepiirang Talv 100 → 80 km/h	0,9	0,9	0,9	40	45	80
516. Kiirusepiirang Talv 80 → 100 km/h	1,11	1,11	1,11	-70	-85	-355
600 LIIKLUSKORRALDUS						
601. STOP märgi paigaldamine, T-kujuline ristmik	0,95	0,95	1	0	0	0
502. STOP märgi paigaldamine, X-kujuline ristmik	0,85	0,85	1	0	0	0
603. Kesktelgjoone märgistamine	0,95	0,95	0,95	0	0	0

604. Kesk- ja servajoonte märgistamine	0,9	0,9	0,9	0	0	0
605. Tähispostid, 80 km/h	1,1	1,1	1,1	-5	-5	-5
606. Tähispostid, 100 km/h	0,95	0,95	0,95	0	0	0
607. Järsu pöörde tähistamine	0,8	1	1	0	0	0
608. Ristmike tähistuse tõhustamine	0,95	0,95	1	0	0	0
700 ASULAS RAKENDATAVAD MEETMED	Auto	Kergliiklus	Loom	Auto	Kergliiklus	Loom
701. Keskuse äritänava ümberehitus & kiirusepiirangu alandamine	0,65	0,65	0,65	20	25	20
702. Liikluse rahustamine	0,7	0,7	0,7	20	25	20
703. Asula liikluse korrastamine	0,9	0,9	0,9	5	10	0
704. Kiiruspiirangut toetavad meetmed	0,95	0,95	0,95	5	10	5
800. MUU						
801. STOP- märgi paigutamine ühetasandilisele raudteeülesõidule	0,6	1	1	10	0	0
802. Tõkkepuude paigaldamine ühetasandilisel raudteeülesõidul	0,5	0,9	1	10	10	0
803. Raudteeülesõidu ehitamine eritasandiliseks	0,4	0,4	1	10	10	0
804. Taliteenistuse tõhustamine	0,95	0,95	0,95	0	0	0
805. Teeolude jälgimissüsteem	0,9	0,9	0,9	20	20	20

Tabel 1.3 TARVA mudeli meetmete kirjeldused

100 KERGLIIKLUSE KORRALDUS	
101. Kergliiklustee	tee ehitamisel püütakse ehitada pikki terviklikke lõike ja täiendada kergliikluse teedevõrku.
102. Kergliikluse eritasandiline tee	- meetme eesmärgiks on parandada kergliiklusteede lõikumistingimusi teiste teedega või muuta need kohad turvaliseks ja sujuvaks; - lõikumised erinevatel tasanditel; - mõjupiirkond 200 meetrit eritasandilisest lõikumiskohast mõlemas suunas.
103. Tõstetud jalgrattatee või ülekäigurada peateel	eesmärgiks on turvata kergliikluse kulgu üle sõidutee; peaeesmärgiks ei ole autode sõidukiiruse vähendamine (võrdle meetmetega 703 ja 704).
104. Foorjuhtimisega ülekäigurada	- eesmärgiks on turvata kergliikluse kulgu üle sõidutee; - kergliiklusele omaette takt.
105. Märgistatud ülekäigurada	ülekäiguraja märgatavuse parandamine, suunav piire ülekäigurajale, näit. kooli läheduses vilkuv tuli ülekäiguraja märkidel.
106. Kergliiklustee parandamine	kergliiklustee ehitamine ka tee teisele poolele, nähtavustakistuste kõrvaldamine, tunneli korral piisavalt pika nähtavuse tagamine, autobussipeatuste kohas kergliikluse suunamine peatuse tagant läbi, jalakäijate ja jalgratturite eraldamine, tee siirdamine sõidurajast kaugemale.
107. Kergliiklus kõrvalteele	kõrvaltee kiiruspiirang 50 km/h, kõrvalteel peavad olema head eeldused kergliiklusele.

200 TEE EHITUS

202. Trassi ja pikiprofiili muutmine

- teetrassi muutmine sujuvamaks;
- üksikute väikese raadiusega plaanikõverike õgvendamine,
- pikikalde vähendamine.

203. Kitsa tee laiendamine

- tee kogulaius ei saa olla nii suur, et lisalaiust kasutataks parkimiseks või lissõidurajaks. Tähelepanu! parandab ohutust vaid juhul, kui tee laiendamine ei too kaasa järsemaid (nõlva) kaldeid

204. Möödasõidurada

- mõjupiirkond enamasti ± 1 km raja otstest

206. Laia sõidutee rekonstrueerimine I-klassi teeks

- sõiduradade laiendamine teepeenarde arvel

207. Laia sõidu tee rekonstrueerimine segaliiklusega teele

208. Kruusatee pindamine

- suurendab keskmist kiirust ja õnnetuste arvu, õnnetuste raskusaste kasvab

209. Eraldusriba ehitamine

- vastassõidusuunad eraldatakse üksteisest konstruktsiooniliselt

210. Autobussipeatuse väljaehitamine

- ohutult paigutatud autobussipeatuse ehitamine;
- korraldatakse valgustus ja kergliiklus

300 TEEKESKKONNA PARANDAMINE

301. Uus teevalgustus jäikade postidega

302. Uus teevalgustus lahknevate postidega

**303. Jäikade postide asendamine
lahknevatega**

**304. Nõlvakalde vähendamine
või pörkepiirded**

- Nõlvakalde vähendamine, ümardatud nõlvad, teekraavide asendamine drenaaziga.

305. Vaatevälja tagamine

- teega külgnevalt alalt nähtavustakistuste kõrvaldamine.

**306. Metsloomade liikumist
tõkestav piirdeaed, pikk**

- 5 km pikkused ja pikemad piirdeaiad.

**307. Metsloomade liikumist
tõkestav piirdeaed, lühike**

- alla 5 km pikkused piirdeaiad, ristmikel enamasti väravad

400 MEETMED RISTMIKEL

401. Ringristmiku ehitamine

- on vaja tagada kergliikluse ohutud liikumisvõimalused.

**402. Eritasandilise ristmiku
ehitamine**

**403. Eritasandilise ristmiku
täiustamine**

- ehitatakse puuduv ramp

**404. Sõiduauto & kergliikluse
tunnel**

- eesmärgiks on ehitada uus tunnel kui peateega lõikuva liikluse osakaal on märkimisväärne
- tunnel on vajalik keeruka liikluskorralduse korral, või juhul kui liikluskorraldusest tulenevalt suureneb liiklussagedus. Näiteks nihutatud harudega samatasandiline ristmik sobib asula möödasõiduteel.

**405. Nihutatud harudega ristmiku
ehitamine**

- eesmärgiks on jagada neljajaruline ristumine kaheks kolmeharuliseks ristmiku kui kõrvaltee osakaal kogu liiklusest on üle 15%

	• mõjupiirkond on lõikumiskohtadest 200 meetrit mõlemas suunas
406. Ristmiku siirdamine sobivamale kohale	• püütakse siirdada ristmik näiteks nähtavuse poolest paremale asukohale • mõjupiirkond on 200 meetrit ristmikust mõlemasse suunda
407. Neljaharulise ristmiku täielik kanaliseerimine	• pea- ja kõrvalsuuna kanaliseerimine kui probleemiks on õnnetused pöördel
408. Neljaharulise ristmiku kanaliseerimise täiendamine	
409. Kolmeharulise ristmiku kanaliseerimine	
410. Lisaraja ehitamine	
411. Kiirendusraja eritasandilisel ristmikul	• mõjupiirkonnad on kiirendusraja ulatuses
412. Uus valgus- ja juhtimissüsteem, 4-haruline ristmik	
413. Uus valgus- ja juhtimissüsteem, 3-haruline ristmik	
414. Liiklusinfo- juhtimine, valmis valgus??	
500 KIIRUSPIIRANGU MUUTUSED	
¹⁾	
501. Kiiruspiirang 40 → 50 km/h	501.-516. Sisaldavad ainult kiiruspiirangu muutusest tingitud mõju, kiiruse-piirangu muutus on osameede meetmetest 701. ja 702.
502. Kiiruspiirang 50 → 40 km/h	
503. Kiiruspiirang 50 → 60 km/h	

504. Kiiruspiirang 60 → 50 km/h	501.-510. Suurema kiiruspiirangu muutuse mõju võib arvestada mitme meetme abil
505. Kiiruspiirang 60 → 70 km/h	(näit.80→60 on 80→70 + 70→60)
506. Kiiruspiirang 70 → 60 km/h	
507. Kiiruspiirang 70 → 80 km/h	
508. Kiiruspiirang 80 → 70 km/h	509. ja 510. Muutus nii suve kui talveaja kiiruspiirangus
509. Kiiruspiirang 80 → 100 km/h	
510. Kiiruspiirang 100 → 80 km/h	
511. Kiirusepiirang suvel 100 → 120 km/h	511.- 516. Neid tegureid kasutatakse talveaja piirkiiruse vähendamise mõju arvestamiseks
512. Kiirusepiirang suvel 120 → 100 km/h	
513. Kiirusepiirang suvel 100 → 80 km/h	
514. Kiirusepiirang suvel 80 → 100 km/h	
515. Kiirusepiirang talvel 100 → 80 km/h	
516. Kiirusepiirang talvel 80 → 100 km/h	
600 LIIKLUSKORRALDUS	
601. STOP märgi paigaldamine, T-kujuline ristmik	
502. STOP märgi paigaldamine, X-kujuline ristmik	
603. Sõidutee telgjoone märgistamine	varem tähistamata telgjoon märgitakse ja seda uuendatakse

604. Kesk- ja servajoonte märgistamine	tähistamispraktika muutus
605. Tähispostid, 80 km/h	tähispostid geomeetriliselt halval teel
606. Tähispostid, 100 km/h	tähispostid geomeetriliselt heal teel
607. Järsu pöörde tähistamine	- eesmärgiks on parandada üksiku järsu kurvi optilist tajumist, eriti pimedal ajal; - näiteks kurvi suunda tähistavad märgid; - mõjupiirkond on 200 meetrit märgist sõidusuunas
608. Ristmike tähistuse tõhustamine	näiteks liiklusmärgid, sõiduraja märgistus
700 ASULAS RAKENDATAVAD MEETMED	
701. Keskuse äritänav ümberehitus & kiirusepiirangu alandamine	- kiiruste piiramine, kergliikluse seisundi parandamine, liikluse saneerimise ala kindel piiritlemine; - sisaldab kiiruspiirangut → 30 – 40 km/h, sisaldab lisaks kõik üksikut saneerimismeetmed näit. märgid, tõkised, ristmiku ja peatumiskorraldus, tõstetud ülekäigurajad, jalakäijate tsoon jne. - mõjupiirkond on saneeritud osa keskusesse jäävast teest
702. Liikluse rahustamine	“sunnitakse” vähendada kiirust; - sisaldab kiiruspiirangu → 30 km/h, üksikud kiirust vähendavad füüsilised aeglustajad, näiteks tõstetud ülekäigurada, tõstetud ristmik jne. - mõjupiirkond on 200 meetrit sõidusuunas, alates tõkkest
703. Asula liikluse korrastamine	asula liikluse saneerimine ilma

	kiirusepiirangu muutuseta või muidu leebelt elluviiduna kui meede 701.
704. Kiiruspiirangut toetavad meetmed	• olemasolevate kiirusepiirangute toetamine või kiirusepiirangute muutustega seoses rakendatavad meetmed • näiteks: sõiduraja märgistus, erinev teekattematerjal, meede ei sisalda kiirusepiirangu muutust (kui kiirusepiirangud muudetakse kasutatakse lisaks tegureid 501. 516.) • mõjupiirkond on eri meetmetega kaetud teeosa kogupikkus, kui meetmete vahe ei ole üle 200 m; üksiku meetme mõjupiirkonnaks võib lugeda 200 m sõidusuunas alates tähistusest.
800. MUU	
801. STOP- märgi paigutamine ühetasandilisele raudteeülesõidule	
802. Tõkkepuude paigaldamine ühetasandilisel raudteeülesõidul	
803. Raudteeülesõidu ehitamine eritasandiliseks	
804. Taliteenistuse tõhustamine	• Lühendatakse oluliselt lume- ja libedusetõrje realiseerimisaegu
805. Teeolude jälgimissüsteem	• Fooritulede või kiirusepiirangute nõuete täitmise parandamine automaatse jälgimissüsteemi rakendamise abil

Tabel 1.4 Liiklusõnnetuste keskmine raskusaste. Lüli- ja ristmikupiirkonna liiklusõnnetused kokku

TEE KLASS	KIIRUS- PIIRANG	RASKUSASTE hukkunut/ 100 õnnetuse kohta			
		KOKKU LÕ _i	LIIKIDE KAUPA		
			Auto	Kergliiklus	Loom
1. Kiirtee¹⁾	≤80km/h	6	5	25	2
	100 km/h	7	6	25	8
	120 km/h	8	7	44	8
1. Kiirtee¹⁾	≤80km/h	3	3	0	0
	100 km/h	7	7	20	0
	120 km/h	8	7	70	2
2. I klassi tee	kõik	26	25	59	8
2. I klassi tee	kõik	25	25	29	25
3. Muu 2- rajaline tee¹⁾	≤ 70 km/h	4	3	5	0
	≥80 km/h	6	3	17	2
3. Muu 2- rajaline tee¹⁾	≤ 70 km/h	3	4	2	0
	≥80 km/h	3	3	5	0
4. Lai peatee maapiirkonnas²⁾	≤ 70 km/h	9	8	15	0
	80 km/h	12	12	15	2
	100 km/h	19	18	31	13
4. Lai peatee maapiirkonnas²⁾	≤ 70 km/h	5	5	0	33
	80 km/h	10	11	8	3
	100 km/h	18	21	23	3

5.Kitsas peatee maapiirkonnas²⁾	≤ 70 km/h	12	12	14	0
	80 km/h	15	14	23	2
	100 km/h	16	16	30	5
5.Kitsas peatee maapiirkonnas²⁾	≤ 70 km/h	5	6	0	0
	80 km/h	13	13	22	5
	100 km/h	11	12	18	3
6. Lai muu tee maapiirkonnas²⁾	≤ 70 km/h	6	5	7	0
	80 km/h	10	9	17	2
	100 km/h	9	9	13	8
6. Lai muu tee maapiirkonnas²⁾	≤ 70 km/h	6	4	14	33
	80 km/h	9	8	12	18
	100 km/h	17	16	20	19
7. Kitsas muu tee maapiirkonnas²⁾	≤ 70 km/h	7	6	9	0
	80 km/h	9	8	14	2
	100 km/h	15	15	25	8
7. Kitsas muu tee maapiirkonnas²⁾	≤ 70 km/h	6	5	8	3
	80 km/h	8	8	11	3
	100 km/h	13	14	27	3
8. Asulatee, mille äärde jääb teenindus³⁾	≤ 50 km/h	4	4	4	0
	60-70 km/h	7	5	9	0
	≥80 km/h	15	16	13	2

9. Asulatee, mille äärde ei jää teenindus³⁾	≤ 50 km/h	4	4	5	0
	60-70 km/h	7	6	8	0
	≥ 80 km/h	10	8	15	2
8. Asula põhitee, mille äärde jääb teenindus³⁾	≤ 40 km/h	4	2	5	0
	50 km/h	4	5	4	0
	60 km/h	3	3	4	0
9. Asula põhitee, mille äärde ei jää teenindus³⁾	≤ 70 km/h	5	5	5	0
	80 km/h	9	9	14	0
	100 km/h	9	9	14	5
10. Asula muu tee, mille äärde ei jää teenindus³⁾	≤ 50 km/h	6	7	4	0
	60-70 km/h	5	4	7	0
	≥ 80 km/h	6	5	7	6

Vanem versioon

Versioon TARVA 4.9

- 1) Sisaldab ka teeregistris sisalduvaid asulateid
- 2) Ilma asulateedeta. Peatee on kitsas, kui selle katte laius on alla 9,5 m ja muud teed on kitsad kui selle katte laius on alla 8 meetri
- 3) Liigitus asulateedeks on teeregistri kohane. Ei sisalda kiir-, I- klassi teede ja (tabeli 3 esimest klassi)

TÄHELEPANU: Tabelis on kiirusepiirang valitud iseloomustamiseks eri tee- ja liiklustingimusi. Kiirusepiirangu muutuse mõju ei saa analüüsida selle tabeli alusel, sest eri kiirusepiiranguga teed erinevad üksteisest enamasti ka muude näitajate poolest.

Taani liiklusõnnetuste prognoosimudel

Alates 2000. aastast liiguvad liiklusõnnetuste esialgsed elektroonsed andmed politseist otse Taani Statistikaametisse ja selle kaudu Taani Maanteede Direktoraadi liiklusõnnetuste andmepanka, kus toimub andmete õigsuse kontroll. Kõik liiklusõnnetused omavad GIS-süsteemi abil määratud asukoha koordinaate, tagab liiklusõnnetuse aadresside kooskõla tee kilometraažiga ka juhul kui kilometraaž muutub. Politsei lõplik raport saabub liiklusõnnetuste andmepanka ca kaks kuud pärast liiklusõnnetust, kui on selgunud liiklusõnnetuses hukkunute arv [13].

Nagu teisteski riikides, nii ka Taanis ei jõua kõik inimvigastustega õnnetused ei politsei registrisse ega ka liiklusõnnetuste andmebaasi. Tulenevalt jalgrataste väga massilisest kasutamisest Taanis on registreerimata jäänud õnnetuste osatähtsus väga suur. Ainult üksikud haiglad Taanis teevad tihedat koostööd kohaliku omavalitsusega ning edastavad neile andmed haiglas registreeritud õnnetuste kohta. Politseis ja haiglates registreeritud võrreldavate andmete põhja väidetakse, et ainult 15% Taanis toimunud inimvigastustega liiklusõnnetustest jõuavad liiklusõnnetuste andmebaasi. Eeldatakse, et kõik hukkunutega ja raskete inimvigastustega liiklusõnnetused siiski jõuavad andmebaasi 100 %-liselt.

Taani liiklusõnnetuste andmebaasis jaotatakse liiklusõnnetusi järgmiste tunnuste järgi:

- Asukoha järgi:
 - Asulavälised teed:
 - Riiklikud teed;
 - Vallateed
 - Asulateed:
- Toimumiskoha järgi teel:
 - Ristmikevaheline lõik:
 - 2-rajaline tee;
 - 4-rajaline tee
 - Ristmikel:
 - Eritasandiline;
 - Peatee –kõrvaltee ristmik,
 - Ringristmik;

Teadus- ja arendustöö „Tasuvusarvutuse rahvusvahelised praktikad ning erinevate teekatte remondiliikide tasuvusarvutused koos teaduslike analüüsidega.“

- Foorjuhitav ristmik
- Toimumisaja järgi;
- Liiklusõnnetuse tüübi järgi;
- Ilmastikutingimuste järgi;
- Sõidukijuhti iseloomustavate näitajate järgi.

Taanis on kujunenud tavaks, et teede parendamise kavad baseeruvad kaardistatud probleemidele, parendamist vajavate kohtade järjestusele, projektettepanekutele ja –hinnangutele. Probleemide kaardistamise ja hinnangute hulka kuuluvad ka liiklusohutuse küsimused.

Valdavalt leitakse enne rekonstrueerimist toimunud liiklusõnnetuste arv 5 aastase perioodi aastakeskmisena.

Ristmikeõnnetuste arvu prognoosimiseks kasutatakse Taanis valemit:

$$L\tilde{O}_r = a * N_{(e)}^{p(e)} * N_{(v)}^{p(v)}$$

kus:

$L\tilde{O}_r$ – on ristmiku liiklusõnnetuste arv aastas

a ja p – on empiirilised tegurid, mis sõltuvad paikkonnast ja tee ristlõike tüübist (**tabel 2.1**)

$N_{(e)}$ – on keskmine liiklussagedus, ristmiku enamkoormatud suunal a/ööp.

$N_{(v)}$ – on keskmine liiklussagedus, ristmiku vähemkoormatud suunal a/ööp (kolmeharulisel ristmikul 0,5 ristlõike liiklussagedusest).

Uue tee projekteerimisel ei saa piirduda ainult projekteeritava tee liiklusega ja liiklusõnnetuste arvu prognoosimisega sellele teele, vaid tuleb arvesse võtta liiklusvoogude võimalikud ümberjagunemised piirkonna teedevõrgul ja sellest tulenev liiklusõnnetuste arvu muutus piirkonna teistel teedel.

Tee rekonstrueerimise üheks eesmärgiks on parandada liiklusohutuse taset, siin on levinud võteteks sellised, mis füüsiliselt soodustavad liikluskiiruse vähendamist ja neid tunneme liikluse rahustamise võtetena. Juhul, kui rakendatakse selliseid võtteid leitakse liiklusõnnetuste arv pärast rekonstrueerimist valemiga :

$$L\tilde{O}_{pärast} = 0,9 * (V_{pärast}/V_{enne})^n * L\tilde{O}_{ms-enne} + L\tilde{O}_{muud-enne}$$

kus:

$V_{\text{pärast}}$ – keskmine kiirus vaadeldaval teelõigul pärast rekonstrueerimist, km/h

V_{enne} – keskmine kiirus vaadeldaval teelõigul enne rekonstrueerimist, km/h

$L\ddot{O}_{\text{ms-enne}}$ – mootorsõiduki osalusel toimunud liiklusõnnetuste arv enne rekonstrueerimist

$L\ddot{O}_{\text{muud-enne}}$ – mootorsõiduki osaluseta toimunud liiklusõnnetuste arv enne rekonstrueerimist

n – astendaja, mille väärtus sõltub milliste õnnetustega on tegemist:

- kõigi liiklusõnnetuste korral $n = 2$
- inimvigastuste arvu määramisel $n = 3$
- liiklusõnnetustes hukkunute arvu määramisel $n = 4$

Teguriga 0,9 võetakse lisaks kiiruse vähenemisele arvesse uue liiklust rahustava lahenduse muude tegurite soodsat mõju (s.h. hea ülevaatlikus ja märgistus, sõiduradade kitsenemine jne.).

Tabel 2.1 Taani mudeli ap-parameetrid ristmikel

	ap	Kõik liiklusõnnetused			Inimkannatustega liiklusõnnetused		
	tüüp						
<u>Hoonestamata piirkond</u>							
		a	p ^e	p ^v	a	p ^e	p ^v
T-kujuline foorristmik	521	0.000063	0.61	0.52	0.000006	0.93	0.32
T-kujuline, kõik harud kanaliseeritud	522	0.000003	0.81	0.66	0.000008	0.68	0.62
T-kujuline, peateel kanaliseeritud	523	0.000225	0.32	0.64	0.000402	0.32	0.46
Ainult kõrvaltee kanaliseeritud	524	0.000061	0.57	0.58	0.000151	0.49	0.42
T-kujuline lihtristmik	520	0.000015	0.76	0.49	0.000010	0.77	0.41
4-haruline foorristmik	621	0.000142	0.54	0.51	0.000048	0.64	0.42

4-haruline, kõik harud kanaliseeritud	622	0.000155	0.43	0.67	0.000359	0.34	0,57
Ainult, peateel kanaliseeritud	623	0.003533	0.33	0,32	0.032584	0,16	0,11
Ainult kõrvaltee kanaliseeritud	624	0.026743	0.22	0.22	0.109207	0.09	0.07
4-haruline lihtristmik	620	0.040790	0.20	0.10	0.015380	0.26	0.03
3-haruline ringristmik*	723	0.0000329	1.00	0.00	0.000011 0	1.00	0.00
4-haruline ringristmik*	724	0.0000548	1.00	0.00	0.000018 3	1.00	0.00
<u>Hoonestatud piirkond</u>		a	p^e	p^v	a	p^e	p^v
T-kujuline foorristmik	511	0.001578	0.31	0.45	0.000656	0.29	0.46
T-kujuline, kõik harud kanaliseeritud	512	0.000013	0.67	0.60	0.000005	0.59	0.73
T-kujuline, peateel kanaliseeritud	513	0.000006	0.77	0.56	0.000001	0.90	0.49
Ainult kõrvaltee kanaliseeritud	514						
T-kujuline lihtristmik	510	0.000002	0.82	0.68	0.000001	0.89	0.59
4-haruline foorristmik	611	0.000015	0.68	0.62	0.000014	0.66	0.55
4-haruline, kõik harud kanaliseeritud	612	0.000279	0.13	0,92	0.000044	0,13	1.08
Ainult peateel kanaliseeritud	613						
Ainult kõrvaltee	614						

kanaliseeritud

4-haruline lihtristmik	610	0.004351	0.31	0.25	0.011794	0.25	0.07
3-haruline ringristmik*	713	0.000032	1.00	0.00	0.000011	1.00	0.00
		9			0		
4-haruline ringristmik*	714	0.000054	1.00	0.00	0.000018	1.00	0.00
		8			3		

* - ringristmiku korral võetakse arvesse ristmiku summaarne liiklussagedus, a/ööp

Meetmete mõjutegurid

TARVA programmis on otseselt ristmikega seotud mõjutegureid ainult neliteist. Siiski on ka teiste jaotuste alt võimalik leida meetmeid, mis aitavad kaasa liiklusohutuse olukorra paranemisele ristmikel. Neist efektiivsemad on seotud suurima lubatud kiiruse lokaalse alandamisega. Paraku reaalseid võimalusi silmas pidades ei ole TARVA programmis pakutu sugugi ammendav. Samas programm võimaldaks kasutada ka muid meetmeid – paraku muude meetmete puhul on probleemiks mõju ulatuse hindamine. Otsest vastust sellele Eesti oludeks pole võimalik hetkel leida, kuid igati kasulik on tugineda tulemustele, mis on toodud kahes sissejuhatuses nimetatud käsiraamatus. Neis mõlemas raamatus on tegelikult toodud Rune Elviku poolt üldistatud tulemused, mis ta on ühte koondanud üle maailma erinevate autorite töödest. Erinevate meetmete puhul võivad olla mõjud väga erinevad. Need sõltuvad väga palju konkreetsetest tingimustest, kus tulemused on tegelikult saadus ja need tingimused on ka ajas muutuvad. Seetõttu ei ole neid tulemusi otseselt võimalik kasutada, kuid juhul kui otsustatakse TARVA mudelit Eestis kasutama hakata, siis vähemalt mudeli rakendamise esimeses faasis oleks otstarbekas ekspertide grupi poolt anda hinnang, milline võiks lähtuvalt rahvusvahelisest kogemusest olla meetme mõju eeldatav ulatus Eesti tingimustes.

Esmalt on **tabelis 3.1** mõnevõrra sarnaselt **tabelile 1.1** esitatud käsiraamatu The Handbook of Road Safety Measures järgi erinevate ristmiketüüpide õnnetustasemed. Erinevusi on samas aga mitu: et siin on antud liigitus lähtuvalt peateel lubatud sõidukiirusest ja kõrvaltee liikluse osatähtsus on liigitatud teisiti suuremate vahemikena ja suurema osatähtsusega.

Tabel 3.1 Inimvigastustega liiklusõnnetusi miljoni ristmikule saabuva sõiduki puhul erinevat tüüpi ja erineval põhimõttel töötavatel ristmikel

Põhimõte	Ristmiku tüüp	Kiiruspiirang (km/h)	Kõrvaltee liikluse osatähtsus		
			0-14,9	15,0-29,9	30,0-
Parema käe reegel	T- tüüpi ristmik	50	0,07	0,07	0,13
	Ristmik	50	0,10	0,19	0,18
Anna teed	T- tüüpi ristmik	80 või 90	0,06	0,12	0,26
	Ristmik	80 või 90	0,07	0,27	0,58
	T- tüüpi ristmik	60 või 70	0,07	0,11	0,14
	Ristmik	60 või 70	0,12	0,19	0,28
	T- tüüpi ristmik	50	0,08	0,11	0,11
	Ristmik	50	-	0,10	0,31
Valgusfoor	T- tüüpi ristmik	50	0,04	0,06	0,05
	Ristmik	50	0,12	0,09	0,10
Ringristmik	T- tüüpi ristmik	Kõik	Igat tüüpi kõrvaltee liiklus: 0,03		
	Ristmik	kõik	Igat tüüpi kõrvaltee liiklus: 0,05		

On veel teisigi erinevusi, kui Soome mudelis on eristatud õnnetusi selles osalenute järgi, siis siin seda pole.

Tabelites 3.2 kuni 3.21 on esitatud kaunis detailselt kirjeldatud meetmete mõjutegurite võimalikud väärtused.

Tabel 3.2 Vasakpöörderajad ristmikul

Liiklusõnnetuse liik ja raskusaste	Õnnetuste arvu muutus %-des	
	Hinnanguliselt parim	95% usaldusväärsuse intervall
Vasakpöörderada T-kujulisel ristmikul: füüsiline/märgistatud		
Inimkahjuga õnnetus	-17	(-36; +7)
Varalise kahjuga õnnetus	+1	(-18; +25)
Liigitamata	-18	(-29; -6)
Vasakpöörderada T-kujulisel ristmikul: füüsiline		
Inimkahjuga õnnetus	-27	(-52; +10)
Vasakpöörderada T-kujulisel ristmikul: märgistatud		
Inimkahjuga õnnetus	-19	(-63; +79)
Vasakpöörderada X-kujulisel ristmikul: füüsiline/märgistatud		
Inimkahjuga õnnetus	-24	(-43; +1)
Varalise kahjuga õnnetus	-77	(97; +76)
Liigitamata	-31	(-45; -13)
Vasakpöörderada X-kujulisel ristmikul: füüsiline		
Inimkahjuga õnnetus	-4	(-25; +22)
Vasakpöörderada X-kujulisel ristmikul: märgistatud		
Inimkahjuga õnnetus	+14	(-52; +170)

Tabel 3.3 Parempöörderajad ristmikul

Liiklusõnnetuse liik ja raskusaste	Õnnetuste arvu muutus %-des	
	Hinnanguliselt parim	95% usaldusväarsuse intervall
Parempöörderada T või X kujulisel ristmikul: füüsiline/märgistatud		
Inimkahjuga õnnetus	-7	(-22; +11)
Varalise kahjuga õnnetus	+1	(-39; +67)
Liigitamata	+3	(-7; +15)
Parempöörderada T kujulisel ristmikul: füüsiline/märgistatud		
Inimkahjuga õnnetus	+12	(-15; +48)
Parempöörderada X kujulisel ristmikul: füüsiline/märgistatud		
Inimkahjuga õnnetus	-19	(-25; -12)

Tabel 3.4 Ristmiku kanaliseerimise muud lahendused

Liiklusõnnetuse liik ja raskusaste	Õnnetuste arvu muutus %-des	
	Hinnanguliselt parim	95% usaldusväarsuse intervall
T-kujulise ristmiku täielik kanaliseerimine: füüsiline		
Inimkahjuga õnnetus	+24	(-2; +58)
X-kujulise ristmiku täielik kanaliseerimine: füüsiline		
Inimkahjuga õnnetus	-32	(-52; -5)
X-kujulise ristmiku täielik kanaliseerimine: märgistatud		
Inimkahjuga õnnetus	-57	(-70; -41)

Kõrvaltee kanaliseerimine T-kujulise ristmiku puhul: füüsiline

Inimkahjuga õnnetus	+18	(+1; +38)
---------------------	-----	-----------

Kõrvaltee kanaliseerimine X-kujulise ristmiku puhul: füüsiline

Inimkahjuga õnnetus	-20	(-31; -7)
---------------------	-----	-----------

Ainult varalise kahjuga õnnetus	-35	(-71; +47)
---------------------------------	-----	------------

Möödasõidurada T-kujulisel ristmikul: füüsiline

Inimkahjuga õnnetus	+26	(-16; +89)
---------------------	-----	------------

Möödasõidurada X-kujulisel ristmikul: füüsiline

Inimkahjuga õnnetus	-11	(-68; +145)
---------------------	-----	-------------

Tabel 3.5 Ristmiku kanaliseerimise tasuvusanalüüs

Kanaliseerimise vorm	Mõju inimkahjuga õnnetuste puhul %-des	Tulude- kulude suhe	
		Kasu: õnnetuste arvu vähenemine	Kasu: õnnetuste arvu vähenemine ja aja kokkuvõid
Kanaliseerimine ristmikel (AKÖL 10 000, kahju määr 0,178)			
Vasakpöörderada	-10	1,8	3,4
Kõrvaltee kanaliseerimine	-20	7,3	7,3
Täielik kanaliseerimine	-30	2,7	3,4
Kanaliseerimine T-kujulistel ristmikel (AKÖL 10 000, kahju määr 0,067)			
Vasakpöörderada	-20	1,1	1,6

Kõrvaltee kanaliseerimine	+18	-	-
Täielik kanaliseerimine	+24	-	-

Tabel 3.6 Ringristmikena käsitletavat liiklussõlmed

Liiklusõnnetuse toimumiskoht	Õnnetuste arvu muutus %-des		
	Liiklusõnnetuse raskusaste	Hinnanguliselt parim	95% usaldusväärse intervall
Kõik ringristmikud	Kõik	-36	(-43; -29)
Kõik ringristmikud	Surmaga lõppenud	-66	(-86; -24)
Kõik ringristmikud	Vigastustega	-46	(-51; -40)
Kõik ringristmikud	Varalise kahjuga	+10	(-10; +35)
Ringristmikud „Anna teed“ põhimõttel	Kõik	-40	(-47; -31)
Ringristmikud fooridega	Kõik	-14	(-27; +1)
X- kujuline ristmik	Kõik	-34	(-42; -25)
T- kujuline ristmik	Kõik	-8	(-28; +18)
Ringristmikud maapiirkonnas	Kõik	-69	(-79; -54)
Ringristmikud linnapiirkonnas	Kõik	-25	(-34; -15)

Tabel 3.7 Ristmiku ümberprojekteerimine: teede 90 kraadist erineva lõikumisnurga muutmine täisnurkseks

Liiklusõnnetuse liik ja raskusaste	Õnnetuste arvu muutus %-des		
	Õnnetuste poolt mõjutatud ristmiku tüübid	Hinnanguliselt parim	95% usaldusväärsuse intervall
Liigitamata	Kõik õnnetused T-tüüpi ristmikel	+34	(+2; +76)
Liigutamata	Kõik õnnetused X-tüüpi ristmikel	+6	(-2; +15)

Tabel 3.8 Ristmikuharude pikikalde muutmine

Liiklusõnnetuse liik ja raskusaste	Õnnetuste arvu muutus %-des		
		Hinnanguliselt parim	95% usaldusväärsuse intervall
Väikese kalde asendamine kaldeta lõiguga		+11	(-9; +35)
Liigitamata			
Järsu kalde asendamine väikese kaldega		-17	(-23; +69)
Liigitamata			

Tabel 3.9 Nähtavustingimuste parandamine ristmikul

Liiklusõnnetuse liik ja raskusaste	Õnnetuste arvu muutus %-des	
	Hinnanguliselt parim	95% usaldusväärsuse intervall
Liigitamata	-12	(-19; -4)
Inimkahjuga õnnetus	-3	(-18; +14)
Ainult varalise kahjuga õnnetus	-16	(-24; -7)

Tabel 3.10 Nihutatud harudega ristmiku rajamine

Liiklusõnnetuse liik ja raskusaste	Õnnetuste arvu muutus %-des		
	Õnnetuste poolt mõjutatud ristmiku tüübid	Hinnanguliselt parim	95% usaldusväärsuse intervall
Inimkahjuga õnnetus	Väike liiklussagedus kõrvalteel (<15%)	+35	(+10; +70)
	Kõrvaltee liiklussagedus 15 – 30%	-25	(-33; -15)
	Suur liiklussagedusega kõrvalteel (>30%)	-33	(-43; -21)
	Kõik ristmikud	-20	(-25; -10)
Ainult varalise kahjuga õnnetus	Väike liiklussagedus kõrvalteel (<15%)	+15	(+5; +30)
	Kõrvaltee liiklussagedus 15 – 30%	0	(-10; +10)

Suur liiklussagedusega kõrvalteel (>30%)	-10	(-20; 0)
Kõik ristmikud	+3	(-3; +9)

Siinsetest tulemustest on näha, et kõrvaltee väga väikese liiklussageduse korral ei ole mõistlik ristmiku harusid nihutama hakata, kuid vältimaks suure kiirusega peatee ületamist tuleb kavandada meetmeid, mis ei võimaldaks sellist käitumist. Siinkohal on sobivaks lahenduseks paksude kanaliseerivate tilgakujuliste saarte kavandamine, mis ei võimalda ristmikku ületada suure kiirusega. Kahjuks sellise meetme tarbeks ei ole võimalik leida mõjutegureid.

Tabel 3.11 Liiklusmärgi „Peatu ja anna teed” paigaldamine

Liiklusõnnetuse liik ja raskusaste	Õnnetuste arvu muutus %-des	
	Hinnanguliselt parim	95% usaldusväärse intervall
Kolmeharuline ristmik, kõrvaltee ühesuunaline, „peatu, anna teed” märk		
Inimkahjuga õnnetus	-19	(-38; +7)
Ainult varalise kahjuga õnnetus	-60	(-95; +224)
Neljaharuline ristmik, kõrvaltee kahe-suunaline, „peatu, anna teed” märk		
Inimkahjuga õnnetus	-35	(-44; -25)
Ainult varalise kahjuga õnnetus	-16	(-34; +8)
„Peatu, anna teed” märgi asendamine märgiga „anna teed” (kõik ristmike tüübid)		
Inimkahjuga õnnetus	+39	(+19; +62)
Ainult varalise kahjuga õnnetus	-14	(+2; +26)
Neljaharuline „peatu, anna teed”		

Täpsustamata raskusaste	-45	(-49; -40)
--------------------------------	-----	------------

Tabel 3.12 Ristmiku foorjuhitavaks ehitamine

Liiklusõnnetuse liik ja raskusaste	Õnnetuste arvu muutus %-des	
	Hinnanguliselt parim	95% usaldusväärsuse intervall
Foorjuhtimine, kolmeharuline ristmik		
Inimkahjuga õnnetus	-15	(-25; -5)
Ainult varalise kahjuga õnnetus	-15	(-40; +15)
Foorjuhtimine, neljaharuline ristumine		
Inimkahjuga õnnetus	-30	(-35; -25)
Ainult varalise kahjuga õnnetus	-35	(-45; -25)

Tabel 3.13 Foorjuhtimise täiustamine ristmikel

Liiklusõnnetuse liik ja raskusaste	Õnnetuste arvu muutus %-des		
	Õnnetuste poolt mõjutatud ristmiku tüübid	Hinnanguliselt parim	95% usaldusväärsuse intervall
Täiendav foori paigaldamine			
Määratlemata raskusaste	Õnnetused foorjuhitaval ristmikul	-25	(-50; +5)
Jalakäijate foori paigaldamine – ühine takt koos mootorsõidukitega			
Inimkahjuga õnnetus	Õnnetused jalakäijaga	+8	(-1; +17)

Inimkahjuga õnnetus	Õnnetused sõidukiga	-12	(-21; -3)
Jalakäijate foori paigaldamine – eraldi taktid mootorsõidukitega (konfliktivaba)			
Inimkahjuga õnnetus	Õnnetused jalakäijaga	-30	(-40; -15)
Inimkahjuga õnnetus	Õnnetused sõidukiga	-18	(-27; -9)
Laiendatud „kõik punane” takt			
Määratlemata raskusaste	Õnnetused foorjuhitaval ristmikul	-55	(-65; -40)
Iseseisev vasakpöörde takt			
Määratlemata raskusaste	Õnnetused vasakpöördel	-58	(-64; -50)
Konfliktivaba juhtimise rakendamine			
Inimkahjuga õnnetus	Õnnetused foorjuhitaval ristmikul	-75	(-90; -35)
Ainult varalise kahjuga õnnetus	Õnnetused foorjuhitaval ristmikul	-25	(-65; +60)
Madala liiklussagedusega ristmikul „vilkuv kollane”			
Inimkahjuga õnnetus	Õnnetused, mis toimunud vilkuva kollase tulega	+55	(-7; +165)
Ainult varalise kahjuga õnnetus	Õnnetused, mis toimunud vilkuva kollase tulega	+40	(+30; +55)
Parempöörde punase tulega (koos „anna teed” märgiga)			
Inimkahjuga õnnetus	Õnnetused parempöördel	+60	(+50; +70)
Ainult varalise kahjuga	Õnnetused	+10	(+9; +11)

õnnetus	parempöördel
----------------	--------------

Tabel 3.14. Füüsiline kiiruse vähendamine ristmikul

Liiklusõnnetuse liik ja raskusaste	Õnnetuste arvu muutus %-des		
	Õnnetuste poolt mõjutatud ristmiku tüübid	Hinnanguliselt parim	95% usaldusväärse intervalli
Tõstetud ristmikud			
Inimkahjuga õnnetus	Õnnetused ristmikel	+5	(-34; +68)
Ainult varalise kahjuga õnnetus	Õnnetused ristmikel	+13	(-55; +183)
Täristid enne ristmikku			
Inimkahjuga õnnetus	Õnnetused ristmikel	-33	(-40; -25)
Ainult varalise kahjuga õnnetus	Õnnetused ristmikel	-25	(-45; -5)
Määratlemata	Õnnetused ristmikel	-20	(-25; -5)
Vähendatud kiiruse ala			
Inimkahjuga õnnetus	Kõik õnnetused	-27	(-30; -24)
Ainult varalise kahjuga õnnetus	Kõik õnnetused	-16	(-19; -12)

Tabel 3.15. Ääre- ja keskjoone märgistamine

Liiklusõnnetuse liik ja raskusaste	Õnnetuste arvu muutus %-des	
	Hinnanguliselt	95% usaldusväärse

	parim	intervall
Normaalne äärejoon		
Inimkahjuga õnnetus	-3	(-7; +1)
Ainult varalise kahjuga õnnetus	-3	(-14; +10)
Lai äärejoon (10 cm asemel 20 cm)		
Inimkahjuga õnnetus	+5	(-4; +14)
Ainult varalise kahjuga õnnetus	-1	(-16; +17)
Keskjoon (sõidusuundade vahel)		
Inimkahjuga õnnetus	-1	(-8; +6)
Ainult varalise kahjuga õnnetus	+1	(-5; +6)
Valge keskjoone asendamine kollasega		
Inimkahjuga õnnetus	-6	(-31; +29)
Sõiduradade vaheline joon (samasuunalise liikluse eraldamiseks)		
Inimkahjuga õnnetus	-18	(-51; +36)

Tabel 3.16 Tärastid/põristid

Liiklusõnnetuse liik ja raskusaste	Õnnetuste arvu muutus %-des		
	Õnnetuste tüübid	Hinnanguliselt parim	95% usaldusväärsuse intervall
Tärasti (tee servas)			
Määratlemata	Kõik õnnetused	-10	(-21; +4)
Määratlemata	Ühesõiduki õnnetused	-25	(-41; -5)

Inimkahjuga õnnetus	Teelt väljasõidud	-52	(-80; +14)
Põristi (tee keskel)			
Määratlemata	Kõik õnnetused	-4	(-19; +13)
Määratlemata	Laupkokkupõrked	-24	(-33; -13)
Määratlemata	Õnnetused päevavalgel	-8	(-16; +0)
Määratlemata	Õnnetused öösel	-15	(-23; -7)

Tabel 3.17 Märgistatud sõidusuundadevaheline eraldusriba

Liiklusõnnetuse liik ja raskusaste	Õnnetuste arvu muutus %-des	
	Hinnanguliselt parim	95% usaldusväärse intervall
Eraldusriba laiussega alla 2 m		
Määratlemata	-11	(-30; +13)
Eraldusriba laiussega alla 2 m		
Määratlemata	+2	(-4; +9)

Tabel 3.18 Kattepinnast kõrgemad teekattemärgised ja tähispostid

Liiklusõnnetuse liik ja raskusaste	Õnnetuste arvu muutus %-des		
	Õnnetuste tüübid	Hinnanguliselt parim	95% usaldusväärse intervall
Teepinnast kõrgemad katemärgised			

Määratlemata	Kõik õnnetused	-1	(-3; +1)
Inimkahjuga õnnetus	Kõik õnnetused	-3	(-7; +1)
Määratlemata	Õnnetused pimedas	-2	(-7; +4)
Inimkahjuga õnnetus	Õnnetused pimedas	-1	(-25; +29)
Määratlemata	Õnnetused päevavalges	+1	(-4; +6)
Määratlemata	Laupkokkupõrked	-1	(-33; +46)
Määratlemata	Juhitavuse kaotamine	-3	(-12; +7)
Tähispost			
Määratlemata	Kõik õnnetused	-4	(-17; +10)
Inimkahjuga õnnetus	Kõik õnnetused	-7	(-22; +12)
Ainult varalise kahjuga õnnetus	Kõik õnnetused	-3	(-27; +28)

Tabel 3.19 Kergliiklejatele suunatud meetmed

Liiklusõnnetuse liik ja raskusaste	Õnnetuste arvu muutus %-des		
	Õnnetuste tüübid	Hinnanguliselt parim	95% usaldusväärsuse intervall
Kõnnitee/sillutis/ jalgrada			
Inimkahjuga õnnetus	Õnnetused jalakäijaga	-4	(-7; -1)
Inimkahjuga õnnetus	Õnnetused jalgratturiga	-3	(-28; +31)
Inimkahjuga õnnetus	Õnnetused sõidukiga	+17	(+6; +30)

Inimkahjuga õnnetus	Kõik õnnetused	0	(-17; +19)
Märgistatud ülekäigurada			
Inimkahjuga õnnetus	Õnnetused jalakäijaga kaherealisel teel	-8	(-43; +51)
Inimkahjuga õnnetus	Õnnetused jalakäijaga mitmerajalisel teel	+88	(-32; +424)
Inimkahjuga õnnetus	Õnnetused jalakäijaga igasugusel teel	+44	(-6; +121)
Inimkahjuga õnnetus	Õnnetused sõidukiga	+9	(-25; +59)
Tõstetud ülekäigurada vs ülekäiguraja puudumine			
Inimkahjuga õnnetus	Kõik õnnetused	-65	(-83; -27)
Tõstetud ülekäigurada vs tavaliselt tähistatud ülekäigurada			
Inimkahjuga õnnetus	Õnnetused jalakäijaga	-42	(-70; +11)
Ohutussaar märgistatud ülekäigurajal			
Inimkahjuga õnnetus	Kõik õnnetused	0	(-26; +36)
Ohutussaar märgistatud ülekäigurajal vs tavaliselt märgistatud ülekäigurada			
Inimkahjuga õnnetus	Õnnetused jalakäijaga	-43	(-71; +12)
Inimkahjuga õnnetus	Õnnetused sõidukiga	+19	(-7; +52)
Inimkahjuga õnnetus	Kõik õnnetused	-25	(-55; +24)

Valgustus ülekäiguradadel			
Määratlemata	Kõik õnnetused	-63	(-79; -36)
Eritasandiline jalakäijate teeületus			
Määratlemata	Õnnetused jalakäijaga	-82	(-90; -68)
Määratlemata	Õnnetused sõidukiga	-14	(-57; +74)
Piirded jalakäijate ülekäigurajal			
Inimkahjuga õnnetus	Õnnetused jalakäijaga	-29	(-52; -5)
Inimkahjuga õnnetus	Õnnetused sõidukiga	-8	(-33; +27)
Inimkahjuga õnnetus	Kõik õnnetused	-24	(-44; -2)

Tabel 3.20 Muutkujutisega liiklusmärgid

Liiklusõnnetuse raskusaste	Õnnetuste arvu muutus %-des		
	Õnnetuste tüübid	Hinnanguliselt parim	95% usaldusväärse intervalli
Hoiatusmärk „Ohtlik koht”			
Inimkahjuga õnnetus	Õnnetused kiirteel	-44	(-59; -22)
Hoiatusmärk „Udu”			
Määratlemata	Õnnetused udus	-84	(-93; -63)
Kiiruspiirangud (ilmaennustusele tuginevad)			
Inimkahjuga õnnetus	Õnnetused talvel	-13	(määratlemata)

Inimkahjuga õnnetus	Õnnetused suvel	-2	(määratlemata)
Kiiruspiirangud (liiklejate tagasidele tuginevad)			
Määratlemata	Kõik õnnetused	-46	(-62; -24)

Tabel 3.21 Eritasandiliste lahenduste rajamine

Liiklusõnnetuse liik ja raskusaste	Õnnetuste arvu muutus %-des	
	Hinnanguliselt parim	95% usaldusväärsuse intervall
T- kujulise samatasandilise asemel:		
Liigitamata	-16	(-33; +4)
Inimkahjuga õnnetus	-24	(-57; +33)
X-kujulise samatasandilise asemel:		
Liigitamata	-42	(-52; -30)
Inimkahjuga õnnetus	-57	(-62, -51)
Ainult varalise kahjuga õnnetus	-36	(-50; -19)
Foorjuhitava asemel:		
Liigitamata	-27	(-36; -18)
Inimkahjuga õnnetus	-28	(-40; -15)
Mittetäielik eritasandiline X-kujulise samatasandilise asemel:		
Liigitamata	-26	(-38; -13)
Mittetäielik eritasandiline X-kujulise samatasandilise asemel koos kiiruskaameraga:		

Liigitamata	+115	(+52; +205)
--------------------	------	-------------

Mittetäielik eritasandiline foorjuhitava asemel:

Liigitamata	-22	-41; +3)
--------------------	-----	----------

Lisaks **tabelites 3.2 – 3.21** esitatud meetmete mõjuteguritele leiame teatud hulga mõjutegureid ka käsiraamatust „Sustainable Safe Road Design“. Enamus neid on kaetud eelnenud tabelites olnutega, kuid kuna need ei ole samaväärse detailsusega, siis juhuks, kui hakatakse Eesti tarbeks mõjutegureid täpsustama, võib neist orienteerumise mõttes veidi kasu olla. Ristmikega seotud meetmete mõjutegurid on esitatud **tabelis 3.22**.

Tabel 3.22 Liiklusõnnetuste arvu vähendamine erinevaid meetmeid rakendades

Meede	Rakendamise kontekst		Inimvigastustega lõppenud õnnetuste arvu vähenemine %-des	
			Hinnangul iselt parim	95% usaldusväärse intervalli
Ringristmike rajamine	Kolmeharuline	ristmik	-30	(-45;-5)
	äärelinnas		-40	(-50;-30)
	Neljaharuline	ristmik		
Õnnetuste koondumiskoha probleemi lahendamine	Üksik koondumiskoht		-30	(-40;-20)
	Järjestikused koondumiskohad		-10	(-20; 0)
Uue teevalgustuse paigaldamine	Eelnevalt valgustamata teed:			
	- surmaga lõppevad õnnetused		-65	(-75;-30)
	- inimvigastusega lõppevad			

	õnnetused	-30	(-33; 25)
Teevalgustuse parandamine	Normist nõrgema valgustusega teed	-15	(-25;-5)
Jalakäijate ülekäigukohtade uuendamine	Lihtsad märgistusega ülekäigukohad	-35	(-50;-20)
30 km/h tsoonide loomine	Kui hetkel juurdepääsuteedel lubatud asula suurim sõidukiirus	-25	(-30;-20)
Kiirusepiirangud ristmikel	Kiirus 80 km/h-lt 70 km/h-le	-6	(-10;-2)
	Kiirus 80 km/h-lt 60 km/h-le	-10	(-15;-5)

Analüüsiks sobivate ristmike valik

Selleks, et saada ühe või teise liiklusohutusmeetme mõju hindava mudeli võimalustest parem ülevaade on otstarbekas valida välja mõned ristmikud, mille alusel mudeleid näitena rakendada.

Näiteks sobiva ristmiku valikuks sai püstitatud alljärgnevad tingimused:

- ristmiku liiklusskeem olgu tüüpne – seega mitte keerukas;
- ristmik peaks kuulama viimastel aastatel liiklusohutlike kohtade hulka;
- ristmik ei tohiks olla selline, kus liiklussagedus nõuaks juba täna I klassi maanteed või on kohe sellele tasemele jõudmas (on saavutanud taseme enam kui 85% I klassi alampiirist)
- ristmikul ei tohiks perioodil 2009 – 2013 olla tehtud olulisi liikluskorralduslikke muudatusi.

Antud juhul toimus näideteks sobivate ristmike valik kahes etapis. Pärast esimest etappi toimusid konsultatsioonid peatöövõtjaga ja tellijaga ning toimus ka teeregistris saadud lähteandmete täiendav kontroll, mille tegemisel osutas tänuväärset abi Maanteeameti peaspetsialist Sirje Lilleorg. Pärast konsultatsioone ja andmete korrektsooni toimus lõplik valik.

Esmavalik

Enne teiste ristmike valiku tegemist sai siiski üks pikki aastaid liiklusohutlik ristmik välja valitud ja selleks osutus Tallinn – Tartu – Võru – Luhamaa maanteel Tõrvandi raudteeülesõidu piirkonnas paiknev ristmik (**joonis 4.1**), mis tänaseks on suletud. Selle ristmiku valikul lähtuti mõnevõrra teistsugustest kaalutlustest. Nimelt selle ristmiku puhul püütakse analüüsida ja kirjeldada olukorda, mis sellise ristmiku asendamisega uue lahendusega võib kaasneda ja millised probleemid sellise olukorra hindamisega võivad kaasneda.

Eesmärgiks on valida välja ühtekokku 4 – 5 ristmikku ehk lisaks eelkirjeldatule veel vähemalt kolm ristmikku. Et rahuldada ristmiku tüüpsuse nõuet oleks hea kui õnnestuks leida kaks neljajarulist ja kaks kolmeharulist ristmikku, kus ühel juhul oleks tegemist lihtristmikuga ning teisel puhul mingil määral kanaliseeritud ristmikuga.

Esmavaliku tegemisel tugineti Stratum OÜ poolt 2013. aastal valminud töös: „Liiklusõnnetuste koondumiskohtade väljaselgitamine” [...] leitud liiklusõnnetuste koondumiskohtadest, mis on originaalkujul esitatud **tabelis 4.1**.

Selgub, et tegemist on üheksa koondumiskohaga ja detailsem analüüs näitab, et kaheksal juhul on tegemist ristmikuga. Erandiks oli koondumiskoht Tallinn – Narva maanteel, mis jäi ristmikevahelisele maanteelõigule. Kõigil neil kaheksal juhul on tegemist riigimaanteed omavaheliste ristmikuga. Neist ühel juhtumil on tegemist neljajarulise ristmikuga, kus neljandaks haruks kohalik maantee (Tallinna ringtee ja Lagedi – Aruküla – Peningi maantee ristmik). Teisel juhul (Tallinn – Tartu – Võru – Luhamaa maanteel Põltsamaal) on ristmik välja ehitatud neljajarulisena, kuid toimib reaalselt kolmeharulisena.



Joonis 4.1 Tallinn – Tartu – Võru – Luhamaa maantee endine ristmik Tõrvandi raudteeülesõidu koha juures

Tabel 4.1 Liiklusõnnetuste koondumiskohad perioodil 2010 – 2012

Tee nr	Tee	ALGUS	LOPP	Lõik	Maksumus 1000 EUR
4	Tallinn - Pärnu - Ikla	67210	67220	OK-4	604,9
3	Jõhvi - Tartu - Valga	155800	155900	OK-3	79,7
92	Tartu - Viljandi - Kilingi-Nõmme	9400	9400	OK-11	68,3
11	Tallinna ringtee	8400	8500	OK-7	56,9
1	Tallinn - Narva	204830	204900	OK-1	45,5
2	Tallinn - Tartu - Võru - Luhamaa	127600	127640	OK-2	45,5
4	Tallinn - Pärnu - Ikla	168600	168700	OK-5	45,5
11	Tallinna ringtee	3630	3690	OK-6	45,5
11	Tallinna ringtee	28250	28300	OK-8	34,2

Märkus: tänaseks on mitme lõigu asukoha kilometraaž muutunud.

Tabelis 4.1 on liiklusohklikud kohad järjestatud kolmeaastase perioodi jooksul õnnetustest tulenevate kahjude põhjal. Sellise jaotuse korral mängib kõige olulisemat rolli hukkunuga liiklusõnnetuse esinemine. Nii ka antud juhul. Kaheksast liiklusõnnetuste koondumiskohast, mis on ristmikud, on töös esitatud käsitluse kohaselt hukkunud ainult üks liikleja ja see leidis aset Tallinn – Pärnu – Ikla maanteel Kasti ristmikul (lõikumine kõrvalmaanteega nr. 20171). Paraku tuleb nentida, et tegemist on koguni kahe ebatäpsusega, mille tekke põhjused on ilmselt erinevad. Nimelt toimus Tallinn – Pärnu – Ikla maantee ja Tõitoja – Häädemeeste tee ristmikul ühe hukkunu ja ühe vigastatuga liiklusõnnetus, mis Stratumi töö kohaselt on koondumiskohast veidi kaugemal, aga tegelikult oli see ikka tegelikult koondumiskohas. Teine ebatäpsus tundus olema seotud Tallinna ringtee ja Tallinn – Saku – Laagri maantee ristmikuga, kus uurimistöö lähteülesande ebatäpse formuleeringu tõttu jäi kaks liiklusõnnetust, mis registris on seotud kõrvalmaanteega, arvesse võtmata. Paraku selgus hiljem täpsustuste käigus, et maantee nr 11340 ristmiku Laagripoolsele harul **joonisel 1.2** näha olev hukkunuga liiklusõnnetus ei toimunud üldsegi sellel kohal. Aga üks lõunapoolsele harule jääv õnnetus jäi ainult põhimaanteed hõlmavas analüüsis küll arvesse võtmata. Neist asjaoludest tulenevalt osutusid liiklusõnnetuste kahjud madalamaks kui pidanuks, kusjuures Häädemeeste ristmikul oli erinevus lause suurusjärgus.

Stratum OÜ töös on lähtutud **tabelis 4.2** esitatud liiklusõnnetuste maksumusest, mis on sõltuvuses liiklusõnnetuste tagajärgedest. Siit on näha, et liiklusõnnetuses kannatanu puhul on võimalik kasutada kaht maksumust, mis erinevad üksteisest ligi 39 korda. Reaalselt siiski invaliidistunu maksumust ei ole kasutatud, sest teave invaliidistumise kohta puudub. Seega inimvigastuse puhul on kasutatud vaid üht

Teadus- ja arendustöö „Tasuvusarvutuse rahvusvahelised praktikad ning erinevate teekatte remondiliikide tasuvusarvutused koos teaduslike analüüsidega.“

maksumust. Sellise teabe puudumine muudab tegelikult taoliste arvutuste tulemused pigem illustreerivaks ja mitte kuigi usaldusväärseteks majanduslike arvutuste puhul.

Tabel 4.2 Liiklusõnnetuste maksumused aastatel 2010 – 2012

Liiklusõnnetuse tagajärg	Maksumus, eurodes				
	2008	2009	2010	2011	2012
1 liiklusõnnetuses hukkunu	518760	599226	461688	579213	582156
1 liiklusõnnetustes invaliidistunu	490399	520908	521050	503334	441120
1 liiklusõnnetuses vigastatu	10822	10093	10046	9874	11387
1 varakahjuga liiklusõnnetus	3452	3106	2836	2774	2889

Tabelis 5.1 esitatud lõikudele on 2013. aastal lisandunud kokku viis inimvigastustega liiklusõnnetust, neist kaks Tallinna ringteele Jüri ristmikule (km 8,4 – 8,5) ja üks Tartu – Viljandi – Kilingi-Nõmme maantee Rõhu ristmikule. Kaks õnnetust lisandusid Tallinn – Tartu – Võru – Luhamaa maanteele Põltsamaa lähistele, aga kuna esmaavaliku puhul esines siin vigu, siis seda teemat käsitleme alles lõpliku valiku puhul.

Käesoleva töö tarbeks ristmike valiku tegemiseks vaadati siiski veidi pikemat perioodi kui liiklusõnnetuste koondumiskohti käsitlevas töös, selleks vaadeldi viieaastast perioodi 2009 – 2013. (**tabel 4.3**).

Tähelepanu tuleb juhtida asjaolule, et teeregistri kilometraaž võib igal aastal mingil määral muutuda. Seetõttu soovitus edaspidiseks analoogiliste uurimistööde puhul on see, et liiklusohtlikud kohad oleks otstarbekas siduda lisaks kilometraažile ka mingite muude tunnustega, mis on püsivamad. Näiteks ristmike puhul kas ristmiku nimi või lõikuva maantee number või nimi. **Joonisel 4.2** on näidatud kuhu sattuks liiklusohtlik koht lähtudes vanast kilometraažist, mis kehtis ajal, mil Stratum OÜ-s uurimistööd koostati ja ka see kuhu see satub hetkel.

Esikohale aga tuleks maksumusega 639,1 tuhat eurot hoopiski Tallinn – Pärnu – Ikla maanteel ca 25 km enne Ikla piiripunkti paiknev Häädemeeste/Arumetsa ristmik (**joonis 4.3**), mis tänaseks on küll juba ohutumaks ümber ehitatud. Näitena aga oleks just seda hea kasutada, sest meetmete maksumus on antud juhul täpselt teada.



Joonis 4.2

Tallinna ringtee ja Tallinn – Saku – Laagri maantee ristmik

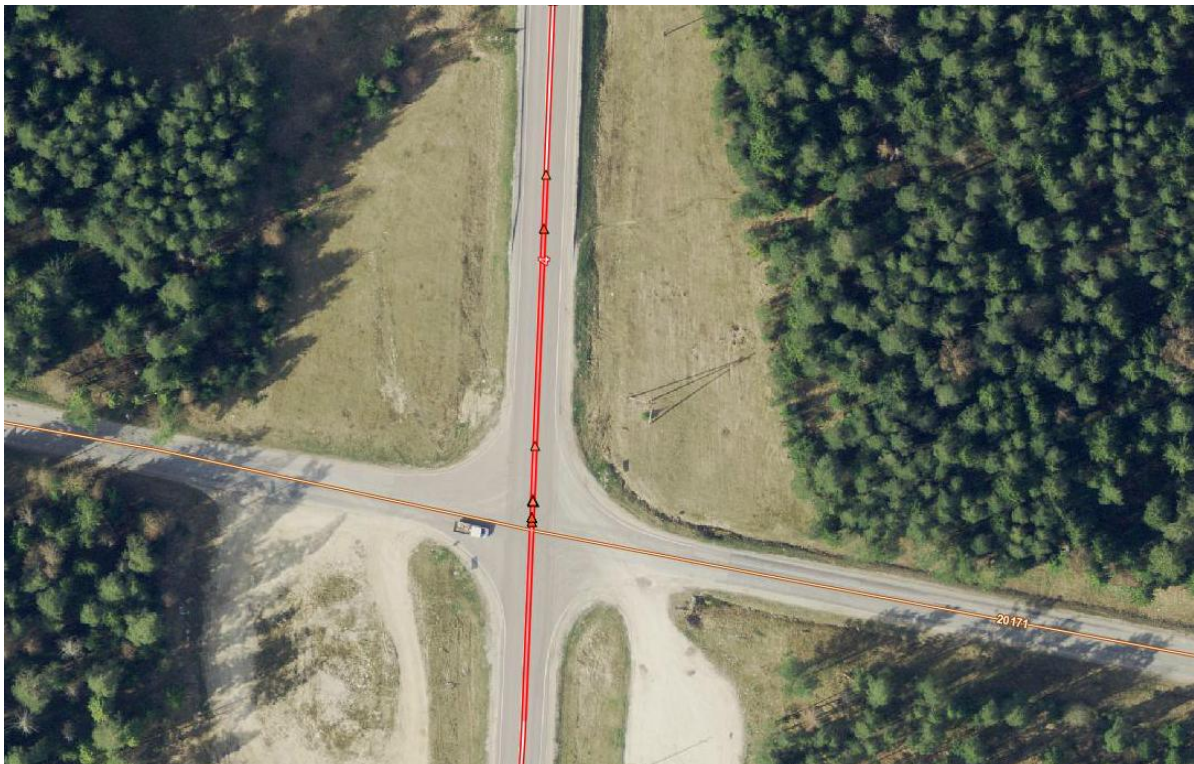
Tabel 4.3 Liiklusõnnetused koondumiskohtades aastatel 2009 – 2013 (esmane)

MNT nr.	Alg km	Lõpp km	Pikkus (km)	LÕ arv	Osalejaid	Hukunuid	Vigastatud	Ristmiku LÕ	Iseloomustus	Valiku prior.
4	67,20	67,30	0,10	3	6	1	2	1	Tüüpiline neljajaruline	3
3	155,80	155,90	0,10	3	6	0	7	1	Nihutatud harudega	
92	9,35	9,47	0,12	4	6	0	8	1	Nihutatud harudega	
11	8,40	8,50	0,10	7	15(19)	0	11	5	Tüüpiline neljajaruline	
1	205,15	205,22	0,07	3	6	0	4	0	Ei ole ristmik	
2	127,38	127,66	0,28	5	10	0	7	4	Tüüpiline kolmeharuline	2
4	168,14	168,34	0,20	6	11	1	8	5	Tüüpiline osaliselt kanaliseeritud neljajaruline	4
11	3,63	3,80	0,17	3	6	0	5	2	Ebatüüpiline lahendus	
11	28,02	28,08	0,06	7	14	1	8	7	Ebatüüpiline lahendus	
2	188,06	188,27	0,21	5	10	0	8	3	Asendatud uue lahendusega	1

Tabelis 4.1 esikohal paiknev Kasti ristmik on mõnes mõttes kaunis tüüpiline neljajaruline lihtristmik (**joonis 4.4**) ja see sobib näites kasutamiseks. Tabelis esitatud õnnetustest on siiski vaid üks otseselt defineeritav ristmikuõnnetusena ja selle õnnetuse korral ükski liikleja ei hukkunud. Paraku selle ristmiku muudavad mõnevõrra ebatüüpiliseks vahetult ristmikult algavad mahasõidud. Lisaks on sellel ristmikul sooritatud liiklusuuringud ja koostatud ka projektlahendus. Samas tuleb rõhutada, et käesoleva töö raamistikus ei ole sellise teabe olemasolu üldse kohustuslik. Pigem vastupidi – hindamise metoodikat peaks tuginema teabele, mis ei nõua täiendavaid uuringuid ja oleks kõik lihtsalt teeregistrist kättesaadav.



Joonis 4.3 Tallinn–Pärnu–Ikla maantee ja Tõitoja–Häädemeeste kõrvalmaantee ristmik



Joonis 4.4

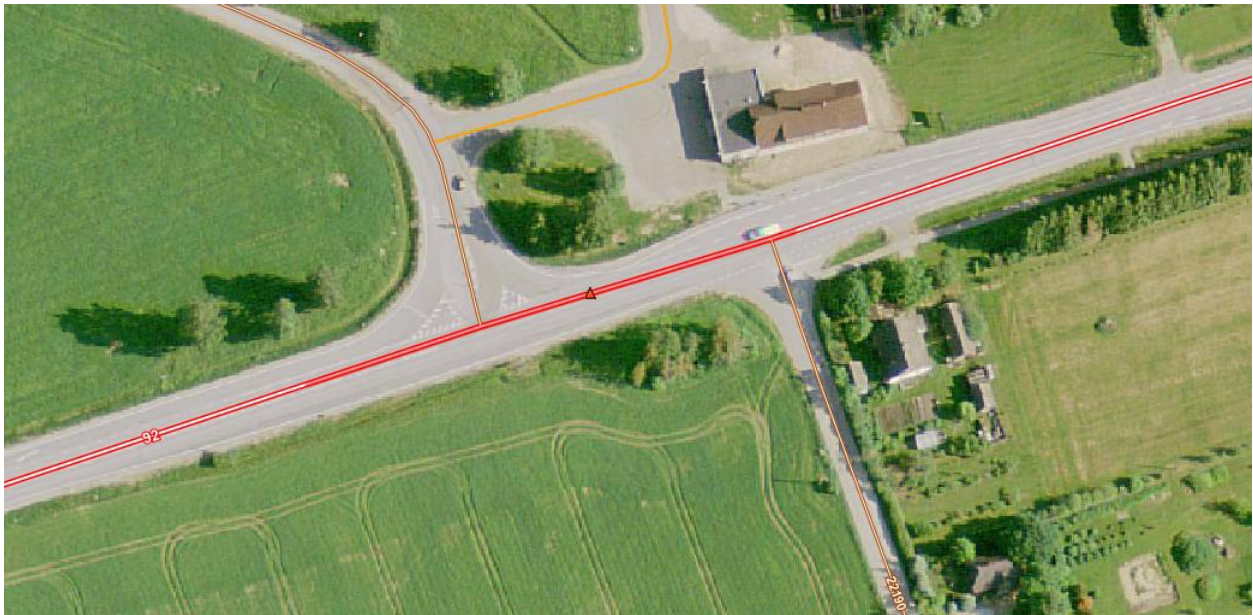
Tallinna – Pärnu – Ikla ja Märjamaa – Valgu maantee ristmik

Tabelis 4.1 on teisel positsioonil põhimaantee Jõhvi – Tartu – Valga maantee ja kõrvalmaanteede Vapramäe – Vellavere (maantee nr 22 153) ning Vapramäe – Peedu – Uuta (maantee nr 22 156) nihutatud harudega ristmik (**joonis 4.5**). Kuna harude nihutus on parempoolne ja kolmest liiklusõnnetusest vaid üks on käsitletav kui ristmikuõnnetus, siis need võiksid olla kaalutlused, et ristmikku näitena pole otstarbekas valida.



Joonis 4.5 Jõhvi – Tartu – Valga ja Vapramäe – Vellavere ning Vapramäe – Peedu – Uuta maantee ristmik

Liiklusõnnetuses vigastada saanud inimeste suhteliselt suure arvuga paistab silma põhimaantee Tartu – Viljandi – Kilingi-Nõmme ja kõrvalmaanteede Tartu – Ilmatsalu – Rõhu (maantee nr 22 103) ning Rõhu – Meeri – Tõravere (maantee nr 22 190) nihutatud harudega ristmik (**joonis 4.6**). Ristmiku harude nihutus on sellel ristmikul kooskõlas valdava soovitusel (vasakule), kuid kuna tüüpilisi ristmikuõnnetusi on sellel ristmikul olnud vaid üks, siis see ristmik on valikust kõrvale jäetud.



Joonis 4.6 Tartu – Viljandi – Kilingi-Nõmme, Tartu – Ilmatsalu – Rõhu ja Rõhu –Meeri – Tõravere maantee ristmik

Tallinna ringtee ja Assaku – Jüri maantee ristmik (maantee nr 11 113) on neljajaruline lihtristmik (**joonis 4.7**), kus kõrvaltee harud on üksteise suhtes õige vähe nihutatud vasakule (ca 13 meetrit). Ristmik paistab silma nii suure vigastatute arvu poolest ja ka selle poolest, et viie aasta jooksul toimunud seitsmest õnnetusest viis on defineeritud kui ristmikuõnnetused. Neist parameetritest lähtuvalt võiks ristmiku võtta vaatluse alla. Paraku ristmiku harude nihutuse määr on selline, et tüüpilise ristmikuliigina ei ole seda võimalik defineerida, samas tavapärase lihtristmikuna ei ole seda ka õige käsitleda. Lisaks sõiduautodele taandatuna on liiklussagedus maantee kirdepoolsel harul 17 393 sa/ööp, mis moodustab 94% eeldatava liiklussageduse piirist, mil on vajalik kavandada I klassi maantee. Seega ei vasta ristmik eespool püstitatud sobivuskriteeriumitele.

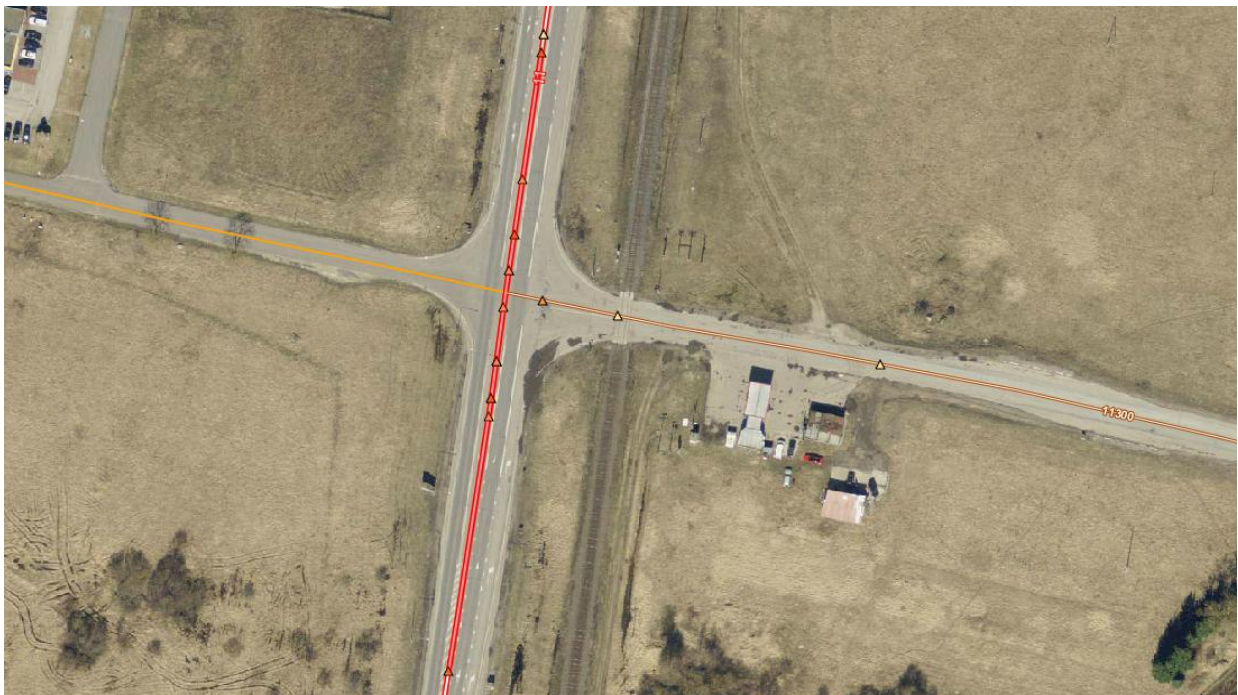
Tallinna ringtee, Lagedi – Aruküla – Peningi maantee (maantee nr 11 300) ja Tuuliku tee (kohalik tee) ristmik ja on küll tüüpiline neljajaruline vähesel määral kanaliseeritud ristmik (**joonis 4.8**), kuid olukorra muudab ebatüüpiliseks peateega rööpselt kulgev raudtee, mis jääb ristmikust vaid ca 20 meetri kaugusele. Sõiduautodeks taandatud liiklussagedus oli 2013. aasta andmetel 16 055 sa/ööp, mis moodustab 87% eeldatava liiklussageduse piirist, mil on vajalik kavandada I klassi maantee. Samas haru kohta, kus on kohalik maantee pole andmeid liikluse

Teadus- ja arendustöö „Tasuvusarvutuse rahvusvahelised praktikad ning erinevate teekatte remondiliikide tasuvusarvutused koos teaduslike analüüsidega.“

kohta. Seega antud koondumiskoht ei rahulda eelpool püstitatud tingimusi näite tarbeks.



Joonis 4.7 Tallinna ringtee ja Assaku – Jüri maantee ristmik



Joonis 4.8 Tallinna ringtee ja Lagedi – Aruküla – Peningi maantee ning Tuuliku tee ristmik

Tallinn – Tartu – Võru – Luhamaa maantee ja Põltsamaa – Lustivere – Pudivere (maantee nr 14 172) maantee ristmik on tüüpiline kolmeharuline ristmik (**joonis 4.9**), kus kõrvalharu lõikumisnurk on küll täisnurksest veidi teravam kuid jääb siiski vastuvõetavasse piiri. Tasub jätta esmaavalikusse. Paraku valiku teises etapis selgus oli antud ristmiku puhul algselt tegemist paljude liiklusõnnetuste asukohtade olulise nihkega.



Joonis 4.9 Tallinn – Tartu – Võru – Luhamaa ja Põltsamaa – Lustivere – Pudivere maantee ristmik

Lõplik valik

Kui esmaavaliku puhul sai esikohale seatud Tallinn – Tartu – Võru – Luhamaa maanteel Tõrvandi raudteeülesõidu juures paiknenud 3-haruline ristmik. Selle ristmiku sulgemisega seotud probleemid, aga väljuvad antud töö raamidest ja seonduvad pigem planeerimistegevusega ja selle käigus tehtava liiklusohutusele avalduva mõju hindamise problemaatikaga. Seetõttu üheskoos peatöövõtjaga otsustati loobuda selle ristmiku käsitlemisest, sest tasuvusarvutustes seos ristmiku liiklusohutusega jäaks nõrgaks, kuna tasuvusarvutus seondub eelkõige linna kui terviku ja uue silla rajamise problemaatikaga.

Esmavaliku käigus tekkisid mitmed kõhklused teeregistrisse kantud liiklusõnnetuste andmete adekvaatsuse suhtes. Maanteeameti töötajate abil selgus, et kõhklustel oli

alust. Kõige olulisem muutus leidis aset liiklusõnnetuste asukohtade osas. Oluliselt täpsustus liiklusohutliku koha asukoht ja enamik neist koondus hoopis lühemale lõigule kui algelt teeregistri andmete järgi. Olulisem muudatus aga leidis aset Tallinn – Tartu – Võru – Luhamaa maanteel Põltsamaal, kus enamik õnnetustest nihkus hoopis Jõgeva – Põltsamaa maantee ristmikule ja Lustivere tee ristmikule jäi alles vaid üks 2013. aastal toimunud liiklusõnnetus. Selle ristmiku puhul tuleks rõhutada veel ka seda, et ristmik on välja ehitatud 4-harulise ristmikuna, kus peateele on rajatud mõlema vasakpöörde lisarajad kuid tegelikult toimib siiski kolmeharulise ristmikuna.

Korrigeeritud andmed on esitatud **tabelis 4.4**. Kui võrrelda seda **tabeliga 4.3**, siis näeme, et erinevused ei piirdu ainult eelnimetatud ristmikuga. Vaatamata küllalt olulistele muutustele valik muutus siiski vaid ühe ristmiku võrra.

Tabel 4.4 Liiklusõnnetused koondumiskohtades aastatel 2009 – 2013 (lõplik)

MNT nr.	Alg km	Lõpp km	Pikkus (km)	LÕ arv	Osale- jaid	Hukku- nuid	Vigasta- tuid	Ristmiku LÕ	Iseloomustus	Valiku prior.
4	67,210	67,260	0,050	3	6	1	2	1	Tüüpiline neljaharuline	2
3	155,995	156,020	0,025	4	8	0	8	3	Nihutatud harudega	
92	9,350	9,400	0,050	4	6	0	9	2	Nihutatud harudega	
11	8,360	8,500	0,140	7	15	0	11	5	Tüüpiline neljaharuline	
1	205,208	205,211	0,003	2	5	0	3	0	Ei ole ristmik	
2	126,860	126,930	0,070	7	15	0	9	4	Tüüpiline neljaharuline	3
2	127,664	127,664	0,000	1	2	0	2	1	Ebatüüpiline kolmeharuline*	4
4	168,217	168,259	0,042	6	11	1	8	5	Tüüpiline osaliselt	1
11	3,636	3,682	0,046	3	7	0	4	1	Ebatüüpiline lahendus	
11	28,023	28,083	0,060	6	12	0	7	6	Ebatüüpiline lahendus	
2	188,111	188,271	0,160	6	13	0	10	4	Asendatud uue lahendusega	

Näited

Näited on tehtud nelja ristmiku kohta ja need koondtulemused TARVA mudelit kasutades on esitatud **tabelis 5.1** ja Taani ap-parametreid kasutades on esitatud **tabelis 5.2**. Suurimaks probleemiks on see, et juba **tabelites 4.3 ja 4.4** toodud liiklusõnnetuste kodeerimine ristmikuõnnetusteks võib olla ekslik. Kui see oli nii, siis see ebatäpsus kandus ka siin esitatud tabelitesse.

Vaadates tulemusi ristmike kaupa, selgub, et Kasti ristmiku ja Põltsamaa/Lustivere ristmiku puhul on tegelikud liiklusõnnetuste arv ja mõlema mudeliga saadud

õnnetuste arvud suhteliselt lähedased. TARVA mudeliga leitu Kasti ristmikul osutus tegelikust 18% võrra suuremaks, aga seda tänu Soome analoogiliste ristmike suhteliselt kõrgemale keskmisele näitajale. Taani mudel aga andis ca 10% võrra tegelikust madalama tulemuse. Põltsamaa/Lustivere ristmiku puhul olid erinevused veelgi väiksemad, kuid tulemused olid vastupidised. Nimelt TARVA mudeliga saadi siin väiksemad tulemused kui Taani mudeliga. Teiste ristmike puhul olid kõrvalekalded oluliselt suuremad. Mõlemal ristmikul andsid mõlemad mudelid tunduvalt väiksema arvutusliku tulemuse. Seejuures Taani mudeliga leitud tulemused olid eriti väikesed. Kahe mudeli alusel leitud tulemused erinesid kõige enam Häädemeeste ristmikul.

Seega näeme, et juba mudelitega leitud lähtekohad erinevad tegelikkusest tunduvalt.

Meetmete rakendamisel on püütud kasutada võimalikult sarnaseid meetmeid, kuid täiel määral see ei õnnestunud, sest nagu tabelitest näha ei defineerita meetmeid täpselt samal moel, kui ringristmike ja nihutatud harudega ristmike puhul on võimalik enam vähem asjadest ühte moodi aru saada, siis ristmiku kanaliseerimise tasemeid on võimalik tõlgendada erinevalt. Kiiruspiirangu rakendamise osas erinevusi ei ole, kuid mõju määr on siiski erinev. Taani mudeli järgi on kiiruspiirangu mõju suurem kui TARVA puhul.

Siit ka otsene mõju tulemustele - kui TARVA mudeli kohaselt osutub kõige efektiivsemaks kas nihutatud harudega ristmiku kavandamine koos täiendava kiiruspiiranguga või ringristmiku kavandamine, siis Taani mudeli puhul osutuks kõige efektiivsemaks ainult kiiruspiirang ja ristmiku täiendav kanaliseerimine omaks pigem liiklusohutuse taset alandavat mõju.

Kõigil ristmikel ei ole rakendatud kõiki meetmeid, sest näiteks Põltsamaa/Jõgeva ristmik on juba praegu täielikult kanaliseeritud ja peateel on rakendatud lokaalset kiiruspiirangut. Samas Taani mudeliga ei ole seda võimalik arvesse võtta.

Kuna TARVA mudel arvestab osaliselt ka reaalseid liiklusõnnetusi, siis võib öelda, et mudel arvestab reaalseid tingimusi sõltumata sellest millised need on. Ainult meetmete rakendamisel peab olema korrektne, et ei hakkaks formaalselt rakendada meetmeid, mis tegelikult on juba realiseeritud. Keerulisem on olukord siis kui meetmeid on küll rakendatud, aga neid on realiseeritud ohutust eiraval

moel. Just selline olukord esines näiteks Häädemeeste ristmikul. Perioodil mil toimusid **tabelis 4.4** toodud liiklusõnnetused oli ristmik osaliselt kanaliseeritud. Ikla poolt tulevate sõidukite jaoks oli olemas parempöörde raja nagu seda võib näha **jooniselt 5.1**. Paraku sellise lahenduse korral pöörderajal olevad veokid piiravad oluliselt nähtavust kõrvalharult väljasõitja jaoks.

8. veebruaril juhtus Pärnumaal Häädemeeste vallas Tallinna–Pärnu–Ikla maantee 169. kilomeetril liiklusõnnetus, kus veoki ja sõiduauto kokkupõrkes hukkus sõidukijuht. Esialgse info kohaselt sõitis sõiduauto Mazda ette peateel liikunud veokile Volvo. Sõidukit juhtinud mees hukkus kohapeal ning kõrvalistunud naisterahvas sai raskelt viga	
	

Joonis 5.1 Surmaga lõppenud liiklusõnnetus Häädemeeste ristmikul

Ka Põltsamaa/Lustivere ristmikul olevat olukorda võib põhimõtteliselt sarnaselt tõlgendada, kuigi olukord seal ei ole vast sedavõrd drastiline. Samas ka siin ei saa kiiruspiirangu meedet rakendada, sest ristmiku lähistel on kiirus juba piiratud tasemele 70 km/h.

Esmase järeldusena võiks välja tuua, et Taani ap-parameetreid arvestavat mudelit ei ole mõtet aluseks võtta peamiselt järgmistel põhjustel:

Teadus- ja arendustöö „Tasuvusarvutuse rahvusvahelised praktikad ning erinevate teekatte remondiliikide tasuvusarvutused koos teaduslike analüüsidega.“

- Taani parameetrid ei sobi meie oludesse, see mudel eeldaks, et liiklusõnnetuste andmebaasile tuginevalt tuleksid leida meie oludeks sobivad parameetrid, see töö oleks aga väga mahukas;
- Meie oludeks sobivate parameetrite leidmiseks on Eesti teeregistri andmebaas liialt kehva kvaliteediga ja andmete maht osutuks vajalikku liigitust silmas pidades liialt väikseks;
- Taani mudel ei võimalda eraldi välja tuua kergliiklejatega toimunud liiklusõnnetusi;
- Otsingutele tuginevalt võib oletada, et ka Taani Maanteeade Direktoraat on loobunud selle mudeli kasutamisest (parameetreid pole uuendatud ja ka vanadele puuduvad värskeamad viited).

Eelnenule tuginevalt teeme liikluse ja liiklusõnnetuste prognoosi ainult TARVA mudeliga ja need tulemused on esitatud **tabelis 5.3**.

Tänaseks on Häädemeeste ristmik ümber ehitatud. Põhiteel Ikla poolt ristmikule suunduv parempöörde rada on nihutatud paremale nii, et rajal olev veok ei varja enam kõrvalteelt ristmikule läheneja jaoks Ikla poolt põhirajal ristmikule lähenevat sõidukit. Lisaks on ehitatud nii kolmnurkne saar kui ka kõrvalharule paksud tilgakujulised saared, mis ei võimalda kõrvalharult põhiteed ületada otsesuunas sirget liikumistrajektoori mööda. Uus lahendus loob võrreldes varasemaga ilmselgelt ohutumad liiklustingimused, kuid arvesse võtta ei ole neid TARVA meetmete kaudu adekvaatselt võimalik. Isegi **tabelites 3.1 kuni 3.21** toodud detailsed meetmed ei käsitle sellist lahendust. Näiteks vaatevälja tagamisel pole TARVA programmi meetmete järgi antud juhul mingit mõju. Vaatevälja tagamise meede on küll TARVA programmis olemas, kuid see pole mõeldud ristmike jaoks, sest positiivset mõju hinnatakse ainult loomadega juhtuvate õnnetuste puhul.

Oluliselt parem pole olukord ka Kasti ristmikul. Tänane olukord on seal kirjeldatav lihtristmikuna. Pidades silmas seda, et pöörete sooritamise vajadus on täna ja ka perspektiivselt siin ristmikul kaunis tagasihoidlik (**joonis 5.2**), siis kanaliseerimine põhiteel ei ole vajalik.

Teeohutuse inspekteerimise tulemusena soovitati siia kavandada nihutatud harudega ristmik. TARVA mudeli alusel tehtud arvutused näitavad, et liiklusõnnetuste arvu vähendav efekt sellel meetmel antud juhul oleks olemas, aga samas ei arvesta TARVA mudel absoluutselt seda, kas pöördeliiklust esineb, vahetult ristmikule jäävad täiendavad mahasõidud, kas nähtavustingimused on tagatud ja jätab arvestamata ka muid aspekte. Tuginedes aga **tabelis 3.10**

esitatud andmetele näeme, et nihutatud harudega ristmiku kavandamine võib endaga kaasa tuua keskmiselt 35%-lise inimkahjuga liiklusõnnetuste arvu tõusu. Erinevate uuringute puhul on hälbed kaunis suured (10 kuni 70%), aga ikkagi kõigil juhtudel liiklusohutus võib halveneda oludes, kui kõrvaltee liikluse osatähtsus jääb alla 15%. Sarnane oli tulemus ka Taani mudelit kasutades.

Projektlahenduse koostamisel ei arvestatud inspekteerija ettepanekuid ja kavandati õige tagasihoidlik lahendus, mis on kujutatud **joonisel 5.3**. Tundub, et see ettepaneku eiramine oli asjakohane.

Tuginedes isiklikele kogemustele, mis on saadud töötades LÕUK-i eksperdina julgen väita, et kuigi projektlahenduses kõrvalteele kavandatud tilgakujulised liiklussaared sunnivad kõrvalteed mööda ristmikule läheneva sõiduki liikumistrajektoori veidi muutma on see siiski ebapiisav. Peatee ületamine suure kiirusega on siiski võimalik. Paksude tilgakujuliste saarte kavandamine, mis sunniks kiirust märksa enam alandama, annaks eeldatavasti suuremat efekti. Selle arvessevõtmiseks aga puudutab võimalused sellise lahenduse ehk meetme mõju hindamiseks.

Teadus- ja arendustöö „Tasuvusarvutuse rahvusvahelised praktikad ning erinevate teekatte remondiliikide tasuvusarvutused koos teaduslike analüüsidega.”

Tabel 5.1 Inimvigastustega liiklusõnnetuste tegelik ja TARVA mudeliga leitud aastakeskmise arv ning arv meetmete rakendamise korral

					Ristmikuõnnetuste aasta keskmine arv						
Maantee	km	Ristmiku nimi	Summaarne liiklussagedus a/ööp	Kõrvaltee liikluse osa %-des	Tegelik LÕ arv aastas 2008 - 2013	Arvutuslik koos meetne rakendamisega					
						praegune	Osaline kanaliseeri mine	Osaline kanaliseerimi ne koos 90 >70	Nihutatud harudega	Nihutatud harudega koos 90 >70	Ringristmik
Kõik liiklusõnnetused											
Tallinn - Pärnu - Ikla	67,3	Märjamaa/Kasti	6 540	11,2	0,2	0,236	0,224	0,181	0,188	0,1530	0,165
		Hukkunute arvu sääst aastast					0,0014	0,013	0,0079	0,0149	0,0124
Tallinn - Pärnu - Ikla	168,3	Häädemeeste /Arumetsa	3 760	10,2	1	0,542	0,515	0,417	0,434	0,3510	0,379
		Hukkunute arvu sääst aastast					0,0094	0,030	0,0182	0,0343	0,0226
Tallinn - Tartu - Võru - Luhamaa	126,9	Põltsamaa/Jõgeva	7 320	18,9	0,8	0,683					0,478
		Hukkunute arvu sääst aastast									0,0486
Tallinn - Tartu - Võru - Luhamaa	127,6	Põltsamaa/Lustivere	6 230	3,7	0,2	0,192*	0,011				0,023
		Hukkunute arvu sääst aastast					0,0020				0,0012
Liiklusõnnetused kergliiklejatega											
Tallinn - Pärnu - Ikla	67,3	Märjamaa/Kasti	6 540	11,2	0	0,036	0,034	0,028	0,032	0,0260	0,030
		Hukkunute arvu sääst aastast					0	0,0002	0,0001	0,0003	0,0002
Tallinn - Pärnu - Ikla	168,3	Häädemeeste /Arumetsa	3 760	10,2	0	0,021	0,020	0,016	0,019	0,015	0,018
		Hukkunute arvu sääst aastast					0	0,0001	0,0000	0,0002	0,0001
Tallinn - Tartu - Võru - Luhamaa	126,9	Põltsamaa/Jõgeva	7 320	18,9	0	0,056					0,048
		Hukkunute arvu sääst aastast									0,0004
Tallinn - Tartu - Võru - Luhamaa	127,6	Põltsamaa/Lustivere	6 230	3,7	0	0,018	0,017				0,015
		Hukkunute arvu sääst aastast					0,0010				0,0030

* - on arvestatud, et ristmik on välja ehitatud 4-harulisena, kuid meetmete rakendamisel eeldatakse selle muutmist 3-haruliseks

0,058 Parim meede

Teadus- ja arendustöö „Tasuvusarvutuse rahvusvahelised praktikad ning erinevate teekatte remondiliikide tasuvusarvutused koos teaduslike analüüsidesidega.“

Tabel 5.2 Inimvigastustega liiklusõnnetuste tegelik ja Taani mudeliga leitud aastakeskmise arv (kõik liiklusõnnetused) ning arv meetmete rakendamise korral

Maantee	km	Ristmiku nimi	Summaarne liiklussagedus	Kõrvaltee liikluse osa %-des	Tegelik LÕ arv aastas 2008 - 2013	Arvutuslik koos meetne rakendamisega					
						praegune	Kanaliseerimine				Ringristmik
							Täielik	Täielik koos 90 >70	Nihutatud harudega	Nihutatud harudega koos 90 >70	
Tallinn - Pärnu - Ikla	67,3	Märjamaa/Kasti	6 540	11,2	0,2	0,179	0,294	0,100	0,225	0,076	0,120
Tallinn - Pärnu - Ikla	168,3	Häädemeeste /Arumetsa	3 760	10,2	1	0,230	0,169	0,057	0,105	0,036	0,069
Tallinn - Tartu - Võru - Luhamaa	126,9	Põltsamaa/Jõgeva	7 320	18,9	0,8	0,426			0,340		0,081
Tallinn - Tartu - Võru - Luhamaa	127,6	Põltsamaa/Lustivere	6 230	3,7	0,2	0,227*	0,066				0,068

* - on arvestatud, et ristmik on välja ehitatud 4-harulisena, kuid meetmete rakendamisel eeldatakse selle muutmist 3-haruliseks

0,036 Parim meede

Teadus- ja arendustöö „Tasuvusarvutuse rahvusvahelised praktikad ning erinevate teekatte remondiliikide tasuvusarvutused koos teaduslike analüüsidesidega.“

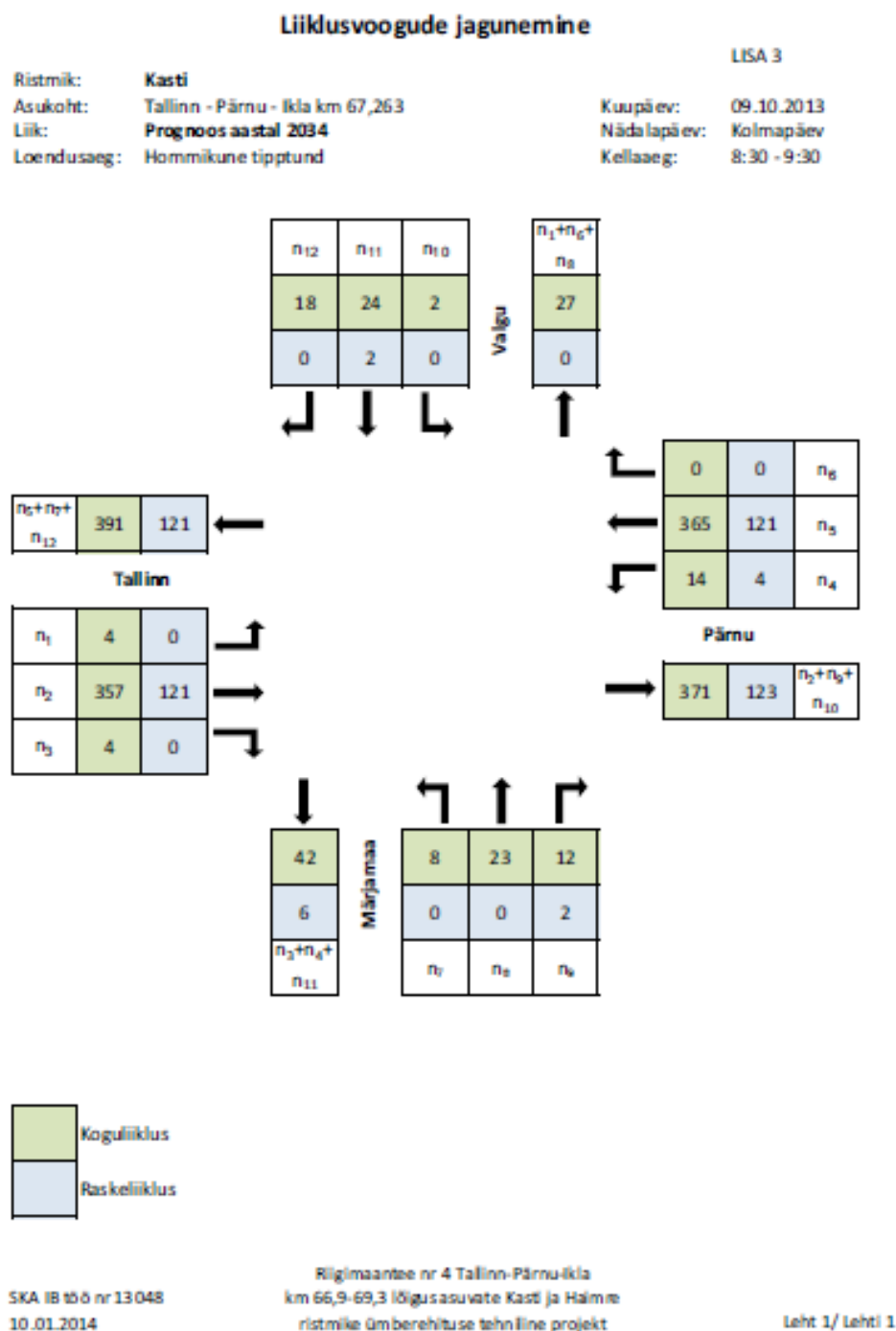
Tabel 5.3 Inimvigastustega liiklusõnnetuste eeldatav ja TARVA mudeliga leitud aastakeskmise arv arvestusperioodi lõpuks eeldatava liiklussageduse ning arv meetmete rakendamise korral

					Ristmikuõnnetuste aasta keskmine arv						
Maantee	km	Ristmiku nimi	Summaarne liiklussagedus	Kõrvaltee liikluse osa %-des	Tegelik LÕ arv aastast 2008 - 2013	Arvutuslik koos meetne rakendamisega					
						eeldatav	Osaline kanaliseerimine	Osaline kanaliseerimine koos 90	Nihutatud harudega	Nihutatud harudega koos 90 >70	Ringristmik
Kõik liiklusõnnetused											
Tallinn - Pärnu - Ikla	67,3	Märjamaa/Kasti	13 000	8,8	0,2	0,296	0,281	0,228	0,237	0,192	0,207
		Hukkunute arvu sääst aastast					0,0018	0,016	0,0099	0,019	0,0156
Tallinn - Pärnu - Ikla	168,3	Häädemeeste /Arumetsa	7 370	8,3	1	0,741	0,704	0,570	0,593	0,480	0,519
		Hukkunute arvu sääst aastast					0,0129	0,041	0,0249	0,047	0,0391
Tallinn - Tartu - Võru - Luhamaa	126,9	Põltsamaa/Jõgeva	14 090	15,8	0,8	0,805					0,5640
		Hukkunute arvu sääst aastast									0,0571
Tallinn - Tartu - Võru - Luhamaa	127,6	Põltsamaa/Kustivere	12 370	3,0	0,2	0,259*	0,170				0,126
		Hukkunute arvu sääst aastast					0,0009				0,0028
Liiklusõnnetused kergliiklejatega											
Tallinn - Pärnu - Ikla	67,3	Märjamaa/Kasti	13 000	8,8	0	0,071	0,060	0,055	0,064	0,052	0,060
		Hukkunute arvu sääst aastast					0,0002	0,0005	0,0001	0,0005	0,0003
Tallinn - Pärnu - Ikla	168,3	Häädemeeste /Arumetsa	7 370	8,3	0	0,040	0,038	0,031	0,036	0,029	0,034
		Hukkunute arvu sääst aastast					0	0,0003	0,0001	0,0003	0,0002
Tallinn - Tartu - Võru - Luhamaa	126,9	Põltsamaa/Jõgeva	14 090	15,8	0	0,036					0,0310
		Hukkunute arvu sääst aastast									0,0001
Tallinn - Tartu - Võru - Luhamaa	127,6	Põltsamaa/Kustivere	12 370	3,0	0	0,108	0,103				0,092
		Hukkunute arvu sääst aastast					0,0003				0,0007

* - on arvestatud, et ristmik on välja ehitatud 4-harulisena, kuid meetmete rakendamisel eeldatakse selle muutmist 3-haruliseks

0,058 Parim meede

Teadus- ja arendustöö „Tasuvusarvutuse rahvusvahelised praktikad ning erinevate teekatte remondiliikide tasuvusarvutused koos teaduslike analüüsidega.“



Joonis 5.2 Liiklusvoogude eeldatav jaotus 2034. Aastal

Ühelgi vaadeldud ristmikest, ei ole viimase viie aasta jooksul toimunud liiklusõnnetusi kergliiklejatega. Samas TARVA mudeli rakendamise korral eeldatakse, et arvutustes tuleks sellisel juhul kasutada antud ristmikutüübile omast üleriigilist keskmist taset. **Tabelist 1.1** selgub, et neljajarulisel ristmikul

Ettepanekud Tarva kasutuselevõtuks

TARVA programmi on Soomes täiustatud õige pikkade aastate jooksul ja selle rakendamisel Leedus on saadud kogemusi tingimustes, mis on meile lähedased. Võib väita, et programm on ajaproovile vastu pidanud. Selle edukas rakendamine Eestis samasuguse efektiivsusega nagu Soomes on küll mõnevõrra küsitav, aga siiski mitte päris lootusetu. Programmi rakendamise esmaseks eelduseks on valmisolek ja suutlikkus muuta teeregister oluliselt kvaliteetsemaks ja kasutajasõbralikumaks.

Liiklusõnnetuste suhtenäitaja läbisõidu kohta on Eestis 1,52 korda kõrgemad kui Soomes. Seda asjaolu on käesoleva töö raames kasutatud näidete puhul arvesse võetud, kuid on päris selge, et kõigi õnnetusliikide puhul ei jagune see ühtlaselt. Samuti ei ole päris selge, kuivõrd erinevad on kahes riigis liiklusõnnetuste raskusastmed konkreetsete õnnetusliikide ja ristmikutüüpide puhul. Ligikaudsed arvutused, mis Soome kohta ei ole väga täpsed, aga võib siiski väita, et üldine õnnetuste raskusaste Soomes tervikuna on 4,6 hukkunut/100 LÕ, samas kui see tase Eestis on 6,3 hukkunut/100 LÕ. Seega raskusaste on meil 1,36 korda kõrgem. Väljaspool asulaid on erinevus mõnevõrra suurem – nimelt 1,56 korda, mis tuleneb Eesti asulaväliste teede raskusastme tasemest 10,9 hukkunut/100 LÕ, kui samal ajal Soomes oli see hinnanguliselt 7,0 hukkunut/100 LÕ. Kolmel põhimaanteel kolme aasta keskmisena oli raskusaste Stratum OÜ andmetel maanteel nr. 1 - 19,7 (hälve piirides 14,7 – 24,4), maanteel nr 2 - 15,6 (hälve piirides 11,8 – 21), maanteel nr 4 - 13,9 (hälve piirides 5,6 – 20,8). Kolme aasta keskmised näitajad üksikutel maanteedel erinevad üksteisest märgatavalt, kuid veelgi enam erinevad raskusastmed ühel ja samal maanteel erinevatel aastatel.

Mõlemas käsiraamatus, millele käesolevas töös on viidatud, tuuakse inimvigastusega lõppenud liiklusõnnetuste arvu vähendamise hinnanguliselt parim protsent. Samas on toodud ka võimalikud vähenemise piirmäärad, sest parimaks väärtuseks on tunnistatud tegelikult ligilähedaselt keskväärtus. Konkreetsetes tingimustes keskväärtuse kasutamine aga pole põhjendatud. Teiseks on paljudel juhtudel piirmäärad väga erinevad ja harvad pole ka juhused, kus meede võib erinevatel tingimustel anda positiivse või ka hoopis negatiivse tulemuse.

Teadus- ja arendustöö „Tasuvusarvutuse rahvusvahelised praktikad ning erinevate teekatte remondiliikide tasuvusarvutused koos teaduslike analüüsidega.“

Kuna Eestile sobilikke objektiivselt hinnatavaid meetmete mõjutegureid pole võimalik koheselt kujundada, siis tuleks olemasoleva rahvusvahelise teabe alusel püüda mitmete ekspertide osavõtul vaadata üle kõik **tabelites 3.2 – 3.21** esitatud mõjutegurid ja konsensuslikul alusel leida Eesti tingimuste jaoks mõnevõrra kitsamad piirmäärad ja vajadusel/võimalusel korrigeerida ka „Hinnanguliselt parimat“ mõjutegurit.

Hetkel on TARVA mudeli ja käsiraamatutes toodud mõjutegurid esitatud erineval moel. Eelnevalt kirjeldatud meetmete mõjutegurite korrigeerimistöö raames tuleks kõik mõjutegurid koondada kokku, liigitada need kindlate tunnuste järgi ja esitada ühtsel kujul.

Selleks, et TARVA programmi saaks rakendada hakata on kohe alguses vaja luua baas, mille alusel on võimalik aastate pärast hakata korrigeerima nii kohalikke õnnetustasemeid, raskusastmeid kui ka meetmete mõjutegureid. Baasi loomise eelduseks on teeregistri oluline ja sihipärane täiustamine. Alljärgnevalt on esitatud nõuded, millele teeregister peaks vastama ja millises lõikes peaks olema võimalik kätte saada liiklusõnnetuste detailset informatsiooni:

Samatasandilised ristmikud:

➤ 3-harulised ristmikud:

- Lihtristmik
- Peateel osaliselt kanaliseeritud ja kõrvalteel kanaliseerimata ristmik;
- Peateel täielikult kanaliseeritud ja kõrvalteel kanaliseerimata ristmik;
- Peateel kanaliseerimata ja kõrvalteel osaliselt kanaliseeritud ristmik;
- Peateel osaliselt kanaliseeritud ja kõrvalteel osaliselt kanaliseeritud ristmik;
- Peateel osaliselt kanaliseeritud ja kõrvalteel täielikult kanaliseeritud ristmik;
- Peateel täielikult kanaliseeritud ja kõrvalteel osaliselt kanaliseeritud ristmik;
- Täielikult kanaliseeritud ristmik
- Üherajaline ringristmik
- Kaherajaline ringristmik
- Turboristmik

Teadus- ja arendustöö „Tasuvusarvutuse rahvusvahelised praktikad ning erinevate teekatte remondiliikide tasuvusarvutused koos teaduslike analüüsidega.”

- Muu ringristmik

➤ 4-harulised ristmikud:

- Lihtristmik
- Peateel osaliselt kanaliseeritud ja kõrvalteel kanaliseerimata ristmik;
- Peateel täielikult kanaliseeritud ja kõrvalteel kanaliseerimata ristmik;
- Peateel kanaliseerimata ja kõrvalteel osaliselt kanaliseeritud ristmik;
- Peateel osaliselt kanaliseeritud ja kõrvalteel osaliselt kanaliseeritud ristmik;
- Peateel osaliselt kanaliseeritud ja kõrvalteel täielikult kanaliseeritud ristmik;
- Peateel täielikult kanaliseeritud ja kõrvalteel osaliselt kanaliseeritud ristmik;
- Täielikult kanaliseeritud ristmik
- Üherajaline ringristmik
- Kaherajaline ringristmik
- Turboristmik
- Muu ringristmik

Eritasandilised ristmikud

- Ramp
- Liitumisala
- Hargnemisala
- Põimumisala
- Muu

Lisapäringuna peab olema võimalus küsida jaotusi ka lähtuvalt kiiruspiirangust.

Ristmikevahelised teelõigud sõltuvalt ristlõike tüübist ja rakendatavast kiiruspiirangust.

Nõuded liiklusõnnetuste teabele:

- Teeregistri kaardirakendusel peaksid olema vaikumisi nähtavad ainult viimase viie täisaasta inimkahjudega liiklusõnnetused.
- Peab olema võimalik teha päringuid ka uuema ja vanema teabe saamiseks.

Teadus- ja arendustöö „Tasuvusarvutuse rahvusvahelised praktikad ning erinevate teekatte remondiliikide tasuvusarvutused koos teaduslike analüüsidega.“

- Oluline on ristmikuõnnetused kodeerida kohe ristmiku keskpunkti, et hiljem poleks vajalik mõistatada, millised on ristmikuõnnetused ja millised mitte.
- Õnnetuste liigitus peab olema detailsem, esmalt selleks, et täpselt eristatav osaleja liik ning kokkupõrke erinevad liigid.
- Ristmikevaheliste lõikudel eraldatud sõidusuundade puhul tuleb liiklusõnnetused siduda õige sõidusuunaga.
- Ühesõidukiõnnetuse puhul tuleb fikseerida, kummale poole lähtudes sõidusuunast väljasõit või sõit piirdesse aset leidis.

Kui selline töö on tehtud, siis on tagatud reaalne valmisolek TARVA rakendamiseks nii ristmikel kui ka maanteelõikudel. Üldiselt on TARVA mõeldud eelkõige tee ohutuse määramiseks, aga siiski ka teiste toimingute puhul, mis tulenevad Euroopa Parlamendi ja nõukogu direktiivist 2008/96/EÜ, maanteede infrastruktuuri ohutuse korraldamise kohta, on mudel kasutatav.

JÄRELDUSED JA ETTEPANEKUD

Tasuvusarvutuste rahvusvahelise praktika analüüs näitas, et erinevate riikide praktikates esineb selles osas märkimisväärsed erinevusi. Nende erinevuste mõistmiseks tuleb esmalt selgitada, millise põhiprotsessi juurde need kuuluvad. Just põhiprotsessi vajadused tingivad erinevad nõuded tasuvusarvutustele, nende detailsusele. Olgugi erinevad tasuvusarvutused oma lähtemetoodikas väga suure üldistustaseme juures ühesugused, erinevad tasuvusarvutused just oma lihtsustaseme poolest kardinaalselt üksteisest näiteks liiklusohutlike kohtade ja katte taastusremondi korral. Kõige mahukam on tasuvusarvutuste pakett üldiselt uusehitiste ja mahukate ümberehituste juures ja kõige minimaalsem hooldetööde juures. Oluline on mõista, et tasuvusarvutuse eesmärk on aidata teha õigeid valikuid võimalikult varases projekti staadiumis ja sellega saavutada lõpptulemuse võimalikult kõrge tasuvus.

Tasuvusarvutus ise kujutab endast protsessides siiski väikest osa, mistõttu ka käesolevas töös on hoopis rohkem tähelepanu pööratud tasuvusanalüüsile, mis hõlman nii tasussarvutust kui ka selleks vajalike andmete saamise ja hankimise protsessi. Nimelt tegeleb tasuvusarvutus kitsamas mõttes just rahalise arvutusega kuid tasuvusarvutuse seisukohalt problemaatilisem on lähteandmete saamine. Väga lihtsustatult võib teedeehitusliku tasuvusarvutuses ja selleks vajalikus tasuvusanalüüsis eristada kolme modelleerimist nõudvat osa:

- Liiklusohutusarvutused
- Ajakulude arvutused
- Sõidukikulude arvutused

Erinevates riikides on kasutusel veel nt. keskkonnakulude (müra, heitgaasid) arvutused (Soome).

Allolevas tabelis kolme põhianalüüsi vajadust-olulisust analüüsitud erinevate kattega teede ehituse- ja remondi kategooriate jaoks vastavalt Maanteeametis kasutusel olevatel definitsioonidele, milleks on ehitus, rekonstrueerimine, taastusremont, säilitusremont ja liiklusohutlike kohtade parendamine. Lisandub katteta teede remont ja ehitus (kattega teeks). Iga kategooria jaoks on välja Maanteeametil välja töötatud eelvaliku põhimõtted.

Teadus- ja arendustöö „Tasuvusarvutuse rahvusvahelised praktikad ning erinevate teekatte remondiliikide tasuvusarvutused koos teaduslike analüüsidega.”

Tabel 22. Arvutusmodelite kasutamise vajadus tasuvusanalüüsi sisendite saamiseks

	Ehitus	Rekonstr	Taastusrem	Säilitusrem	LOK
Liiklusohutus	+++	+++	++	+	+++
Ajakulud	+++	++	+	+	++
Sõidukikulud	+	++	+++	++	+
Ehituskulud	+++	+++	+++	+++	+++

Tabelist on näha, et nõuded erinevate mudelite kasutamiseks ja seega ka nende kvaliteedile ehk algandmete ja läbitöötamise detailsusele sõltuvad suurel määral kasutuskohast. Nii ei oma säilitusremondis praktiliselt mingit mõju liiklusohutusele ja viimast pole vaja üldjuhul sellise remondiliigi juures vaja arvestada, küll aga on liiklusõnnetuste mudeli ja liiklusõnnetuste andmete kvaliteet esmatähtis LOK ja ehitusmeetmete korral. Risti vastupidine on olukord sõidukikulude puhul, millised LOK ja ehitusobjektide korral mõjutavad lõpptulemust sageli õige vähe. Küll aga on sõidukikulude mudeli ja algandmete (nt tee seisundiandmed) täpsus kriitilise tähtsusega taastusremontide korral.

Tasuvusarvutusi tehakse täna sageli väga minimaalsete andmete põhjal, st väga suur hulk andmeid jääb tuletada, genereerida, arvutada ja hinnata tasuvusarvutuse koostajal, kellel ei saa olla siiski kõikides mudeli aspektides piisavalt kompetentsi aga ka võimalusi vajalike täiendavate uuringute tellimiseks või tegemiseks. Sellises olukorras tehakse andmete saamisel paratamatult suur hulk üldistusi ja mööndusi ning need on väga tundlikud tasuvusarvutuste koostaja kompetentsusest. See aga tähendab, et erinevate arvutuste koostajate mõju puuduvate andmete tuletamisest saadavale lõpptulemusele ületab sageli teadaolevate andmete täpsuse mõju. Seetõttu on oluline kõikide mudelite täpsustamisega edasi töötada ja seda nendega saavutatavatele tulemustele muuhulgas tasuvusarvutuste vajadusi silmas pidades.

Teadus- ja arendustöö „Tasuvusarvutuse rahvusvahelised praktikad ning erinevate teekatte remondiliikide tasuvusarvutused koos teaduslike analüüsidega.”

Mudelite endi ja algandmete täpsustamise vajadus on suur kõikide mudelite puhul kuid kõige kriitilisem tundub olema liiklusõnnetustega seonduv kuna ühelt poolt eksisteerib selle järele vajadus nii ehituse ja sageli rekonstrueerimise (väga suured investeeringud) kui LOK puhul (peamine argument) ning teisalt põhjusel, et metoodika selleks puudub. Seejuures on otstarbekas sobitada selline metoodika loogiliselt liikluse ohutustamise komplekstegevusse. Käesolevas töös analüüsiti Soome, Taani ja Norra mudeleid ning jõuti järeldusele, et oma põhiloogikalt sobib Eesti oludes parimini kasutamiseks Soome nn. TARVA mudel kui see Eesti tingimuste jaoks kohandada. Ettepanekud selleks on toodud täpsemalt eelmises peatükis. Siiski ei ole Tarva-põhise mudeli rakendamine üksnes investeeringute tasuvuse hindamise huvides vaid aitab edukalt täita ka Euroopa Parlamendi ja nõukogu direktiivist 2008/96/EÜ tulenevaid vajadusi ning rahvusliku liiklusohutusprogrammist tulenevaid eesmärke.

Ajakulude hindamisega seonduv tuleb lahendada liikluse modelleerimise käigus. Liikluse modelleerimine on tasuvusarvutuste eelduseks alati kui muutub liikumise kiirus või seisakute kestus. Liikluse ja sealtkaudu ajakulu modelleerimine on eriti oluline ristmike lahenduste muutmisel, näiteks kanaliseerimisel, fooriga reguleerimisel, ringristmiku rajamisel, samuti lahenduste juures, kus toimub liikluse jagunemine. Vastav kompetents on ka Eestis olemas ja seda on suuremate projektide korral ka rakendatud. Siiski on oluline, et ajakulude muutus hinnataks kõigis projektides kus ajakulu muutub. Liikluse modelleerimiseks on maailmas kasutusel erinevaid tarkvarasid ja mudeleid. Eestis on liikluse modelleerimisel enim kasutatud Cube-tarkvara.

Sõidukikulude hindamise mudel baseerub peaaesjalikult tasasuse hindamisel, mis omakorda võtab arvesse tee erinevate seisundiparameetrite muutumise tulenevalt tehtavate teehoiutööde sagedusest ja kvaliteedist, tee omadustest (niiskus, kandevõime jms) ning liiklusest. See eeldab HDM-4 mudelite kalibreerimist. Selline kalibreerimine tähendab muuhulgas arvutuslike hooldemeetodite standardiseerimist ja uuringuid, mis võimaldavad kalibreerida erinevate hoolde- või remondimeetodid tee vastupidavusnäitajatega.

Kõiki neid komponente on tasuvusarvutuste osas mõistlik käsitleda mõne tarkvaraga, maailmas levinuim selleks on HDM-4, milline piisavalt universaalne

Teadus- ja arendustöö „Tasuvusarvutuse rahvusvahelised praktikad ning erinevate teekatte remondiliikide tasuvusarvutused koos teaduslike analüüsidega.“

kasutamiseks ükskõik-millisteks rakenduseks ja erineb selle poolest näiteks Soome IVAR-tarkvarast, mis sobib üksnes ehitusobjektide ja suuremate tasuvuse arvutamiseks. Seejuures sisaldab HDM-4 endas muuhulgas võimekust käsitleda tasuvusarvutusi komplekselt koos nii ajakulu- kui liiklusõnnetuste vähenemist arvestades kuid viimased tuleb arvutada siiski eraldi mudelitega.

Eraldi käsitlemist vajab sildade remondi tasuvusanalüüs, milles sisuliselt tuleb kombineerida eelnev riskianalüüsiga. Reeglina kasutatakse selleks eritarkvara, milleks Eestis on kasutusel tarkvara Pontis. Pontis võimaldab võrrelda sillavõrgu erinevaid sildu omavahel ja kui seda teha süsteemselt, võimaldab süsteem leida majanduslikult optimaalsed lahendused sillavõrgu korrashoiuks. Sildade remondi puhul on tasuvusanalüüsis soovitatav rakendada Pontis'e metodoloogiat ning eraldada tasuvusarvutustes teedeosa puudutavast tasuvusarvutustest. Juhul tee klassi tõstmise või kergliiklustee mahutamise vajadusest tulenevalt osutub vajalikuks silla ümberehitus või laiendus, tuleb teedeosa tasuvusarvutustes arvesse võtta vaid kulude vahe (laiendamine on kallim kui ainult konstruktsiooni taastamine).

Ehitusaegsete liikluskulude analüüs näites, et need on küll märkimisväärsed (keskmiselt ca 6% ehituskuludest) kuid ei saa võrreldud töömeetodite võrdluses määravaks remondimeetodi valikul. Viimase puhul on olulisim tagada siiski tehniliselt sobivaim lahendus katte kestvusest lähtuvalt ning katte õigeaegne säilitus- ja taastusremont. Viimaste planeerimisel on kasutatud HDM-4 mudelit, mille sisendite täpsustamine võimaldab parendada ka taastusremondiobjektide valikut. Õigeaegse säilitus- ja taastusremondi aga tõstab nii katte kui alusekihtide vee ja koormuskindlust ning vähendab sellega rekonstrueerimise vajadust ja seda iseäranis kohalike materjalide kasutamise korral.

Tasuvusarvutuste ühetaolise käsitlemiseks tuleb seega tegeleda tasuvusarvutuse sisendite täpsustamisega. Seda on otstarbekas teha vastava juhendiga, soovitatavalt HDM-4 baasil. Sisendite täpsustamine omakorda täidab kahte suurt eesmärki: erinevate tasuvusarvutuste omavaheline võrreldavus suureneb ning tasuvusarvutused saab teha varajasemas staadiumis, hoides sellega kokku projekteerimiseks kuluvat aega ja raha ning projektlahenduse optimeerimise korral on saavutatav ehituskulude märkimisväärne kokkuhoid.

KOKKUVÕTE

Käesolevas teadustöös käsitleti tasuvusarvutuste maailmapraktikat, tuues välja erinevused ja iseärasused erinevate riikide praktikates ja analüüsid ning selgitades nende erinevuste põhjuseid. Nii leidsid näiteks eraldi käsitlemist USA elutsüklikulude kulude hindamise mudel betoonkatete ja asfaltkatete võrdlemiseks, Soome IVAR-mudel ehitusprojektide tasuvuse hindamiseks ja Iiri ehituseelarvestamise mudel. Viimasel on siiski väga väike seos tasuvusarvutustega. Üldistatult saab öelda, et igas riigis on kasutusel erinevaid tasuvusarvutuse mudeleid sõltuvalt konkreetsest kasutuseesmärgist, milliseid võib olla õige palju. Seega ei ole mõeldav otsida seda parimat ilma kasutuseesmärki täpsustamata. Käesolevas töös leidsid tasuvus mõistes käsitlemist nii rekonstrueerimise (ja kaudselt ka ehituse) projekti tasuvusarvutus, liiklusohutlike kohtade parendusmeetmete tasuvusarvutus kui ka tasuvusarvutus ehitusaegsete liikluskulude võrdlemiseks.

Tasuvusarvutuste efektiivsemaks rakendamiseks projektides on vajalik põhjalikumalt tegeleda tasuvusarvutuste sisenditega. Et erinevat tasuvusarvutused vajavad erinevaid sisendeid toodi välja erinevate sisendite mudelite vajadus ja kirjeldati need. Kõikides tasuvusarvutustes tuleb suuremal või vähemal määral käsitleda järgmisi sisendeid ja nendega seotud mudeleid: ajakulud, sõidukikulud, liiklusõnnetuste kulud. Ettepanekutes toodi välja erinevate nende sisendite vajadus erinevate olukordade puhul: ehitus, rekonstrueerimine, taastusremont, säilitusremont ja liiklusohutlikud kohad.

Enim tähelepanu pälvis töös liiklusohutuse mudel kuna selles osas on vajadus kõige suurem, leides kasutust nii liiklusohutlike kohtade kui ehituse aga ka rekonstrueerimise projektide juures. Tehti ettepanek erendada vajalik metoodika välja Soome Tarva baasil, milline on Eestile sarnastes tingimustes end hästi õigustanud.

Sõidukikulude mudeli täpsustamiseks ja üldise tasuvusarvutuse läbiviimiseks tehti ettepanek jääda nii Eestis kui maailmas laiemalt selleks otstarbeks kasutatava HDM-4 mudelite juurde ning ajakulude sisendite osas laiendada nõuet liiklusmudeli koostamiseks kõikidele projektidele kus projektiga soovitakse ajakulusid muuta.

KASUTATUD KIRJANDUS

- [1] OECD/ECMT (2005), *Economic Evaluation of Long-Life Pavements: Phase 1*, OECD Publishing. 10.1787/9789264008588-en
- [2] Liikennevirasto 2013. Tiehankkeiden arviointiohje. Liikenneviraston ohjeita 13/2013
- [3] Liikennevirasto 2011. Liikenneväylien hankearvioinnin yleisohje. Liikenneviraston ohjeita 14/2011
- [4] Ristikartano J., Sirkiä A., Sumentola J., Touru T. Tiehankkeiden vaikutusmallin kehittäminen. Esiselvitys. Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 46/2011
- [5] Ervonen J., Ristikartano J., Sorvoja S. Tieliikenteen ajokustannusten yksikköarvojen määrittäminen. Taustaraportti 2010. Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 33/2010
- [6] Tervonen J., Ristikartano J. Tieliikenteen ajokustannusten yksikköarvot 2010. Liikenneviraston ohjeita 21/2010
- [7] Ristikartano J. Tieliikenteen ajokustannusten laskenta 2010. Liikenneviraston ohjeita 22/2010
- [8] Tiehallinto 2013. IVAR-ohjelmiston käyttöopas. Suunnitteluvaiheen ohjaus.
- [9] Ristikartano J., Iikkanen P., Touru T. Rakentamisen aikaiset vaikutukset Hankearvioinnissa. Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 12/2012
- [10] Teede Tehnokeskus (2005). Teekasutaja kulude sõltuvus teekatte seisukorra näitajates.
- [11] Malmivuo M. ja Peltola H. Turvallisuusvaikutusten arviointi vaikutuskertoimin. Tarva-ohjelman vaikutuskertoimien määrittely. Tiehallinton selvityksiä 1/2004
- [12] Tielaitos 2000. S12 Pääteiden parantamisratkaisut. Tietyömaiden liikennehaittojen arviointi. Tielaitoksen selvityksiä 14/2000
- [13] Tielaitos (2000). S12 Pääteiden parantamisratkaisut. Talvihoidon suoritteet ja kustannukset eri tietyypeillä. Tielaitoksen selvityksiä 35/2006
- [14] Kukkonen R., Aarnikko H (2008). Asiakkuus Tiehallinnon investoinneissa. Kehittämisselvitys. Tiehallinnon sisäisiä julkaisuja 33/2008
- [15] Pirkanmaan ELY-keskus (2010). Valtatien 9 parantaminen välillä Tampere–Orivesi. Hankearviointi. Tampere, Kangasala, Orivesi.
- [16] Hankearviointi. Valtatie 6 Taavetti – Lappeenranta. Tiesuunnitelma
- [17] Federal Highway Research Institute BAST (2011). Strategic Research Plan 2011/2015.
- [18] Pickel et al. (2006). Developing Harmonised European Approaches for Transport Costing and Project Assessment. FP 6.
- [19] National Roads Authority 2010. Cost Management Manual. Dublin.
- [20] LATVIJAS VALSTS CEĻI (2013). INFORMĀCIJA STRATĒGISKĀS PLĀNOŠANAS VAJADZĪBĀM. Riga 2013
- [21] LATVIJAS VALSTS CEĻI (2011). Metodiskie norādījumi autoceļu projektu izdevumu / ieguvumu ekonomiskai novērtēšanai
- [22] Ter Huerne H., Fikse K., van Berkum E.C., Hermelink W.A.H. (2010). Modelling Traffic Hindrance by Road Maintenance. University of Twente. Netherlands.

Teadus- ja arendustöö „Tasuvusarvutuse rahvusvahelised praktikad ning erinevate teekatte remondiliikide tasuvusarvutused koos teaduslike analüüsidega.“

- [23] Heilemann K., Skoglund K.A. (2010). Rehabilitation with “Zero Hindrance” and Innovative Rehabilitation Measures – Compendium of Tools and Methods. Sintef. Coast and Harbour Engineering 2010.
- [24] Jones H., Mouraa F., Domingos T. (2013). Transport infrastructure project evaluation using cost-benefit analysis. Procedia - Social and Behavioral Sciences 111 (2014) 400 – 409.
- [25] Chen E., Tarko A.P. (2013). Modeling safety of highway work zones with random parameters and Radom effects models. Center for Road Safety, School of Civil Engineering, USA.
- [26] Peltola H., Rajamäki R., Luoma J. (2013). A tool for safety evaluations of road improvements (TARVA). VTT Technical Research Centre of Finland
- [27] Peltola H., Virkkunen M. (2012). Lithuanian Tarva User Manual. VTT Technology. Finland
- [28] The Federal Highway Administration (2004). FULL ROAD CLOSURE FOR WORK ZONE OPERATIONS: A Case Study. Using Weekend Closures to Expedite Road Rehabilitation and Minimize the Impacts on
- [29] Motorists and Road Builders. I-84 Banfield Freeway in Portland, Oregon.
- [30] Antonucci N.D., Kelly K.H., Bryden J.E., Neuman T.R., Pfefer R., Slack K. (2005).Transport Research Board NCHRP REPORT 500. Volume 17: A Guide for Reducing Work Zone Collisions Guidance for Implementation of the AASHTO Strategic Highway Safety Plan
- [31] Hourdos J. and Hong F. (2004). TH-36 Full Closure Construction: Evaluation of Traffic Operations Alternatives. Minnesota Department of Transportation, USA
- [32] Gerald Ullman (TTI); Jeremy Schroeder, Deepak Gopalakrishna (Battelle). (2014). Use of Technology and Data for Effective Work Zone Management: Work Zone ITS Implementation Guide. Texas A&M Transportation Institute
- [33] Nevada Department of Transportation (2012). Work Zone Safety & Mobility
- [34] Implementation Guide. USA
- [35] Introduction to Cost-Benefit Analysis and Alternative Evaluation Methodologies. Australian Government (2006)
- [36] Handbook of Cost-Benefit Analysis. Australian Government (2006)
- [37] Steenbruggen J., Kusters M., BroekHuizen G. (2012). Best practice of European Traffic incident management. Procedia. Social and Behavioral Sciences 48 (2012) 297 – 310
- [38] European Commission (2008). Guide to COST-BENEFIT ANALYSIS of investment projects. Structural Funds, Cohesion Fund and Instrument for Pre-Accession
- [39] Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX) (2010). GUIDE ON ECONOMIC EVALUATION OF TRANSPORT PROJECTS
- [40] FEHRL (2008). NR2C - New Road Construction Concepts. Towards reliable, green, safe&smart and human infrastructure in Europe
- [41] Majandus- ja Kommunikatsiooniministeerium (2013). Transpordi arengukava 2014–2020
- [42] Majandus- ja Kommunikatsiooniministeerium (2013). Riigimaanteede teehoiukava aastateks 2014-2020“
- [43] Maanteeamet (2013). Kattega riigimaanteede rekonstrueerimisobjektide valikumetoodika

Teadus- ja arendustöö „Tasuvusarvutuse rahvusvahelised praktikad ning erinevate teekatte remondiliikide tasuvusarvutused koos teaduslike analüüsidega.”

- [44] Maanteeamet (2013). Kattega riigimaanteede säilitusremondi objektide valikumetoodika
- [45] Maanteeamet (2013). Kattega riigimaanteede taastusremondi objektide valikumetoodika
- [46] Maanteeamet (2013). Kruusateedele katete ehitamise objektide valikumetoodika
- [47] Justiitsministeerium ja Riigikantselei (2012). Mõjude hindamise metoodika
- [48] Koppel M. (1999). Tee-ehituse ja -remondi majandusliku hindamise metoodika
- [49] Truu M., Kivi J. (2013). Katendi dimensioneerimise metoodika asendamise majandusliku otstarbekuse eksperthinnang. Teede Tehnokeskus 2013.
- [50] IB Stratum (2013). Liiklusõnnetuste koondumiskohtade väljaselgitamine
- [51] Koppel O., Ernits E. (2012). Liiklusõnnetustest ühiskonnale põhjustatud kahjude määramise metoodika täiustamine, kahjude suuruse hindamine ja prognoosimine
- [52] IB Stratum (2010). Teedevõrgu ohutustamine. Kord ja metoodiline juhend.
- [53] The World Bank (2013). TRN-5 to TRN-26: Economic Evaluation Notes
<http://go.worldbank.org/ME49C4XOH0>
- [54] California Department of Transportation (2013). Transportation Benefit-Cost Analysis. <http://bca.transportationeconomics.org/>
- [55] Minnesota DoT (2010). Technical Memorandum No. 10-04-MAT-01. Life Cycle Cost Analysis (LCCA) of Pavement Preservation Projects
<http://www.dot.state.mn.us/materials/pvmtdesign/lcca.html>
- [56] Koppel O. (2013). Teetööde ühik hinnad ja nende prognoos aastani 2022. TTÜ Logistikainstituut
- [57] Euroopa Komisjon (2006). Metoodilised töödokumendid. TÖÖDOKUMENT 4. Kulude-tulude analüüsi metoodika suunised
- [58] Peltola H., Rajamäki R., Luoma J. 2013. A tool for safety evaluations of road improvements. VTT Technical Research Centre of Finland, Finland. Elsevier. Science Direct. Accident Analysis and Prevention 60 (2013) 277–288
- [59] Suresen, M., Elvik, R., 2005. Best practice guidelines on black spot management and safety analysis of road networks. RRCORD-ISERESTproject, WP 6, Deliverable D6. Retrieved from <http://ripcord.bast.de/pdf/RIPCORD-ISEREST-Deliverable-D6-Final.pdf> (31.12.12).
- [60] TTÜ (2003). HDM-4 evitamiseks vajalike liikluskulude arvutamise lähteandmete panga koostamine.
- [61] Structural PCC Overlays for HMA Pavement (2009).
<http://www.pavementinteractive.org/article/structural-pcc-overlays-for-hma-pavement/>
- [62] TH-36 Full Closure Construction Evaluation of Traffic Operations Alternatives”
<http://www.its.umn.edu/Publications/ResearchReports/reportdetail.html?id=1878>
- [63] „Full road closure for work zone operations: A case study”
http://ops.fhwa.dot.gov/wz/docs/Portland_v3/full_closure_portlan.pdf, mis käsitles ühte objekti (I-84 AKÖL 180.000)
- [64] „Full road closure for work zone operations: A cross-cutting study”
<http://ops.fhwa.dot.gov/wz/resources/publications/FullClosure/CrossCutting/its.htm#alternative>

Teadus- ja arendustöö „Tasuvusarvutuse rahvusvahelised praktikad ning erinevate teekatte remondiliikide tasuvusarvutused koos teaduslike analüüsidega.“